

TRIBOLOGIA	6
Introducción	6
Análisis de superficie	6
Asperezas y rugosidades.....	6
Textura	6
Propiedades de las superficies.....	7
Naturaleza de las superficies.....	7
Metalurgia y estructura	7
Corrosión crateriforme (Vista Microestructural)	7
QUÍMICA DE LAS SUPERFICIES	7
Formación de los compuestos.....	7
Efectos ambientales.....	8
FRICCIÓN O ROZAMIENTO	8
Clasificación de los contactos friccionales.....	8
Características y áreas de contacto	8
Leyes de la fricción	9
COEFICIENTE DE FRICCIÓN	9
Teoría de la Lubricación.....	10
TIPOS DE LUBRICACIÓN	11
La Lubricación Limítrofe	11
Lubricación Hidrodinámica.	11
La Lubricación Mezclada.....	12
Lubricación Elasto-Hidrodinámica (EHL)	12
Las Películas delgadas	12
Las Películas sólidas.....	13
IMPACTO DEL DESGASTE SOBRE LOS MECANISMOS LUBRICADOS.....	14
<i>Tipos de desgaste</i>	14
Adhesivo	14
Erosivo	15
Corrosivo.....	15
Abrasivo	17
Cavitación	17
Corrientes eléctricas	17
Fatiga superficial.....	17
Consecuencias del desgaste.....	18
ACEITES LUBRICANTES.....	19
Composición	19
Bases lubricantes	19
Manufactura de las bases.....	20
FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES	21
Características Físicas Y Químicas.....	21
Que es Viscosidad.	22
Propiedades de los Lubricantes.....	28
<i>Bombeabilidad</i>	28
<i>Consistencia</i>	28
<i>Aceitosidad o lubricidad</i>	28
<i>Adhesión o adherencia</i>	28
<i>Rigidez dieléctrica</i>	28
<i>Emulsibilidad</i>	28
<i>Demulsibilidad</i>	29

<i>Aeroemulsión</i>	29
<i>Punto de goteo</i>	29
<i>Punto de inflamación</i>	29
<i>Punto de combustión</i>	30
<i>Punto de enturbiamiento</i>	30
<i>Punto de congelación</i>	30
<i>Punto de floculación</i>	30
<i>Índice de Viscosidad</i>	30
Aceites monogrados y multigrados	31
Aplicaciones	31
Clasificación SAE	33
Color del aceite	33
Características químicas	34
El mecanismo de la oxidación	35
Factores que favorecen la oxidación	36
ADITIVOS	36
Bases de aceite	37
Aditivos para Lubricantes	37
Principios de Selección de los Lubricantes.....	40
Propiedades necesarias de un lubricante	40
Verificación del tipo de lubricante EP	40
Tabla N° 4 Capacidad de carga de los aditivos EP	40
Características de los lubricantes con aditivos EP	41
Lubricantes EP de 1ra generación	41
Lubricantes EP de 2da generación.....	41
Lubricantes EP de 3ra generación	41
Especificaciones para lubricantes	41
PRUEBAS DE EVALUACIÓN Y DESEMPEÑO	42
GRASAS LUBRICANTES	43
COMPOSICION	43
¿Qué debemos exigir a una grasa lubricante?	43
Propiedades y componentes de las grasas	44
Componente fluido.....	44
Aditivos y modificadores	45
Espesantes especiales	45
Tipos de grasas	45
FABRICACIÓN	47
Proceso de obtención de la grasa	47
CARACTERÍSTICAS DE LAS GRASAS.....	48
ENSAYOS.....	49
<i>Cómo elegir la grasa más adecuada</i>	49
LUBRICANTES SINTÉTICOS	50
ORIGEN.....	50
QUÍMICA DE LOS LUBRICANTES SINTÉTICOS	50
Componentes del aceite sintético.....	50
CARACTERISTICAS DEL ACEITE SINTETICO	51
Algunas Ventajas y desventajas de los Aceites Sintéticos	52
Aspectos que deben tener en cuenta al implementar un Lubricante Sintético	52
Características y Ventajas.....	52

LUBRICANTES SEMISINTETICOS	54
LUBRICACIÓN DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS	55
COJINETES PLANOS RODAMIENTOS	55
Tipos de cojinetes y denominaciones	55
Cojinetes lisos	55
Los rodamientos	56
Partes de un rodamiento.....	57
Elemento rodante.....	57
Lubricación	58
Relubricación con grasa	58
Lubricación con aceite	59
Inspección y limpieza de rodamientos.....	59
Almacenamiento de los rodamientos.....	59
ENGRANAJES	60
Clasificación	60
Engranajes Cilíndricos	60
Engranajes cónicos.....	60
Tornillo sin fin rueda helicoidal.....	61
LUBRICACIÓN DE CILINDROS	61
CADENAS.....	61
LEVAS Y TAQUES	62
ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE LUBRICANTES	63
MANEJO DE LUBRICANTES	63
Productos empacados	63
Descargue de productos empacados	63
Traslado para almacenamiento	63
Productos a granel.....	63
Descargue de carro-tanques	64
ALMACENAMIENTO	64
Almacenamiento de productos empacados.....	64
Servicio de lubricación (lubricentro)	65
DISTRIBUCIÓN	65
APLICACIÓN DE LOS LUBRICANTES	67
METODOS A PLENA PÉRDIDA.....	67
Aplicaciones de grasas.....	67
METODOS DE RECIRCULACIÓN	68
SISTEMAS CENTRALIZADOS.....	68
ACEITES USADOS.....	69
ANÁLISIS DE ACEITES USADOS.....	69
Usos y beneficios para el cliente	69
<i>Obtención de la muestra.</i>	70
<i>Estudio de los resultados</i>	70
Aumento de la Viscosidad	71
Disminución de la Viscosidad	71
Humedad.....	72
Formación de espuma	72
Anticongelante	73
Hierro.....	73
Aluminio.....	73
Cobre.....	74

Estaño	74
Cromo.....	75
Silicio	75
Sodio	75
Potasio	76
Aluminio.....	76
Degradación	76
<i>Degradación de los aditivos</i>	77
Calcio y Magnesio.....	77
Zinc y Fósforo (ZDDP)	77
Molibdeno.....	78
Boro.....	78
CLASIFICACIONES DE LUBRICANTES PARA MOTOR	81
Clasificación de viscosidad SAE J300	81
Factores de desempeño de aceites para motor	82
LA LUBRICACIÓN EN EL MANTENIMIENTO	87
CONSIDERACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	87
Consideraciones de mantenimiento	87
MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN	89
Importancia de la lubricación.....	89
Factores de la lubricación.....	89
TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	90
Mantenimiento reactivo.....	90
Mantenimiento preventivo.....	90
Mantenimiento predictivo	91
ORGANIZACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.	92
METODOLOGÍA DE LAS INSPECCIONES.....	92

TRIBOLOGIA

Introducción

La evolución de la ingeniería mecánica da lugar a nuevos campos de estudio cuyo desarrollo obedece a las necesidades de orden práctico. Hace algunos años se introdujo una nueva rama de diseño de maquinaria, llamada Tribología, término proveniente de la palabra griega tribos, que significa fricción y logos tratado.

La esencia de este campo de estudio relacionado con la interacción de contacto entre sólidos en movimiento relativo es la investigación y abarca muchos campos del diseño, la lubricación, el desgaste y se basa en la ingeniería, la física, la química, las matemáticas, la metalurgia, la mecánica de los fluidos, los materiales y otras, por lo cual esta considerada como una ciencia interdisciplinaria.

En general, todo cuerpo en movimiento forma parte de un sistema Tribológico en el que pueden intervenir dos o más sólidos, sólidos y líquidos, así como también líquidos y gases. En muchos aspectos de nuestra vida diaria, nos encontramos con una manifestación Tribológica.

Análisis de superficie

Asperidades y rugosidades

Todas las superficies son rugosas. El campo de la ingeniería está hecho de sólidos cuyas superficies adquieren su textura como resultado de una gran variedad de procesos. En algunos casos es simplemente el resultado normal del proceso de formación de la pieza, por ejemplo en fundición, moldeo o corte.

Los procesos posteriores que afectan las capas superficiales, se aplican después de que la pieza ha sido formada en sus dimensiones básicas. Algunos de estos procesos tienen como objeto el remover material, como en el caso del rectificado o esmerilado. Otros para agregarlo, como el revestimiento electrolítico, el metalizado por aspersión y la pulverización por bombardeo iónico y aun otros simplemente redistribuyen las capas superficiales, como en el caso del martillado o forjado en frío. Frecuentemente algunas superficies presentan marcas de acciones no planeadas como en el caso de desgaste o corrosión.

Siempre que dos sólidos se juntan, lo primero que entra en contacto son las crestas de una superficie contra las de la otra. A medida que estas crestas se aplanan, las áreas de contacto aumentan y la presión cae hasta que llega a ser tan baja que no causa deformación posterior. El contacto se limita a un área relativamente pequeña y el resto de la superficie se mantiene separada. La brecha interfacial que se forma, es usualmente continua, y permite el acceso de gases y líquidos.

Textura

Cuando todas las configuraciones o características de una superficie provienen de un mismo tratamiento o proceso, a la textura se le denomina pura. Tales texturas son creadas solamente por procesos que destruyen o borran todos los tratamientos previos. Este es el caso del fresado o desbastado.

La mayoría de las superficies presentan texturas mixtas, como evidencia de más de un proceso de preparación. Normalmente las configuraciones generadas por el segundo proceso se distribuyen al azar, de tal manera que cada región de la superficie terminada lleva las marcas de ambos tratamientos.

Debido a la textura de la superficie e independientemente de su magnitud, el área de contacto real entre sólidos es muy pequeña y en ningún caso depende del área nominal. En esta pequeña área de contacto, la temperatura de fricción y la presión de contacto son muy altas.

La textura de las superficies, basada en la ingeniería moderna, varía ampliamente. Una superficie tratada mecánicamente o electroplateada, puede percibirse muy suave al tacto y reflejar como un espejo, pero al someterla a un electronmigráfico se notara que esta cubierta con crestas y valles.

Propiedades de las superficies

Naturaleza de las superficies

Los materiales más ampliamente usados en los sistemas tribológicos son los metales y las aleaciones. Si se toma un metal del ambiente, se le somete al vacío y se calienta ligeramente, las superficies liberan agua. Si el componente de la maquina a estado operando cerca de otros equipos, se detectaran también hidrocarburos. La liberación de agua con un ligero calentamiento indica que la adhesividad hacia la superficie es débil y de naturaleza física.

Metalurgia y estructura

Por debajo de la capa exterior de agua y gases absorbidos, todas las superficies metálicas (excepto el oro) tiene una capa metálica de oxido. En los metales elementales, el oxido que se presenta depende del medio ambiente, de la cantidad de oxigeno presente en la superficie y del proceso de oxidación para ese metal en particular.

Corrosión crateriforme (Vista Microestructural)

El oxido presente en la superficie de una aleación depende de la concentración de los metales aleados, de la afinidad de estos con el oxigeno, de la habilidad del oxigeno para difundirse dentro de las capas de las superficies y de la separación de los metales que constituyen la aleación.

QUÍMICA DE LAS SUPERFICIES

Las superficies muy limpias son extremadamente activas químicamente y generan una energía de superficie. Esta energía es la necesaria para generar una nueva superficie sólida por la separación de los planos adyacentes. Debido a que los átomos de la superficie tienen una energía sin utilizar; estos pueden interactuar con otros átomos de la superficie y con otros elementos del ambiente.

Esta interacción altera la química, la física, la metalurgia y el comportamiento mecánico de la superficie. Si una superficie metálica se somete a una cuidadosa limpieza mediante un sistema de vacío y luego se aplica un gas, tal como el oxigeno, este se absorberá sobre dicha superficie. Excepto con los gases inertes, esta absorción se convierte en una adhesión química sobre la superficie.

Una vez absorbidas estas películas son por lo general, difíciles de remover. Los átomos de la superficie metálica retienen su identidad individual, al igual que el material absorbido, aunque cada una este químicamente adherida a la otra.

Formación de los compuestos.

La formación de compuestos sobre las superficies tribológicas es extremadamente importante. La oxidación natural sobre metales previene su destrucción cuando desliza sobre otros sólidos. Los aditivos de extrema presión y antidesgastes presentes en algunos aceites lubricantes operan mediante la formación de compuestos con la superficie que va a ser lubricada.

Efectos ambientales

Las propiedades químicas, físicas y metalúrgicas de superficies metálicas atómicamente limpias, son considerablemente alteradas por sustancias del ambiente. Esto es muy importante

Leyes de la fricción

a) **Primera:** La fricción es proporcional a la carga.

b) **Segunda:** Es independiente del área de contacto de las superficies (el coeficiente de rozamiento no depende del tamaño de las superficies).

c) **Tercera:** Varía según la naturaleza de las superficies.

d) **Cuarta:** No afecta la velocidad del deslizamiento.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN

Es la relación existente entre la fuerza necesaria para mover un cuerpo sobre la superficie y la que dicho cuerpo ejerce sobre ella perpendicularmente. Si el cuerpo está en reposo, la fuerza necesaria para ponerlo en movimiento debe vencer la fricción estática, pero si se encuentra ya en movimiento, bastará que la fuerza impulsora sea igual a la fricción cinética. El coeficiente de fricción es igual a 1 si para mover un peso de 100 kg. Sobre una superficie, se requiere un esfuerzo de 100 kg. El coeficiente de fricción estático es mayor que el cinético.

La fricción produce desgaste y la severidad de este depende de la naturaleza de las superficies, por lo tanto, La función primordial de un lubricante es disminuir el coeficiente de fricción.

a) **Medida de la fricción:** La medición de la fricción se hace por medio del coeficiente de fricción f , el cual envuelve dos factores: F , la fuerza requerida para iniciar o sostener el deslizamiento y N , la fuerza normal que mantiene juntas las dos superficies.

$$f = \frac{F}{N}$$

Donde:

f = Coeficiente de fricción.

F = Fuerza de fricción que se opone al movimiento.

N = Carga perpendicular a la superficie.

b) **Velocidad de deslizamiento:** En la práctica, algunos materiales deslizan a altas velocidades, produciendo un alto coeficiente de fricción, como el caso del caucho de las ruedas sobre el pavimento de la carretera.

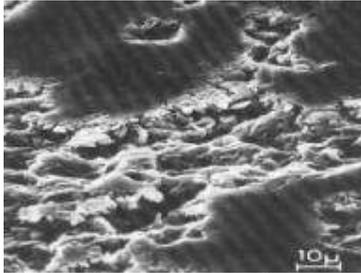
c) **Temperatura:** Generalmente tiene poco efecto sobre el coeficiente de fricción de metales, hasta que la temperatura comienza a ser suficientemente alta para aumentar la tasa de oxidación (la cual produce un decrecimiento del coeficiente de fricción).

d) **Régimen de arranque o inicio:** Algunas veces se registra un arranque rápido a partir del reposo produciendo un bajo coeficiente inicial de fricción.

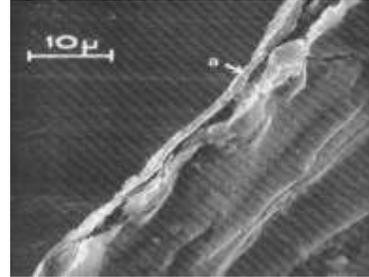
e) **Presión de contacto:** En algunos casos, se analiza el coeficiente de fricción vs la proporción de carga aplicada. Lo primero que debe tenerse en cuenta es que el coeficiente de fricción normalmente decrece a medida que la carga aplicada aumenta.

Teoría de la Lubricación

La industria de lubricantes constantemente mejora y cambia sus productos a medida que los requerimientos de las maquinas nuevas cambian y nuevos procesos químicos y de destilación son descubiertos. Los lubricantes son materiales puestos en medio de partes en movimiento con el propósito de brindar enfriamiento (transferencia de calor), reducir la fricción, limpiar los componentes, sellar el espacio entre los componentes, aislar contaminantes y mejorar la eficiencia de operación.



Por ejemplo, los lubricantes desempeñan también la función de "selladores" ya que todas las superficies metálicas son irregulares (vistas bajo microscopio se ven llenas de poros y ralladuras -VER IMÁGENES-) y el



lubricante "llena" los espacios irregulares de la superficie del metal para hacerlo "liso", además sellando así la "potencia" transferida entre los componentes. Si el aceite es muy ligero (baja viscosidad), no va a tener suficiente resistencia y la potencia se va a "escapar"...si el aceite es muy pesado o grueso (alta viscosidad), la potencia se va a perder en fricción excesiva (y calor). Si el aceite se ensucia, actuará como abrasivo entre los componentes, gastándolos.

Otro ejemplo: los lubricantes también trabajan como limpiadores ya que ayudan a quitar y limpiar los depósitos producidos por derivados de la combustión (una especie de carbón que es una mezcla de combustible quemado, agua y productos de la descomposición del lubricante mismo). Si el aceite es muy ligero, no va a poder limpiar lo suficiente y no proveerá aislamiento de esta "basura"; si es muy pesado se va a mover muy despacio y no va a poder entrar en los lugares más ajustados. El aceite sucio, sea pesado o ligero, simplemente seguirá agregando "basura", sin ayudar a la limpieza. El aceite "justo" va a ayudar a remover la "basura" y mandarla al filtro. En general la función limpiadora del lubricante es ayudada con un filtro, para que el aceite pueda retornar (limpia, una vez que pasó por el filtro) a limpiar una vez más las superficies bajo presión y fricción.

Otro uso de lubricantes es para impartir o transferir potencia de una parte de la maquinaria a otra, por ejemplo en el caso de sistemas hidráulicos (bomba de dirección, etc.). No todos los lubricantes sirven para esto y no todos los lubricantes deben cumplir esta función. Los lubricantes también contribuyen al enfriamiento de la maquinaria ya que absorben calor de las zonas de alta fricción hacia otros lados (radiadores, etc) enfriándola antes de la próxima pasada.

TIPOS DE LUBRICACIÓN

El tipo de lubricación que cada sistema necesita se basa en la relación de los componentes en movimiento. Hay tres tipos básicos de lubricación: límite, hidrodinámica, y mezclada. Para saber qué tipo de lubricación ocurre en cada caso, necesitamos saber la presión entre los componentes a ser lubricados, la velocidad relativa entre los componentes, la viscosidad del lubricante y otros factores. Desde hace relativamente poco tiempo se ha empezado a hablar de un cuarto tipo de lubricación: Elasto-hidrodinámica.

La Lubricación Límite

Ocurre a baja velocidad relativa entre los componentes y cuando no hay una capa completa de lubricante cubriendo las piezas. Durante lubricación límite, hay contacto físico entre las superficies y hay desgaste. La cantidad de desgaste y fricción entre las superficies depende de un número de variables: la calidad de las superficies en contacto, la distancia entre las superficies, la viscosidad del lubricante, la cantidad de lubricante presente, la presión, el esfuerzo impartido a las superficies, y la velocidad de movimiento.

La mayor cantidad de desgaste ocurre al prender el motor. Esto sucede por la baja lubricación límite, ya que el aceite se ha "caído" de las piezas al fondo del cárter...produciendo contacto de metal-a-metal. Una vez que arrancó el motor, una nueva capa de lubricante es establecida con la ayuda de la bomba de aceite a medida que los componentes adquieren velocidad de operación.



Lubricación Hidrodinámica.

En algún momento de velocidad crítica la lubricación límite desaparece y da lugar a la Lubricación Hidrodinámica.

Esto sucede cuando las superficies están completamente cubiertas con una película de lubricante.

Esta condición existe una vez que una película de lubricante se mantiene entre los componentes y la presión del lubricante crea una "ola" de lubricante delante de la película que impide el contacto entre superficies. Bajo condiciones hidrodinámicas, no hay contacto físico entre los componentes y no hay desgaste. Si los motores pudieran funcionar bajo condiciones hidrodinámicas todo el tiempo, no habría necesidad de utilizar ingredientes anti-desgaste y de alta presión en las fórmulas de lubricantes. Y el desgaste sería mínimo. La propiedad que más afecta lubricación hidrodinámica es la viscosidad. La viscosidad debe ser lo suficientemente alta para brindar lubricación (límite) durante el arranque del motor con el mínimo de desgaste, pero la viscosidad también debe ser lo suficientemente baja para reducir al mínimo la "fricción viscosa" del aceite a medida que es bombeada entre los metales (cojinetes) y las bancadas, una vez que llega a convertirse en lubricación hidrodinámica. Una de las reglas básicas de lubricación es que la menor cantidad de fricción innecesaria va a ocurrir con el lubricante de menor viscosidad posible para cada función específica. Esto es que cuanto más baja la viscosidad, menos energía se desperdicia bombeando el lubricante.

Por ejemplo, los que corren los "Dragsters" de NHRA y IHRA en el cuarto de milla en los Estados Unidos (USA) le ponen aceite del "SAE 0" ó "SAE 5", pues reduce la fricción interior del motor, dándoles máxima potencia (pero alto desgaste, ya que la viscosidad es demasiado baja). Ellos quieren la mayor cantidad de HP, y no les importa si hay desgaste, ya que

desarman el motor después de cada carrera.

La Lubricación Mezclada

Es exactamente eso una mezcla inestable de lubricación límite e hidrodinámica. Por ejemplo, cuando enciendes el motor (o cuando arranca un componente, si es otro equipo), la velocidad de los componentes aumenta velozmente y por una pequeña fracción de segundo se produce lubricación mezclada. En otras situaciones, cuando el esfuerzo y la velocidad de los componentes varía ampliamente durante el uso (durante manejo en montaña o en tráfico, por ejemplo) la temperatura puede hacer que el lubricante se "queme" más rápido y que así la lubricación hidrodinámica sea difícil de adquirir (ya que el lubricante ha perdido el beneficio de ciertos aditivos que se "quemaron"), dejando así el motor trabajando en una condición de lubricación mezclada, que producirá más desgaste.

Por ejemplo, mucha gente anda en un cambio (velocidad) más alto que el que deben usar, cosa que causa pocas vueltas de motor, y tal vez menor consumo, pero aumenta el desgaste tremendamente. ¿Cómo es eso? Supongamos que un motor viene en 3ra a 3.000 rpm, o en 4ta a 2.000 rpm y que el vehículo se acerca a una pendiente o cuesta, el conductor decide dejarlo en 4ta para subir, el motor empieza a trabajar más duro (mayor esfuerzo) para subir, la temperatura interior y el esfuerzo interno del motor aumenta, pero las revoluciones (que se reflejan en el tacómetro) del motor no, el aceite se calienta, la fricción aumenta ¿por qué?, porque el motor levanta presión, temperatura y fricción en la subida, y no en la bajada. Al aumentar el esfuerzo, sería lógico aumentar la cantidad de aceite que pasa por cada superficie bajo fricción, pero al dejar el motor en 4ta, las revoluciones siguen siendo 2.000, como en la recta antes de la subida, por más que el esfuerzo del motor es mucho mayor en la subida y para mantener buena lubricación se necesitarían más revoluciones en el motor. ¿Qué se debería de hacer?, bajarle un cambio o velocidad! Se debe aumentar las revoluciones para que la bomba de aceite pueda mandar más lubricante sobre los componentes bajo mayor fricción!

Es más o menos así:

Si se deja la lubricación constante (al dejarlo en ralentí) pero aumentamos el esfuerzo del motor, aumentará el desgaste.

Si aumenta el esfuerzo, entonces aumentan las revoluciones del motor (bajándole un cambio de la caja de velocidades) para aumentar la lubricación, ya que al levantar vueltas, se acelera la bomba de aceite!

Esto es un ejemplo de lubricación hidrodinámica perdiendo efecto y convirtiéndose en lubricación mezclada (de alto desgaste de componentes). Lo bueno es que las subidas no son eternas, así que ningún motor trabaja en condiciones de lubricación mezclada 100% del tiempo, si no, no duraría mucho.

Lubricación Elasto-Hidrodinámica (EHL)

La lubricación EHL se presenta en mecanismos en los cuales las rugosidades de las superficies en movimiento relativo trabajan siempre entrelazadas y las crestas permanentemente se están deformando elásticamente. Bajo estas condiciones de operación, el control del desgaste adhesivo y el consumo de energía por fricción dependen de la película límite adherida a las rugosidades y de las capas de aceite de la película hidrodinámica que se forma cuando el lubricante es sometido a elevadas presiones, en el momento de la deformación elástica de las crestas.

Las Películas delgadas

No son lo suficientemente gruesas como para mantener una separación total entre las superficies en todo momento. También llamadas lubricación a películas mixtas o límite. Cuando no es práctico o posible el suministro de suficiente cantidad de lubricante, las superficies se mueven bajo condiciones de película lubricante muy finas. Sin embargo, aun, en estos casos, existe suficiente aceite de forma que parte de la carga alcanza a ser soportada por la película lubricante y parte por el contacto metal-metal entre las superficies.

Las Películas sólidas

Permanecen adheridas a las superficies en movimiento casi permanentemente. La forma más simple de película lubricante ocurre cuando se aplica un lubricante sólido de baja fricción a un agente, grasa o aceite y se aplica en forma más o menos parecida a un lubricante fluido normal. El lubricante sólido actúa cuando su agente ha sido desplazado o evaporado como en el caso de solventes, permaneciendo en la zona de contacto y realizando su trabajo de lubricación. También se aplican lubricantes sólidos en forma directa, mezclados con resinas o se combinan con algunos elementos de los equipos, conocidos como elementos sectorizados.

IMPACTO DEL DESGASTE SOBRE LOS MECANISMOS LUBRICADOS

El desgaste es sinónimo de improductividad y se define como la pérdida de material entre dos superficies que se encuentran en movimiento relativo y que se manifiesta por su funcionamiento errático, siendo necesario en la mayoría de los casos sacar de servicio el equipo rotativo del cual hacen parte esencial, y cambiarle las piezas defectuosas. Las causas del desgaste no siempre se pueden determinar, conllevando a que en muchos casos sea imposible determinarlas aún cuando el mecanismo se haya lubricado correctamente. El desgaste, cualquiera que sea su origen, finalmente conduce al contacto metal-metal entre las superficies del mecanismo que se encuentran en movimiento relativo y se define como el deterioro sufrido por ellas a causa de la intensidad de la interacción de sus rugosidades superficiales; este tipo de desgaste puede llegar a ser crítico haciendo que las piezas de una máquina pierdan sus tolerancias y el mecanismo funcione de una manera errática ó que fallen catastróficamente quedando inservibles y causando consecuentemente costosos daños y elevadas pérdidas en el sistema productivo de la empresa. En cualquier caso el desgaste de un mecanismo es indeseable pero es imposible evitarlo ya que aun cuando se controlen las causas que lo originan, no será factible evitar la fatiga del material ya que ésta es una propiedad intrínseca de dicho material y conducirá a que finalmente el mecanismo se tenga que reemplazar. Si se quiere que las máquinas alcancen sus mayores índices de productividad es necesario lograr que los componentes que las constituyen se cambien por fatiga y no por alguno de los muchos tipos de desgaste que se pueden presentar durante su explotación.

Tipos de desgaste

Las superficies de los mecanismos lubricados de una máquina se pueden desgastar por causas que pueden ser intrínsecas al tipo de lubricante utilizado, a su tiempo de servicio, a contaminantes presentes en el aceite cuyo origen puede ser de ellos mismos ó de fuentes externas, a fallas intempestivas del sistema de lubricación, a sobrecargas debidas a problemas mecánicos u operacionales, y en algunos pocos casos como resultado de una selección incorrecta del equipo rotativo para el tipo de trabajo que va a desarrollar, a un mal diseño ó al empleo de materiales inadecuados para las condiciones de operacionales de la máquina. Las superficies correctamente lubricadas también se desgastan cuando se consume ó se rompe la película límite en el caso de la lubricación límite y EHL y se conoce como desgaste adhesivo ó del desprendimiento de dicha película de las rugosidades de las superficies metálicas cuando se tienen condiciones de lubricación fluida; en este último caso el desgaste es leve y genera partículas metálicas del orden de 1 a 2 μm y se denomina desgaste erosivo.

Los tipos de desgaste más comunes en orden de importancia son:

- **Adhesivo.**
- **Erosivo.**
- **Corrosivo.**
- **Cavitación.**
- **Corrientes eléctricas.**
- **Fatiga superficial.**

Adhesivo

Es el más crítico ya que en la mayoría de los casos da lugar a la falla catastrófica del mecanismo lubricado quedando inservible y causando altas pérdidas en el proceso productivo. Se presenta como resultado del contacto metal-metal entre las superficies del mecanismo lubricado debido al adelgazamiento de la película lubricante en el caso de lubricación fluida ya sea por la presencia de contaminantes en el aceite (agua, gases, combustibles, etc) ó a un bajo nivel de aceite, baja viscosidad ó baja presión en el sistema de lubricación; un alto nivel de aceite, una alta viscosidad y una alta presión en el sistema de lubricación también pueden dar lugar al *desgaste adhesivo* debido a que el exceso de fricción fluida en el aceite incrementa la temperatura de operación, haciendo que las superficies metálicas sometidas a fricción se dilaten y rocen, rompiendo en un momento dado la película límite. En la lubricación EHL el

desgaste adhesivo se debe al rompimiento de la película límite formada por el aditivo EP del lubricante utilizado.

En el *desgaste adhesivo* las superficies metálicas de las rugosidades se sueldan al no estar interpuesto un elemento tribológico que las separe, como por ejemplo, un aceite ó una grasa en la lubricación fluida ó la película límite formada por los aditivos de Extrema Presión (EP) en la lubricación EHL; las crestas de las rugosidades aunque tengan la capacidad de deformarse elásticamente no lo pueden hacer debido a que están soldadas y al seguir actuando la carga transmitida por el mecanismo hace que se fracturen dando lugar al desprendimiento de partículas ó fragmentos metálicos de diferentes tamaños; la energía liberada incrementa la temperatura de operación haciendo que las superficies que se encuentran en contacto metal-metal se aproximen aún más conduciendo finalmente a que el mecanismo se agarrote y la máquina se detenga.

