



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**ESTUDIO COMPARATIVO PARA DETERMINAR VENTAJAS DEL
ACEITE SINTÉTICO, SOBRE EL MINERAL EN EL MOTOR
DIESEL CUMMINS N-14 DEL CABEZAL FREIGHTLINER # 134
DE LA EMPRESA SERCA**

Herbert Osbaldo Barrientos Ramírez

Asesorado por el: Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza

Guatemala, marzo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO COMPARATIVO PARA DETERMINAR VENTAJAS DEL
ACEITE SINTÉTICO, SOBRE EL MINERAL EN EL MOTOR
DIESEL CUMMINS N-14 DEL CABEZAL FREIGHTLINER # 134
DE LA EMPRESA SERCA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA

POR

HERBERT OSBALDO BARRIENTOS RAMÍREZ

ASESORADO POR: ING. GILBERTO ENRIQUE MORALES BAIZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR:	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR:	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR:	Ing. Jorge Chilo Sigre Rockstroh
SECRETARIA:	Ing. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO COMPARATIVO PARA DETERMINAR VENTAJAS DEL ACEITE SINTÉTICO, SOBRE EL MINERAL EN EL MOTOR DIESEL CUMMINS N-14 DEL CABEZAL FREIGHTLINER # 134 DE LA EMPRESA SERCA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica, el 28 de octubre de 2004 No. EIM 599-2004.

Herbert Osbaldo Barrientos Ramírez

DEDICATORIA A:

Dios:

por darme la vida y por permitir alcanzar esta meta.

Mi Madre:

Magdalena Ramírez

por darme vida, apoyo, cariño y por confiar en mí.

Mi Padre:

Ruben Barrientos

por ejemplo de mi vida.

Mi Esposa:

Karla Ramos De Barrientos

por su comprensión y amor incondicional.

Mi Hija:

Luz Amanda Barrientos

por darme alegría siempre.

Mis Abuelas:

María Barrientos

Amanda Foncea

por sus muestras de amor y apoyo.

Mis Hermanos:

Haroldo Barrientos

Juan Carlos Barrientos

David Barrientos

por su apoyo moral y cariño.

Mi Sobrino:

Jerry Barrientos

con especial cariño.

Mi Suegro:

Cesar Augusto Ramos

con mucho cariño.

AGRADECIMIENTO A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala y a la Facultad de Ingeniería.

La compañía **Esso Standard Oil, S.A. Limited**
por permitir realizar el presente trabajo de graduación.

Los profesionales:

Ing. José Briones

Ing. Fernando Porres

por demostrarme su amistad y brindarme asesoría para el desarrollo del estudio.

La compañía: **SERCA.**

Mis compañeros: **por el gran apoyo y amistad que nos demostramos.**

Asesor: **Ing. Gilberto Morales**
por su gran ayuda y dedicación.

Mis amigos: **por el cariño que nos une.**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
SIMBOLOGÍA	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Funcionamiento de un motor diesel	1
1.1.1 Características	5
1.1.2 Comparación de la alimentación gasolina y diesel	6
1.2 Lubricante mineral	8
1.3 Lubricante sintético	19
1.4 Sistema de lubricación del motor diesel.	22
1.4.1 Sistema de engrase a presión	23
1.4.2 Sistema de engrase mixto	23
1.4.3 Sistema de engrase por mezcla lubricante por combustible	24
1.4.4 Sistema de lubricación por cárter seco	24
1.5 Elementos de la lubricación	25
1.5.1 El cárter	25
1.5.2 Bombas	26
1.5.2.1 La bomba de engranajes	27
1.5.2.2 Bomba de émbolo	28
1.5.2.3 La bomba de paletas	28
1.5.2.4 Bomba de lóbulos	29
1.5.2.5 Bomba trocoidal	30
1.5.3 El circuito	31