Cuando una máquina arranca ó para el *desgaste adhesivo*, en los mecanismos lubricados es mínimo siempre y cuando la película límite se encuentre en óptimas condiciones, de lo contrario será crítico, si ésta es escasa como resultado de la falta ó del agotamiento de los aditivos antidesgaste en el lubricante, en el caso de la lubricación fluida ó de los aditivos Extrema Presión, en la lubricación EHL, ó ya sea porque se está utilizando un lubricante inadecuado ó porque su vida de servicio ha sobrepasado el tiempo máximo permisible. Este tipo de desgaste en la mayoría de los elementos lubricados no se puede eliminar completamente, pero si se puede reducir considerablemente mediante la utilización de lubricantes que tengan óptimas propiedades de película límite. Cuando la lubricación es fluida el lubricante debe contar con aditivos antidesgaste que trabajen en el proceso de arrancada y parada de la máquina y en lubricación EHL con aditivos de EP que pueden ser ácidos grasos, fósforo, azufre, cloro, bisulfuro de molibdeno, grafito, etc., dependiendo de la generación del aditivo de EP. La única manera de evitar el *desgaste adhesivo* en el momento de la puesta en marcha de los mecanismos de un equipo es cuando se utiliza la lubricación hidrostática, pero en la práctica sería imposible y antieconómico colocárselo a todas las máquinas. Si se eliminara el *desgaste adhesivo* en el momento de la puesta en marcha del equipo, la vida disponible (Vd) de los mecanismos que lo constituyen sería mucho mayor que la esperada (Ve).

Erosivo

Es la pérdida lenta de material en las rugosidades de las dos superficies que se encuentran en movimiento relativo como resultado del impacto de partículas sólidas ó metálicas en suspensión en un aceite que fluye a alta presión de un tamaño mucho menor que el mínimo espesor de la película lubricante (ho). Las partículas aunque sean de menor tamaño al entrar en la zona de alta presión no siguen un movimiento lineal sino que se desordenan chocando con las rugosidades, es posible que cuando empiezan a chocar no causen desgaste, pero si van fatigando las superficies hasta que finalmente dan lugar al desprendimiento de material; un desgaste erosivo lento siempre estará presente aunque el aceite circule a baja presión ya que ningún aceite es completamente limpio aún cuando cumpla con los estándares de limpieza de la Norma ISO 4406 de acuerdo con el tipo de mecanismo lubricado. El desgaste erosivo se puede presentar también, ya sea en lubricación fluida ó EHL, como resultado del empleo de un aceite de una viscosidad mayor que la requerida debido a que el exceso de capas en la película lubricante "barren" la capa límite que se encuentra adherida a las superficies metálicas haciendo que dichas capas se desgasten por erosión. Cuando se tienen condiciones de flujo turbulento en la película lubricante se presenta el desgaste erosivo porque la película lubricante se mueve con respecto a las rugosidades, esto se puede presentar como resultado de la utilización de aceites con bajos Índices de Viscosidad que hacen que la viscosidad del aceite se reduzca considerablemente a la temperatura de operación del equipo, más cuando ésta es alta ó cuando se presentan elevados incrementos en la temperatura ambiente que hacen que las condiciones de flujo de la película lubricante cambien de laminar a turbulento como resultado del incremento en el Número Reynolds por encima de 2000.

Corrosivo

Puede ser consecuencia del ataque químico de los ácidos débiles que se forman en el proceso de degradación normal del aceite, de la contaminación de éste con agua ó con ácidos del medio ambiente ó de los ácidos fuertes debidos a la descomposición del aceite cuando está

sometido a altas temperaturas; en el primer caso el desgaste corrosivo es lento mientras que en el segundo es crítico siendo por lo tanto la situación que más se debe controlar; tanto los ácidos débiles como los fuertes dan lugar a la formación de ácido sulfúrico. El desgaste corrosivo se puede evitar si el aceite se cambia dentro de los intervalos recomendados, para lo cual si no se conoce, se le analiza al aceite la acidez mediante la prueba del Número Ácido Total (TAN) ó Número de Neutralización (NN) según el método ASTM D664; este parámetro bajo ninguna circunstancia puede ser mayor que el máximo permisible de acuerdo con el tipo de mecanismo que esté lubricando el aceite. El desgaste corrosivo se manifiesta inicialmente por un color amarillento y luego rojizo de las superficies metálicas, seguido del desprendimiento de pequeñas partículas que cada vez aumentan su concentración hasta que finalmente causan el desgaste por erosión y por abrasión de las superficies sometidas a fricción, por otro lado los pequeños cráteres que dejan las partículas que se desprenden al unirse forman grietas que pueden producir finalmente la rotura de la pieza.

El *desgaste corrosivo* cuando se presenta en los materiales ferrosos por la acción del agua se conoce con el nombre de *herrumbre* y se analiza con la prueba de laboratorio ASTM D665 y en los materiales blancos como el Babbitt con la prueba de *corrosión en lámina de cobre*, y se evalúa con la prueba ASTM D130. El *desgaste corrosivo* es muy frecuente en las coronas de bronce del reductor sinfín-corona cuando se utilizan en su lubricación aceites con aditivos de Extrema Presión del tipo fósforo, cloro ó azufre y hay presencia de agua en el aceite. Es muy importante tener en cuenta que aunque el aceite se oxide, los inhibidores de la corrosión presentes en el aceite reducen la concentración de los ácidos disminuyendo la probabilidad de que se presente el desgaste corrosivo en las superficies metálicas.

La probabilidad de que se presente el *desgaste corrosivo* en los motores de combustión interna es bastante alta debido a que durante el proceso de combustión se genera un buen número de productos gaseosos como el CO, CO₂, H₂O, óxidos de nitrógeno y de azufre, halógenos, etc., los cuales tienen un carácter muy ácido y en presencia de agua se pueden volver bastante corrosivos hacia los metales. Los motores Diesel son particularmente muy sensibles al desgaste corrosivo debido a la presencia de azufre en el combustible el cual durante el proceso de combustión reacciona con el agua que se forma produciendo ácido sulfúrico que ataca los anillos, pistones, paredes del cilindro y cojinetes de apoyo del cigüeñal; de manera similar en los componentes ferrosos de los motores a gasolina se puede presentar el *desgaste corrosivo* por herrumbre debido a los ácidos orgánicos y a los ácidos clorhídrico y bromhídrico procedentes de los haluros orgánicos (bicloruro y dibromuro de etileno) que se usan junto con el compuesto antidetonante para eliminar los residuos de plomo que quedan cuando se quema gasolina con plomo. Se ha podido comprobar que mientras las paredes del cilindro del motor a gasolina se mantengan por encima de los 180°F el *desgaste corrosivo* es despreciable, pero es significativo a medida que la temperatura va disminuyendo debido a la condensación de pequeñas gotitas de agua ácida; por lo tanto es recomendable que un motor a gasolina no se deje funcionando en vacío durante períodos de tiempo prolongados, aunque esta situación es inevitable en circunstancias de pare y arranque como es el caso de las "horas pico" en las grandes ciudades.

El *desgaste corrosivo* en los motores de combustión interna se controla con los aditivos detergentes-dispersantes del aceite, tales como los fenatos y sulfónatos básicos. Si se considera el pH del aceite para controlar el desgaste corrosivo, éste no debe ser menor de 4,5 en los aceites para motores Diesel y de 6 en los de gasolina; sin embargo en la práctica de la lubricación automotriz no se utiliza la prueba del pH sino la prueba del Número Básico Total (TBN), según ASTM D664. Esta característica de los aceites automotores no debe ser inferior a los valores mínimos permisibles de acuerdo con el tipo de motor lubricado. Los aceites actuales para motores de combustión interna controlan muy bien los ácidos corrosivos que pueden afectar los componentes internos del motor debido a los altos niveles de calidad API que para los motores a gasolina es el SL y en los Diesel el CI.

En los mecanismos que trabajan bajo cargas vibratorias continuas como es el caso de las zarandas se puede presentar un tipo de desgaste que se conoce como *desgaste corrosivo por vibración* que causa el desprendimiento de pequeñas partículas como resultado de la rotura de la película lubricante y de la presencia de humedad en el ambiente. Este puede ser el caso de los componentes de los telares textiles que trabajan bajo cargas vibratorias continuas y en

ambientes donde es necesario mantener determinadas condiciones de humedad relativa. El *desgaste corrosivo por vibración* se puede reducir considerablemente ó evitar si se utilizan lubricantes con aditivos de Extrema Presión, siendo los más indicados el grafito ó el bisulfuro de molibdeno.

Abrasivo

Es consecuencia de la presencia de partículas sólidas ó metálicas de un tamaño igual ó mayor que el espesor mínimo de la película lubricante y de la misma dureza ó superior a la de las superficies metálicas del mecanismo lubricado; el desgaste es mayor en la superficie más blanda. Las partículas sólidas como el *silicio* dan lugar a un considerable *desgaste abrasivo* debido a la elevada dureza de este material. Cuando las partículas del mismo tamaño que el mínimo espesor de la película lubricante se encuentran entre las dos superficies “ruedan” removiendo la película límite y desprendiendo material de ambas superficies. Cuando son de mayor tamaño se fracturan dando lugar a partículas del mismo tamaño que el mínimo espesor de la película lubricante y de un tamaño menor que propician el desgaste erosivo de dichas superficies metálicas ó el abrasivo si la carga que actúa sobre el mecanismo se incrementa ó la viscosidad del aceite se reduce ya sea por contaminación con agua ó con aceites de menor viscosidad. También es factible que se incrusten partículas en una de las superficies y actúen como una herramienta de corte, removiendo material de la otra.

El *desgaste abrasivo* en un mecanismo se puede controlar filtrando el aceite de tal manera que se mantenga dentro del código de limpieza recomendado por la norma ISO 4406 de acuerdo con el tipo de mecanismo lubricado; esto quiere decir que el número de partículas cuyo tamaño es mayor que el espesor mínimo de la película lubricante es menor ó igual que el especificado; no significando esto, ausencia de *desgaste abrasivo* en el mecanismo, sino que éste estará dentro de los valores máximos permisibles para alcanzar la vida proyectada por el fabricante. En la actualidad no es factible eliminar totalmente el *desgaste abrasivo* debido a la imposibilidad de contar con aceites completamente limpios.

Cavitación

Es el fenómeno que se presenta cuando las burbujas de vapor de agua que se forman en el aceite, al circular éste a través de una región donde la presión es menor que su presión de vapor, “explotan” al llegar nuevamente a una región de mayor presión como resultado del cambio de estado de vapor a líquido. Si las burbujas “explotan” cerca de las superficies metálicas darán lugar a presiones localizadas muy altas que ocasionarán picaduras en dichas superficies. La Cavitación generalmente va acompañada de ruido y vibraciones. El *desgaste por Cavitación* se puede evitar incrementando la presión en el sistema ó utilizando aceites con presiones de vapor bajas a altas temperaturas.

Corrientes eléctricas

Se presenta por corrientes eléctricas, cuyo origen pueden ser corrientes parásitas u otras fuentes externas, que pasan a través de los mecanismos de un componente equipo lubricado y cuya toma a tierra está defectuosa ó no la tiene causando en ellos picaduras que los pueden dejar inservibles. Este puede ser el caso de los rodamientos de los motores eléctricos y de los cojinetes lisos de turbinas de vapor, gas, hidráulicas, generadores y compresores centrífugos.

Fatiga superficial

Es el único tipo de desgaste que no se puede evitar y el cual finalmente hace que el componente lubricado se tenga que cambiar. Se presenta como resultado de los esfuerzos cíclicos que genera la carga al actuar en el punto donde se forma la película lubricante que en el caso de la lubricación fluida hace que las crestas de las rugosidades traten de aplastarse sin tocarse dando lugar a un ciclo de compresión y de tensión que termina deformando plásticamente las rugosidades causando su rotura, iniciándose de esta manera el “ojo” de fatiga ó grieta incipiente que da lugar a un incremento localizado del esfuerzo, que cada vez se hace más crítico por la falta de área hasta que finalmente la velocidad de propagación es tan alta que ocasiona la fractura del componente. En el caso de la lubricación EHL, la fatiga de las rugosidades es más crítica, debido a que la deformación de las rugosidades que inicialmente es del tipo elástica termina por ser plástica causando la rotura de dichas rugosidades y por lo tanto el descascarillado de la superficie metálica y la propagación de grietas internas que

finalmente ocasionan la falla del componente por rotura. Entre mayor sea la temperatura de operación del elemento lubricado, el desgaste por fatiga superficial es más acelerado debido a la modificación que sufre la curva esfuerzo-deformación del material que hace que el punto de fluencia se corra hacia la izquierda y que por lo tanto para la misma condición de carga, el mecanismo quede trabajando en la zona plástica y no en la elástica.

La falla por fatiga superficial se presenta de manera típica después de millones de ciclos de deformación elástica y se acelera cuando se tienen temperaturas de operación por encima de los 50°C, por la aplicación de esfuerzos de tensión y compresión, que superan los del material del mecanismo, ó por la presencia de partículas sólidas ó metálicas de un tamaño igual al espesor de la película lubricante y que no se adhieren a ninguna de las superficies en movimiento; en este caso la partícula es atrapada instantáneamente entre las superficies y origina hendiduras en ella debido a que las superficies se deflectan a lado y lado de la partícula como consecuencia de la carga que soportan, iniciándose las grietas, *las cuales se esparcen después de n ciclos de esfuerzos*. El *desgaste por fatiga superficial* aparece más rápidamente en los elementos que están sometidos a movimiento de rodadura que por deslizamiento debido a los mayores esfuerzos que soportan, este es el caso de los rodamientos, flancos de los dientes de los engranajes a la altura del diámetro de paso, y las superficies de las levas, entre otros.

Consecuencias del desgaste

Los más importantes son:

- *Movimiento errático de los mecanismos lubricados.*
- *Altos valores de vibración e incremento en los niveles de ruido.*
- *Elevadas temperaturas de operación.*
- *Mayor consumo de repuestos por incremento del mantenimiento correctivo.*
- *Reducción significativa de la producción por paros de maquinaria.*
- *Mayor consumo de energía para realizar la misma cantidad de trabajo útil.*
- *Posibilidades de accidentes ante el peligro de roturas de componentes de máquinas.*

ACEITES LUBRICANTES

Composición

Un lubricante es una sustancia que se interpone entre dos superficies (una de las cuales o ambas se encuentran en movimiento), a fin de disminuir la fricción y el desgaste. Los aceites lubricantes en general están conformados por una Base más Aditivos. El termino "aceite lubricante", es generalmente usado para incluir toda clase de materiales lubricantes aplicados como fluidos. Estos pueden ser de origen vegetal, mineral o sintético.

Los aceites lubricantes, cualquiera sea su origen inicial, tienen dos grandes componentes; las bases lubricantes que determinan las propiedades del lubricante, tales como viscosidad, color, etc. y los aditivos, los cuales adecuadamente combinados brindan las características propias de cada aceite lubricante pudiendo componer entre un 30% y un 2% del aceite lubricante. Los aditivos mejoran las propiedades físicas y químicas de los lubricantes.

Bases lubricantes

Es el componente más importante del aceite, define su viscosidad y le da propiedades fisico-químicas importantes al aceite, como las de demulsibilidad, antidesgaste, antiespumante, antioxidante, índice de viscosidad, biodegradabilidad y toxicidad entre otras. Mientras los aditivos realicen su función, la base lubricante no se deteriora si no se contamina, pero una vez que estos se agotan, la base lubricante se empieza a degradar, iniciándose el proceso que se conoce como oxidación del aceite en el cual se forman lacas, barnices y gomas ácidas, que conllevan a que finalmente el aceite se torne ácido y sea necesario cambiarlo.

La base lubricante puede ser derivada del petróleo, sintética ó vegetal. La utilización de uno u otro tipo de base lubricante depende de las condiciones de operación del equipo o maquina.

Aunque las bases vegetales y animales se usan en algunos productos, son las bases lubricantes minerales y sintéticas las que más se encuentran en el mercado por su mayor disponibilidad y características inherentes.

Dentro de las bases lubricantes minerales se encuentra gran cantidad de diferencias y clases. Estas se agrupan en tres tipos que son:

a) **Parafínicas:** son bases saturadas con cadenas de hidrocarburos en línea recta o ramificada. Los crudos con este tipo de formación producen gasolinas de bajo octanaje, pero, excelentes kerosenos, aceites combustibles y bases lubricantes. Algunas de sus características son:

- Resistencia a la oxidación
- Alto punto de inflamación
- Baja densidad
- Alto punto de fluidez
- Bajo poder disolvente

b) **Nafténicas:** En general estas bases son de menor calidad que las parafínicas, pudiendo mejorarse por procesos especiales de refinación. Algunas de sus características son:

- Bajo punto de fluidez
- Inestabilidad química
- Bajo índice de viscosidad
- Tendencia a la oxidación

c) **Aromáticas:** Las bases aromáticas son cadenas no saturadas. Esta configuración las hace químicamente activas y tienen tendencia a la oxidación generando ácidos orgánicos. Algunas de sus características son:

- Elevada densidad
- Inestabilidad química
- Tendencia a la oxidación
- Bajo punto de infamación

Manufactura de las bases

La manufactura de las bases lubricantes implica una serie de pasos y procesos a través de los cuales se separan y sustraen diversos compuestos indeseados de los residuos atmosféricos.

Procesos principales

1. **Destilación al vacío:** En la destilación al vacío el material inicial del proceso (Feedstock), es separado en productos de similar punto de ebullición. Las propiedades que son controladas por este proceso son viscosidad, punto de llama y residuos de carbón.
2. **Desasfaltado con propano:** Mediante este proceso se logra retirar gran cantidad de resinas y asfaltos empleando en dicho proceso el propano en una proporción de 7 partes de propano por 1 de líquido a tratar.
3. **Extracción furfural:** Esta se encarga de separar los compuestos aromáticos de los no aromáticos mezclando en el proceso furfural con el aceite desfaltado.
4. **Desparafinado:** Este proceso se usa para remover la cera, reduciendo así el punto de fluidez.
5. **Hidrogenación catalítica:** Consiste en un juego de catalizadores a través de las cuales se hace pasar aceite caliente e hidrógeno logrando producir aceites con menor coloración y con mejores características de funcionamiento.

También existen otros procesos alternativos que son:

- Desasfaltado
- Extracción con solvente
- Desparafinado
- Terminado con arcilla
- Hidrotratamiento
- Hidrocraqueado

Clasificación de las bases

De acuerdo con la API (Instituto americano del petróleo), las bases lubricantes se dividen en cinco grupos que son:

Bases lubricantes clasificadas API

Grupo I	Solventes
Grupo II	Hidroprocesados
Grupo III	Aceites bases no convencionales
Grupo IV	Sintéticos
Grupo V	Otros

FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES

Los lubricantes no solamente disminuyen el rozamiento entre los materiales, sino que también desempeñan otras importantes misiones para asegurar un correcto funcionamiento de la maquinaria, manteniéndola en estas condiciones durante mucho tiempo. Entre estas otras funciones, cabe destacar las siguientes:

- Refrigerante
- Lubricante
- Eliminador de impurezas
- Sellante
- Anticorrosivo y antidesgaste
- Transmisor de energía

El lubricante correctamente aplicado consigue:

- **Lubricar:** Minimiza el desgaste de los componentes, se reduce el ruido, se aprovecha mejor la transmisión de fuerza ahorrando energía y combustible.
- **Evitar el desgaste por frotamiento**
- **Ahorrar energía:** Evitando que se pierda en rozamientos inútiles que se oponen al movimiento, y generan calor.
- **Refrigeración:** El aceite contribuye a mantener el equilibrio térmico de la máquina, disipando el calor que se produce en la misma como consecuencia de frotamientos, combustión, etc.... Esta función es especialmente importante (la segunda más importante después de lubricar), en aquellos casos en que no exista un sistema de refrigeración, ó éste no tenga acceso a determinados componentes de la máquina, que únicamente puede eliminar calor a través del aceite (cojinetes de biela y de bancada, parte interna de los pistones en los motores de combustión interna). En general, se puede decir que el aceite elimina entre un 10% y un 25% del calor total generado en la máquina.
- **Eliminación de impurezas:** En las máquinas y equipos lubricados se producen impurezas de todo tipo; algunas por el propio proceso de funcionamiento (como la combustión en los motores de explosión), partículas procedentes de desgaste o corrosión y contaminaciones exteriores (polvo, agua, etc.). El lubricante debe eliminar por circulación estas impurezas, siendo capaz de mantenerlas en suspensión en su seno y llevarlas hasta los elementos filtrantes apropiados. Esta acción es fundamental para conseguir que las partículas existentes no se depositen en los componentes del equipo y no aceleren un desgaste en cadena, puedan atascar conductos de lubricación o producir consecuencias nefastas para las partes mecánicas lubricadas. Podemos decir que el lubricante se ensucia para mantener limpia la máquina.
- **Anticorrosivo y antidesgaste:** Los lubricantes tienen propiedades anticorrosivas y reductoras de la fricción y el desgaste naturales, que pueden incrementarse con aditivos específicos para preservar de la corrosión diversos tipos de metales y aleaciones que conforman las piezas y estructuras de equipos ó elementos mecánicos.
- **Sellante:** El lubricante tiene la misión de hacer estancas aquellas zonas en donde puedan existir fugas de otros líquidos ó gases que contaminan el aceite y reducen el rendimiento del motor. La cámara de combustión en los motores de combustión interna y los émbolos en los amortiguadores hidráulicos son dos ejemplos donde un lubricante debe cumplir esta función.
- **Transmisor de energía:** Es una función típica de los fluidos hidráulicos en los que el lubricante además de las funciones anteriores, transmite energía de un punto a otro del sistema.

Características Físicas Y Químicas

Estas características son de gran valor para permitir uniformidad de los diferentes productos durante su elaboración. También son útiles para determinar los aceites adecuados para cada aplicación de acuerdo con las especificaciones de los OEMs. Así mismo se emplean en los aceites usados para identificar variaciones en sus características y sus posibles causas.

Características físicas:

a) **Densidad y gravedad:** La densidad es la razón entre el peso de un volumen dado de aceite y un volumen igual de agua.

La densidad esta relacionada con la naturaleza del crudo de origen y el grado de refinado. En ocasiones, se usan otras características para definir el aceite en lugar de su densidad, aunque están directamente relacionadas con ella. Veamos algunas.

La gravedad específica se define como la relación entre un cierto volumen de producto y el mismo volumen de agua destilada a 4°C. En Estados Unidos suele usarse la gravedad API. Esta es una escala arbitrarios que expresa la gravedad o densidad del Aceite, medida en grados API. La densidad es la razón entre el peso de un volumen de aceite y el peso de un volumen igual de agua.

b) **Punto de inflamación:** Es la temperatura mínima a la cual el aceite desprende suficientes vapores que se encienden instantáneamente al aplicárseles una llama abierta.

c) **Punto de fluidez:** Es la mínima temperatura a la cual un líquido fluye cuando se es enfriado bajo condiciones de prueba.

d) **Viscosidad:** La viscosidad es una de las propiedades más importantes de un lubricante. De hecho, buena parte de los sistemas de clasificación de los aceites están basados en esta propiedad. La temperatura estándar para el agua y el aceite es de 60°F. En otros países la temperatura es de 15°C (59°F) para el aceite y 4°C para el agua, si bien en algunos casos se utilizan 15°C para el agua y el aceite.

Que es Viscosidad.

La viscosidad es la principal característica de la mayoría de los productos lubricantes.

Es la medida de la fluidez a determinadas temperaturas. Si la viscosidad es demasiado baja la película lubricante no soporta las cargas entre las piezas y desaparece del medio sin cumplir su objetivo de evitar el contacto metal-metal. Si la viscosidad es demasiado alta el lubricante no es capaz de llegar a todos los lugares en donde es requerido. Al ser alta la viscosidad es necesaria mayor fuerza para mover el lubricante originando de esta manera mayor desgaste en la bomba de aceite, además de no llegar a lubricar rápidamente en el arranque en frío. La medida de la viscosidad se expresa comúnmente con dos sistemas de unidades SAYBOLT (SUS) o en el sistema métrico CENTISTOKES (CST). Como medida de la fricción interna actúa como resistencia contra la modificación de la posición de las moléculas al actuar sobre ellas una tensión de cizallamiento. La medida común métrica de la viscosidad absoluta es el Poise, que es definido como la fuerza necesaria para mover un centímetro cuadrado de área sobre una superficie paralela a la velocidad de 1 cm. por segundo, con las superficies separadas por una película lubricante de 1 cm. de espesor.

La viscosidad es una propiedad que depende de la presión y temperatura y se define como el cociente resultante de la división de la tensión de cizallamiento (t) por el gradiente de

velocidad D .

$$M = \frac{t}{D}$$

La viscosidad varía inversamente proporcional con la temperatura, por eso su valor no tiene utilidad si no se relaciona con la temperatura a la que el resultado es reportado. Un aceite delgado es menos resistente a fluir, por eso su viscosidad es baja. Un aceite grueso es más resistente a fluir y por eso tiene una viscosidad más alta. Las viscosidades de los aceites normalmente son medidas y especificadas en centistokes (cSt) a 40°C o 100°C.

Con flujo lineal y siendo constante la presión, la velocidad y la temperatura. Afecta la generación de calor entre superficies giratorias (cojinetes, cilindros, engranajes). Tiene que ver con el efecto sellante del aceite. Determina la facilidad con que la maquinaria arranca bajo condiciones de baja temperatura ambiente.

La fricción entre moléculas genera calor; la cantidad de calor generado está en función de la viscosidad. Esto también afecta a la capacidad sellante del aceite y a su consumo.

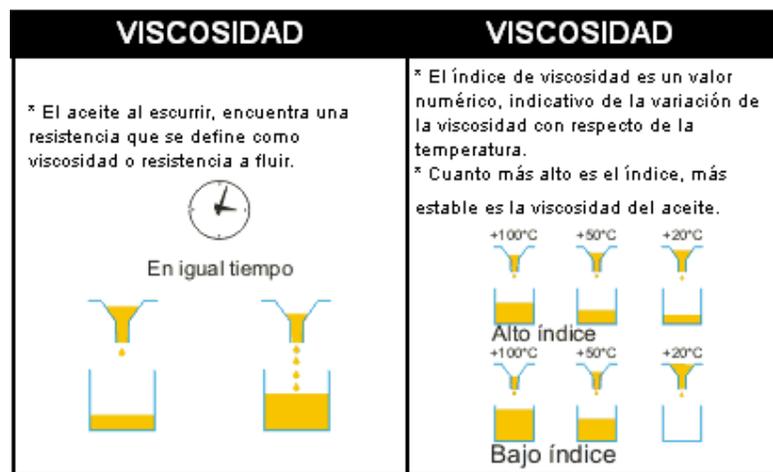
La viscosidad también tiene que ver con la facilidad para ponerse en marcha de las máquinas, particularmente cuando operan en temperaturas bajas. El funcionamiento óptimo de una máquina depende en buena medida del uso del aceite con la viscosidad adecuada para la temperatura ambiente.

Además es uno de los factores que afecta a la formación de la capa de lubricación.

La viscosidad en un fluido que depende de la presión y de la temperatura:

- Al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad.
- Al aumentar la presión aumenta la viscosidad.

La medida de la variación de la viscosidad con la temperatura es el índice de viscosidad. A mayor índice de viscosidad, mayor resistencia del fluido a variar su viscosidad con la temperatura. El índice de viscosidad se mejora con los aditivos que mejoran el índice de viscosidad.



TIPOS DE VISCOSIDAD

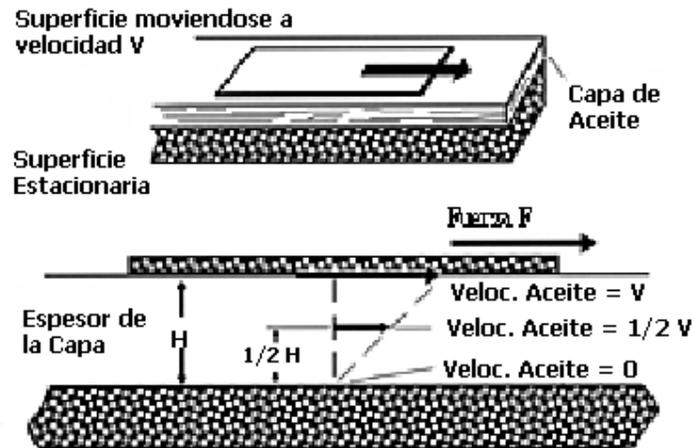
Viscosidad cinemática

Es su viscosidad dinámica dividida por su densidad, ambos medidos a la misma temperatura, y expresada en unidades consistentes. Las unidades más comunes que se utilizan para expresar la viscosidad cinemática son: stokes (St) o centistokes (cSt, donde 1 cSt = 0,01 St), o en unidades del SI como milímetros cuadrados por segundo (mm^2/s , donde $1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt}$).

Viscosidad dinámica

Normalmente se expresa en poise (P) o centipoise (cP, donde 1 cP = 0,01 P), o en unidades del Sistema Internacional como pascales-segundo (Pa-s, donde 1 Pa-s = 10 P). La viscosidad dinámica, la cual es función sólo de la fricción interna del fluido, es la cantidad usada más frecuentemente en el diseño de cojinetes y el cálculo de flujo de aceites. Debido a que es más conveniente medir la viscosidad de manera tal que tenga en cuenta la densidad del aceite, para caracterizar a los lubricantes normalmente se utiliza la viscosidad cinemática.

Concepto de Viscosidad Dinámica



El concepto básico de la viscosidad se muestra en la figura, donde una placa se mueve a una velocidad constante V sobre una capa de aceite. El aceite se adhiere a ambas caras de las placas, la móvil y la estacionaria. El aceite en contacto con la cara de la placa móvil viaja a la misma velocidad que ésta, mientras que el aceite en contacto con la placa estacionaria tiene velocidad nula. Entre ambas placas, se puede visualizar al aceite como si estuviera compuesto por muchas capas, cada una de ellas siendo arrastrada por la superior a una fracción de la velocidad V , proporcional a su distancia de la placa estacionaria. Una fuerza F debe ser aplicada a la placa móvil para vencer a la fricción entre las capas fluidas. Dado que esta fricción está relacionada con la viscosidad, la fuerza necesaria para mover la placa es proporcional a la viscosidad. La viscosidad se puede determinar midiendo la fuerza necesaria para vencer la resistencia a la fricción del fluido en una capa de dimensiones conocidas. La viscosidad determinada de esta manera se llama dinámica o absoluta.

La viscosidad dinámica en centipoise se puede convertir en viscosidad cinemática en centistokes dividiéndola por la densidad del fluido en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) a la misma temperatura. La viscosidad cinemática en milímetros cuadrados por segundo se puede convertir en viscosidad dinámica en pascal-segundos multiplicando por la densidad en gramos por centímetro cúbico y dividiendo el resultado por 1000. Resumiendo:

$$\text{Esfuerzo de corte} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}} = \frac{\text{dinas}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Velocidad de corte} = \frac{\text{Velocidad / del / Fluido}}{\text{Dis tan cia / entre / sup erficies}} = \frac{\text{cm/s}}{\text{cm}} = \text{S}^{-1}$$

$$\text{Viscosidad Absoluta} = \frac{\text{Esfuerzo / de / corte}}{\text{Velocidad / de / corte}} = \frac{\text{dinas/cm}^2}{\text{s}^{-1}} = 1P$$

$$\text{Viscosidad cinemática} = \frac{\text{Vis cos idad / Absoluta}}{\text{Densidad}} = 1\text{Stoke}$$

Unidades de medida de la viscosidad

Existen unos buenos números de unidades empleadas en la medición de la viscosidad. Algunas se basan en la relación entre la fuerza aplicada y el grado de desplazamiento conseguido; otras se basan en el tiempo que tarda en fluir una determinada cantidad de líquido a través de un orificio calibrado, a una determinada temperatura, que suele ser 100°F y 210°F (37,8°C y 98,9°C). Veámoslas:

- **Poise (Po):** En honor de Poiseville, quien en 1844 desarrollo la ecuación de viscosidad de los gases. Es la unidad de viscosidad absoluta del sistema CGS. Se define como la fuerza en dinas necesaria para mover una placa lisa de 1 cm² de superficie separada de otra fija por una capa de líquido de 1 cm d espesor, a una velocidad de 1 cm/seg (dima x cm-2/seg). También se denomina g x cm/seg. En la práctica suele usarse su submúltiplo, el centipoise. 1 cPo=0'01 Po
- **Poiseville (PI):** Unidad de viscosidad absoluta del Sistema Internacional. Su definición es similar a la del Poise, pero sustituyendo las unidades CGS por las del S.I. (N x seg/m²). 1 PI= 10 Po = 1 Pa x seg
- **Reynolds:** Llamado así por Sir Osborne Reynolds. En la práctica se usa el micro Reynolds, su millonésima parte, dada la magnitud de la unidad fundamental.
- **Stoke (St):** Unidad de viscosidad cinemática del sistema CGS. Se basa en la relación entre la viscosidad dinámica de un fluido y su densidad (ver viscosidad cinemática). También puede denominarse cm²/seg. Suele emplearse su submúltiplo el centistokes (cSt). 1 cSt = 0'01 St. La viscosidad dinámica en centipoise puede convertirse en viscosidad cinemática en centistokes dividiéndola por la densidad en g/cm³, a la misma temperatura.
- **Metro cuadrado por segundo (m²/seg):** Unidad de viscosidad cinemática del S.I. 1 m²/seg= 10⁴ St
- **Segundos Saybolt (SUS):** Indica el tiempo que tarda el fluir 60 ml de aceite a través de un tubo capilar a una temperatura dada entre 70°F y 210°F. Si el fluido es de viscosidad muy alta viscosidad se usa un tubo de mayor diámetro, expresando entonces el resultado en Segundos Saybolt Furoi (SSF). Se usa sobre todo en Estados Unidos.
- **Segundos Redwood:** Indica el tiempo que tarda en fluir 50 ml de aceite a través un orificio calibrado. Se usa en Gran Bretaña.
- **Grados Engler:** Es el cociente entre el tiempo que tarda en fluir 200 ml de aceite a través de un orificio calibrado y el tiempo que tarda en fluir 200 ml de agua a través de un orificio del mismo calibre, a la misma temperatura. El resultado se da en grados Engler. Se usa sobre todo en la Europa continental.

En la actualidad, la viscosidad suele determinarse en centistokes, para luego convertirlo a otras unidades.

Instrumentos para la medición de la viscosidad

Viscosímetros capilares

Miden la velocidad de flujo de un volumen fijo de fluido a través de un orificio de diámetro pequeño, a una temperatura constante y controlada. La velocidad de corte puede variar entre casi 0 a 10⁶ s⁻¹ cambiando el diámetro del capilar y la presión aplicada. Los tipos de viscosímetros capilares y sus modos de operación son:

- **Viscosímetros de capilar de vidrio:** El fluido para a través de un orificio de diámetro fijo bajo la influencia de la gravedad. La velocidad de corte es menos de 10 s⁻¹. Todas las viscosidades cinemáticas de lubricantes para automóviles se miden con viscosímetros capilares.
- **Viscosímetros capilares de alta presión:** Aplicando un gas a presión, se fuerza a un volumen determinado del fluido a pasar a través de un capilar de vidrio de pequeño diámetro. La velocidad de corte se puede variar hasta 10⁶ s⁻¹. Esta técnica se utiliza comúnmente para simular la viscosidad de los aceites para motor en las condiciones de operación.

Esta viscosidad se llama alta temperatura-alto corte (HTHS por su sigla en inglés) y se mide a 150 °C y 10^6 s^{-1}

Viscosímetros rotatorios

Usan el torque de un eje rotatorio para medir la resistencia al flujo del fluido. El Simulador de Cigüeñal Frío (CCS), el mini-viscosímetro rotatorio (MRV), el viscosímetro Brookfield y el Simulador de Cojinete Cónico (TBS) son viscosímetros rotatorios. La velocidad de corte se puede cambiar modificando las dimensiones del rotor, el espacio entre el rotor y la pared del estator, y la velocidad de rotación.

- **Simulador de Cigüeñal frío:** El CCS mide la viscosidad aparente en el rango de 500 a 200.000 cP. Los rangos de velocidades de corte van entre 10^4 y 10^5 s^{-1} . El rango normal de temperaturas de operación está entre 0 a -40 °C. El CCS ha demostrado una excelente correlación con los datos de cigüeñales de máquinas a bajas temperaturas. La clasificación de viscosidades SAE J300 especifica el comportamiento viscoso de aceites para motor a bajas temperaturas mediante límites del CCS y requisitos del MRV.
- **Mini-viscosímetro Rotatorio (ASTM D 4684):** La prueba con el MRV, que está relacionado con el mecanismo de bombeo, es una medición a baja velocidad de corte. La baja velocidad de enfriamiento es la característica clave del método. Se trata una muestra para que tenga una historia térmica que incluya ciclos de calentamiento, enfriamiento lento y remojado. El MRV mide una aparente tensión admisible, la cual, si es más grande que el valor umbral, indica un posible problema de bombeo por mezcla con aire. Por sobre una cierta viscosidad (normalmente definida como 60.000 cP por la SAE J300), el aceite podría estar sujeto a una falla de bombeo por un mecanismo llamado comportamiento de "flujo límite". Un aceite SAE 10W, por ejemplo, se requiere para tener una viscosidad máxima de 60.000 cP a -30 °C sin tensión admisible. Este método también mide una viscosidad aparente bajo velocidades de corte de 1 a 50 s^{-1}
- **Viscosímetro Brookfield:** Determina un amplio rango de viscosidades (1 a 105 P) bajo una baja velocidad de corte (hasta 10^2 s^{-1}). Se usa principalmente para determinar la viscosidad a baja temperatura de aceites para engranajes, transmisiones automáticas, convertidores de torque y aceites hidráulicos para tractores, automóviles e industriales. La temperatura del ensayo se mantiene constante en el rango de -5 a -40 °C. La técnica de ensayo Brookfield mide la viscosidad Brookfield de una muestra a medida que es enfriada a velocidad constante de 1 °C por hora. Como el MRV, este método intenta correlacionar las características de bombeo de un aceite a baja temperatura. El ensayo informa el punto de gelificación, definido como la temperatura a la cual la muestra llega a 30.000 cP. El índice de gelificación se define como la relación entre la mayor velocidad de cambio en el incremento de la viscosidad desde -5 °C y la temperatura más baja del ensayo. Este método encuentra aplicación en aceites de motores, y es requerido por la ILSAC GF-2.
- **Simulador de Cojinete Cónico:** Esta técnica también mide viscosidades a altas temperaturas y velocidades de corte (ver Viscosímetro capilar de alta presión). Se obtienen altas velocidades de corte usando distancias extremadamente pequeñas entre las paredes del rotor y estator.

Diferentes escalas de medida de viscosidad:

Existen varias escalas para medir la viscosidad de un fluido; Las más usadas son la SAE y la ISO. Estas escalas son:

- Escalas en grado SAE para aceites motor.
- Escalas en grado SAE para aceites de engranajes
- Escalas en grados ISO para aceites hidráulicos.

Como podemos comprobar existe una correlación de equivalencia entre las distintas escalas. La primera de ellas es aplicable para aceites de motor, y la segunda para engranajes. Esta diferenciación fue realizada para evitar posibles equivocaciones en la aplicación de un producto u otro lo que podría motivar la destrucción de la maquinaria. Una tercera escala, la ISO se aplica a los aceites industriales. Viscosidad medida a 100 °C en Escala SAE y 40 °C en escala ISO, para aceites de IV = 100. Las lecturas deberán realizarse horizontalmente.

Factores que afectan a la viscosidad

Aunque en la mayor parte de los casos sería deseable que la viscosidad de un lubricante permaneciese constante, ésta se ve afectada por las condiciones ambientales, como ya hemos dicho. Para evitarlo se usan aditivos, llamados mejoradores del índice de viscosidad.

a) **Efecto de la temperatura:** En termodinámica la temperatura y la cantidad de movimiento de las moléculas se consideran equivalentes. Cuando aumenta la temperatura de cualquier sustancia (especialmente en líquidos y gases) sus moléculas adquieren mayor movilidad y su cohesión disminuye, al igual que disminuye la acción de las fuerzas intermoleculares. Por ello, la viscosidad varía con la temperatura, aumentando cuando baja la temperatura y disminuyendo cuando se incrementa.

b) **Efecto de la velocidad de corte:** No todos los fluidos responden igual a variación de la velocidad de corte. Debido a su naturaleza, la mayoría de los fluidos no varían su viscosidad al variar la velocidad de corte. Son los llamados fluidos newtonianos. En estos, el grado de desplazamiento de las capas de líquido es proporcional a la fuerza que se aplica. Ejemplo de ello son los aceites monogrado.

c) **Efecto de las sustancias extrañas:** Durante su utilización, el lubricante ve expuesto a sustancias extrañas, que, antes o después, acaban afectándole, modificando sus características. Al contrario que la temperatura o la velocidad de corte, esta modificación será permanente y progresiva.

La viscosidad de un lubricante puede disminuir a causa de:

- Base de baja calidad.
- Disolución por otra sustancia.
- Y puede aumentar debido a:
 - Base de baja calidad.
 - Pocos aditivos
 - Acumulación de contaminantes
 - Oxidación.

Los factores anteriores pueden combinar su acción, de manera que incluso lleguen a anularse. Es decir, un lubricante puede perder viscosidad debido a una base de baja calidad, y recuperarla por acumulación de suciedad. De cualquier forma, esto implica una degradación del lubricante, si bien es más preocupante una pérdida de viscosidad que un incremento.

Propiedades de los Lubricantes

Bombeabilidad

Es la capacidad de un lubricante para fluir de manera satisfactoria impulsado por una bomba, en condiciones de baja temperatura. Esta propiedad esta relacionada directamente con la viscosidad.

Consistencia

Se llama así a la resistencia a la deformación que presenta una sustancia semisólida, como por ejemplo una grasa. Este parámetro se usa a veces como medida de la viscosidad de las grasas. Al grado de consistencia de una grasa se le llama penetración y se mide en décimas de milímetro. La consistencia, al igual que la viscosidad, varía con la temperatura.

Aceitosidad o lubricidad

Se conoce con estos nombres a la capacidad de un lubricante de formar una película de un cierto espesor sobre una superficie.

Esta propiedad está relacionada con la viscosidad; a mayor viscosidad, mayor lubricidad. En la actualidad suelen usarse aditivos para aumentar la lubricidad sin necesidad de aumentar la viscosidad.

Adhesión o adherencia

Capacidad de un lubricante adherirse a una superficie sólida. Esta relacionada con la lubricidad.

Rigidez dieléctrica

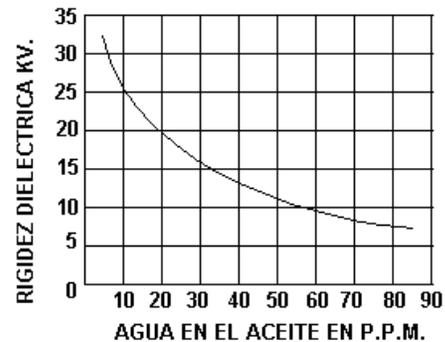
La rigidez dieléctrica o tensión de perforación es la tensión que produce un arco eléctrico permanente entre dos electrodos bien definidos separados 2'5mm, sumergidos en aceite a 20°C. Se expresa en Kv/cm.

La rigidez dieléctrica orienta sobre la capacidad aislante del aceite, así como de la presencia en el mismo de impurezas tales como agua, lodos, polvo, gases, etc.

La presencia de impurezas disminuye la rigidez dieléctrica de un aceite. Las impurezas facilitan el paso de la corriente a través del aceite, especialmente que lleven agua en disolución, tales como fibras de papel, gotas de polvo, etc. No ocurre lo mismo con la disuelta en el aceite, que no afecta a esta propiedad.

La temperatura incrementa el valor de la rigidez dieléctrica, hasta alcanza un valor máximo a 100°C.

Esta propiedad es de especial significación en los aceites de transformador y en los aceites para compresores frigorífico.



Emulsibilidad

La Emulsibilidad es la capacidad de un líquido no soluble en agua para formar una emulsión.

Se llama emulsión a una mezcla íntima de agua y aceite. Puede ser de agua en aceite (siendo el agua la fase discontinua) o de aceite en agua (donde el agua es la fase continua).

Se considera que una emulsión es estable si persiste al cesar la acción que la originó y al cabo de un tiempo de reposo. Los factores que favorecen la estabilidad de las emulsiones son:

- ✓ viscosidad del aceite muy alta
- ✓ tensión superficial del aceite baja
- ✓ pequeña diferencia de densidad entre los dos líquidos

✓ presencia de contaminantes.

La presencia de agua en el aceite es siempre perjudicial para la lubricación, ya que, entre otras cosas, puede disolver ciertos aditivos, restando eficacia al aceite. Por lo tanto, siempre es deseable que los aceites formen emulsiones inestables, o separen el agua por decantación. Esto es especialmente deseable en el caso de la maquinaria expuesta a la intemperie. Sin embargo, en algunos casos, como los aceites de corte o los marinos para maquinaria de cubierta, lo deseable es que la emulsiones sean estables.

Demulsibilidad

Se llama así a la capacidad de un líquido no soluble en agua para separarse de la misma cuando está formando una emulsión.

La oxidación del aceite y la presencia de contaminantes afectan negativamente a la demulsibilidad del aceite.

La adecuada eliminación del agua facilita en muchos casos la lubricación, reduciendo el desgaste de piezas y la posibilidad de corrosión.

Esta propiedad es muy importante en los aceites hidráulicos, para lubricación de maquinaria industrial, de turbina y para engranajes que transmiten grandes esfuerzos. En los aceites de automoción no lo es tanto, debido a la capacidad dispersante y detergente del mismo.

Aeroemulsión

La Aeroemulsión es una emulsión de aire en aceite, formada por burbujas muy pequeñas (0'0001 a 0'1 cm), dispersas por todo el líquido.

Las aeroemulsiones son muy difíciles de eliminar y provocan problemas semejantes a los de la espuma superficial.

Esta es una propiedad muy importante en los aceites de turbina y en los hidráulicos de alta presión. Es una característica intrínseca del aceite base y no puede ser modificada con aditivos.

Punto de goteo

Se llama punto de goteo a la temperatura a la cual una grasa pasa de estado semisólido a líquido. Este cambio de estado puede ser brusco o paulatino, considerándose el punto de goteo como el final del proceso.

En las grasas tipo jabón el cambio de estado es debido a la separación del aceite y el jabón al alcanzarse el punto de goteo. La grasa tipo no jabón pueden cambiar de estado sin separarse el aceite del espesante.

Se considera que el rango de temperatura útil de una grasa está entre 100 y 150° F por debajo del punto de goteo. La operación en temperaturas próximas al punto de goteo obviamente afectará a la eficacia lubricante de la grasa.

El punto de goteo no esta relacionado con la calidad de la grasa.

Punto de inflamación

Se llama punto de inflamación a la temperatura mínima en la cual un aceite empieza a emitir vapores inflamables.

Esta relacionada con la volatilidad del aceite. Cuanto más bajo sea este punto, más volátil será el aceite y tendrá más tendencia a la inflamación. Un punto de inflamación alto es signo de calidad en el aceite.

En los aceites industriales el punto de inflamación suele estar entre 80 y 232 °C, y en los de automoción entre 260 y 354°C

El punto de inflamación también orienta sobre la presencia de contaminantes, especialmente gases (los cuales pueden reducir la temperatura de inflamación hasta 50°C en algunos aceites), riesgo de incendios a causa de los vapores y procesos no adecuados en la elaboración del aceite.

Punto de combustión

Se llama así a la temperatura a la cual los vapores emitidos por un aceite se inflaman, y permanecen ardiendo al menos 5 segundos al acercársele una llama. El punto de combustión suele estar entre 30 y 60 ° por encima del punto de inflamación.

Punto de enturbiamiento

Se llama punto de enturbiamiento a la temperatura a la cual las parafinas y otras sustancias disueltas en el aceite se separan del mismo y forman cristales, al ser enfriado el mismo, adquiriendo así un aspecto turbio. La solubilidad del aceite y el peso molecular de las sustancias disueltas influyen en el punto de enturbiamiento. Como es sabido, la solubilidad esta directamente relaciona con la temperatura de la misma. Al bajar esta, la solubilidad disminuye, haciendo que alguna sustancias disueltas se separen de la sustancias disolvente. El peso molecular de las sustancias disueltas también influye en la capacidad del disolvente (este caso el aceite) para disolverlas. Cuanto menor sea el peso molecular en cuestión más fácil será disolver dichas sustancias. La presencia de sustancias extrañas y el almacenamiento prolongado también influyen en el punto de enturbiamiento. Los contaminantes se combinan o aglomeran parafinas y otras sustancias susceptibles de separarse del aceite, elevando el punto de enturbiamiento. Igualmente, el almacenamiento prolongado favorece la aglomeración de parafinas. El proceso de enturbiamiento es reversible en la inmensa mayoría de los casos. No todos los aceites presenta punto de enturbiamiento: alguno se solidifican directamente al alcanzar la temperatura de congelación. Esta característica es de especial significación en los aceites que operan en temperaturas ambiente muy bajas, ya que afecta a la facilidad para bombear el aceite y su tendencia a obstruir filtros y pequeños orificios.

Punto de congelación

El punto de congelación (también llamado punto de fluidez) es la menor temperatura a que se observa fluidez en el aceite al ser enfriado. Se expresa en múltiplos de 3°C o 5°F.

En los aceites naftalénicos este punto se alcanza por la disminución de la densidad causa por el descenso de la temperatura; en lo parafínicos se debe principalmente a la cristalización de sustancias parafínicas.

El punto de congelación se alcanza siempre a temperatura inferior a la del punto de enturbiamiento. Al igual que este, es una característica importante en aquellos aceites que operan a muy bajas temperaturas ambientales.

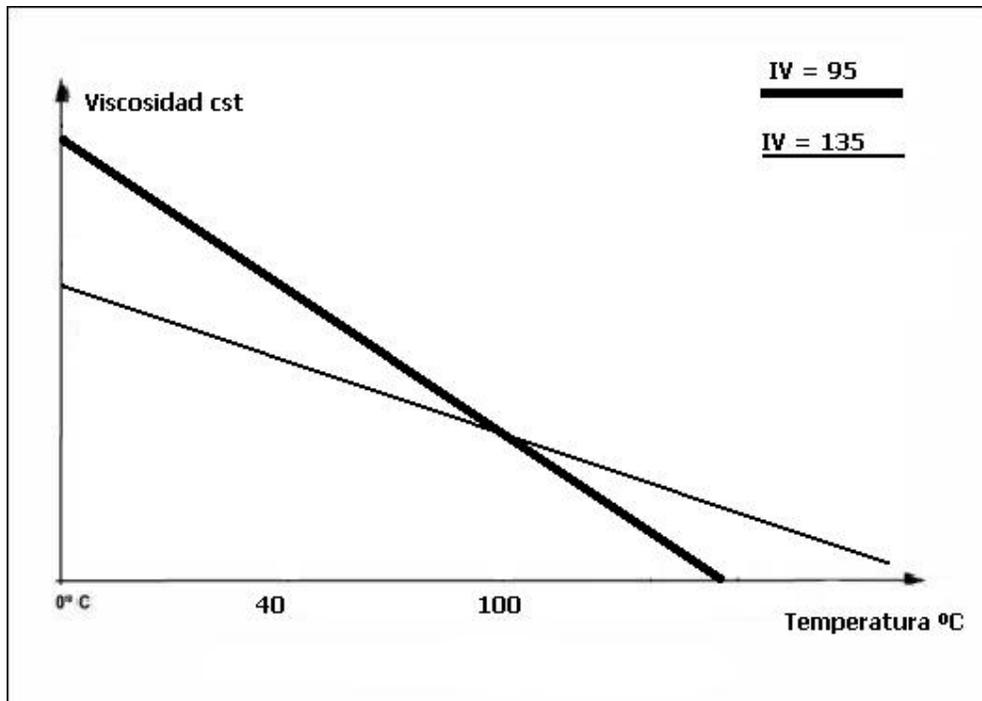
Punto de floculación

Se llama punto de floculación a la temperatura a la cual las parafinas y otras sustancias disueltas en el aceite se precipitan formando flóculos (agregados de sustancias sólidas) al entrar en contacto con un fluido refrigerante (normalmente R-12), en una mezcla con un 10% de aceite y un 90% de refrigerante, al ser enfriado el aceite.

Esta característica es de especial significación en los aceites que trabajan en elementos de sistemas de refrigeración, en los cuales el refrigerante es miscible con el aceite.

Índice de Viscosidad

Los cambios de temperatura afectan a la viscosidad del lubricante generando así mismo cambios en ésta, lo que implica que a altas temperaturas la viscosidad decrece y a bajas temperaturas aumenta. Arbitrariamente se tomaron diferentes tipos de aceite y se midió su viscosidad a 40°C y 100°C, al aceite que sufrió menos cambios en la misma se le asignó el valor 100 de índice de viscosidad y al que varió en mayor proporción se le asignó valor 0 (cero) de índice de viscosidad. Luego con el avance en el diseño de los aditivos mejoradores del índice de viscosidad se logró formular lubricantes con índices mayores a 100.



Aceites monogrados y multigrados

El aceite monogrado es un lubricante que cumple un solo grado SAE, puede ser un grado de VERANO, o bien de INVIERNO, en el cual el número de SAE va acompañado de la letra "W" por Winter, invierno en idioma inglés

Propiedades:

- Alta protección contra el desgaste
- Alto nivel de limpieza y control de hollín
- Óptima protección contra la corrosión
- Mayor vida útil del motor
- Efectivo control de depósitos en el motor

Aplicaciones

Motores diesel de aspiración natural y turbo cargados, tractores agrícolas, flotas de tractocamiones, motores estacionarios, de construcción y en general, donde se requiera de un aceite para motor ciclo Diesel o ciclo Otto.

Aceite Monogrado SAE 30 y SAE 40, API CF, CF-2

Aceite multigrado

Los aceites multigrados llegaron a los motores desde los años 1950. Un aceite multigrado es un lubricante diseñado originalmente para trabajar en aplicaciones donde los cambios de temperatura son considerables. Por ejemplo en algunas regiones del hemisferio norte las temperaturas son de -40°C en el invierno y de 40°C en el verano. Si embargo, esto no significa que los lubricantes multigrados no puedan ser utilizados en lugares en donde los cambios de temperatura no son tan dramáticos. En la actualidad, los aceites monogrados (un solo grado: SAE 40 por ejemplo) son cada vez menos comunes y han sido desplazados por los multigrados paulatinamente en todo el mundo. Los aceites monogrados se utilizan aún en aplicaciones

como motores de competencia, equipo industrial que opera 100% en aplicaciones de alta temperatura y condiciones especiales de diseño de ciertos motores que no permiten el uso de un multigrado.

Para el caso de un aceite 15W 40, mucha gente asume que el 15W es el grado del aceite para bajas temperaturas y el 40 el grado para altas temperaturas, aunque hay cierta lógica en ello, también hay grandes diferencias. Si esto fuera cierto, un aceite 15W 40 sería grado 15 en baja temperatura y 40 en alta temperatura. Eso significa que este aceite "engrosaría" con el cambio de la temperatura, lo cuál no es cierto. La realidad es que el aceite 15W 40 es más grueso en bajas temperaturas que en altas temperaturas (como ocurre también con los aceites monogrados).

El número 15W realmente se refiere a la facilidad con la que el aceite puede ser "bombeado" en bajas temperaturas, mientras más bajo sea el número "W", mejores serán sus propiedades de baja viscosidad y el motor podrá ser arrancado a muy bajas temperaturas. La "W" significa "Winter" - Invierno en Inglés. Un aceite 5W 40 es mejor que un 15W 40 en arranque a bajas temperaturas. Ese es el real significado del primer número "Facilidad de arranque en bajas temperaturas" - equivalente al término "Startability" en Inglés.

El segundo término es el grado de viscosidad real del aceite a la temperatura de operación del motor y es determinado por la viscosidad cinemática del aceite a 100°C. Una vez que el motor arrancó y se ha calentado, el aceite trabaja como un grado SAE 40, esto es; la viscosidad con la que se protege al motor la mayor parte del tiempo. La gran ventaja de los aceites multigrados es su gran flexibilidad para proteger al motor en el arranque, con una viscosidad baja y que permite que el aceite llegue muy rápido a las partes del motor, para protegerlo contra el desgaste y posteriormente que sostenga una viscosidad correcta para el tiempo que opera en condiciones "normales" de temperatura que son reguladas por el sistema de refrigeración (enfriamiento) del motor.

Propiedades

- Efectivo control contra el desgaste
- Estabilidad de viscosidad en condiciones de extremas de temperaturas
- Alto control de depósitos en el motor
- Ahorro de combustible
- Disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera
- Alarga la vida útil del motor
- Intervalo entre cada cambio de 250 hrs.

Aplicaciones

Motores ciclo Otto de todo tipo de vehículos o diesel de maquinaria agrícola, flotillas de tractocamiones, líneas de transporte, motores estacionarios, equipos de construcción y cualquier motor que opere bajo condiciones de carga de trabajo severas.

Los aceites multigrados pueden ofrecer ventajas significativas sobre los monogrados:

a) Arranque más rápido del motor en frío: Se obtiene así menor desgaste del motor en sí, y también una mayor vida útil de la batería y del motor de arranque. Esto se comprueba no solamente en climas fríos rigurosos, sino también a temperaturas ambiente moderadas como 20 °C. La diferencia entre un multigrado y un monogrado en estos casos es notoria. Establece la lubricación adecuada en la mitad del tiempo que un monogrado.

b) Los multigrados eliminan la necesidad de cambios estacionales del aceite (por ejemplo: SAE 30 en invierno y SAE 40 en verano).

c) Mejores prestaciones para el trabajo a bajas temperaturas, ya que debido a que los huelgos en los motores modernos son cada vez menores, el aceite debe fluir más rápidamente para llegar a las piezas vitales del motor, especialmente la lubricación del turbocompresor.

d) También se comportan muy bien a altas temperaturas, con una película más resistente a altas cargas que la de los aceites monogrado, y esto se refleja en una disminución del desgaste general del motor.

e) Existe un ahorro importante de lubricante, ya que se logra un excelente sellado en la zona entre anillos y pistón, allí donde se produce el mayor pasaje de aceite hacia la cámara de combustión, donde se quema tras lubricar al anillo superior (también llamado anillo de fuego).

f) Otro beneficio es el ahorro de combustible por: 1) su mayor fluidez a temperaturas bajas, lo cual reduce las pérdidas de energía en el arranque, y 2) su mayor capacidad para reducir la fricción en las zonas calientes y críticas del motor (anillos de pistón, camisas y balancines de válvulas), gracias a sus aditivos mejoradores de índice de viscosidad.

g) Mayor vida útil del lubricante y del equipo.

h) Periodos de cambio más prolongados según condición de operación del quipo.

Clasificación SAE

Los grados SAE únicamente representan un nivel de viscosidad o resistencia a fluir, medidas a determinadas temperaturas. En general, cuanto más alto sea la viscosidad, más alto es el grado SAE.

Hay once grados SAE. Seis de ellos incluyen la designación W (por "Winter": invierno en idioma inglés), que indica que la viscosidad fue también medida a baja temperatura. Para los grados que no tienen esta denominación, la viscosidad se especifica a 100°C.

Ellos son: 0W, 5W, 10W, 15W, 20W y 25W (GRADOS DE INVIERNO)
20, 30, 40, 50 y 60 (GRADOS DE VERANO)

La norma SAE J 300 va incorporando los requerimientos de los fabricantes de motores, acompañando así el progreso tecnológico. Por ejemplo a partir de junio del 2001, se cambiaron las mediciones de Viscosidad a baja temperatura, y se agregaron tests en las condiciones del cojinete de cigüeñal (ensayo CCS "Cold Craking Simulator") haciendo a sus requerimientos más severos. Ver tabla adjunta

Clasificación SAE para Transmisiones Manuales y Diferenciales

Al igual que para el caso de los motores la SAE ha definido una clasificación arbitraria para las viscosidades de los aceites lubricantes para este uso. La temperatura de referencia es 100°C.

Clasificación ISO: Para aceite lubricante de uso industrial

Se ha adoptado la clasificación inicialmente desarrollada por la Sociedad Americana de Pruebas y Medidas (ASTM) y la Sociedad Americana de Ingenieros de Lubricación (ASLE). La temperatura de referencia es 40°C.

Color del aceite

El color del aceite no es una propiedad fundamental, ni ofrece información sobre la calidad de un lubricante. El color se mide de acuerdo con una escala descrita en la norma ASTM-D-1500, que asigna números bajos a los aceites de color claro y número más altos a aceites de color oscuro. Sin embargo, los colores de los aceite base varían si les añadimos aditivos.

Las variaciones de color en los aceite lubricantes resultan de la diferencia en crudos, viscosidad, método o grado de refinación y de la cantidad y naturaleza de los aditivos utilizados.

Características químicas

La acidez o alcalinidad de un lubricante es una de las propiedades más definitorias del mismo y su graduación puede venir expresado por su número de neutralización. En los aceites nuevos nos da información sobre el grado de refinado y la aditivación del aceite. En los aceites usados nos aporta datos sobre su nivel de degradación (oxidación, contaminación, estado de sus aditivos, etc.) y puede alertarnos sobre posibles problemas en el sistema de lubricación.