1.5.4 Elementos filtrantes	32
1.5.5 Sistemas de seguridad	33
1.5.6 Elementos de refrigeración	34
1.5.7 La ventilación de los vapores del cárter	35
2. ANTECEDENTES	
2.1 Intervalos de servicios de lubricantes actuales	37
2.2 Costos de lubricación actuales	38
2.3 Programa de análisis de aceite usado actual	38
2.4 Parámetros de desgaste	39
3. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN	
3.1 Análisis de aceite usado.	41
3.1.1 Toma de muestra	43
3.1.2 Envases para la muestra	45
3.1.3 Importancia del análisis	45
3.1.4 Análisis de aceite rutinario	47
3.1.5 Análisis de aceite no rutinario	62
3.2 Parámetros de desgaste, según fabricante del motor	64
3.3 Intervalos de servicio del lubricante sintético	65
3.4 Lubricante sintético para motores diesel.	66
4. COMPARACIÓN ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1 Comparación de las variables de desgaste	69
4.2 Análisis de costos de servicio	70
4.2.1 Costos de servicio lubricante mineral	71
4.2.2 Costos de servicio lubricante sintético	72
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Carrera de admisión de un motor	1
2	Carrera de compresión de un motor	1
3	Carrera de expansión de un motor	2
4	Carrera de escape de un motor	2
5	Diagrama de la combustión y variación de la presión de un motor	4
6	Diagrama real de un motor diesel	5
7	Comparación de la alimentación de un motor gasolina y diesel	6
8	Forma molecular de una base parafínica	9
9	Forma molecular de una base nafténica	9
10	Forma molecular de una base aromática	9
11	Proceso completo de una base mineral	10
12	Formación de una estructura cristalina	12
13	Diferencia de índice de viscosidad	13
14	Proceso de oxidación de un aceite	14
15	Aditivo inhibidor de herrumbre y corrosión	15
16	Aditivo detergente	16
17	Aditivo dispersante	16
18	Aditivo antidesgate	17
19	Aditivo de extrema presión	18
20	Aditivo mejorador de viscosidad	19
21	Diferencia entre una estructura sintética y una mineral	20
22	Propiedades de fricción entre un aceite sintético y un mineral	21
23	Componentes que existen en un aceite mineral y sintético	21
24	Proceso de elaboración de un aceite sintético	22
25	Bomba de engranajes	27
26	Bomba de paleta	28

27	Bomba de l6bulo	30
28	Circuito de lubricaci6n	32
29	Kit de muestreo	44
30	Envases de muestreo	45
31	Contenido de insolubles	48
32	Viscos6metro cinem6tica	53
33	Desgaste de un componente	55
34	Desgaste de un cojinete	57
35	Desgaste de arandelas de empuje	58
36	Desgaste de gu6as de v6lvulas	58
37	Desgaste de plomo	59
38	Prueba de punto de inflamaci6n	61
39	Desgaste de gu6as de v6lvulas	54

TABLAS

I.	Especificaciones del lubricante actual	37
II.	Costo de lubricante	38
III.	Par6metros de desgaste	38
IV.	Par6metros de desgaste fabricante	40
V.	Par6metros de desgaste permisibles seg6n fabricante del motor	65
VI.	Especificaciones del lubricante sint6tico	68
VII.	Par6metros de comparaci6n	70
VIII.	Costos de servicio lubricante mineral	71
IX.	Costos de servicio lubricante sint6tico	72

SIMBOLOGÍA

°C	Grados celsius o centígrados.
cSt	Centistokes.
EP	Extrema presión.
°F	Grados Fahrenheit.
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices.
PMS	Punto muerto superior.
PMI	Punto muerto inferior.
Nox	Monóxido de carbono.
DPF	Depresores del punto de fluidez.
IV	Índice de viscosidad.
TBN	Número Total Base.
SHC	Hidrocarburo sintetizado.
2T	Dos tiempos.
RPM	Revoluciones por minuto.

API	Instituto Americano del Petróleo.
APA	Análisis periódico de aceite.
ASTM	Sociedad Americana de Métodos de Ensayo.
PH	Símbolo usado para expresar grado de acidez o alcalinidad de soluciones acuosas.
µm	Micrones.
ISO	Organización Internacional de Estándares.

GLOSARIO

- Aceite lubricante:** Cualquier aceite empleado para fines de lubricación. Puede constituirse de aceite petrolífero, graso o mezcla de ambos, con o sin aditivos.
- Aditivos:** Son componentes químicos que se le añaden o agregan a un lubricante con la finalidad de dar nuevas propiedades que mejoren su desempeño.
- Combustible:** Término que abarca una gama amplia de combustibles destilados y residuales identificados como ASTM grado 1 al 6. El grado No. 1 combustibles del tipo querosén, se colocan en uno todos los combustibles ligeros, hasta grado No. 6 que son los más pesados como el bunker C, combustibles que se tienen que precalentar para su debido bombeo o uso.
- Corrosión:** Deterioro de los materiales por acción química. La destrucción o alteración gradual de un metal o aleación química directa, o bien por reacción electroquímica.
- Degradación:** Designar un producto petrolero para una aplicación que normalmente requeriría un grado menor; siempre que cumpla lo requerido para dicho grado menor.
- Densidad:** La masa de un sustancia. Por unidad de volumen. El agua tiene una densidad de 1 gramo por cc. a 4°C.