En un aceite podemos tener simultáneamente datos de acidez y alcalinidad. Esto es debido al carácter ácido y básico de sus componentes, tales como productos de la oxidación (ácidos) o aditivos detergentes (básicos). Estas sustancias están en proporción lo bastante baja como para no neutralizarse mutuamente.

1. **Acidez:** En química se llama ácido a cualquier sustancia (orgánica o inorgánica) que contiene hidrógeno junto con un no-metal o un radical no metálico y que produce iones hidrogenión al diluirse en agua. El carácter ácido de un lubricante viene determinado por la presencia de sustancias ácidas en el aceite.

Podemos distinguir dos tipos de acidez en el aceite:

- Acidez mineral, originada por ácidos residuales del refinado.
- Acidez orgánica, originada por productos de la oxidación y los aditivos.

Durante su uso, el aceite es sometido a temperaturas elevadas y a esfuerzos mecánicos. Esto tiene como resultado la degradación progresiva del aceite, produciéndose cambios en la composición del aceite. Se originan sustancias como resultado de la oxidación y se reduce la capacidad protectora de los aditivos. Este proceso se acelera al acercarse el final de la vida operativa del aceite, lo que puede dar lugar a la formación de lodos, barnices y depósitos carbonosos en el sistema, disminución de la viscosidad del aceite y hasta corrosión en piezas metálicas. Por ello, la variación de la acidez del aceite es un buen indicador de su nivel de degradación.

El grado de acidez tolerable depende del tipo de aceite y de sus condiciones de utilización, si bien no deben sobrepasarse los límites establecidos para el aceite para evitar daños en los equipos o problemas de funcionamiento. Un incremento brusco en la acidez es un indicativo de problemas tales como contaminación, pérdidas en sellos, incremento de la fatiga térmica o mecánica o pérdida de la capacidad de los aditivos.

2. **Basicidad:** En química se llama base a aquella sustancia que al reaccionar con un ácido da sal más agua. La alcalinidad de los aceites es debida a los aditivos que se incluyen en la formulación del mismo. Su función es la de neutralizar los ácidos producidos por la oxidación (y en el caso de los motores de combustión interna, los producidos por la combustión de combustible con alto contenido de azufre), evitando los efectos nocivos que tiene la presencia de ácidos en el aceite y prolongando la vida del mismo. Al igual que ocurre con la acidez, la basicidad es un indicativo del nivel de degradación del aceite, aunque en sentido opuesto: la alcalinidad del aceite nuevo es alta, y va bajando según el aceite se degrada al ser neutralizados los ácidos que se forman por los aditivos alcalinos. Un bajo nivel de alcalinidad indica que el aceite está llegando al final de su vida útil. Un rápido descenso de la alcalinidad es indicativo de un exceso de formación de ácido debido a la oxidación, sobrecalentamiento, o uso de combustible con alto contenido de azufre.

3. **El número de neutralización:** Se llama número de neutralización a la cantidad de ácido o base necesario para neutralizar una muestra de lubricante. Puede expresarse de 4 posibles formas:

- **Número de ácido total (TAN):** es la cantidad de hidróxido potásico (KOH) en mg necesaria para neutralizar todos los ácidos de una muestra de 1 gramo de aceite)

- **Número de ácido fuerte (SAN):** es la cantidad de hidróxido potásico (KOH) en mg necesaria para neutralizar los ácidos fuertes (inorgánicos) presentes en una muestra de aceite de 1 gr. Este valor corresponde al valor de la acidez mineral. La diferencia entre el TAN y el SAN corresponde al valor de la acidez orgánica (ácidos débiles).

Estos dos valores nos indican el nivel de acidez de un aceite.

- **Número de base total (TBN):** es la cantidad de ácido clorhídrico (HCl) en mg necesaria para neutralizar los componentes alcalinos de una muestra de 1 gr. de aceite. Se utiliza en aceites de motor.

- **Número de base fuerte (SBN):** es la cantidad de KOH en mg necesaria para llevar una muestra de 1 gr. de aceite a pH 11.

Estos valores nos indican el nivel de alcalinidad de un aceite.

4. **Residuo carbonoso:** El residuo carbonoso es la cantidad de material, en % de peso, que queda tras someter una muestra de aceite a evaporación y pirolisis (altas temperaturas). Nos orienta sobre la tendencia a la formación de depósitos carbonosos del aceite, si bien los resultados obtenidos en el laboratorio han de ser tomados con cautela, ya que debe existir similitud entre las condiciones de ensayo y las de servicio del aceite. Esta en función de la viscosidad y de la naturaleza química del aceite. Así, los aceites naftalénicos dejan menos residuos que los parafínicos, por ejemplo. De igual modo, la composición química del aceite determina el aspecto del residuo: los aceites parafínicos dejan un residuo de grano grueso y adherente, mientras que los naftalénicos dejan un residuo de grano fino y poco adherente. Siempre es deseable que el aceite deje la menor cantidad posible de residuos. Esta característica es de especial significación en los aceites para rodamientos, herramientas neumáticas, compresores de aire, motores de combustión interna, aceites para laminación y para refrigeración.

5. **Oxidación:** La oxidación es un proceso de degradación química que afecta a la mayor parte de los materiales orgánicos. Básicamente consiste en la asimilación de átomos de oxígeno por parte de las sustancias constituyentes del lubricante, lo que conlleva la degradación de las mismas y la pérdida paulatina de características y prestaciones del aceite. Este proceso se ve favorecido por el calor, la luz, el agua y la presencia de contaminantes.

El mecanismo de la oxidación

Normalmente, el proceso de oxidación se inicia tan pronto como es puesto en servicio el aceite. Los primeros productos de la oxidación son peróxidos orgánicos, que en principio no son dañinos, pero que en poco tiempo comenzaran a actuar como catalizadores, acelerando exponencialmente el proceso de oxidación. A continuación se formaran resinas, alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos orgánicos. Algunas de estas sustancias son solubles en un principio, pero al entrar en contacto con superficies muy calientes se vuelven insolubles, o tienen afinidad entre ellas y se depositan formando lodos; otros, como los alcoholes y las cetonas, son disolventes y pueden atacar a elementos del sistema hechos de material orgánico, los ácidos orgánicos pueden atacar a elementos metálicos, corroyéndolos. Del mismo modo, las sales metálicas formadas por la corrosión de los metales también son catalizadores, al igual que el agua, cuya presencia se ve favorecida por los ácidos y otras sustancias polares que tienen afinidad por ella. Al mismo tiempo, la aparición de estas sustancias hace que el agua se mezcle más fácilmente con el aceite.

Algunos metales, como el cobre, también actúan como catalizadores; estos metales proceden de partículas metálicas, disueltas en el aceite y originadas por el desgaste de elementos metálicos del sistema (bombas, pistones, etc.). Estas partículas, además, pueden atacar a los aditivos, inutilizándolos, y erosionar mecánicamente algunas partes del sistema. Bajo ciertas condiciones, es el nitrógeno el que reacciona con las moléculas del aceite: esto provoca la nitración del aceite y la formación de barniz.

Factores que favorecen la oxidación

El calor es un factor determinante en el proceso de oxidación. La tasa de oxidación es relativamente baja por debajo de 85°C, duplicándose por cada incremento de 10° en la temperatura. Por encima de los 315°C el aceite se descompone térmicamente: comienzan a formarse sustancias insolubles y se degradan los aditivos. La radiación ultravioleta que contiene la luz natural facilita la rotura de ciertos enlaces atómicos débiles en algunas moléculas. Estos enlaces rotos se ven rápidamente completados con átomos de oxígeno.

El agua y algunos contaminantes pueden actuar como catalizadores de la reacción de oxidación. En concreto el agua puede disolver a los aditivos antidesgaste (como el bisulfuro de molibdeno), disolviéndolos y produciendo ácidos sulfúrico y sulfhídrico. En los motores de combustión interna el agua puede reaccionar con los gases de escape y producir ácidos.

Consecuencias

La oxidación del aceite provoca:

- Aumento de la viscosidad, pudiendo llegar a ser doble incluso triple que la del aceite nuevo.
- Oscurecimiento del aceite, pasando del tono traslucido original a ser totalmente opaco.
- Formación de depósitos carbonosos, aunque esto ocurre en fases avanzadas de la oxidación.
- Aumento de la acidez del aceite, debido a los productos ácidos que se forman.

La oxidación es un fenómeno que reduce la vida del aceite. Por desgracia, dada la naturaleza química de los productos de la oxidación, la mayor parte de estos no pueden ser eliminados mediante el filtrado simple del aceite. Sólo con métodos avanzados pueden eliminarse estas sustancias: los ácidos y otras sustancias polares insolubles (como el barniz) pueden eliminarse mediante separadores electrostáticos, resinas de intercambio de iones y alúmina activada; los absorbentes de alta densidad, tales como la celulosa comprimida, son efectivos para eliminar lodos y otras sustancias insolubles. Al ser algunas de estas sustancias catalizadores, su eliminación contribuye a prolongar la vida del aceite.

Desde el punto de vista comercial, la resistencia a la oxidación del aceite es una de sus características más importantes. La resistencia a la oxidación puede mejorarse por varios medios:

- Selección del aceite base: los aceites sintéticos son más resistentes a la oxidación que los minerales, y dentro de estos, los parafínicos son más resistentes que los aromáticos o naftalénicos. Un índice de viscosidad alto también hace al aceite más resistente a la oxidación.
- Refinado cuidadoso que elimine todas las sustancias favorecedoras de la oxidación y que facilite la acción de los inhibidores de la oxidación.
- Uso de aditivos inhibidores de la oxidación
- Adecuado mantenimiento de los equipos para prevenir la contaminación.

ADITIVOS

Los aditivos son sustancias químicas que se añaden en pequeñas cantidades a los aceites lubricantes para proporcionarles o incrementarles propiedades, o para suprimir o reducir otras que le son perjudiciales.

Podemos mencionar que la misión de un aditivo es misión de apostolado, pues no es preciso ni suficiente el que al ser mezclado con las masas o volumen total del aceite continúe preservando sus buenas cualidades, por el contrario la debe transferir a toda ella ennobleciéndola.

Se definirán problemas que se desean evitar, y especificaciones de los combustibles las cuales se deben cumplir, para obtener los valores que se requieren para la operación normal de los

motores de encendido por chispa y los de encendido por compresión. En este trabajo se presenta la definición y los aditivos más utilizados en los lubricantes y en los combustibles.

Bases de aceite

Existen las bases minerales y las bases sintéticas, también existen las bases vegetales. Las bases minerales son obtenidas mediante la destilación del crudo, más que nada del crudo parafínico. Las bases sintéticas se hacen mediante procesos sintéticos preparando las moléculas de sustancias simples para tener propiedades de precisión requerida.

Las principales clases de material sintético usado para mezclar el lubricante son:

Tipos	Aplicación Principal
Oligomeros de olefina (PAOs)	Automotriz e Industrial
Esterol dibasico	Aviación y Automotriz
Polioles de esterol	Aviación y Automotriz
Alquilatos	Automotriz e Industrial
Polialquilenos	Industrial
Fosfato-Esterol	Industrial

- **Polialfoleinas:** Son las bases sintéticas más usadas, tienen buena estabilidad térmica, pero requieren antioxidantes, y tienen capacidad limitada para disolver algunos aditivos.

- **Esterol dibásico:** Tienen buena estabilidad térmica y excelente solvencia. Fluyen limpiamente y tienden a disolver barniz y sedimentos, no dejan depósitos. Deben proveerse de aditivos selectos para evitar la hidrólisis y proveer una estabilidad de oxidación.

- **Polioles de esterol:** Tienen estabilidad térmica excelente y resisten la hidrólisis.

- Alquilatos: Tienen buenas propiedades a baja temperaturas y son muy solubles con los aditivos.

- **Glicoles polialquilenos:** Tienen buena estabilidad a altas temperaturas y altos índices de viscosidad, pueden usarse en rangos amplios de temperaturas.

- **Fosfato-esterol:** Tienen estabilidad térmica, con índice de viscosidad bajas que limita sus capacidades a altas temperaturas.

Aditivos para Lubricantes

Los aditivos pueden dividirse en dos grandes grupos, según los efectos que producen:

- Inhibidores destinados a retardar la degradación del aceite actuando como detergente-dispersantes, antioxidantes, anticorrosivos, agentes antidesgaste, agentes alcalinos y agentes antiemulsificadores.

- Aditivos que mejoran las cualidades físicas básicas con acción sobre el índice de viscosidad, el poder antiespumante, el sellado, la oleosidad, la extrema presión y la rigidez dieléctrica.

La clasificación anterior no quiere decir que para conseguir cada cualidad sea precisa la mezcla de un aditivo diferente, ya que en el mercado existen productos que proporcionan varias ventajas simultáneamente. Como regla general, se sugiere que un aceite no sea aditivado con varias de estas sustancias, a no ser que la misma casa suministradora lo aconseje; de ser así esta última será de una solvencia técnica plenamente reconocida. Inhibidores destinados a retardar la degradación del aceite lubricante

a) Aditivos Detergentes-Dispersantes.

Los aditivos detergentes-dispersantes tienen la misión de evitar que el mecanismo lubricado se contamine aun cuando el lubricante lo está. La acción de estos dispersantes es la evitar acumulaciones de los residuos, los cuales se forman durante el funcionamiento de la máquina o motor y mantenerlos en estado coloidal de suspensión por toda la masa del aceite. Se ha tratado de combinar los efectos proporcionados por los antioxidantes y anticorrosivos en los aceites destinados a lubricar órganos metálicos, sometidos a altas cargas. Así, para los aceites de los motores automotrices de alta velocidad se ha previsto la adición de combinaciones organometálicas del zinc, calcio y bario con azufre, cloro y fósforo.

b) Aditivos Anticorrosivos y antioxidantes.

Para proteger contra la corrosión a los materiales sensibles por una parte, y por otra para impedir las alteraciones internas que pueda sufrir el aceite por envejecimiento y oxidación, se ha acudido a la utilización de aditivos anticorrosivos y antioxidantes. Estas dos funciones de protección al metal y al lubricante casi siempre son ejercidas por un mismo producto, algunos de estos son: el ditiofosfato de zinc, los esteres del ácido estilfosfórico y como regla general los compuestos de fósforo, o de base arsénica o bismútica. nseje; de ser así esta ultima será de una solvencia técnica plenamente reconocida.

Aditivos mejoradores de las cualidades fósicas del aceite lubricante

a) Aditivos Mejoradores del Índice de Viscosidad.

Recientemente se ha propuesto que para este fin los esteres del ácido polimetacrílico y soluciones de materiales plásticos que elevan poco la viscosidad y en cambio, tienen una influencia favorable en la curva de viscosidad temperatura.

El proceso de trabajo de estos aditivos puede explicarse como sigue: en presencia de bajas temperaturas las moléculas de estas sustancias se contraen ocupando muy poco volumen y se dispersan en el aceite en forma de minúsculas bolitas dotadas de una gran movilidad. Cuando se eleva la temperatura, las moléculas de la masa de aceite aumentan de velocidad y las mencionadas bolitas se agrupan formando estructuras bastantes compactas que se oponen al movimiento molecular del aceite base, lo cual se traduce en un aumento de la viscosidad de la mezcla.

b) Mejoradores del Punto de Fluidéz y congelación.

Los mismos aditivos mejoradores o elevadores del índice de viscosidad se emplean para favorecer el punto de congelación y en consecuencia, el de fluidéz. Se aplican principalmente a los aceites parafínicos, ya que la parafina por su elevado punto de congelación es la principal productora de la falta de fluidéz de los aceites, formando aglomeraciones y solidificaciones al descender la temperatura. En este caso, la misión de los aditivos es la de absorber los cristales de la parafina sólida formadas, pues su eliminación total por refinación es costosa, sin garantías de éxito y exponiéndose a la pérdida de otras cualidades básicas del lubricante, así como una considerable cantidad del mismo.

c) Aditivos Antiespumantes.

La presencia de cuerpos extraños en el aceite tales como gases, con temperaturas inferiores de los 100 C, producen lo que los aceites minerales puros de por sí no pueden cortar la formación de espumas debido al gran espesor que les da la película lubricante. Estas burbujas o espumas permanentes producen el paso del aceite por los conductos, tal como ocurre en los mecanismos con mandos hidráulicos. Los aditivos antiespumantes tienen la misión de evitar estas burbujas y en la mayor parte de los casos actúan adelgazando la envoltura de la burbuja del aire, hasta su rotura modificando tensiones superficiales e interfaciales de la masa de aceite.

d) Aditivos Mejoradores de la Oleosidad.

Se entiende por oleosidad la adherencia del aceite a las superficies metálicas de lubricar, debido en gran medida a la polaridad molecular contenida, que por razón de su estructura se fijan fuertemente a dichas superficies. Los componentes de composición química y configuración molecular adecuada, para dar gran oleosidad a un lubricante, en la inmensa

mayoría de los casos son a la vez de bajísima resistencia a la oxidación, por esto se eliminan durante el proceso de la refinación industrial de los aceites lubricantes. Esta propiedad debe recuperarse una vez terminado el proceso de refinación o en muchos casos aún después de ser obtenida la formulación de un producto lubricante. Para ello se recurre a los aditivos mejoradores de la oleosidad. Son muy corrientes los elaboradores a base de componentes básicos del aceite de palma, en proporciones que varían desde un cinco a un quince por ciento.

e) Aditivos de Extrema presión.

Para los aceites de equipos mecánicos sometidos a muy altas presiones, se emplean los aditivos EP: (Extrema presión), que disminuyen el desgaste de las superficies metálicas de deslizamiento, favoreciendo la adherencia del lubricante. Estos aditivos, reaccionan químicamente y forman capas mono y polomoleculares que se reconstruyen constantemente en los sitios de altas presiones por efectos de la fricción. De esta manera impiden el contacto metal-metal, evitando los rompimientos o soldaduras de los mismos. Estos aditivos no siempre están exentos de producir ligeras corrosiones, debido a la acción química que ejercen. Se consiguen muy buenos efectos por la combinación de compuestos orgánicos y antimonio, molibdeno, azufre, fósforo y arsénico o bien por combinaciones de los primeros entre sí. De este tipo de productos, el más utilizado es la esperma de la ballena con cloruro de azufre.

f) Aditivos para Aumentar la Rigidez dieléctrica.

Casi siempre estos productos cumplen simultáneamente la doble misión de dieléctricos y la de proporcionar longevidad a los lubricantes usados para fines de lubricación y funcionamiento de los transformadores e.

Principios de Selección de los Lubricantes

La regla general es más o menos así: "usar la viscosidad mínima necesaria para proveer lubricación limitrofe durante el "arranque" (o en el caso de piezas que no son motores, al moverse por primera vez cada vez que se usa) y a la vez de una viscosidad máxima necesaria para no contribuir con fricción y pérdidas de potencia (en forma de calor y desgaste) innecesarias"

La elección de lubricantes nunca es fácil, y siempre requiere compromisos. Por ejemplo, un lubricante más grueso (viscoso) puede cubrir las superficies de un rodamiento y probablemente se va a "quedar" en el rodamiento más fácilmente, pero a la vez va a generar más fricción, más temperatura y más presión. Pero en un motor viejo, uno a veces usa aceite un poco más pesado (viscoso) que lo normal para reducir las pérdidas (para que queme menos aceite), sabiendo que generará más fricción y va a levantar más temperatura. El problema es que si el lubricante es MUY pesado, trae problemas de arranque.

Propiedades necesarias de un lubricante

Algunas de las propiedades necesarias más importantes para un desempeño satisfactorio de un lubricante son:

1. Baja volatilidad bajo condiciones de operación. Las características de volatilidad son inherentes a la elección del aceite de base para un tipo particular de servicio, y no pueden ser mejoradas por el uso de aditivos.
2. Características de flujo satisfactorias en el rango de temperatura a usar. Estas características dependen grandemente de la elección del aceite de base; sin embargo se pueden mejorar mediante el uso de depresores del punto de escurrimiento y modificadores de viscosidad. Los primeros mejoran las características de fluencia a bajas temperaturas, mientras que los últimos lo hacen con la viscosidad a alta temperatura.
3. Estabilidad superior o habilidad para mantener características deseables por un período razonable de uso. Mientras estas características dependen en un mayor grado del aceite de base, se asocian primordialmente con el agregado de aditivos, que mejoran las propiedades del aceite de base en esta área. La estabilidad de los lubricantes es afectada por el ambiente en el cual opera. Tales factores como la temperatura, potencial de oxidación y contaminación con agua, combustible no quemado, o ácidos corrosivos, limitan la vida útil del lubricante. Esta es el área donde los aditivos han hecho su mayor contribución en la mejora de las características del comportamiento y en extender la vida útil de los lubricantes.
4. Compatibilidad con otros materiales del sistema. La compatibilidad de los lubricantes con sellos, rodamientos, embragues, etc., puede ser también parcialmente asociada con el aceite de base. Sin embargo, los aditivos químicos pueden tener una mayor influencia en tales características.

Verificación del tipo de lubricante EP

Una vez que se ha determinado bajo que condiciones de lubricación trabaja los mecanismos se selecciona el tipo de lubricante. Si el tipo de lubricación es EHL, se debe verificar que el lubricante que se va a utilizar tenga los aditivos EP de acuerdo a la generación requerida, lo cual se hace verificando en la Prueba de desgaste de 4 bolas según el método ASTM, cuál es la capacidad de carga, en Kgf, del aditivo EP que contiene el lubricante. Este dato se consulta en la ficha técnica del lubricante que aparece en el catálogo del fabricante del lubricante.

La capacidad de carga del lubricante, de acuerdo con la generación de aditivos EP que contenga se especifica en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4 Capacidad de carga de los aditivos EP

No	Generación de aditivo EP	Capacidad de carga Kgf
01	1ra generación	Hasta 350 kgf
02	2da generación	Mayor de 350 kgf y hasta 750 kgf
03	3ra generación	Mayor de 750 kgf y hasta 1300 kgf

Características de los lubricantes con aditivos EP

Lubricantes EP de 1ra generación

El desempeño de estos lubricantes es bueno, pero su coeficiente de fricción combinado f_c (fricción sólida y fluida) es alto y dan lugar a un área de soporte de carga equivalente a un 25% del área aparente del mecanismo. De este tipo de lubricantes se tienen dos grupos generales:

- Compuestos ó "Compound" que son una mezcla de un 95-97% de aceite mineral ó sintético y un 3-5% de ácidos grasos; reaccionan con las superficies metálicas a temperaturas menores ó iguales a los 80°C en el punto de contacto, y por encima de este valor se desprenden dando lugar al contacto metal-metal y por lo tanto al desgaste del mecanismo.
- Compuestos de tipo químico como los esteres clorados, la manteca de cerdo sulfurada y el tricresilfosfato. Estos aditivos reaccionan químicamente con las superficies metálicas por encima de los 80°C en el punto de contacto; por debajo de esta temperatura su velocidad de reacción es muy baja ó no reaccionan.
- Cuando la temperatura de las rugosidades de un mecanismo que funciona bajo condiciones de lubricación EHL es fluctuante y puede variar entre menos y más 80°C se deben utilizar lubricantes que tengan aditivos a base de ácidos grasos y de tipo químico.
- Como en la práctica es difícil cuantificar en forma precisa la temperatura de 80°C en el punto de contacto, se toma como referencia para utilizar uno u otro tipo de aditivos EP una temperatura de 50°C en la superficie de la carcasa en la cual se encuentra alojado el mecanismo.

Lubricantes EP de 2da generación

Estos lubricantes se caracterizan porque son una mezcla de un 95-97% de aceite mineral ó sintético y un 3-5% de un lubricante de película sólida como el bisulfuro de molibdeno, grafito, tungsteno, Teflón ó boratos. El más utilizado en la actualidad es el bisulfuro de molibdeno. Este lubricante se caracteriza porque además de recubrir totalmente el perfil de las rugosidades de las dos superficies, rellena parte de los valles de las mismas, incrementando el área de soporte de carga a un 40% del área total del mecanismo. El coeficiente de fricción combinado de estos lubricantes es menor que el de los de 1ra generación.

Lubricantes EP de 3ra generación

Estos lubricantes poseen aditivos de base órgano-metálica, a base de cloro y de fósforo, los cuales cuando las superficies de fricción están sometidas a elevadas presiones liberan átomos metálicos que eutecticamente bajan el punto de fusión de las crestas más sobresalientes, haciendo que se deformen plásticamente llenando los valles de las irregularidades de las superficies. El área de soporte de carga llega a ser hasta un 75% del área total del mecanismo. Estos lubricantes presentan los coeficientes de fricción combinados más bajos dentro del grupo de lubricantes EP.

Las ventajas más importantes de los lubricantes de 3ra generación son el menor consumo de energía, menor fatiga de las piezas lubricadas al aumentar el área de soporte de carga, corrección de fallas como pitting incipiente ó descostrado en dientes de engranajes, reducción de la temperatura de operación, del nivel del ruido y las vibraciones.

Especificaciones para lubricantes

Especificaciones de los lubricantes en motores de automóviles.

- Necesitan alcalinidad para neutralizar la formación de recubrimientos por los productos de combustión.
- Proteger en gran medida de los altos niveles de azufre. Tener dispersión a altas temperaturas como evitar las incrustaciones y resistencia a oxidación.
- Contener aditivos que suspendan los contaminantes y que ayude a mantener el motor limpio.
- Fluir a bajas temperaturas, en el arranque.

- Especificaciones de los lubricantes en los engranes.
- Tener repelentes de agua.
- Resistencia a la pérdida del lubricante por el derrape con agentes de adhesividad.
- Contienen aditivos de azufre-fósforo para la capacidad de carga.
- Debe ser estable y no permitir la corrosión.
- Contiene inhibidores de desgaste.
- Especificaciones de los lubricantes de transmisión los engranes.
- Características antifriccionantes.
- Estabilidad a altas temperaturas.
- Alta dispersión.
- Cualidades antiespumantes excelentes.
- Viscosidad correcta a temperatura de operación.
- Especificaciones de los lubricantes de propósitos marinos.
- Alta dispersión y excelente alcalinidad.
- Previene la formación de carbón duro en las áreas de los anillos del pistón.
- Los aditivos son libres de zinc y cloro para proveer una mejor limpieza.
- Reducir el consumo de aceite y proveer una mejor economía del combustible.

PRUEBAS DE EVALUACIÓN Y DESEMPEÑO

Realizar pruebas del aceite lubricante bajo las condiciones normales de trabajo es la mejor forma de evaluar su desempeño. Sin embargo, en la mayoría de los casos, es costoso e impracticable. Por tanto se han desarrollado más cortas y menos costosas en laboratorios, para tales evaluaciones. Estas pruebas tienen la habilidad y de predecir o reproducir con bastante confiabilidad algunos aspectos de comportamiento del aceite lubricante en servicio.

Estas pruebas son:

- **Oxidación:** La oxidación de un aceite lubricante depende de la temperatura, cantidad del oxígeno contenido en el producto y del efecto catalizador de los metales.
- **Estabilidad térmica:** Es la habilidad de un aceite o aditivo para resistir la descomposición bajo la exposición a altas temperaturas.
- **Protección a la herrumbre:** La herrumbre en metales ferrosos es una reacción química que se inicia casi inmediatamente cuando estos materiales se exponen al aire y la humedad.
- **Espuma:** La prueba de espuma más usada es aquella en que se introduce aire en la muestra de aceite, que se mantiene a una temperatura específica, por un periodo determinado de tiempo.
- **Antidesgaste y extrema presión:** El desgaste se clasifica en cuatro rangos de acuerdo a su causa: abrasivo, corrosivo o químico, adhesivo y por fatiga.
- **Emulsibilidad y demulsibilidad:** Es la capacidad de un aceite de emulsionarse con agua. El aceite queda suspendido en el agua en partículas minúsculas en una forma más o menos estable.
 - En algunos casos se requiere que el aceite se emulsione, en tanto que, en otras aplicaciones se requiere lo contrario.
- **Untuosidad:** La untuosidad es la propiedad que representa mayor o menor adherencia de los aceites a las superficies metálicas a lubricar y se manifiesta cuando el espesor de la película de aceite se reduce al mínimo, sin llegar a la lubricación límite.

GRASAS LUBRICANTES

COMPOSICION

Se define a la grasa lubricante como una dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido (aceite base). Consiste en una mezcla de aceite mineral o sintético (85-90%) y un espesante. Al menos en el 90% de las grasas, el espesante es un jabón metálico, formado cuando un metal hidróxido reacciona con un ácido graso. Un ejemplo es el estearato de litio (jabón de litio).

Cuando la grasa tiene que contener propiedades especiales, se incluyen otros constituyentes que actúen como inhibidores de la oxidación y mejoren la resistencia de la película. Existe otro tipo de aditivo: los estabilizadores. Cambiando el jabón, aceite o aditivo, se pueden producir diferentes calidades de grasas por una amplia gama de aplicaciones.

Concepto de grasas lubricantes

La primera grasa lubricante se fabricó en 1872. Desde el principio las grasas se basaron en jabones cálcicos y líticos. En 1940 se desarrollaron las grasas líticas, y en una década después se lanzaron las grasas de jabón compuesto de aluminio.

La grasa es un producto que va desde sólido a semilíquido y es producto de la dispersión de un agente espesador y un líquido lubricante que dan las propiedades básicas de la grasa. Las grasas convencionales, generalmente son aceites que contienen jabones como agentes que le dan cuerpo.

El tipo de jabón depende de las necesidades que se tengan y de las propiedades que debe tener el producto.

La propiedad más importante que debe tener la grasa es la de ser capaz de formar una película lubricante lo suficientemente resistente como para separar las superficies metálicas y evitar el contacto.

Existen grasas en donde el espesador no es jabón sino productos, como arcillas de bentonita. El espesor o consistencia de una grasa depende del contenido del espesador que posea, puede fluctuar entre un 5% y un 35% por peso según el caso.

El espesador es el que le confiere propiedades tales como resistencia al agua, capacidad de sellar y de resistir altas temperaturas sin variar sus propiedades ni descomponerse.

¿Qué debemos exigir a una grasa lubricante?

1. Una adecuada lubricación:
 - Reducción de la fricción.
 - Minimizar los desgastes.
2. Proteger de la corrosión.
3. Propiedades sellantes: Debe evitar la entrada de sustancias no deseadas, al mecanismo, como:
 - Agua
 - Otras materias contaminantes: Polvo, agentes químicos, etc.
4. Tenacidad: Resistencia a cambios estructurales o de consistencia. Buena resistencia mecánica.
5. Resistencia al centrifugado y a la pérdida de fluido.
6. Compatibilidad con materiales sellantes.
7. Características adecuadas para la aplicación requerida.

Propiedades y componentes de las grasas

Hay ciertos factores a tener en cuenta cuando se habla de una grasa, como por ejemplo:

- **Viscosidad:** La viscosidad es una de las propiedades más importantes de un líquido y más rápidamente observada. Es una medida de rozamiento que acontece entre las diferentes capas cuando un líquido se pone en movimiento. En la vida diaria este fenómeno no es de interés real, pero en la industria el concepto de viscosidad tiene un significado considerable. Es un dato principal en el proceso de fabricación y en la inspección del proceso acabado; en el empleo de la lubricación por aceite, la viscosidad es muy importante al seleccionar el lubricante adecuado. La viscosidad se especifica en mm^2/s , aunque también se indica algunas veces en cst (centistoke). Normalmente se indica para 40 y 100°C, aunque en ciertos casos se pueden usar temperaturas de 37.8 (100° f), 50 y 98.9°C (210° f).

- **Estabilidad mecánica:** Ciertas grasas, particularmente las líticas de los tipos antiguos, tienen una tendencia para ablandarse durante el trabajo mecánico, pudiendo dar lugar a pérdidas. En instalaciones con vibración, el trabajo es particularmente severo, ya que la grasa está continuamente vibrando en los elementos lubricados.

- **Miscibilidad:** En los reengrases, hay que tener el máximo cuidado de no usar grasas diferentes a las originales. De hecho hay tipos de grasas que no son compatibles; si dos de estas grasas se mezclan, la mezcla resultante tiene normalmente una consistencia más blanda que puede causar la pérdida de grasa y fallo en la película lubricante.

Bases y jabones

Las bases son las que determinan las propiedades de las grasas. A continuación nombramos algunas:

- **Bases parafínicas (C_nH_{2n+2}):** Son relativamente estables a altas temperaturas, pero por el alto contenido de parafinas que poseen, no funciona satisfactoriamente a bajas temperaturas. Las mismas dentro de aceite, forman partes sólidas que en ciertas maquinarias diseñadas solo para aceite, pueden taponar los conductos de lubricación.

- **Bases nafténicas (C_nH_{2n}):** Es una base lubricante que determina la mayor parte de las características de la grasa, tales como: viscosidad, índice de viscosidad (I.V.), resistencia a la oxidación (tan) y punto de fluidez. Frecuentemente contienen una elevada proporción de asfalto; a altas temperaturas son menos estables que las parafínicas. Generalmente no deben usarse temperaturas por encima de los 65°C.

- **Saponificación:** Es un proceso por medio del cual una grasa (o algún otro compuesto de un ácido con alcohol) reacciona con un álcali (compuesto que neutraliza la acidez de la grasa), para formar un jabón, glicerina u otro alcohol.

Las propiedades de los jabones dependen de los ácidos grasos y de las bases metálicas utilizadas en la saponificación, esto se puede verificar mediante la reacción.



Las bases metálicas son las que dan las características que se quieren lograr en la grasa, así, las de calcio, aluminio y litio imparten buena resistencia a la acción del agua y a la humedad, mientras que las de sodio permiten soportar altas temperaturas.

Las deficiencias que puedan tener las grasas se pueden modificar mediante la adición de aditivos fluidos y espesantes.

Componente fluido

Las mayorías de las grasas actuales tienen como fluido un aceite mineral o sintético de baja, mediana o alta viscosidad según el tipo de grasa que se fabrique.

Aditivos y modificadores

Aditivos para las grasas

Los aditivos y modificadores más comúnmente usados en las grasas lubricantes son los inhibidores de oxidación y de herrumbre, los depresores del punto de fluidez, los agentes de extrema presión, los modificadores de fricción y algunos colorantes y pigmentos.

Para obtener una grasa con propiedades especiales, se incluyen a menudo uno o más aditivos. Entre los existentes, relacionamos los más comunes:

- Los aditivos antidesgaste mejoran la protección que la propia grasa ofrece. Es especialmente importante que el equipo en contacto esté bien protegido contra la oxidación si funciona en ambientes húmedos.
- Los antioxidantes retrasan la descomposición del aceite base a alta temperatura. Esto da lugar a mayores intervalos de relubricación, manteniendo bajos los costos.
- Los aditivos EP (extrema presión), por ejemplo jabones de plomo y compuestos de azufre, cloro o fósforo, aumentan la capacidad de carga de la película.
- Los estabilizadores hacen posible el espesado de aceite base con jabones con los que no forma compuestos fácilmente. Generalmente, sólo se precisa poca cantidad, por ejemplo, la grasa cálcica tiene un 1 a 3% de agua como estabilizador.

Espesantes especiales

Son jabones metálicos o complejos de jabón, siendo los más utilizados los siguientes:

- Jabón de calcio
- Jabón de sodio
- Jabón de litio
- Complejo de calcio
- Complejo de jabón calcio – plomo
- Complejo de litio
- Poliurea
- Arcillas
- Bentonita
- Sílice coloidal

Espesante	Resistencia contra Agua	Resistencia contra alta Temperatura	Punto de Goteo °C	Velocidad
Calcio	Excelente	Muy Pobre	80 a 100	Pobre
Sodio	Pobre	Marginal	170 a 200	Pobre
Litio	Bueno	Bueno	175 a 205	Bueno
Complejo de Litio, Calcio, o Aluminio	Excelente	Excelente	>260	Bueno
Arcilla	Excelente	Sobresaliente	No Gotea	Bueno
Poliurea	Excelente	Excelente	>250	Sobresaliente

Comparación entre los espesantes más usados para la fabricación de grasas.

Tipos de grasas

- **Grasas cálcicas (Ca):** Las grasas cálcicas tienen una estructura suave, de tipo mantecoso, y una buena estabilidad mecánica. No se disuelven en agua y son normalmente estables con 1-3% de agua. En otras condiciones el jabón se separa del aceite de manera que la grasa pierde

su consistencia normal y pasa de semilíquida a líquida. Por eso no debe utilizarse en mecanismos cuya temperatura sea mayor a 60°C. Las grasas cálcicas con aditivos de jabón de plomo se recomiendan en instalaciones expuestas al agua a temperaturas de hasta 60°C,. Algunas grasas de jabón calcio-plomo también ofrecen buena protección contra el agua salada, y por ello se utilizan en ambientes marinos. No obstante, existen otras grasas cálcicas estabilizadas por otros medios distintos del agua; éstas se pueden emplear a temperaturas de hasta 120°C; por ejemplo, grasas cálcicas compuestas.

- **Grasas sódicas (Na):** Las grasas sódicas se pueden emplear en una mayor gama de temperaturas que las cálcicas. Tienen buenas propiedades de adherencia y obturación. Las grasas sódicas proporcionan buena protección contra la oxidación, ya que absorben el agua, aunque su poder lubricante decrece considerablemente por ello. En la actualidad se utilizan grasas sintéticas para alta temperatura del tipo sodio, capaces de soportar temperaturas de hasta 120°C.

- **Grasas líticas (Li):** Las grasas líticas tienen normalmente una estructura parecida a las cálcicas; suaves y mantecosas. Tienen también las propiedades positivas de las cálcicas y sódicas, pero no las negativas. Su capacidad de adherencia a las superficies metálicas es buena. Su estabilidad a alta temperatura es excelente, y la mayoría de las grasas líticas se pueden utilizar en una gama de temperaturas más amplia que las sódicas. Las grasas líticas son muy poco solubles en agua; las que contienen adición de jabón de plomo, lubrican relativamente, aunque estén mezcladas con mucho agua. No obstante, cuando esto sucede, están de alguna manera emulsionadas, por lo que en estas condiciones sólo se deberían utilizar si la temperatura es demasiado alta para grasas de jabón de calcio-plomo, esto es, 60°C.

- **Grasas de jabón compuesto:** Este término se emplea para grasas que contienen una sal, así como un jabón metálico, usualmente del mismo metal. Las grasas de jabón de calcio compuesto son las más comunes de este tipo, y el principal ingrediente es el acetato cálcico. Otros ejemplos son compuestos de Li, Na, Ba (Bario), y Al (Aluminio). Las grasas de jabón compuesto permiten mayores temperaturas que las correspondientes grasas convencionales.

- **Grasas espesadas con sustancias inorgánicas:** En lugar de jabón metálico se pueden emplear distintas sustancias inorgánicas como espesantes, por ejemplo, bentonita y gel de sílice. La superficie activa utilizada sobre partículas de estas sustancias absorben las moléculas de aceite. Las grasas de este grupo son estables a altas temperaturas y son adecuadas para aplicaciones de alta temperatura; son también resistentes al agua. No obstante, sus propiedades lubricantes decrecen a temperaturas normales.

- **Grasas sintéticas:** En este grupo se incluyen las grasas basadas en aceites sintéticos, tales como aceites ésteres y siliconas, que no se oxidan tan rápidamente como los aceites minerales. Las grasas sintéticas tienen por ello un mayor campo de aplicación. Se emplean distintos espesantes, tales como jabón de litio, bentonita y PTFE (teflón). La mayoría de las calidades están de acuerdo a determinadas normas de pruebas militares, normalmente las normas American MIL para aplicaciones y equipos avanzados, tales como dispositivos de control e instrumentación en aeronaves, robots y satélites. A menudo, estas grasas sintéticas tienen poca resistencia al rozamiento a bajas temperaturas, en ciertos casos por bajo de -70° C.

- **Grasas para bajas temperaturas (LT):** Tiene una composición tal que ofrecen poca resistencia, especialmente en el arranque, incluso a temperaturas tan bajas como -50° C. la viscosidad de estas grasas es pequeña, de unos 15mm²/s a 40° C. su consistencia puede variar de NLGI 0 a NLGI 2; estas consistencias precisan unas obturaciones efectivas para evitar la salida de grasa.

- **Grasas para temperaturas medias (MT):** Las llamadas grasas "multiuso" están en este grupo. Se recomiendan para equipos con temperaturas de -30 a +110° C; por esto, se puede utilizar en la gran mayoría de los casos.

La viscosidad del aceite base debe estar entre 75 y 220mm²/s a 40° C. la consistencia es normalmente 2 ó 3 según la escala NLGI.

- **Grasas para altas temperaturas (HT):** Estas grasas permiten temperaturas de hasta +150°C. Contienen aditivos que mejoran la estabilidad a la oxidación. La viscosidad del aceite base es normalmente de unos 110mm²/s a 40° C, no debiéndose exceder mucho ese valor, ya que la grasas se puede volver relativamente rígida a temperatura de ambiente y provocar aumento del par de rozamiento. Su consistencia es NLGI 3.

- **Grasas extrema presión (EP):** Normalmente una grasa EP contiene compuestos de azufre, cloro ó fósforo y en algunos casos ciertos jabones de plomo. Con ello se obtiene una mayor resistencia de película, esto es, aumenta la capacidad de carga de la película lubricante. Tales aditivos son necesarios en las grasas para velocidades muy lentas y para elementos medianos y grandes sometidos a grandes tensiones. Funcionan de manera que cuando se alcanzan temperaturas suficientemente altas en el exterior de las superficies metálicas, se produce una reacción química en esos puntos que evita la soldadura.

La viscosidad del aceite base es de unos 175mm²/s (máx. 200mm²/s) a 40° C. la consistencia suele corresponder a NLGI 2. En general, las grasas EP no se deben emplear a temperaturas menores de -30° C y mayores de +110° C.

- **Grasas antiengrane (EM):** Las grasas con designación EM contienen bisulfuro de molibdeno (MoS₂), y proporcionan una película más resistente que los aditivos EP. Son conocidas como las "antiengrane". También se emplean otros lubricantes sólidos, tales como el grafito.

FABRICACIÓN

La fabricación de grasas básicas involucra todos o algunos de los siguientes procesos en forma simultánea o como operaciones distintas y separadas:

- Saponificación
- Deshidratación
- Cutback
- Homogenización
- Deaeración
- Filtrado

Proceso de obtención de la grasa

Equipos utilizados en el proceso de fabricación de grasas.

- **Reactor:** Es un sistema cerrado que permite que dos o más compuestos reaccionen entre sí para formar un producto.

- **Mezclador:** Es un tanque dotado con una hélice que permite que dos o más compuestos se mezclen para obtener un producto final.

- **Serpentín:** Es un tubo o un conjunto de tubos adaptado a un sistema, que permite llevar a cabo un proceso de transferencia de calor.

- **Molino:** Es un equipo dotado de un par de discos giratorios separados milimétricamente uno del otro, los cuales permiten el paso forzado de un producto altamente viscoso para proporcionarle unas condiciones requeridas.

- **Desairador:** Es un equipo cuya función es eliminar las moléculas de aire que involuntariamente se introducen en un producto.

CARACTERÍSTICAS DE LAS GRASAS

- **Extrema presión:** Esta prueba se realiza para verificar la capacidad que tienen las grasas y los aceites para soportar carga. Consiste en colocar dos elementos metálicos giratorios en contacto y por el medio de ellos. El lubricante a prueba, aplicándoles una fuerza externa que se va aumentando proporcionalmente hasta que se frene los elementos metálicos. En ese momento se mide cuánta presión hay y el tipo de desgaste que se generó en la pieza.

- **Prueba de consistencia:** La consistencia de las grasas se expresa de acuerdo con la cantidad de espesante y viene dada por la NLGI (National Lubricating Grease Institute) que las clasifica de acuerdo con la penetración trabajada. Para determinar ésta, se llena una vasija especial con grasa y se lleva a una temperatura de + 77oF (25oC).

- **Prueba de penetración:** La penetración es solamente la medida de la dureza a una temperatura específica.

La penetración de la grasa se puede dar en base a dos situaciones: Cuando ha sido trabajada y sin trabajar.

- **Penetración trabajada:** Para determinar la penetración trabajada es necesario que la muestra de grasa haya sido sometida a 60 carreras dobles de un pistón, en un trabajador de grasa patrón como el de la Fig. 1. Este consiste en un disco perforado (pistón) que al subir y bajar dentro del cilindro, hace que la grasa pase de un lado a otro, hasta completar 60 carreras dobles, en este momento se considera que se han simulado las condiciones a las cuales puede trabajar la grasa en una máquina después de un tiempo determinado. Posteriormente se le determina la consistencia en el penetrómetro.

- **Penetración no trabajada:** Para la penetración no trabajada se toma una muestra de grasa, no se somete a ningún batido y se coloca cuidadosamente en el recipiente de prueba, luego se le determina la consistencia en el penetrómetro.

La penetración se clasifica de acuerdo con la ASTM, (que es la lectura que da el Penetrómetro mostrado en la figura 2ª después de cinco segundos de penetración dentro de la muestra de grasa trabajada a + 77oF (25oC) y de acuerdo con la NLGI, que la da con un número que indica el cambio de consistencia (penetración) con las variaciones de temperatura (prueba no estandarizada).

Clasificación ASTM y su equivalencia en la NLGI

ASTM en mm/10 Número de consistencia

000	445	475	Líquida
00	400	430	Semi líquida
0	355	385	Muy blanda
1	310	340	Blanda
2	265	295	Firme
3	220	250	Muy firme
4	175	205	Semi dura
5	130	160	Dura
6	85	115	Extra dura

Clasificación NLGI

- **Punto de goteo:** Es la temperatura a la cual la grasa pasa de su estado sólido a líquido. La prueba se realiza aumentando la temperatura de la grasa hasta que se empiece a cambiar de estado, en ese momento se toma la temperatura y se define su punto de goteo.

ENSAYOS

- **Estabilidad mecánica o estructural:** Se emplean dos métodos para medir la estabilidad de las grasas. Uno de ellos es midiendo la penetración después que la grasa ha sido trabajada por largo tiempo. El consiste en someter una muestra de grasa en una cámara cilíndrica en donde es molida por un pesado rodillo durante dos horas a temperatura ambiente para después hacerle la prueba de la penetración.

- Pruebas de oxidación: Para evaluar la estabilidad a la oxidación se realizan dos pruebas.

- Prueba estática: Se usa el denominado "Método de Bomba de Oxígeno".

- Prueba dinámica: Se utiliza el método "Vida Funcional de las grasas para rodamientos de bolas".

- Pruebas de separación de aceite: Cuando las grasas se utilizan para lubricar rodamientos, es necesaria una fuga de una cierta cantidad de aceite, con el fin de mantener la función de lubricación. Si el aceite se separa demasiado rápido de la grasa, se forma un residuo de jabón concentrado y duro que retrasara el flujo normal del aceite.

- Prueba de resistencia al agua: Esta prueba permite comprobar la habilidad de la grasa para resistir la acción de agua y se hace a través del método "Características del lavado por agua en grasas lubricantes".

- Prueba de protección a la herrumbre: Para esto se utilizan pruebas estática y dinámicas para evaluar las propiedades de protección contra la herrumbre de las grasas.

- Ensayos de EP y Prevención de desgaste: La ASTM ha normalizado los procedimientos mediante el uso de la prueba "Presión extrema para el método de las cuatro bolas" y con el equipo de prueba TIMKEM.

Cómo elegir la grasa más adecuada

Existen varios factores que debemos tener en cuenta a la hora de elegir la grasa más adecuada para cada una de las aplicaciones.

Los datos más importantes que hay que conocer son:

- Elemento a engrasar
- Velocidad
- Temperatura
- Contaminantes exteriores
- Forma de aplicación
- Cargas y vibraciones
- Compatibilidad con otras grasas
- Accesibilidad

Lógicamente lo más importante que hay que conocer a la hora de elegir la grasa más adecuada, es saber donde se va a aplicar esta. Pero los elementos a engrasar pueden ser de lo más variopinto; no obstante los siguientes son los más comunes:

- Rodamientos
- Cojinetes y bulones
- Engranajes abiertos
- Reductores
- Cables
- Cadenas
- Antigripantes

Todos estos puntos de engrase y muchos más se pueden encontrar en todos los sectores productivos del país, desde la automoción y la industria, pasando por la maquinaria de obra pública, la agricultura y la máquina herramienta, lo que convierte a las grasas en uno de los productos fundamentales para el progreso tecnológico del sector.

LUBRICANTES SINTÉTICOS

ORIGEN

Aceites preparados en laboratorio a partir de compuestos de bajo peso molecular para obtener compuestos de alto peso molecular con propiedades predecibles.

Los lubricantes sintéticos son desarrollados y usados para aplicaciones especiales donde los productos obtenidos del petróleo no son adecuados.

Los aceites sintéticos son fluidos fabricados sintéticamente y adecuados para la lubricación (por ejemplo, aceites de ésteres, por medio de síntesis catalítica de ácidos grasos con alcohol). Para determinados sectores de aplicación, estos líquidos cuentan con propiedades superiores a las de los aceites lubricantes minerales. Sin especificar más detalladamente los diferentes grupos de sustancias, las ventajas de los aceites sintéticos en el campo técnico de la lubricación son su alta estabilidad térmica y a la oxidación, la favorable relación viscosidad – temperatura, el alto punto de inflamación y el buen comportamiento en frío.

QUÍMICA DE LOS LUBRICANTES SINTÉTICOS

Los aceites sintéticos son producidos mediante reacciones químicas en las cuales la presión, la temperatura y la relación de los compuestos es cuidadosamente controlada. El costo de este producto es la suma de la materia prima mas el costo individual de cada proceso. La materia prima es en su gran mayoría obtenida del petróleo procesado térmicamente y del gas natural. El Etileno y sus derivados son las materias primas mas usadas en la elaboración de aceites sintéticos.

Componentes del aceite sintético

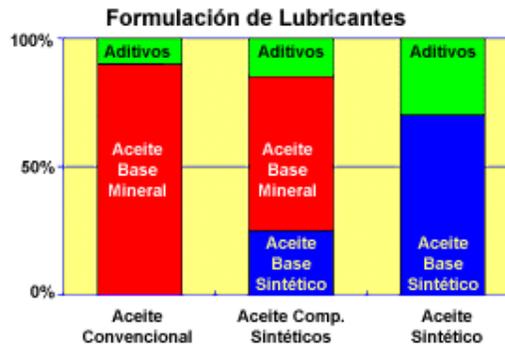
- Hidrocarburos sintetizados
- Polialfaolefinas
- Aromáticos alquilados
- Polibutenos
- Cicloalifáticos
- Poliglicoles

Esteres orgánicos

Son compuestos con contenido de oxígeno, que resultan de la reacción de un alcohol con ácido orgánico. Los esteres orgánicos han sido una clase importante de fluidos con base sintetizada desde el inicio de su uso, el cual remonta a la segunda guerra mundial.

Algunos tipos de esteres son:

- Esteres ácido difásico
- Esteres poliol
- Esteres de ácidos fosfóricos
- Esteres de silicato



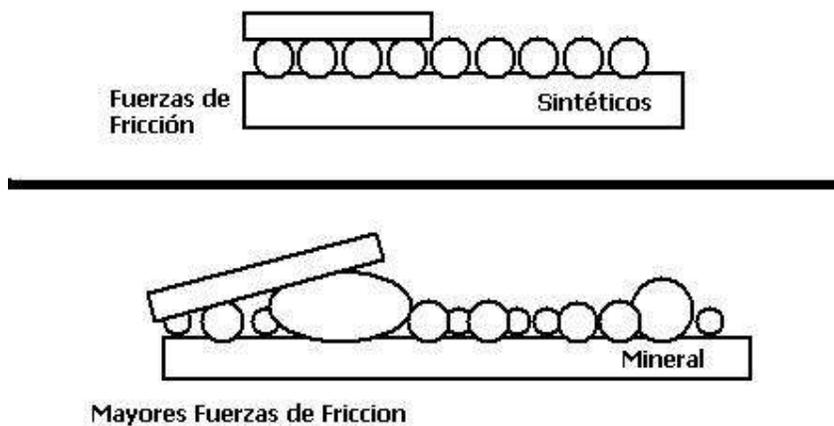
Siliconas

Están basadas en polímeros y copolímeros que contienen una estructura de unidades de silicio oxígeno replicados y cadenas orgánicas unidas a la silicona.

Las siliconas tienen alto índice de viscosidad, superiores a 300. es de baja fluidez, químicamente inerte, no tóxico, resistente al fuego, repelente con el agua, baja volatilidad, buena estabilidad térmica y a la oxidación y su espesor de presencia es mínima.

CARACTERISTICAS DEL ACEITE SINTETICO

Estructura Molecular



Los lubricantes sintéticos están especialmente diseñados para proporcionar un excepcional rendimiento tanto a elevadas como a bajas temperaturas. Más concretamente las ventajas son las siguientes:

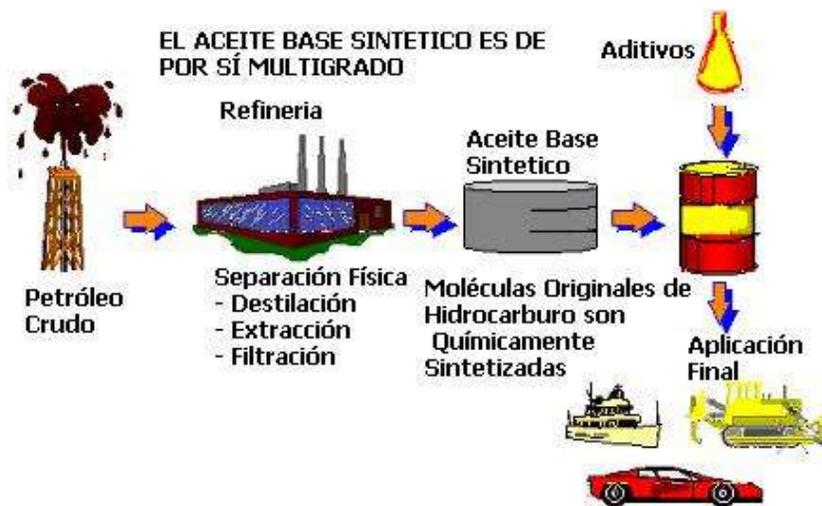
- Excelente arranque: Los aceites base convencionales contienen trazas de ceras que dificultan el movimiento del aceite en frío. Esto puede retrasar algunos segundos la llegada del aceite a algunos puntos del motor; esos segundos son críticos pues se producen desgastes. Los aceites sintéticos están especialmente formulados por lo que al no contener ceras desaparece éste problema. Esto significa mejor arranque y menores desgastes.
- Intervalos de cambio de aceite más largos: Los aceites sintéticos son mucho mejores frente a los procesos de oxidación y pueden estar en servicio durante largos intervalos antes de su cambio. Esto significa que se utiliza menos aceite, ahorrando dinero y ayudando a mejorar el Medio Ambiente.
- Motores más limpios: En los procesos de oxidación se producen lodos y depósitos que se quedan en el motor. Los lubricantes sintéticos son resistentes a estos procesos disminuyendo en gran medida la formación de lodos y depósitos. Esto hace que el motor esté más limpio y que trabaje de forma más eficaz.

Algunas Ventajas y desventajas de los Aceites Sintéticos

- Son más costosos (4-8 veces el aceite mineral)
- No se deben mezclar
- Para ciertas condiciones de trabajo son difíciles de conseguir

Aspectos que deben tener en cuenta al implementar un Lubricante Sintético

- Verificar la compatibilidad de los sellos con el aceite.
- Debido a la alta detergencia natural de los aceites sintéticos, el equipo donde se vaya a implementar el aceite debe estar completamente limpio.
- Se debe chequear periódicamente el nivel de aceite.
- Nunca se debe rellenar con un aceite diferente al que se esté usando y menos si es de base mineral.

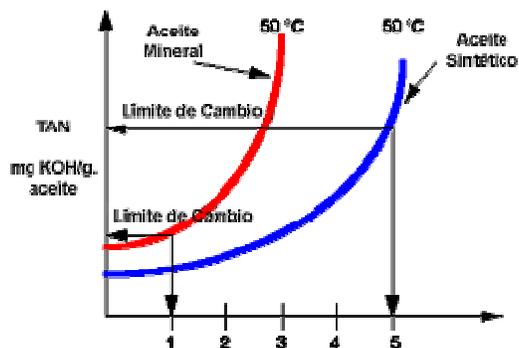


Características y Ventajas

- Elevado Índice de Viscosidad > 120
- Elevada estabilidad térmica
- Buena resistencia a la oxidación
- La velocidad de oxidación de un aceite se puede medir de acuerdo con el TAN (número ácido total)
Algunos no son inflamables a altas temperaturas.
- Mínima cantidad de residuos de evaporación.
- Adecuada protección contra la corrosión en ambientes críticos
- Buena demulsibilidad
- Baja tendencia a la formación de espuma.
- Elevada conductividad térmica.
- Alta adhesividad a las superficies metálicas.
- Alta miscibilidad a bajas temperaturas y baja solubilidad a altas temperaturas, con todos los freones, en caso de los aceites para refrigeración.
- Conservación de la energía.

Reducen el consumo de energía en los equipos que lubrican, aproximadamente en un 11 % .

- Bajo coeficiente de tracción.



Selección de un aceite Sintético

Se deben tener en cuenta los siguientes factores para justificar el empleo de un aceite sintético:

- Control de la fricción de desgaste.
- Temperatura de operación.
- Compatibilidad con los productos de proceso.
- Control de la corrosión y de la herrumbre.
- Paros en la producción.
- Control de contaminantes, como gases de hidrocarburo (propano, isobutano, etileno), agua, sal, ácidos, etc.
- Alta detergencia y capacidad de limpieza natural.
- Tendencia a ablandar los cauchos (usados en los equipos como retenes).

Rangos de temperatura de trabajo para diferentes lubricantes sintéticos. °C

- Hidrocarburos sintetizados - 40 180
- Esteres de ácido dibásicos - 38 180
- Esteres de poliol - 25 222
- Poliglicoles - 29 222
- Esteres de fosfato - 26 149
- Para un aceite sintético
- Hallar el adecuado grado ISO.
- Seleccionar la base sintética requerida.
- Hacer el análisis de costo, con el fin de determinar su factibilidad económica.
- Verificar que exista un equivalente en el mercado.
- Compatibilidad con otros aceites.

LUBRICANTES SEMISINTETICOS

El término Semisintético implica un producto terminado en cual su fase sintética no ha sido completada o se encuentra combinada con material no sintético.

Características

Son demasiado variables ya que dependen de las diferentes combinaciones de bases que se realiza, tanto en calidad como en cantidad. Sus principales características son:

- Mayor índice de viscosidad
- Puntos de fluidez más bajos
- Mayor punto de inflamación
- Mayor resistencia a la oxidación
- Baja volatilidad

Los principales beneficios de este lubricante son:

- Ahorro de lubricante
- Mayores periodos de cambio
- Ahorro de energía motriz
- Temperatura más baja de operación
- Suave arranque en frío
- Buena protección contra el desgaste

LUBRICACIÓN DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

COJINETES PLANOS RODAMIENTOS

Los cojinetes de fricción son elementos importantes en todo motor de explosión. Por esto, su desarrollo está estrechamente vinculado con el de los motores.

Las complejas exigencias y las cada vez más elevadas cargas a las que son sometidos los cojinetes de las partes móviles de un motor, como son los cigüeñales, las bielas, los empujadores y el eje de levas, obligan hoy en día a la utilización de materiales perfectamente adaptables a la aplicación requerida.



Las numerosas combinaciones de materiales disponibles, permiten a los ingenieros elegir la configuración más adecuada para cada cojinete en particular.

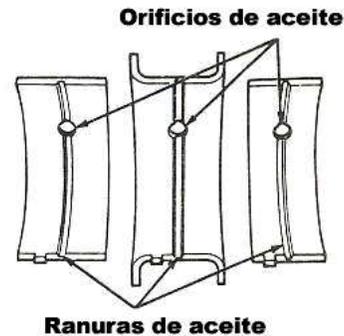
Tipos de cojinetes y denominaciones

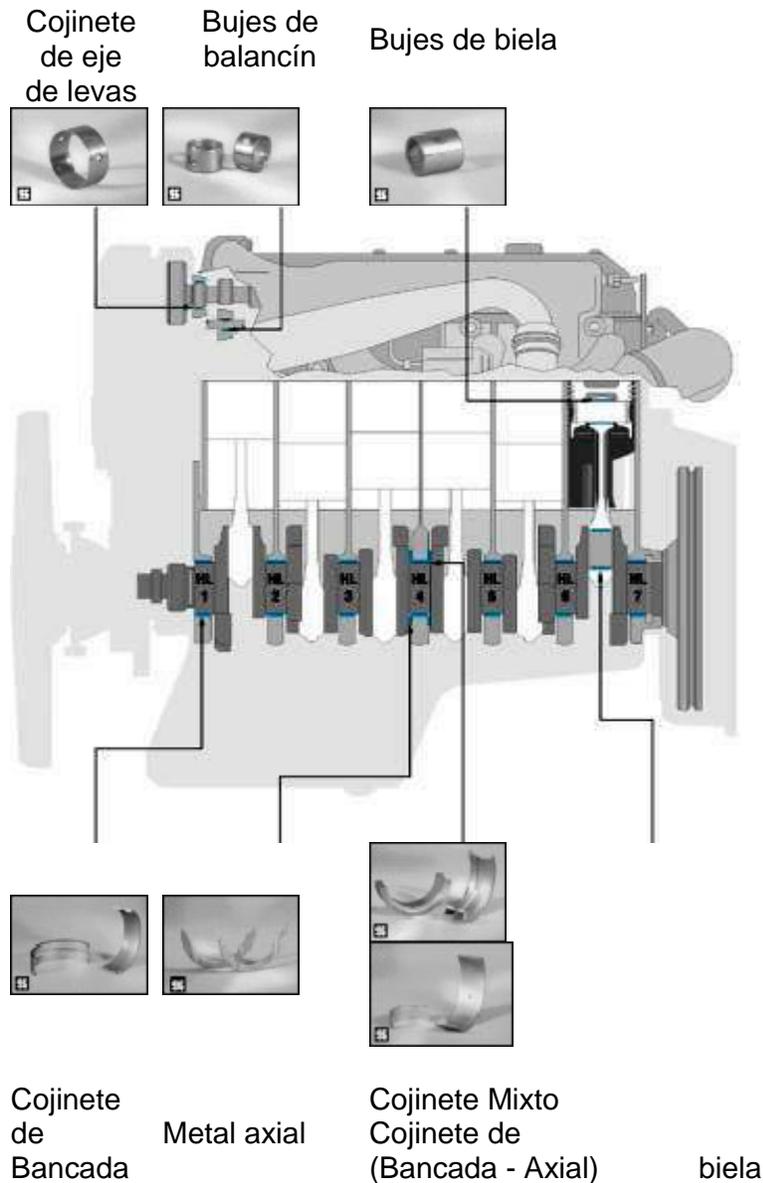
Cojinetes lisos

Los cojinetes lisos se utilizan tanto para cojinetes de biela como para cojinetes principales. Se trata, en la mayoría de los casos, de medios cojinetes finos bi o trimetálicos.

En los cojinetes bimetálicos, el dorsal de acero está plaqueado de metal antifricción, mayormente aluminio con estaño y cobre como aditivos.

En el caso de los cojinetes trimetálicos, el metal antifricción - cobre con plomo y estaño como aditivos - viene aplicado sobre el dorsal de acero mediante colada o mediante sinterizado - laminado -sinterizado. Una barrera de níquel (barrera de difusión) separa el metal antifricción de la capa de deslizamiento galvánica.



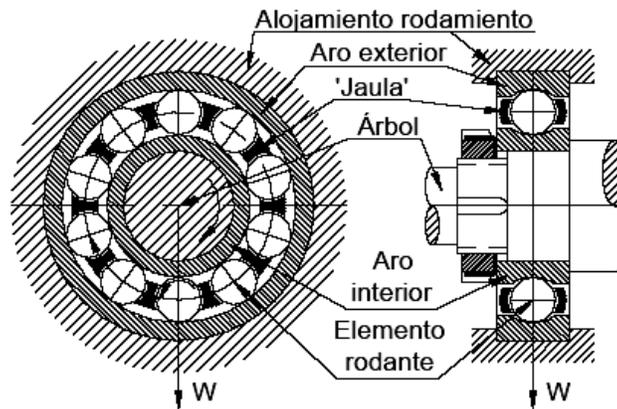


Los rodamientos

Los rodamientos son piezas de acero aleado con cromo, manganeso y molibdeno, para facilitar la ejecución de rigurosos tratamientos térmicos y obtener piezas de gran resistencia al desgaste y a la fatiga. En la selección de los materiales, deben tomarse en consideración las temperaturas de operación y una adecuada resistencia a la corrosión. El material para las jaulas ha evolucionado en forma importante actualmente se utilizan aceros, metales de bajo roce y poliamida.

Otra característica de los rodamientos es la exactitud de sus dimensiones cada parte de tener tolerancias muy estrechas para un satisfactorio funcionamiento del conjunto.

Partes de un rodamiento



Existen rodamientos de muy variados tipos para adecuarse a las diversas aplicaciones, es muy importante escoger el rodamiento preciso, tomando la decisión en base a criterios tales como: costo, facilidad de montaje, vida útil, dimensiones generales, simpleza del conjunto, disponibilidad de repuestos y tipo de lubricación.

Básicamente hay tres formas de clasificar los rodamientos:

Según la dirección de la carga que mejor soportan:

a) **Rodamientos Radiales:** Son aquellos que están diseñados para resistir cargas en dirección perpendicular al eje.

Constan en forma general de tres piezas: Un aro exterior, un aro interior y un elemento rodante con algún tipo de canastillo o jaula. Por ejemplo, las ruedas de un carro se apoyan en el suelo y reciben la carga en el eje, de esta forma los rodamientos de las ruedas trabajan bajo carga radial.

b) **Rodamientos Axiales:** Son aquellos que están diseñados para resistir cargas en la misma dirección del eje.

Constan en forma general de tres piezas: Un aro superior, un aro inferior y un elemento rodante con algún tipo de canastillo. Por ejemplo, pensemos en un carrusel, el peso total de esta máquina actúa verticalmente hacia el suelo y debe rotar en torno a un eje vertical al suelo, en esta aplicación debe utilizarse un rodamiento axial de gran diámetro, cuyo aro superior sostenga al carrusel y cuyo aro inferior se apoye en el suelo.

c) **Rodamientos de contacto angular:** Son una mezcla de los casos anteriores, se basan en un rodamiento similar al radial con un diseño especial de los aros exterior e interior para soportar cargas axiales mayores que un rodamiento radial simple. Sus aplicaciones son muy amplias, debido a que un eje siempre puede desarrollar cargas eventuales en una dirección inesperada y debido al ahorro que se genera al colocar un solo rodamiento para hacer el trabajo de dos.

Elemento rodante

Existen diversos elementos rodantes que varían según las aplicaciones. El más común son las bolas de rodamiento, muy útiles para cargas livianas y medianas. Para cargas mayores se utilizan rodillos y barriletes. Finalmente en cargas axiales se utilizan conos. Algunas aplicaciones en donde el espacio es reducido se usan agujas, que son cilindros largos con diámetros pequeños.



Al catalogar un rodamiento es útil entregar una información completa, indicando los tres conceptos anteriores, por ejemplo:

Rodamiento radial rígido de bolas, rodamiento radial rotulado de barriletes, rodamiento axial rígido de conos.

Afortunadamente los fabricantes de rodamientos han mantenido una numeración estándar en todas las marcas, permitiendo una identificación sencilla de los rodamientos en base a un número y en ocasiones acompañado de unas letras.

Lubricación

Para que los rodamientos funcionen de un modo fiable, deben estar adecuadamente lubricados con el fin de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas. El lubricante también evita el desgaste y protege las superficies contra la corrosión. Por tanto, la elección del lubricante y el método de lubricación adecuado para cada aplicación, así como el mantenimiento adecuado, son de gran importancia.

Existe una extensa gama de grasas y aceites disponibles para la lubricación de los rodamientos y también existen lubricantes sólidos para, por ejemplo, temperaturas extremas. La selección final del lubricante depende fundamentalmente de las condiciones de funcionamiento, es decir, del margen de temperaturas y velocidades, así como de la influencia del entorno.

Las temperaturas de funcionamiento más favorables se obtienen cuando el rodamiento se suministra con la cantidad mínima de lubricante necesaria para proporcionar una lubricación fiable. Sin embargo, cuando el lubricante tiene funciones adicionales que realizar, como obtener o extraer el calor del rodamiento, entonces se necesitan mayores cantidades.

El lubricante en una disposición de rodamientos, pierde gradualmente sus propiedades de lubricación a causa del trabajo mecánico, el envejecimiento y la acumulación de contaminación. Por tanto, es necesario añadir o renovar la grasa y filtrar y cambiar el aceite a intervalos regulares.

Los rodamientos y las unidades de rodamientos con obturaciones integrales y placas de protección a ambos lados se suministran engrasados.

La vida útil de la grasa en los rodamientos obturados suele superar la del rodamiento, de manera que, con algunas excepciones, no se prevé la relubricación de estos rodamientos.

Nota: Pueden existir diferencias en las propiedades de lubricación de lubricantes aparentemente iguales (especialmente grasas) fabricados en distintos lugares. Se recomienda al usuario que especifique con detalle las propiedades de lubricación, con el fin de conseguir el lubricante adecuado para la aplicación.

Relubricación con grasa

Los rodamientos necesitan relubricación cuando la duración de la grasa usada es inferior a la duración prevista del rodamiento. Los rodamientos deben ser relubricados cuando las condiciones de su lubricante aún son satisfactorias.

El intervalo de lubricación adecuado, depende de muchos factores. Estos factores incluyen el tipo y el tamaño del rodamiento, la velocidad, la temperatura de funcionamiento, el tipo de grasa, el espacio que rodea al rodamiento y su entorno. Sólo es posible basar las únicas recomendaciones en reglas estadísticas. SKF define los intervalos de relubricación como el período de tiempo al final del cual un 99 % de los rodamientos siguen lubricados de manera fiable.

Lubricación con aceite

Los aceites minerales puros son los que generalmente se prefieren para la lubricación de rodamientos. Normalmente, los aceites que contienen aditivos EP, AW y de otro tipo para la mejora de determinadas propiedades de lubricación sólo se emplean en casos especiales.

Existen versiones sintéticas de muchas de las clases de lubricantes más frecuentes. Por lo general sólo se considera el uso de aceites sintéticos para la lubricación de rodamientos en casos extremos, por ejemplo a temperaturas de funcionamiento muy bajas o muy altas.

El término aceite sintético abarca una amplia gama de materiales base: Los principales son las polialfaolefinas (PAO), los aceites de éster y los polialquilenglicoles (PAG). Las propiedades de estos aceites sintéticos son distintas a las de los aceites minerales.

El espesor real de la película de lubricante juega un papel fundamental en cuanto a la resistencia a la fatiga del rodamiento. En condiciones de anegación total, la viscosidad del aceite, el índice de viscosidad y el coeficiente de presión-viscosidad influyen sobre el espesor real de la película en la zona de contacto.

Los aditivos también influyen sobre la formación de la película. Debido a las diferencias en la solubilidad, para los aceites sintéticos, se aplican diferentes tipos de aditivos en comparación con sus equivalentes basados en aceites minerales.

Normalmente, la lubricación con aceite se emplea cuando las elevadas velocidades o las altas temperaturas de funcionamiento no permiten el uso de grasa, cuando es necesario evacuar del rodamiento el calor producido por la fricción o de origen externo, o cuando los componentes adyacentes (engranajes, etc.) están lubricados con aceite.

Para que un rodamiento funcione de un modo fiable, es indispensable que este adecuadamente lubricado al objeto de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas, evitando también el desgaste y protegiendo las superficies del rodamiento contra la corrosión por tanto, la elección del lubricante y el método de lubricación adecuados, así como un correcto mantenimiento, son cuestiones de gran importancia.

Inspección y limpieza de rodamientos

Como todas las piezas importantes de un maquina, los rodamientos de bolas y de rodillos deben limpiarse y examinarse frecuentemente. Los intervalos entre tales exámenes dependen por completo de las condiciones de funcionamiento. Si se puede vigilar el estado del rodamiento durante el servicio, por ejemplo escuchando el rumor del mismo en funcionamiento y midiendo la temperatura o examinado el lubricante, normalmente es suficiente con limpiarlo e inspeccionarlo a fondo una vez al año (aros, jaula, elementos rodantes) junto con las demás piezas anexas al rodamiento. Si la carga es elevada, deberá aumentarse la frecuencia de las inspecciones; por ejemplo, los rodamientos de los trenes de laminación se deben examinar cuando se cambien los cilindros.

Después de haber limpiado los componentes del rodamiento con un disolvente adecuado (petróleo refinado, parafina, etc) deberán aceitarse o engrasarse inmediatamente para evitar su oxidación. Esto es de particular importancia para los rodamientos de maquinas con largos periodos de inactividad.

Almacenamiento de los rodamientos

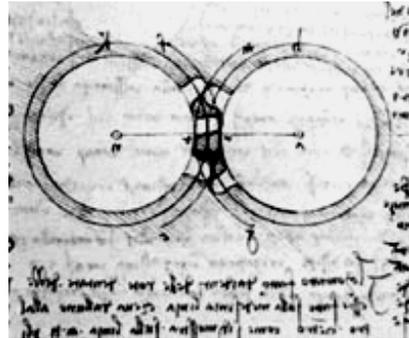
Antes de embalar, los rodamientos normalmente son tratados con un agente antioxidante y en estas condiciones, pueden conservarse en su embalaje original durante años, siempre que la humedad relativa del almacén no pase del 60%.

En los rodamientos provistos de placas de protección u obturación que estén almacenados largos periodos de tiempo puede ocurrir que tengan un par de arranque inicial mas elevado que el especificado. También puede darse el caso que las propiedades de lubricación de la grasa se hayan deteriorado después de estar los rodamientos almacenados largos periodos de tiempo.

ENGRANAJES

Uno de los problemas principales de La Ingeniería Mecánica es la transmisión de movimiento, entre un conjunto motor y máquinas conducidas. Desde épocas muy remotas se han utilizado cuerdas y elementos fabricados de madera para solucionar los problemas de transporte, impulsión, elevación y movimiento.

El inventor de los engranajes en todas sus formas fue Leonardo da Vinci, quien a su muerte en la Francia de 1519, dejó para nosotros sus valiosos dibujos y esquemas de muchas de los mecanismos que hoy utilizamos diariamente.



La forma más básica de un engrane es una pareja de ruedas, una de ellas provistas de barras cilíndricas y la otra formada por dos ruedas unidas por barras cilíndricas.

Los engranes propiamente tales son ruedas provistas de dientes que posibilitan que dos de ellas se conecten entre sí. Leonardo nos entrega el siguiente esquema en donde se indican los tres diámetros que definen el tamaño del diente.

Clasificación

Los engranes se clasifican en tres grupos:

- Engranajes Cilíndricos (para ejes paralelos y que se cruzan)
- Engranajes Cónicos (para ejes que se cortan y que se cruzan)
- Tornillo sin fin y rueda helicoidal (para ejes ortogonales)

El proceso de fabricación es el maquinado con fresas u otro mecanismo de corte, dependiendo del tamaño del engrane. En la figura se aprecia un engrane cilíndrico de diente helicoidal de gran tamaño, durante el proceso de maquinado de dientes.

Engranajes Cilíndricos

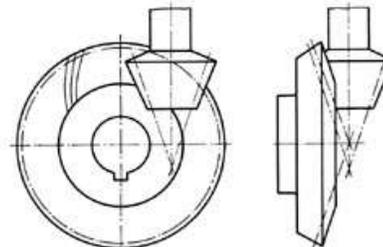
Se fabrican a partir de un disco cilíndrico, cortado de una plancha o de un trozo de barra maciza redonda. Este disco se lleva al proceso de fresado en donde se retira parte del metal para formar los dientes. Estos dientes tienen dos orientaciones: dientes rectos (paralelos al eje) y dientes helicoidales (inclinados con respecto al eje).

Los engranajes de diente recto son más simples de producir y por ello más baratos, la transmisión del movimiento se realiza por medio de los dientes, quienes se empujan sin resbalar. En el caso de los dientes helicoidales los dientes se empujan y resbalan entre sí, parte de la energía transmitida se pierde por roce y el desgaste es mayor. La ventaja de los helicoidales es la falta de juego entre dientes que provoca un funcionamiento silencioso y preciso.



Engranajes cónicos

Se fabrican a partir de un trozo de cono, formándose los dientes por fresado de su superficie exterior. Estos dientes pueden ser rectos, helicoidales o curvos. Esta familia de engranajes soluciona la transmisión entre ejes

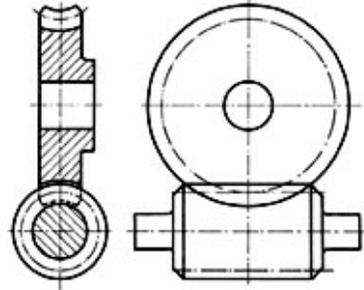


que se cortan y que se cruzan. En las figuras se aprecian un par de engranes cónicos para ejes que se cortan y un par de engranes cónicos hipoidales de diente curvo para ejes que se cruzan.

Tornillo sin fin rueda helicoidal

Este mecanismo se compone de un tornillo cilíndrico o hiperbólico y de una rueda (corona) de diente helicoidal cilíndrica o acanalada.

Es muy eficiente como reductor de velocidad, dado que una vuelta del tornillo provoca un pequeño giro de la corona. Es un mecanismo que tiene muchas pérdidas por roce entre dientes, esto obliga a utilizar metales de bajo coeficiente de roce y una lubricación abundante, se suele fabricar el tornillo (gusano) de acero y la corona de bronce. En la figura de la derecha se aprecia un ejemplo de este tipo de mecanismo.



LUBRICACIÓN DE CILINDROS

Lubricación es el nombre del método utilizado para evitar en lo posible el contacto directo entre dos piezas que se mueven una respecto a la otra, reduciendo la fricción, lo cual se consigue interponiendo una fina película de lubricante entre estas piezas.

El sistema de lubricación tiene como función mantener y renovar de forma continua esta película, y además refrigerar mediante el propio lubricante las partes del motor a las que no puede acceder el sistema de refrigeración.

El depósito o sumidero del aceite (el cárter de los automóviles) está localizado en la parte baja del motor. Una bomba, accionada por el motor, cuya toma de entrada está sumergida en el depósito, toma el aceite y lo envía a presión, pasando por un filtro, a los elementos a lubricar mediante una serie de conductos internos del motor. Estos conductos, además de depositar el aceite en los sitios necesarios, se comunican con la mayoría de los ejes giratorios (cigüeñal, árbol de levas, etc.) y otros elementos (bielas, bulones de pistón, etc.) permitiendo su lubricación. Una vez cumplida su función, el aceite vuelve al depósito o sumidero por su propio peso.

Una válvula, regulada de fábrica, sirve para mantener la presión constante y para evitar que un exceso de presión dañe algún conducto o pieza. Por encima de una cierta presión, la válvula se abre para que el aceite causante de la sobre presión vuelva al depósito en lugar de integrarse en el sistema de lubricación; una vez la presión tiene valores normales la válvula se cierra permitiendo al aceite circular por el sistema.

CADENAS

Las cadenas son usadas para transmitir potencia en una amplia variedad de aplicaciones. Las cadenas están compuestas por un gran número de eslabones, los que se comportan como cojinetes de fricción sometidos a cargas de compresión. Adicionalmente existe el deslizamiento de los bujes de la cadena sobre las superficies de fricción.

Las cadenas de oruga no se lubrican para no acumular elementos contaminantes, mientras que las cadenas articuladas y metálicas se lubrican con aceites muy livianos y fácilmente lavables. Si se trata de cadenas silenciosas y de rodillos estas se lubrican de manera similar a la de los cojines planos.

Existen cinco tipos de cadenas que son:

- De rodillos
- Articuladas
- Orugas
- Metálicas planas
- Silenciosas

LEVAS Y TAQUES

Los motores modernos son lubricados ya sea mediante un sistema de circulación alimentado a presión o mediante una combinación de alimentación a presión y salpicadura. En un sistema completamente a presión, el aceite se pasa por un filtro antes de pasar a la bomba del aceite que es movida por el árbol de levas. El aceite proveniente de la bomba se divide en dos o más flujos; uno de ellos entra al filtro y regresa al depósito de aceite, un segundo flujo va hasta los cojinetes principales y mediante conductos taladros a graves de los brazos del cigüeñal hacia los cojinetes de las bielas, un tercer flujo continúa hasta los cojinetes del cigüeñal; puede llegar un cuarto flujo a una flecha hueca que soporta a los balancines y él levanta válvulas.

El aceite que escurre por él alza válvulas lubrica los balancines y las levas. Las paredes del cilindro reciben suficiente aceite de los sobrantes por exceso provenientes de los cojinetes de las bielas. Por esto, un cojinete de biela flojo puede sobrecargar a los anillos que controlan el aceite, como para que surja una falla en la bujía.

En vista de que es costoso el barrenado del cigüeñal y de las bielas, se pueden colocar debajo de cada biela, cavidades que se mantendrán llenas de aceite proveniente de la bomba. Una saliente en el extremo de la biela, se sumerge en la artesana y forma un rocío de aceite para lubricar el cojinete de la biela, las paredes del cilindro y el pasador del embolo.

ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE LUBRICANTES

Deben tomarse todas las precauciones necesarias para asegurar un apropiado manejo y almacenamiento desde que un lubricante es entregado al usuario hasta su aplicación.

El deterioro de un lubricante se puede presentar por diversas razones y deben ser evitadas tomando algunas precauciones simples para prevenir:

- Fugas de envases rotos o mal cerrados.
- Contaminación por polvo, partículas metálicas, humos y humedad.
- Degradación por contacto con temperaturas extremas (frío o calor), o prolongado tiempo de almacenamiento.
- Contaminación con otros lubricantes.
- Mezclas con lubricantes incompatibles.

MANEJO DE LUBRICANTES

El manejo incluye operaciones relacionadas con la recepción del lubricante y su traslado hasta el sitio de almacenamiento en planta, bien sea empacado o a granel.

Productos empacados

Todos los productos empacados deben llegar con los sellos de seguridad en buen estado y con sus marcas, rótulos y etiquetas originales identificando claramente el nombre del producto y demás datos de identificación del producto que contiene.

Descargue de productos empacados

- El medio mas adecuado y mas seguro es el montacargas ya que permite descargar y trasladar el producto sin riesgos para personas o envases desde una rampa o vehículo hasta su lugar de almacenamiento.
- En la mayoría de los camiones de entrega se cuenta con plataformas hidráulicas que permiten bajar los envases al nivel del piso.
- Uso de elevadores de polipasto para realizar el mismo trabajo.
- Se emplean rampas de madera o metal especiales para este fin teniendo los medios adecuados para fijarlos a la plataforma del camión.

Traslado para almacenamiento

Se hace por medio de montacargas utilizando pallets o mandíbulas especiales. También se pueden rodar los tambores en caso de trayectos breves cuidando no dañar la estructura del tambor.

Productos a granel

Los sistemas de manejo a granel presentan los siguientes beneficios:

- Reducción en los requerimientos de espacio.
- Reducción en los costos de manejo.
- Reducción en los riesgos de contaminación.
- Reducción en los desperdicios residuales.
- Simplificación en el control de inventarios.
- Más seguridad para el personal.

Descargue del producto a granel

Previo al descargue de este producto se debe considerar:

- Medir los tanques de almacenamiento para verificar el espacio disponible.
- Los tanques vacíos se deben inspeccionar y limpiar si es necesario.
- Respetar los reglamentos para los tanques vacíos.
- Ninguna persona debe permanecer sola dentro de un tanque.
- Se debe contar con equipos de respiración y ropa adecuada.
- Verificar la tubería correcta y la posición correcta de las válvulas.

Descargue de carro-tanques

Debe actuar personal entrenado estando el vehículo frenado y con la señalética "PARE" instalada. Antes de acoplar la conexión de descargue se debe abrir la cubierta del domo y se debe inspeccionar la válvula del fondo para asegurarse de que no hay escapes. Después de realizar la descarga completa, se desconecta la manguera, se coloca la cubierta del domo y se cierra la válvula inmediatamente.

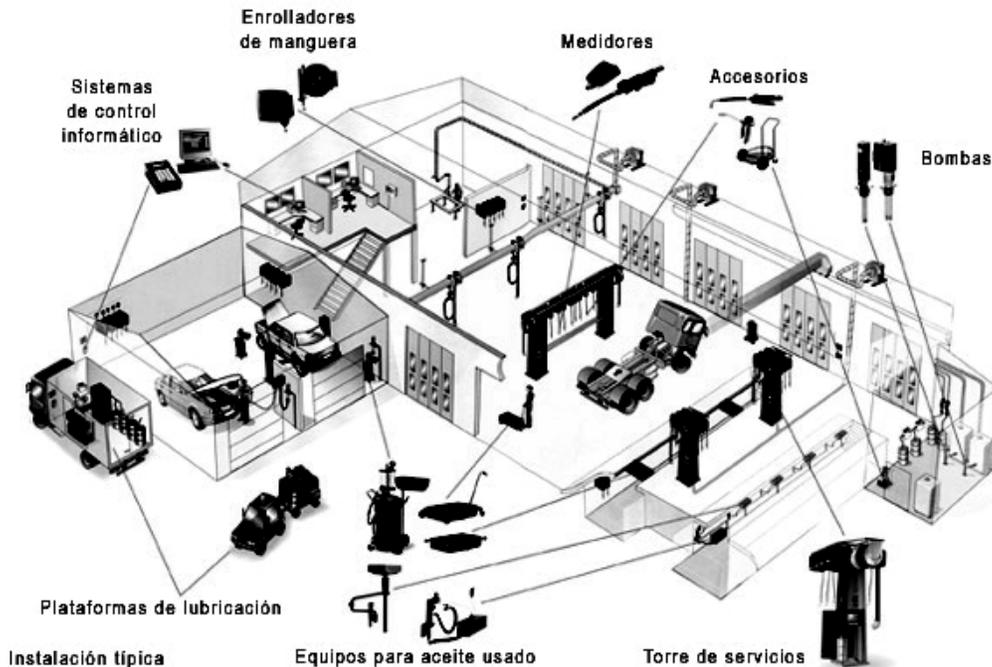
ALMACENAMIENTO

El almacenamiento apropiado de los lubricantes y de los productos asociados requiere que estén protegidos de las fuentes de contaminación, de degradación causada por el frío o calor excesivos y que mantengan su identificación. También es importante la rotación de los productos, poniendo en práctica el principio de "primero en entrar, primero en salir".

Almacenamiento de productos empacados

Pueden almacenarse de las siguientes maneras:

- **A la intemperie (evitarse en lo posible):** Esta forma de almacenamiento puede ocasionar problemas tales como alteración de la identificación de los envases, riesgos de fugas y contaminación y/o alteración del producto.
- **Bajo cubierta (aceptable):** En este caso se requieren equipos mecánicos que permitan el recibo y entrega de productos así como el manejo seguro de los mismos dentro de la bodega, tales como montacargas, carretillas y elevadores hidráulicos de tambores.
- **En un almacén de lubricantes (optimo):** Es el punto central de almacenamiento de lubricantes y productos afines. Su diseño y equipamiento son muy importantes para enfrentar el trabajo diario de lubricación considerando normas de seguridad, aseo y control.



Servicio de lubricación (lubricentro)

- Debe elaborarse un programa de limpieza y arreglo periódico. Los tiestos de limpieza se etiquetan debidamente o se usan de un determinado color.
- Con fines de prevenciones de seguridad e incendio se colocan en lugares adecuados, signos que indiquen la presencia de materiales combustibles.
- Se deben instalar extintores en sitios estratégicos del recinto estableciendo un plan de revisión periódica para su oportuna recarga.

Degradación de los lubricantes durante su almacenamiento

Las causas de degradación pueden ser:

- Contaminación con agua.
- Contaminación con partículas, polvo y suciedades.
- Exposición a temperaturas extremas.
- Almacenamiento por tiempos excesivamente largos.

DISTRIBUCIÓN

Esto se refiere al retiro de productos desde el almacenamiento del lubricante, al traslado hasta el punto de uso y la aplicación en la maquina en el sitio donde se dispensa el lubricante.

Los productos empacados se pueden aplicar directamente desde los envases o por medio de recipientes menores.

Si se trata de productos a granel, estos se pueden transferir por medio de equipos portátiles o más bien desde tanques o depósitos empleando tuberías.

En el lubricentro

- Grifos
- Bombas de transferencias.
- Pistolas de llenado de aceite.
- Paletas para grasa

Del almacén de lubricantes a la maquina

- Carros de lubricación y vagones.
- Tambores de aceite.
- Tanques de seguridad.
- Equipo portátil de engrase.
- Pistolas graseras.
- Bombas de drenaje.
- Purificadores portátiles de fluido.

APLICACIÓN DE LOS LUBRICANTES

Una vez seleccionado el lubricante apropiado para una aplicación, este deberá ser entregado a los equipos que lo requieran.

Para esto existen dos métodos que son: A plena pérdida y Recirculación.

MÉTODOS A PLENA PÉRDIDA

Se aplican cantidades relativamente pequeñas de aceite o grasa para reponer la película lubricante o remover los contaminantes del lubricante viejo.

Elementos de aplicación de aceite

- **Alimentación por goteo:** Aplica pequeñas cantidades de lubricante especialmente para cojinetes simples y algunos engranajes abiertos.

- **Copas aceiteras:** Es similar al sistema anterior pero no garantiza la continuidad en el volumen que dispensa.

- **Aceiteras de botella:** Este sistema suministra aceite a través de un mecanismo de vibración el cual origina un bombeo permanente de lubricante sobre los cojinetes mientras la máquina este funcionando.

- **Lubricadores mecánicos:** Este sistema actúa por medio de una leva que acciona un pequeño pistón el cual suministra el lubricante a los elementos que lo requieran.

- **Aceitera por líneas de aire:** En este sistema se suministra aceite a una línea de aire comprimido haciéndolo llegar por esa vía a los puntos de lubricación de la máquina.

- **Aplicación por atomización:** Es un equipo de atomización de operación manual usado en casos tales como engranajes abiertos.

Aplicaciones de grasas

Las grasas son productos de consistencia semisólida que se obtienen por dispersión de un agente espesante en un líquido lubricante. Pueden incluir aditivos.

Las grasas se usan como lubricantes, bajo condiciones en las cuales no sería conveniente utilizar aceites, algunas de las cuales exponemos a continuación:

- Altas cargas de rodadura y choque.
- Bajas velocidades de rotación
- Temperaturas extremas.
- Limpieza de uso ó supresión de salpicaduras.
- Mínima atención.
- Sellado a contaminantes externos.
- Grandes holguras en rodamientos.

Las grasas se emplean en rodamientos, cojinetes y guías. Su aplicación puede ser con pistolas manuales o de aire comprimido. En algunos casos la grasa se suministra directamente en forma manual. Para el caso de los rodamientos no se recomienda una aplicación excesiva de grasa para no aumentar la presión ni la temperatura.

Existen rodamientos de uso medio o liviano lubricados de por vida y en tal caso estos no se relubrican.

METODOS DE RECIRCULACIÓN

Se refiere a los sistemas que entregan lubricante desde un depósito central a todos los elementos que requieren ser lubricados. Todo el aceite regresa al depósito central y se reutiliza. Existen dos de estos sistemas: los de presión y los de gravedad.

En los de presión, puede haber un sumidero y un depósito separados, o los dos pueden estar combinados. En los sistemas de alimentación por gravedad, el aceite se bombea a un tanque elevado y este fluye por gravedad a los elementos lubricados.

SISTEMAS CENTRALIZADOS

Son sistemas centralizados para grasa o aceite dependiendo del tipo de depósito y de la bomba que utilicen. La grasa por lo general demanda presiones más altas debido a las mayores pérdidas en las líneas, válvulas dosificadoras y otros dispositivos.

Existen sistemas directos e indirectos de lubricación central. En los primeros, la bomba sirve para presurizar el lubricante y también para dosificarlos a los puntos de aplicación. En los segundos, la bomba presuriza el lubricante pero algunas válvulas ubicadas en el sistema de distribución se encargan de dosificarlo.

ACEITES USADOS

ANÁLISIS DE ACEITES USADOS

El término aceite usado se aplica tanto a los lubricantes en uso, cualquiera sea su estado, también conocidos como aceites de desperdicio. En el primer caso el trabajo esencial que se realiza con los aceites usados es el monitoreo de sus características en tanto que en el segundo caso se maneja el producto en sí para su recuperación o disposición.

El aceite usado de cárter es el líquido aceitoso, pardo a negro, que se remueve del motor de un automóvil cuando se cambia el aceite. Es similar al aceite que no ha sido usado excepto que contiene productos químicos adicionales a causa de su uso como lubricante del motor.

Los productos químicos en el aceite consisten de hidrocarburos, que son destilados del petróleo crudo y de varios aditivos que mejoran el rendimiento del aceite. El aceite usado también contiene productos químicos formados cuando el aceite es expuesto a altas temperaturas y presión dentro del motor. También contiene ciertos metales de partes del motor y pequeñas cantidades de gasolina, anticongelante, y sustancias químicas que provienen de la gasolina cuando ésta se enciende dentro del motor.

Los productos químicos encontrados en el aceite usado de cárter varían dependiendo de la marca o del tipo de aceite, de si se usó gasolina o aceite diesel, de la condición del motor de donde provino el aceite, y de la cantidad de uso entre cambios de aceite. El aceite usado no ocurre naturalmente en el ambiente.

El análisis de aceite usado ha experimentado un cambio en su filosofía, centrando su atención en los equipos, transformándose así en una nueva y eficaz herramienta de mantenimiento predictivo - proactivo. El objetivo del mantenimiento proactivo es el "ahorro de dinero". Este objetivo se logra mediante "acciones correctivas", antes que se produzca la falla y van dirigidas a la Causa Raíz, informada oportunamente por el laboratorio.

A medida que los aceites circulan a través de los equipos actúan como "mensajeros" capturando trazas de metal (producto del desgaste) y otros contaminantes (internos o externos). Esta característica de los aceites de "informar", se suma a las funciones típicas del lubricante.

La información contenida en los aceites usados es leída en los laboratorios mediante modernos y sofisticados equipos y personal técnicamente preparado. Los resultados obtenidos, junto con la información almacenada en las bases de datos y las tendencias observadas, permiten al "diagnosticador" establecer las condiciones actuales del equipo y predecir las condiciones de comportamiento futuro.

Los servicios de análisis, la administración electrónica de datos y los servicios administrativos están combinados para entregar al usuario información rápida, precisa y de bajo costo en relación a los beneficios que proporciona.

Usos y beneficios para el cliente

Entre los beneficios más importantes se pueden citar los siguientes:

1. Mayor tiempo productivo de los equipos: un programa de mantención predictiva / proactiva permite reparaciones menores y más rápidas de subsanar que cuando el equipo se detiene por una falla imprevista, con lo que se logra una mayor "disponibilidad" del equipo.
2. Mayor vida útil de los equipos: El monitoreo de los equipos permite la oportuna reparación de un componente antes de que afecte al conjunto.

3. Menores costos de manutención: Ahorro en tiempo de servicio, horas-hombre y repuestos requeridos.
4. Programación de la producción: Permite cumplir con la producción o el transporte, ya que las detenciones son programadas.
5. Menores fallas en operación: Reduce los gastos de costosas reparaciones, remolques, arriendo de equipos de reemplazo y aún la pérdida de la carga transportada o de la producción.
6. Mejor servicio a sus propios clientes: Mayor confiabilidad, mejor imagen.
7. Favorece el balance costo – beneficio: Los costos de los análisis son muy inferiores en relación a los beneficios obtenidos.

En resumen, el principal beneficio para la industria será la "disminución de sus costos".

Principales usuarios por tipo de actividad

- Flotas de camiones
- Plantas industriales
- Minería
- Flotas de buses
- Ferrocarriles
- Empresas pesqueras
- Papeleras
- Forestales
- Navieras
- Constructoras
- Etc.

Obtención de la muestra.

Para obtener resultados de pruebas más exactos, la muestra de aceite se saca de un motor caliente. El procedimiento recomendado es comenzar a drenar el aceite en la forma usual quitando el tapón de drenaje. Para no colectar residuos provenientes del fondo del depósito, se deja que escurra unos segundos antes de colocar el recipiente para obtener la muestra del chorro de aceite. Otro método es sacar el aceite de un sifón que provenga del cárter desde un tubo de aceite o los conductores de ventilación del cárter. Una muestra de 120 cc, deberá ser suficiente para el laboratorio de pruebas. En general los laboratorios de pruebas requieren la siguiente información, incluida con la muestra, para determinar los mejores resultados.

- Kilómetros totales del Vehículo
- Kilómetro desde el último cambio de aceite
- Descripción del motor (gasolina, diesel)
- Viscosidad del aceite

Estudio de los resultados

Cuando regresan del laboratorio de pruebas los resultados de la muestra de aceite, se deben estudiar con mucho cuidado para determinar si se necesita efectuar alguna acción correctiva en el motor. Muchas veces los resultados son normales para las horas millas y condiciones bajo las cuales trabajó el motor. Mientras algunos laboratorios explican los resultados de la prueba, otros **no** interpretan los resultados de la misma. Cuando revisamos los análisis de aceite de motores tenemos que tomar en cuenta varios factores:

1. El combustible utilizado:

- a. Diesel: Combustible "sucio", motor de alta compresión, problemas frecuentes con inyectores y bombas inyectoras.
- b. Gasolina: Combustible relativamente limpio, compresión variable entre modelos, pero menor que los motores a diesel.

c. GNC (Gas Natural Comprimido): Combustible limpio, problemas de nitración y oxidación en los aceites.

2. El uso del motor:

a. Camión: Alta carga, normalmente rutas largas.

b. Auto Particular: Todo rango de velocidad, cargas y tipo de viaje.

c. Taxi: Mucho uso en la ciudad utilizando primera y segunda marcha. Pocos kilómetros para muchas horas de trabajo.

d. Auto de carrera: Altas velocidades, revoluciones y fuerzas.

e. Tractor o implemento agrícola: Una sola velocidad, alta carga, alta contaminación por tierra, frecuentemente estacionado 4 o 5 meses entre usos.

f. Generador o bomba estacionaria: Una sola velocidad, menos variables.

3. El tamaño del cárter (capacidad de aceite) relacionado al tamaño del motor.

4. El aceite utilizado y sus valores originales.

5. Las horas o kilómetros que el aceite fue utilizado.

6. Uso en carretera o caminos de tierra.

Un examen de los puntos medidos durante una prueba normal de la muestra de aceite y una breve explicación de su significado sería semejante a lo siguiente:

Aumento de la Viscosidad

Si la viscosidad está más alto (mas espeso) que el grado original, suele significar que ha habido oxidación del aceite. La oxidación excesiva puede ser causada por:

- Sobrecalentamiento debido a un funcionamiento irregular del sistema de enfriamiento.
- Aireamiento (aire mezclado dentro del aceite) debido a aceite muy agitado por las partes móviles del motor, lo que suele ocurrir si el nivel del aceite esta debajo del recomendado.
- Presencia de pequeñas partículas metálicas, originadas normalmente por desgaste del motor estas pequeñas partículas de metal actúan como un catalizador, que acelera la reacción química entre el oxígeno y el aceite del motor, lo que provoca que el aceite se haga mas espeso.

Otros productos de la oxidación incluyen sedimentos, gomas, barniz, Depósitos de carbono y compuestos ácidos. Un aumento permisible de viscosidad se considera como máximo hasta un 30% mas espeso que el original. Si el engrosamiento es mayor, se deberá hacer una inspección cuidadosa del sistema de enfriamiento del motor. La acción correctiva se deberá efectuar en cuanto sea necesaria, y se deberá reemplazar el aceite del motor y el filtro. El uso del motor y del vehículo se deberá vigilar cuidadosamente para asegurar que no haya una oxidación intensa.

Disminución de la Viscosidad

Los laboratorios en general se consideran una disminución de viscosidad debido a la dilución del aceite. Una dilución máxima permisible de combustible del 3% de volumen, es generalmente aceptada. La dilución de combustible trae como resultado el aceite delgado y un aumento en la relación de desgaste del motor. Un nivel alto de dilución de combustible a:

- Ciclos de conducción cortos (especialmente en frío)
- Termostato defectuoso, lo que evita que el motor alcance su temperatura normal de funcionamiento.
- Ahogador defectuoso (carburador) o indicador de temperatura del enfriador defectuoso (inyección de combustible).
- Conducto del sobrecarga de gases de descarga tapado en el múltiple de admisión
- Elevadora de calor, una unidad de control. O sistema EFE defectuoso, que afectan la temperatura del aire de admisión.

- Flotador de carburador/circuito de energía a boquilla de inyector defectuosos
- Filtro de aire tapado o entrada de aire parcialmente cerrada.

Humedad

La contaminación de aceite del motor por humedad puede traer como resultado mala lubricación y formación de sedimentos. Una lectura normal deberá traer como resultado 0.05%. Las lecturas más altas del 2% se consideran excesivas por la mayor parte de los laboratorios de pruebas. El agua también actúa como catalizador para promover oxidación en la presencia de metales como hierro, cobre y plomo. Cuando hay agua libre en el cárter, pueden crearse micro-organismos que se comen el aceite, formando ácidos que causan oxidación y obstruyen el filtro. El agua reduce la película lubricante e interfiere con la lubricación dejando las piezas susceptibles al desgaste abrasivo, adhesivo y fatiga. En áreas de presión las gotas de agua colapsan causando Cavitación. Esta Cavitación se ve como corrosión o picado de la superficie donde hay diferencias de presiones. Las burbujas de agua (o aire en caso de espuma por exceso de aceite en el cárter) llegan al punto de presión e implosión, causando grietas pequeñas o puntos microscópicos en la superficie. Cada vez que implosiona otra burbuja en el mismo lugar se agranda este punto



Un alto nivel de humedad en el aceite del motor se puede deber a:

- Escapes en el empaque de la cabeza
- Monobloque agrietado
- Cabeza agrietada
- Válvulas de PCV y o mangueras tapadas
- Respiradero del cárter inoperante
- Ciclos cortos de conducción
- Largos intervalos de cambio de aceite.

Formación de espuma

La espuma es una aglomeración de burbujas de aire u otro gas, separados por una fina capa de líquido que persiste en la superficie. Suele formarse por agitación violenta del líquido.

La tendencia a la formación de espuma y la persistencia de esta se determina insuflando aire seco en aceite. El volumen de espuma obtenido durante el ensayo determina la tendencia a la formación de espuma del aceite. Al cabo de un tiempo de reposo se vuelve a medir el volumen, y así se determina la estabilidad de la espuma.

La espuma provoca problemas en los sistemas hidráulicos y de lubricación:

- ✓ comportamiento errático de mandos hidráulicos
- ✓ Cavitación en bombas
- ✓ derrames en depósitos
- ✓ oxidación prematura del aceite
- ✓ corrosión interna de elementos del sistema
- ✓ fallos en cojinetes (por insuficiente lubricación)
- ✓ disminución de la capacidad refrigerante del aceite
- ✓ disminución de la capacidad de disolución del aceite
- ✓ flotación de pequeñas partículas de lodo presentes en el aceite

La estabilidad de la espuma se ve favorecida por el aumento de la viscosidad del aceite, la presencia de compuestos polares en el mismo. Por el contrario, la temperatura elevada del aceite y la presencia de aditivos antiespumantes en el aceite reducen la tendencia a la formación de espuma.

Anticongelante

La contaminación con anticongelante es causa de que el aceite del motor se congele. Al congelarse es demasiado espeso para fluir por el motor y lubricarlo en forma apropiada. Las posibles causas de anticongelante en el aceite incluyen:

- Cabeza de cilindros agrietada
- Escapes en el empaque de la cabeza
- Monobloque agrietado
- Sabotaje

Hierro

El hierro es el principal metal de desgaste. Casi cualquier muestra de aceite descubrirá hierro, medido en partes por millón, como resultado de un desgaste normal.

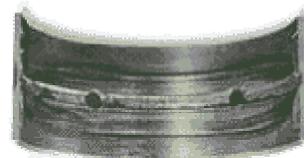
- Contenido normal de hierro = 50 a 250 ppm
- Contenido anormal de hierro = 250 a 350 ppm
- Contenido excesivo de hierro = arriba de 350 ppm

El primer elemento que miramos es el hierro. Normalmente el hierro viene de la fricción entre las paredes de los cilindros (sean camisas o el bloque mismo) y los anillos. Pero también puede ser del árbol de levas, el cigüeñal, las válvulas, los cojinetes, la bomba de aceite, los engranajes de la cadencia, el turbo, las guías de válvulas, o las bielas.

El hierro puede provenir del desgaste o herrumbre. Un motor que tiene aceite contaminado por tierra, falta de viscosidad, o alto hollín (entre otros) tendrá desgaste por contacto o falta de lubricación hidrodinámica. Si el aceite está con agua, todas las piezas de hierro son sujetas a herrumbrarse. Si la herrumbre es severa, puede continuar después de corregir el problema hasta que el aceite logra a pararla.

Las fuentes de hierro en el aceite provienen por desgaste en:

- **Desgaste de anillos y cilindros:** Cada hora que el motor está encendido, los pistones suben y bajan, raspando los anillos contra las paredes de los cilindros. En un viaje de 10 minutos en un auto normal, cada anillo de cada pistón viajó 6 kilómetros raspando las paredes. Si el aceite pierde su viscosidad, el desgaste es severo. Si el aceite está contaminado, los contaminantes raspan las paredes. Mucha de esta lubricación es hidrodinámica, dependiendo de la viscosidad para evitar desgaste. Cuando falla la lubricación hidrodinámica los anillos dependen de los aditivos anti-desgaste que proveen lubricación límite. El trabajo del anillo superior es raspar el aceite al bajar en el cilindro, dejando las paredes secas para la combustión. Este anillo depende 100% de la lubricación límite y los aditivos que lo provee.
- **Desgaste de la bomba de aceite:** La bomba de aceite solamente puede gastarse si existe contaminación del aceite, nivel bajo de aceite (falta de lubricación), o nivel demasiado alto de aceite (causa espuma que se rompe en la bomba provocando Cavitación y falta de lubricación).
- **Otras piezas:** El desgaste del cigüeñal, árbol de levas, válvulas y otras piezas similares no depende tanto de la carga o las presiones, sino la lubricación hidrodinámica y la contaminación. Alto contenido de hollín o tierra causa desgaste severo de estas piezas.



Aluminio

El aluminio es también un metal de desgaste y se mide en partes por millón (ppm).

- Contenido normal de aluminio = 5 a 25 ppm
- Contenido anormal de aluminio = 30 ppm
- Contenido excesivo de aluminio = arriba de 40 ppm

Las partículas de desgaste de aluminio (después de eliminar lo que ingresa como tierra) viene de los cojinetes, bujes (varios), pistones, arandelas de empuje y el turbo.

Normalmente los cojinetes y bujes trabajan 100% en lubricación hidrodinámica. Solamente cuando falla esta lubricación o se contamina el aceite ocurre contacto entre las piezas y desgaste adhesivo.

Desgaste de aluminio de los pistones ocurre cuando hay falla de lubricación hidrodinámica o se abre mayor espacio entre las paredes de los cilindros y los pistones permitiendo el movimiento lateral de la falda del pistón.

El aluminio se origina en:

- 1.- Pistones
- 2.- Cojinetes de biela y o cojinetes principales
- 3.- Cojinetes del árbol de levas
- 4.- Bomba de combustible.

Cobre

El cobre normalmente viene de cojinetes, bujes, enfriador de aceite, arandela de empuje, guías de válvulas y bujes de bielas.

Los cojinetes y bujes normalmente son aleaciones y capas de diferentes metales blandos diseñados para absorber impacto y desgaste en lugar del cigüeñal y las bielas. El residuo de estos elementos viene de desgaste o corrosión.

- Desgaste de cojinetes y bujes: Cuando falta lubricación hidrodinámica por falta de viscosidad o velocidad el motor depende de los aditivos anti-desgaste en el aceite para proveer lubricación límite (también llamado marginal o estática). Si el aceite no puede cumplir con este requerimiento por falta de aditivos, al existir degradación o sobrecarga, el cojinete roza contra su contraparte (el cigüeñal, biela, etc.) y desgasta.
- Desgaste de arandelas de empuje: Las arandelas de empuje siempre están en contacto con el bloque cuando exigimos la máxima fuerza del motor o lo sobrecargamos tratando de acelerar rápidamente o subir las montañas. Este desgaste normalmente aparece como cobre.
- Desgaste de guías de válvulas: Las guías de válvulas deberían durar muchos años. Sin embargo, cuando el aceite es de baja calidad y empieza a carbonizarse en los vástagos, este carbón desgasta las guías, causando cobre en los análisis y alto consumo de aceite.
- Corrosión: El enfriador de aceite (si tiene) es sujeto a corrosión por los ácidos y la humedad en el aceite. Esto es mayor cuando el motor es utilizado en viajes cortos (3 a 5 km) o no tiene termostato, y el motor no tiene tiempo para calentarse. También ocurre cuando el motor queda estacionado varios meses sin usar (invierno, entre cosechas, etc.)

El cobre es otro metal de desgaste medido en partes por millón ppm.

- Contenido normal de cobre = 5 a 25 ppm
- Contenido anormal de cobre = 100 ppm
- Contenido excesivo de cobre = arriba de 300 ppm

Estaño

El estaño se puede encontrar en el aceite, es otro metal de desgaste también medido en partes por millón.

- Contenido normal de estaño = 0 a 1 ppm
- Contenido anormal de estaño = 5 a 10 ppm
- Contenido excesivo de estaño = arriba de 15 ppm

El estaño se puede originar en:

- Recubrimiento de pistones
- Cojinetes.

La fuente de estaño esta en el recubrimiento de los pistones aplicando a los pistones de aluminio. Otra fuente incluye a los cojinetes.

Cromo

El aceite puede contener cromo como metal de desgaste. Se mide en partes por millón y proviene casi exclusivamente de anillos de pistón cromados. Ya que algunos motores no usan anillos cromados, no se deberá encontrar cromo en la muestra de aceite en esos motores. La mayor parte de los motores diesel de servicio pesado usan anillos cromados y la cantidad encontrada en la muestra de aceite indica el desgaste de los anillos.

- Contenido normal de cromo = 5 a 25 ppm
- Contenido anormal de cromo = 30 ppm
- Contenido excesivo de cromo = 40 ppm

Silicio

La cantidad de Silicio ("Silicon" en inglés) leída por la computadora combina todos los elementos parecidos. Por eso es normal encontrar Silicio en un motor *nuevo o recién rectificado* porque la computadora lee como "silicio" la Silicona que sale de nuevos retenes y selladores. También puede haber Silicona en los aditivos del aceite como antiespumante. Por eso se requiere una muestra del aceite virgen para comparar los resultados. Si el aceite nuevo tiene 3 ppm de silicio y el usado tiene 10 ppm, 7 ppm entraron del medio ambiente. Tenemos que preocuparnos del silicio que viene de la tierra.

Si el motor **no** es nuevo, el silicio es tierra que entró por el filtro de aire o alguna parte del sistema de alimentación del aire. La tierra que ingresa actúa como lija y destroza las camisas, los anillos y todo donde existe fricción y entra en contacto con el aceite.

El motor por cada litro de gasolina que consume, precisa de 8,000 litros de aire para su combustión. Este aire debe ser totalmente puro y libre de contaminantes. Para eso el filtro de aire debe estar bien sellado y ser eficiente.

Si podemos mantener el nivel de silicio debajo de 10 ppm en un auto o camión en 6,000 kilómetros de recorrido, entonces el motor tendrá poco desgaste y seguramente alcanzará una vida útil larga, ya que el desgaste de cilindros es directamente proporcional con la cantidad de silicio que ingresa.

Un alto contenido de silicio requiere una revisión completa del sistema de entrada de aire. La causa principal de desgaste en los motores en Bolivia es el inadecuado soplado de filtros de aire, ya sea cuando no es necesario o con alta presión de aire comprimido. Un filtro sencillo nunca debería ser soplado ni golpeado para limpiarlo, debería ser cambiado.

Cuando el vehículo tiene un filtro doble (algunos camiones, tractores y vehículos pequeños), el filtro exterior puede ser soplado hasta 5 veces con 30 psi de aire comprimido, **de adentro hacia afuera**. Si alguna vez se ve tierra en el filtro interior hay que cambiar ambos filtros.

También hay que cuidar la limpieza del aceite al introducir del envase al motor. Muchas veces los embudos o bombas están sucios y contaminan el aceite durante el llenado. También hay que cuidar de la contaminación por el medio ambiente. No hay que dejar abiertos los tapones por más tiempo que lo necesario, porque el viento lleva polvo.

- Contenido normal de silicio = 5 a 25 ppm
- Contenido anormal de silicio = 30 ppm
- Contenido excesivo de silicio = 40 ppm

Sodio

Si la muestra fue tomada con el motor caliente, cualquier ingreso de agua normalmente debería haberse evaporado y solo dejar residuos de sus minerales. En algunos casos el sodio puede entrar con la humedad del aire al motor, pero generalmente es un residuo de agua. Esta agua puede haber entrado por una empaquetadura de culata "soplada", camisa o bloque perforado o simplemente por lavado del motor con agua a alta presión. De todas maneras, siempre hay que controlar este contaminante.

En consulta con el operador se puede saber si baja el nivel de agua en el radiador. Si el operador estaba aumentando agua, hay que detectar las pérdidas mediante: 1.) La presurización del sistema de refrigeración con una bomba portátil para verificar la pérdida de presión. 2.) Verificación de la compresión de los cilindros. El cilindro con baja compresión debe tener fuga por su culata.

Si el sodio no está entrando por el sistema de refrigeración, hay que revisar los procedimientos de mantenimiento y lavado. Muchas veces encontramos el uso de agua a presión para lavar el motor y una tapa sin arandela de sello. A veces entra por donde se mide el aceite.

El sodio también puede estar presente en la gasolina.

Potasio

La contaminación por potasio es similar a lo que ocurre con el sodio, pero en menor cantidad.

Aluminio

El aluminio aparece en el análisis por varias causas. Una parte de esto puede ser desgaste (analizaremos en el sector de materiales de desgaste). La otra parte viene del aire contaminado con tierra que se introduce en el motor. La tierra y polvo que respira el motor contiene un porcentaje de aluminio que varía entre 0.29% a 0.33%. Esto quiere decir que por cada 10 ppm de tierra que observamos en el análisis deberíamos tener cerca de 3 ppm de aluminio por la tierra. Si la muestra tiene 10 ppm de silicio y 5 ppm de aluminio, 2 ppm serán provenientes del desgaste. La contaminación de aluminio se evita controlando el ingreso de silicio.

Degradación

La degradación del aceite empieza cuando se abre el contenedor y permite la entrada de aire. El aire oxida el aceite. Un balde o tambor de aceite abierto y utilizado durante el curso de varios meses será más oscuro al final que al principio. Este nivel de oxidación afecta la apariencia del aceite, pero no afecta su comportamiento.

En el momento del cambio de aceite, siempre el nuevo aceite se mezclará con un residuo de aceite viejo. Esta mezcla no causará ningún daño en sí, pero la próxima muestra acusará residuos de ese aceite y puede parecer degradado.

- Si el aceite anterior era un aceite nacional con 2000 ppm de calcio, 1000 ppm de zinc, 900 ppm de fósforo, y colocamos aceite Chevron Delo 15W-40 con 3300 ppm de calcio, 1550 ppm de zinc, 1450 ppm de fósforo, la primera muestra del Delo parecerá degradado por lo que terminará cerca de 2600 de calcio, 1300 de zinc y 1200 de fósforo al final del uso. Cuando lleguemos al tercer cambio estos valores después de 6,000 kilómetros serán cerca de 3000 calcio, 1450 zinc, 1350 fósforo. En este caso los valores del nuevo aceite bajan más del simple porcentaje, por lo que el calcio del Delo tiene que "comer" los ácidos y el lodo dejado por el aceite nacional.
- No se debe usar productos de lavado en el momento del cambio. Estos productos y hábitos tradicionales de lavar con diesel, kerosén, gasolina o detergente, ocasionan alto desgaste al motor y dejan residuos dañinos.
- Cuando el motor está con lodo o barniz, causando alta temperatura o tacleo de vástagos de válvulas hidráulicos, se puede limpiarlo utilizando AMERICAN Supreme Engine Cleaner (y un filtro nuevo) para los últimos 2,000 kilómetros antes de hacer el cambio de aceite. No vale la pena analizar la muestra con el limpiador.

Una vez colocado el aceite en el motor, los aditivos empiezan a disolver el lodo y barniz residuo del aceite viejo. Esta limpieza no es total, pero a lo largo absorberá mucho de los residuos dejados por aceites de inferior calidad. El calcio o la mezcla de calcio y magnesio tratarán de limpiar, mientras el compuesto de zinc y fósforo (ZDDP) irá colocándose en los lugares críticos para ser gastado en lubricación límite. Si la formulación tiene molibdeno, cubrirá las superficies donde existen mayores presiones y temperaturas.

Un aceite nuevo colocado en un motor que no tiene termostato empezará su limpieza de lodo (creado por la falta de termostato) y se espesará rápidamente, mientras se consume su calcio o magnesio.

Hay que considerar que entre más partículas de desgaste metálicas hay, mayor degradación de aditivos sufrirá. Las partículas metálicas como cobre, hierro y plomo aumentan la velocidad de oxidación del aceite. También quita del aceite sus aditivos polares, incluyendo los de anti-desgaste, extrema presión, inhibidores de herrumbre y dispersantes.

Degradación de los aditivos

Calcio y Magnesio

Estos dos aditivos son detergentes/dispersantes. Son utilizados para combatir el hollín, neutralizar los ácidos formados por la humedad en la combustión, mantener los contaminantes y lodos en suspensión hasta llegar al filtro, sin dejar que se aglomeren y formen grumos, ni que se adhieran a las superficies metálicas. Como cualquier antiácido, estos se consumen. Entre mas ácido se forma por la calidad de combustible, falta de temperatura en el motor o combustión incompleta, mas rápido se degradan los detergentes/dispersantes. Ambos aditivos

Los valores de ZDDP no varían mucho en el uso dentro del motor porque aunque llega a fin de su vida útil por no poder ser adherido a las superficies, el laboratorio lo lee igual.

La mayoría de la variación que se ve en el aceite usado es lo quemado o evaporado. Muchas veces la baja en el nivel de zinc o fósforo es por la volatilidad (calidad) del aditivo utilizado. Esta evaporación o quema del ZDDP es dañina al medio ambiente, contamina el catalizador del auto y reduce la protección a las piezas del motor.

Otra parte es absorbida por el hollín y forma parte del lodo extraído por el filtro o adherido a las piezas metálicas. Mientras menos hollín, menos deterioro del zinc y fósforo.

Molibdeno

Algunos aceites para motores contienen bisulfuro de molibdeno para reducir el desgaste en altas temperaturas y presiones. En estas formulaciones el molibdeno actúa con el ZDDP para proveer la máxima protección posible. Hay formulaciones sin molibdeno y otros con 40 ppm, 100 ppm, etc. Los mejores aceites para motores a gas natural comprimido (GNC) contienen más de 300 ppm.

- La primera muestra de aceite con molibdeno puede tener hasta unos 20% menos molibdeno que el valor inicial. Esto es el molibdeno que quedó pegado en las piezas del motor. Un aceite con 100 ppm puede aparecer con solamente 80 ppm después de 6,000 kilómetros. La segunda muestra (después de otros 6,000 kilómetros) mostrará cerca de 100 ppm.
- Si cambia de un aceite con molibdeno a uno que no lo tiene, las primeras muestras del aceite sin molibdeno tendrán residuos del mismo por lo que comienza a gastar de las superficies cubiertas y queda en el aceite.

Boro

El Boro utilizado en algunas formulaciones es un aceite sintético grupo V que actúa como aditivo antidesgaste y modificador de fricción. Existen varias formas de boro y cada una tiene sus ventajas y desventajas. También existen formulaciones de aceites sin boro.

En este motor Perkins se usaba una formulación de aceite con Molibdeno y Boro. Cuando cambiaron para una formulación sin esos aditivos, la siguiente muestra todavía tenía 18% del valor original de molibdeno y 20% del boro. El tercer análisis solo tenía residuos de ambos.

Se puede notar que no había problemas de desgaste con cualquiera de los dos aceites, en más de 400 horas entre cambios

RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO

Una vez que se ha determinado que el aceite en uso no puede seguir en operación, o cuando se debe retirar por la programación de cambios establecida, el lubricante se retira de los equipos y se almacena debidamente.

Aunque el aceite usado ya se ha desechado, este puede ser útil en otras aplicaciones o procesos de recuperación. Jamás debe almacenarse o dejarse residuos de lubricante cerca de fuentes de agua.

Por otro lado se recomienda no mezclar los aceites usados debido a sus características. Tal es el caso de los aceites hidráulicos, los que se pueden recuperar en un gran porcentaje de no estar contaminados con otros residuos.

Una buena parte de otros aceites se destinan como combustibles de calderas y otros fines.

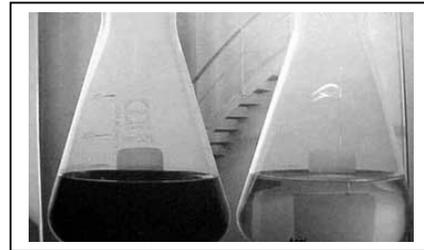
Transporte

El transporte de los aceites usados debe hacerse en forma profesional y segura teniendo en cuenta las recomendaciones de identificación, mezcla de productos, contaminación del lubricante usado, etc., sumando a esto de que los vehículos que lo transportan cuenten con los equipos y elementos adecuados para la recolección, transporte y entrega de los aceites usados.

RECUPERACIÓN

En general se puede hablar de purificación del aceite usado como una forma de recuperación.

La purificación se puede adelantar por diversos procesos:



- **Decantación:** Solamente para contaminantes mas pesados que el aceite y bajo ciertas condiciones de temperatura.
- **Centrifugación:** Sirve como método acelerado para separar del aceite los contaminantes sólidos y el agua.
- **Vacío;** Sirve para retirar del aceite además del agua los gases mezclados. Este proceso involucra el calentamiento del aceite y suele complementarse con el filtrado del fluido.
- **Coalescencia:** Mediante filtros coalescentes se filtran insolubles, agua e impurezas menores a 5 micras.

Otras formas de recuperación es su reacondicionamiento para reutilizarlo otra vez o como para usarlo de base de otro producto lubricante.

DISPOSICION

Cuando un lubricante usado llega al punto de desecho por no ser viable económica y técnicamente su recuperación, su destino final puede ser:

- Quemarlo como combustible en hornos ciertas calderas. Algunos aceites de motores Diesel se mezclan con el combustible diesel en una pequeña proporción de 5% como máximo.
- Emplearlo como materia prima en procesos completos de refinación para ser posteriormente usado como aceite base.

- Cubrimiento de calzadas teniendo el inconveniente de contaminar el medio ambiente.
- Incinerarlo pero en la actualidad se aplica muy poco.
- Mezclarlo con otros elementos en la fabricación de explosivos y otros productos similares.



CLASIFICACIONES DE LUBRICANTES PARA MOTOR

Clasificación de viscosidad SAE J300

La SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices), ha definido la clasificación de viscosidades para aceites lubricantes para motores de combustión interna. Se ha tomado como temperatura de referencia 100°C porque es una temperatura promedio de operación de los componentes mecánicos del motor.

La "W" como sufijo en algunos grados indica que dicho aceite es útil a bajas temperaturas, como las que se presentan en invierno.

La clasificación API (Instituto americano del petróleo), señala la capacidad de un aceite lubricante de motor de gasolina para desempeñarse dentro de ciertos parámetros de protección de desgaste, emisiones, ahorro, duración, etc. según un orden determinado. Finalmente la API maneja la licencia de diferentes niveles.

La ASTM (Asociación Americana de Pruebas y Medidas), establece las pruebas y límites para el nuevo análisis de desempeño.

La ILSAC (Comité Internacional de Estandarización y Aprobación de Lubricantes), ha definido y a partir de 1993, casi a la par a las normas API, sus propios niveles de desempeño, certificando los lubricantes que cumplen dichas pruebas.

La clasificación de servicios ACEA (Asociación de Constructores Europeos de Automóviles), usa como criterio de certificación de desempeño de los aceites para motores de gasolina.

Clasificación de lubricante para motor de 4 tiempos

Sistema de clasificación API para aceites de motor "s" spark combustion

SA	Antigüedad para servicios de motores a gasolina Diesel
SB	Para servicio en motores a gasolina de trabajo ligero
SC	Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1968
SD	Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1970
SE	Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1972
SF	Para servicio de mantenimiento por garantía en motores de gasolina modelo 1980
SG	Para servicio de mantenimiento por garantía en motores de gasolina modelo 1989
SH	Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1993
SJ	Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1996

Factores de desempeño de aceites para motor

El desempeño de un aceite lubricante siempre se mide en la protección efectiva que brinda o deja de brindar a un equipo. Los aceites de motor de combustión interna no son la excepción; y los problemas que se presenten en el equipo dan una idea de cómo se está desempeñando un aceite. Los siguientes son algunos de los problemas potenciales que se tienen en un motor de combustión interna:

- Depósitos (Lacas, Barnices y Lodos)
- Desgaste
- Consumo de aceite
- Economía de combustible
- Compatibilidad con el control de emisiones
- Contaminación
- Agotamiento de aditivos
- Degradación térmica
- Degradación por oxidación
- Pérdida de viscosidad

Análisis de desempeño

El análisis de desempeño de los aceites automotrices es de la mayor importancia, ya que estos se diseñan para asegurar la certificación de la calidad del aceite automotriz.

Mundialmente se conocen dos instituciones como líderes que están a la vanguardia en asegurar el desempeño. Estas son: API y ACEA.

Existen dos pruebas que se efectúan en el aceite automotriz para otorgar su certificación de calidad:

o Pruebas de laboratorio (test de banco)

- Corrosión
- Formación de espuma
- Volatilidad del aceite
- Estabilidad

o Pruebas de motor

- Nivel de calidad requerido por el aceite.
- Nuevos diseños de motor.
- Combustible usado.
- Restricciones ambientales.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN DEL VEHÍCULO

La transmisión adapta la potencia del motor a las necesidades de las ruedas motrices. En un automóvil convencional, con motor delantero, la transmisión empieza en el volante de inercia en el motor y continúa a través del embrague, caja de cambio, árbol de transmisión y diferencial hasta las ruedas traseras.

Los coches con motor delantero y tracción delantera, o con motor trasero y tracción trasera, no necesitan árbol de transmisión; la fuerza se transmite a través de los ejes de transmisión cortos. El embrague, situado entre el volante de inercia y la caja de cambio, permite desconectar el motor de la transmisión para liberarla del par motor antes de cambiar de velocidad.

Lubricación de la transmisión Manual y Automática

El lubricante seleccionado para las transmisiones mecánicas debe tener la fluidez adecuada para permitir la buena circulación y la facilidad para hacer los cambios de velocidad cuando el vehículo arranca en tiempo frío. Al mismo tiempo, el lubricante debe tener una viscosidad suficientemente alta a la temperatura de operación para mantener las películas lubricantes y suavizar el funcionamiento de los engranajes de manera que se obtengan bajos niveles de ruido.

El fluido en la caja de velocidades de una transmisión automática realiza las siguientes funciones:

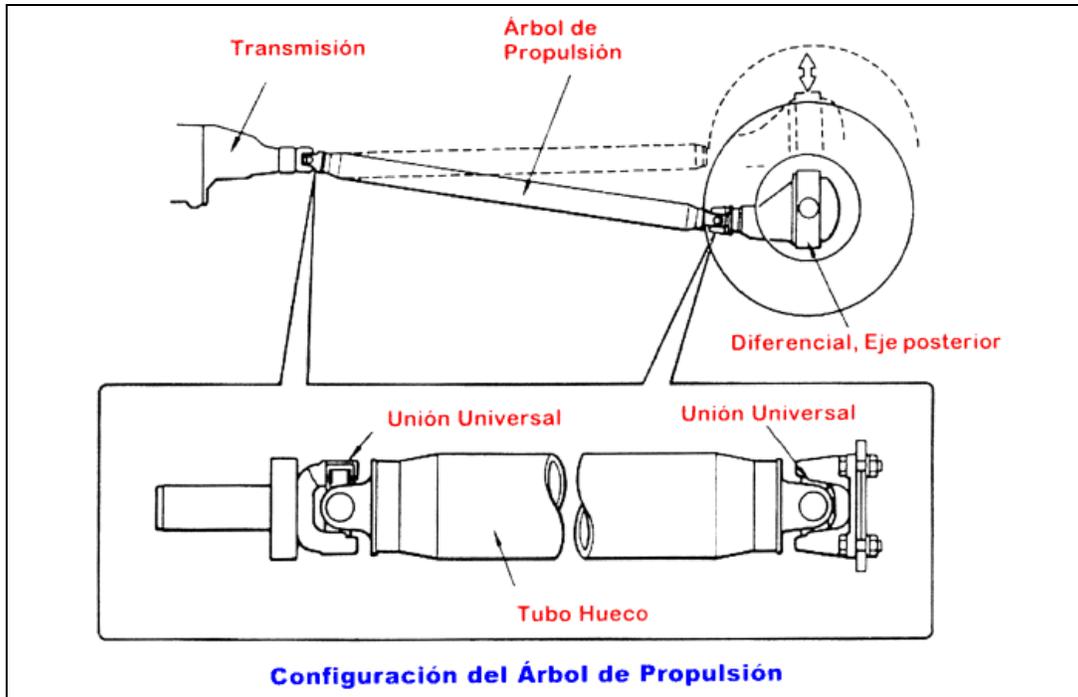
- Lubrica los cojinetes y engranajes de los conjuntos planetarios.
- Sirve como fluido hidráulico en los sistemas de control.
- Controla las características funcionales de los embragues y frenos sumergidos en aceite.

Las transmisiones semiautomáticas (Power Shift), utilizadas en equipos pesados se tienen necesidades de lubricación muy similares a las transmisiones automáticas, debido a los altos pares de transmisión se requiere de un punto más alto de presión en el sistema con el fin de obtener el enganche apropiado en los sistemas de embrague.

- **Árbol de transmisión o eje cardan**

El árbol de propulsión es un dispositivo que conecta la transmisión al diferencial posterior en vehículos FR (motor delantero, transmisión posterior) y en 4WD (transmisión a las 4 ruedas). Además, es diseñado para transmitir potencia al diferencial a causa de los continuos cambios en ángulo y longitud con respecto al diferencial, puesto que este es siempre movido hacia arriba y abajo o adelante y atrás en respuesta a los baches o rutas en la superficie de las pistas y cambios en la carga del vehículo.

El eje es hecho de una tubería de acero hueca, que es liviana en peso y lo suficientemente fuerte para resistir torsión y doblado. Una unión universal es montada en cada uno de los extremos del eje. Además, es construida para que la porción conectada a la transmisión pueda responder a cambios en longitud.



Lubricación del eje cardan

Normalmente las juntas y uniones universales en sus extremos, se lubrican con el aceite de la transmisión. En otros diseños, estas uniones son lubricadas con grasa. En muchos casos se usan juntas universales lubricadas de por vida. Otras requieren ser desarmadas para su lubricación o poseen puntos de engrase con su respectiva boquilla (grasera), donde se emplean grasas multipropósito pudiendo tener un cierto porcentaje de bisulfuro de molibdeno.

Puente Trasero

Las revoluciones del árbol de transmisión sufren una reducción final de acuerdo con las necesidades de las ruedas. Esto se consigue con un mecanismo que recibe el nombre de grupo cónico, compuesto de una corona y un piñón de ataque. Asociado a la corona se halla el diferencial, que es un conjunto de piñones cónicos que permiten que los semiejes giren a diferente velocidad cuando el coche toma una curva.

- Juntas Universales: El puente trasero se desplaza verticalmente cuando el coche circula por un terreno irregular. En consecuencia el ángulo del árbol de la transmisión y la distancia entre la caja de cambio y el puente trasero cambian continuamente. La flexibilidad de cada extremo del árbol se asegura mediante las juntas universales.
- Transmisión sin árbol: Además de la disposición convencional de motor delantero y tracción trasera, existen otras en las que el motor y la transmisión van instaladas en el mismo eje del coche. Así se elimina la necesidad de árbol, pues el motor va directamente al conjunto caja-puente.

Este grupo puede montarse paralelo o perpendicular al eje del coche y acoplarse a las ruedas delanteras o a las traseras. Cuando el motor es perpendicular al eje del vehículo no es preciso el engranaje de ángulo o grupo cónico, ya que todos los ejes son paralelos a los ejes de las ruedas.

El conjunto del diferencial está incorporado o unido a la caja de cambios, que a su vez está fijada al chasis. En consecuencia, al circular por carreteras de piso irregular, las ruedas

presentarán un movimiento relativo respecto a la caja. Para poder absorber este movimiento vertical, los semiejes de transmisión tienen juntas universales en las salidas del diferencial.

Todos los coches de tracción delantera y algunos de tracción trasera también montan juntas universales en el extremo de los semiejes correspondientes a las ruedas.

Lubricación de diferenciales

Los engranajes hipoidales utilizados en los ejes de mando son unos de los elementos mas difíciles de lubricar. El alto coeficiente de deslizamiento lateral entre los dientes de los engranajes tiende a romper las películas lubricantes aumentando el rozamiento por deslizamiento a medida que aumenta la distancia entre los ejes. Los engranajes deben transmitir un par muy alto y existen cargas de impacto.

Cuando se emplean engranes cónicos, mejoran las condiciones para la formación de la película lubricante bajando las cargas sobre los dientes.

Los lubricantes para estos ejes deben proporcionar un servicio de larga duración, con frecuencia a alta temperatura. También es importante la filtración de humedad. Esto combinado con la gran agitación de los engranajes puede contribuir a la formación de espumas pudiendo promover la oxidación y corrosión.

LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES DE VEHICULOS

Los lubricantes empleados en sistemas de transmisión de vehículos deben cumplir con una serie de propiedades y características que permitan una mayor protección a la vez de lubricar adecuadamente.

Las principales propiedades que deben cumplir son:

- Capacidad de carga: Habilidad para prevenir o disminuir el desgaste y el rayado de las superficies de los engranajes. Estos lubricantes contienen aditivos de extrema presión (EP).
- Viscosidad: Tiene efectos sobre la capacidad de carga, los escapes, el ruido, facilidad de engrane a bajas temperaturas y buen flujo superficial sobre el dentado de piñones. Para esto se recomiendan lubricantes multigrados
- Características de acanaladura: Debe fluir suficientemente rápido para cubrir de nuevo la superficie que a engranar con el próximo diente. Esta relacionado con el punto de fluidez y viscosidad a bajas temperaturas.
- Resistencia a la oxidación: Para prevenir el espesamiento del aceite y la formación de lodos que pueden restringir el flujo del lubricante.
- Espumación: Por la combinación con la humedad, los lubricantes para engranajes deben llevar antiespumantes.
- Corrosión: Dada la alta presión y temperatura de funcionamiento, se origina corrosión que ataca al cobre y sus aleaciones.
- Protección contra la herrumbre: Si el lubricante se mezcla con agua y otros contaminantes, esto da lugar a la herrumbre cuya acción es mas activa en los periodos de parada del vehículo.
- Compatibilidad con los sellos: El lubricante no debe causar excesiva dilatación o contracción o endurecimiento de los retenes y sellos.

- Propiedades friccionales: Se considera que para un deslizamiento suave como es el caso de los anillos sincronizadores, el lubricante debe tener un coeficiente mas bajo cuando trabaja a bajas velocidades que cuando opera a altas velocidades.

Fluidos para transmisiones automáticas

En general, con algunas diferencias entre una y otra formulación, los fluidos para transmisiones automáticas actuales se componen en mayor o en menor grado de los siguientes elementos:

- Base neutral liviana
- Mejorador de índice de viscosidad
- Depresor de punto de fluidez
- Dispersantes
- Inhibidores de oxidación
- Modificadores de oxidación
- Aditivos antidesgaste
- Inhibidores de corrosión
- Aditivos para sellos
- Inhibidores de espuma
- Colorante

Características de desempeño

Al igual que otros lubricantes, los fluidos para transmisiones automáticas deben cumplir a cabalidad con ciertos requisitos en la aplicación para la que fueron diseñados. Estas características pueden ser suministradas por los básicos, los aditivos o ambos.

Provistas por las bases

- Transferir fuera del motor a través del convertidor de torque.
- Actuar como fluido hidráulico para el sistema de control de cambios.
- Remover eficientemente el calor.
- Lubricar engranajes, embragues, cojinetes, bujes, etc. (Provistas por las bases y los aditivos)
- Operar a temperaturas entre los menos 40°C y los 180°C.
- Resistir daño catastrófico por oxidación o temperatura.
- Proveer suficiente viscosidad a altas temperaturas.

Provistas por los aditivos

- Proveer propiedades especiales de fricción
- Trabajar con diversos materiales
- Suavidad en los cambios
- Sin vibración
- Mantener su estabilidad a lo largo de su vida útil
- Prevenir desgaste
- Preservar y prevenir daños a sellos, empaquetaduras, etc.
- Prevenir corrosión de componentes metálicos
- Controlar lodos y barnices
- Eliminar la espuma.

LA LUBRICACIÓN EN EL MANTENIMIENTO

CONSIDERACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- **Enfriamiento:** Aparte de la necesaria acción del sistema de refrigeración, el aceite también contribuye al enfriamiento del motor arrastrando parte del calor generado en ciertos puntos y evitando la formación de depósitos que dificulten el traspaso de calor hacia los puntos de refrigeración.

- **Sellado:** El sellado del cilindro recae esencialmente en los anillos del motor, pero el aceite también contribuye como sello hidráulico limpiando además anillos y ranuras de los pistones manteniendo su libre movimiento como se requiere.

Poco aceite produce un mal sellado y aumento del desgaste del motor, mientras que un exceso de aceite satura el sistema originando consumo de aceite y mayor contaminación.

- **Depósitos:** Es necesario realizar un control de depósitos con el fin de lograr un desempeño eficiente del motor. Los depósitos afectan la potencia de salida del motor, el ruido, la uniformidad de desempeño, la economía en el consumo, su vida útil y los costos de mantención.

Las impurezas en el aire y el combustible contribuyen a la formación de depósitos (carboncillo) en la cabeza y ranuras del pistón y también en la cabeza y vástago de las válvulas.

Otro depósito importante es la emulsión o lodo formado por: agua, subproductos de combustibles y residuos sólidos. Estos se depositan sobre las superficies más frías del motor tales como fondo del carter, cámaras de las válvulas y otras partes similares. El principal problema con ese tipo de depósitos es que son recogidos por el aceite y llevados a sitios como el filtro de aceite, a la bomba y conductos donde pueden causar restricciones al flujo del lubricante.

La causa de los depósitos suele atribuirse a: desempeño del motor, condiciones de operación, mantenimiento, quemado del combustible y a la acción del aceite.

- **Operación defectuosa:** Todo vehículo o maquinaria debe ser manejado y operado siguiendo las instrucciones del fabricante. Una mala operación origina costosos daños llegando incluso al cambio de componentes. Además contamina el aceite lubricante por excesiva dilución por combustible y alta tendencia a la formación de depósitos.
- **Condición externas:** Las condiciones ambientales juegan un papel importante en la operación y mantenimiento de los motores. Los caminos polvorientos o un ambiente de trabajo altamente contaminado pueden requerir cambios de aceite más frecuentes incluyendo los filtros (aceite, combustible y aire).

Consideraciones de mantenimiento

La calidad del mantenimiento del motor, afecta la contaminación. Es necesario mantener en buenas condiciones el filtro de aire y buen funcionamiento o ajuste del carburador o sistema de inyección.

- **Periodos de cambio:** Se debe cambiar el aceite antes de que la cantidad de contaminantes llegue a ser alta. Los periodos de cambio de aceite dependen del tipo de motor y del tipo de servicio. La presencia de un filtro de aceite no significa necesariamente

que se pueda extender el periodo de cambio de aceite, pues el filtro no retiene los contaminantes fluidos ni el agua. Sin embargo los cambios de aceite son importantes para que este se mantenga en buenas condiciones para remover los contaminantes insolubles y disminuya el riesgo de la formación de contaminantes sólidos.

- **Control de la vida útil:** La vida útil de un aceite de motor se puede ver afectado por diversos factores de operación, de manejo y de calidad del aceite lubricante. Para un efectivo control de la vida útil de un aceite se recomienda consultar con el proveedor de lubricantes.
- **Niveles:** El nivel de aceite en el motor es muy importante. Se debe verificar el nivel mediante la varilla de control, la cual tiene por lo general dos marcas para indicar el máximo nivel y el mínimo nivel admisible para el motor.

Cuando se pasa la marca Máx., habrá demasiado aceite en la cabeza del pistón, parte superior del cilindro llegando aceite a las válvulas y bujías produciendo excesiva cantidad de depósitos.

Si el nivel está bajo el Min., aumenta el desgaste por la falta de lubricante en el motor originando desgastes prematuros. Además el aceite se recalienta produciendo una oxidación acelerada de este.

- **Revisiones periódicas:** Debe tenerse especial cuidado en revisar el estado del aceite y llevar un estricto control de sus periodos de cambio. El fabricante de la máquina generalmente sugiere un periodo de cambio conveniente, de acuerdo con las características de fabricación. Aun así estos periodos pueden variar de acuerdo al tipo de servicio que este prestando el motor, a las condiciones de operación y de manejo, a las condiciones ambientales y al tipo de mantenimiento.

Recomendaciones del fabricante

En primer lugar se sugiere seguir las recomendaciones del fabricante, especialmente si se encuentra dentro del periodo de garantía y en segundo lugar, las indicaciones del fabricante de aceite.

MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN

Importancia de la lubricación.

En las estructuras modernas de mantenimiento, la Lubricación se considera como un área con gestión propia. Su adecuado tratamiento asegura la CALIDAD, genera BENEFICIOS (incremento de producción, disminución de averías, reducción de consumos, etc.) y garantiza el cumplimiento de las políticas de MEDIO AMBIENTE y de seguridad y SALUD.

Hoy en día, debido a la evolución técnica de los lubricantes y de los equipos a lubricar, la elección del lubricante más adecuado se ha convertido en una difícil tarea para las personas que no tienen esta experiencia o formación. El criterio de selección de un lubricante basado sólo en el precio oculta la magnitud de los costes indirectos por aplicaciones incorrectas. Para poder seleccionar el lubricante más adecuado a cada aplicación buscando las mayores eficiencias en lubricación, considera se imprescindible:

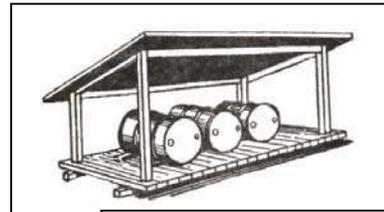
- Conocer las instalaciones, equipos y mecanismos a lubricar.
- Disponer de un conocimiento a fondo de los lubricantes existentes en el mercado, sus características y cualidades. Nuevas tecnología en lubricantes.
- Conocimiento de las exigencias actuales en cuanto a seguridad y salud y medio ambiente.

Por otro lado, si tenemos en cuenta que la lubricación aunque constituye una parte pequeña dentro de la actividad de mantenimiento, esta tiene una gran importancia, ya que es un factor vital para el correcto funcionamiento de la maquinaria, por lo que una correcta gestión y sistematización del plan de Lubricación va a asegurar la disponibilidad de los equipos y ayudar a reducir los costes de mantenimiento y consecuentemente los de producción de la empresa.

Factores de la lubricación

En la lubricación intervienen muchas fases de operación sea esta una fabrica o una empresa comercial. De todos estos factores se han definido los siguientes como los más importantes:

- Almacenamiento y manejo: El manejo, el almacenamiento y la distribución adecuada de los lubricantes reduce las pérdidas y la confusión, simplifica el trabajo, disminuye los costo de almacenamiento y representa menores riesgos para el personal.
- Vida útil del lubricante: Se deben adoptar medidas especiales de prevención y mantenimiento. Tales medidas permite la oportuna detección de contaminación, lapsos de filtración y periodos óptimos de cambios. Esto beneficia reducción de costos, vida útil menor costo del lubricante.
- Purificación de los aceites: Para mantener los aceites en buenas condiciones de operación se instalan filtros en sistemas de circulación para prolongar la vida del aceite, evitar la formación de depósitos nocivos y contribuir al mejor funcionamiento de la maquina. También se puede recurrir a las unidades portátiles de filtración.
- Control de lubricantes: Para esto se emplean registros y gracias a ellos se puede cuantificar cualquier beneficio obtenido por el departamento de mantenimiento.



- Entrenamiento del personal: Este se adapta a las necesidades particulares de cada grupo y debe contar con técnicas actualizadas y efectivas de aprendizaje del participante para que el objetivo se cumpla con seguridad.
- Mantenimiento adecuado: Un buen sistema de mantenimiento depende de un programa efectivo de lubricación. Esto incluye: inspección periódica, continuo análisis de las condiciones de operación, identificación de las áreas de mayor costo y otra medida particulares relacionadas a la manutención del sistema de lubricación.

TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento reactivo

En la actualidad el costo de operar un equipo hasta que este falla (Mantenimiento Reactivo), es muy alto en términos de tiempo improductivo, partes de repuesto, mano de obra y costo de la reparación. Las técnicas de Mantenimiento Preventivo se basan en el cambio o reemplazo de partes en función de un intervalo de tiempo y en la mayoría de las veces las piezas son retiradas cuando aún tienen capacidad de seguir funcionando

- **Aplicabilidad:** Este procedimiento suele emplearse en pequeñas empresas donde no hay criterio claro de lo que es un departamento de mantención o donde a este no se le presta la debida atención.
- **Problemas:** Los problemas que ocasiona este mantenimiento son un alto costo de manutención y de operación, falta de confiabilidad y disponibilidad de los equipos. A esto se agrega el deterioro prematuro obligando a la reinversión a corto plazo.

Lubricación en el mantenimiento correctivo

Gran cantidad de empresas que usan este tipo de mantenimiento tienen en cuenta el lubricante cuando ocurren las fallas en la maquinaria donde esperan que el resultado del análisis del lubricante indique la causa de la falla sin saber que el lubricante sufre además otras alteraciones al ser expuesto a una situación catastrófica y por lo tanto, no indica el origen real del problema.

La única forma de evitar este mantenimiento es implementar una forma completa y eficaz otro tipo de mantenimiento. Esto implica un proceso complejo y costoso en el cual debe estar involucrada toda la organización, debiendo además, instalar los sistemas, procedimientos, herramientas y controles que aseguran que el nuevo programa perdure para asegurar su éxito.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo, se define como una serie de tareas que se ejecutan periódicamente para extender la vida útil del equipo y detectar en forma oportuna el desgaste acelerado presentado en el. Tal desgaste es la causa directa de posibles daños y paradas no programadas, las cuales pueden ser evitadas con una adecuada planificación de tareas de mantenimiento.



El mantenimiento preventivo se compone esencialmente de las siguientes funciones:

- La creación y alimentación de una base de datos que contenga tareas de mantenimiento, paradas, daños, equipo utilizado en cada caso, repuestos y personal involucrado.

- Ejecución de actividades relacionadas con la prevención de eventos y tendencias, tales como: inspecciones, mediciones de diversos parámetros, revisiones de calidad y análisis de muestra.
- Adelantar reparaciones menores o de rápida ejecución presentadas en los periodos de mantención.
- Elaboración de reportes del estado de los elementos que requieren atención y pudiendo ser potenciales causales de detención del equipo.
- Planear, programar y adelantar tareas de mantenimiento solicitadas por usuarios o supervisores.
- Analizar continuamente el proceso de mantenimiento y mejorarlo de acuerdo a reportes o antecedentes validos.
- Dar entrenamiento continuo al personal de mantenimiento en todas las áreas requeridas.
- La evaluación continua de la efectividad de la labor del departamento de mantenimiento depurando cada uno de factores involucrados.

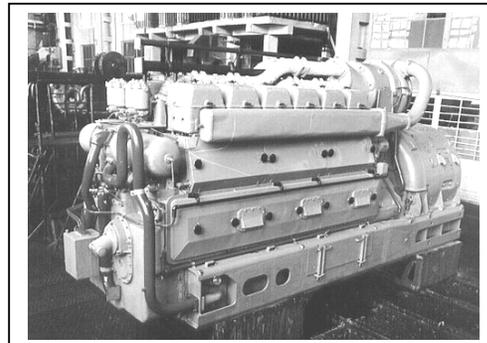
Lubricación en el mantenimiento preventivo

En el mantenimiento preventivo la lubricación se puede enfocar desde dos puntos de vista interrelacionados entre sí:

- o Uso del lubricante como una forma de realizar el mantenimiento preventivo. Teniendo el lubricante adecuado, este se aplica en forma eficiente y en cantidades adecuadas, asegurando el funcionamiento y desempeño de la maquinaria.
- o El lubricante es tenido en cuenta como el objeto de las labores de prevención. Desde este punto de vista, el lubricante debe inspeccionarse, verificar su condición y cambiarse de acuerdo al plan de drenajes diseñados con base en las recomendaciones del fabricante del equipo o experiencias afines.
- o Practicas de lubricación: Estas prácticas comprenden el manejo y uso correcto de los lubricantes desde el momento que se adquieren hasta cuando se desechan. Algunas de estas practicas son:
 - Seleccionar el lubricante correcto y para cada aplicación.
 - Emplear los elementos necesarios para la ejecución de los cambios de aceite.
 - Almacenar y etiquetar adecuadamente los lubricantes.
 - Movilizar y transportar los lubricantes usando equipos o técnicas de traslado adecuadas y seguras para el operador y el producto.
 - Conservar limpios e identificables los envases para el manejo de lubricantes.
 - Tener claridad en los procedimientos requeridos en las actividades relacionadas con los lubricantes.
 - Aplicar correctamente los lubricantes usando técnicas y elementos adecuados.
 - Mantener las frecuencias de relubricación y cambio de aceite.
 - Llevar registros escritos de las tareas de lubricación indicando comentarios relevantes.
 - Controlar los parámetros de operación del lubricante.
 - Mantener limpios los elementos de lubricación asegurando su correcto funcionamiento.
 - Identificar correctamente los equipos en relación al lubricante que proveen o dispensan.
 - Comunicar en forma inmediata cualquier anomalía observada en relación al lubricante.

Mantenimiento predictivo

Mantenimiento Predictivo es un mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.



Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

ORGANIZACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes
- Temperatura de las conexiones eléctricas
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle.

METODOLOGÍA DE LAS INSPECCIONES

Una vez determinada la factibilidad y conveniencia de realizar un mantenimiento predictivo a una máquina o unidad, el paso siguiente es determinar la o las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición de la máquina. El objetivo de esta parte es revisar en forma detallada las técnicas comúnmente usadas en el monitoreo según condición, de manera que sirvan de guía para su selección general. La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía.

Por monitoreo, se entendió en sus inicios, como la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de la máquina y su comparación con valores que indican si la máquina está en buen estado o deteriorada. Con la actual automatización de estas técnicas, se ha extendido la acepción de la palabra monitoreo también a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos. De acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar con el monitoreo de la condición de una máquina debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

- Vigilancia de máquinas. Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.

- Protección de máquinas. Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.
- Diagnóstico de fallas. Su objetivo es definir cuál es el problema específico. Pronóstico de vida la esperanza a. Su objetivo es estimar cuánto tiempo más Podría funcionar la máquina sin riesgo de una falla catastrófica.

En el último tiempo se ha dado la tendencia a aplicar mantenimiento predictivo o sintomático, sea, esto mediante vibroanálisis, análisis de aceite usado, control de desgastes, etc.

- Consumo general de lubricantes