- Densidad Absoluta:** La razón de masa de una sustancia homogénea por unidad de volumen. La densidad varia con cambios en temperatura y por esto se expresa generalmente como masa por unidad de volumen a una temperatura específica.
- Densidad Relativa:** La razón de la densidad absoluta de una sustancia a una temperatura dada T1, a la densidad de agua pura a una temperatura dada T2. Densidad relativa puede expresarse como $D1/D2$ y sustituye al término gravedad específica.
- Índice de Viscosidad:** Número empírico, no dimensional, que indica el efecto de los cambios de temperatura en la viscosidad cinemática del aceite.
- Lubricante:** Sustancia capaz de reducir la fricción entre dos superficies en movimiento.
- Volatilidad:** Tendencia a la evaporación. Mientras más volátil un líquido petrolífero, menor su punto de ebullición y mayor su inflamabilidad. La volatilidad en un producto petrolero se puede determinar a precisión mediante ensayos de evaporación; asimismo, se puede estimar mediante ensayos de punto de inflamación y presión de evaporación, y pruebas de destilación.

RESUMEN

El diagnóstico técnico de motores Diesel se ha evaluado enormemente en los últimos años. Existen muchos métodos empleados para definir condiciones de trabajo, entre ellos, el más utilizado es el empleado a través de un análisis de laboratorio de aceite usado que define lo que está ocurriendo en el interior del motor. Entre sus principales ventajas están como: herramienta del mantenimiento predictivo, evitar paros innecesarios, prevenir fallas, incrementar la vida útil del motor, reducir costos de inventario y contribuir con el control de emisiones de gases de escape.

Este método consiste en una serie de pruebas de laboratorio que permiten evaluar las características fisicoquímicas del aceite usado, así como el estado técnico de los componentes del motor.

Al observar los resultados del análisis de aceite usado es posible determinar el diagnóstico del estado del motor; empleando la relación existente entre las propiedades del lubricante y las concentraciones de metales obtenidas en el análisis del laboratorio.

La toma de datos del motor, lugar de operación, lubricante utilizado y programa de análisis de aceite usado, permiten determinar las condiciones e intervalos de servicios de las unidades, logrando así la optimización de los recursos y ser cada vez más eficientes.

Un factor muy importante para mejorar la eficiencia de los equipos son los lubricantes sintéticos, ya que son los productos más avanzados en la industria de los aceites. Éstos productos deberán ser utilizados donde se requieran capacidades extraordinarias de operación y donde los lubricantes convencionales fallan, ya que logrando esto pueden ayudar a optimizar los recursos de las

compañías. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el alto costo inicial de los aceites sintéticos, se paga por sí mismo, en términos de ahorros en su desempeño prolongado y en la mejoría de la operación y protección de los equipos.

En el presente trabajo se muestra la metodología basada en el análisis de los beneficios obtenidos entre un lubricante mineral y un sintético en un motor diesel Cummins N-14 de la empresa SERCA.

Se inicia con la interpretación del último reporte de análisis de aceite usado generado por el laboratorio, donde la unidad aún trabajaba con lubricante mineral, para tomarlo como base de datos de los beneficios obtenidos.

Posteriormente, se trabajó con la implementación del lubricante sintético que también ayudó a verificar el proceso de mantenimiento de las unidades que entraban a servicio y definir las necesidades de cambios de filtros.

Se recabó toda la información de los logros obtenidos por el lubricante mineral, que serviría de punto de partida para calcular los beneficios del aceite sintético y poder comparar los resultados.

Se evaluó la unidad inicialmente a los 15,000 km. rango de trabajo del lubricante mineral, donde se puede observar que los resultados del aceite sintético son muy superiores a los del mineral.

El punto de óptimo de servicio de mantenimiento de la unidad se determinó a los 30,000 km. logrando un parámetro de desgaste mínimo y alargar los intervalos de servicio.

OBJETIVOS

General

- Realizar un estudio comparativo para determinar ventajas del aceite sintético, sobre el mineral en el motor diesel Cummins N-14 del cabezal Freightliner # 134 de la empresa SERCA.

Específicos

1. Conocer las cualidades de los lubricantes sintéticos y minerales, así como sus principales funciones en los motores diesel de transporte pesado.
2. Interpretar los resultados de un reporte de análisis de aceite usado.
3. Brindar apoyo eficaz, sobre un programa de mantenimiento preventivo en motores Diesel.

INTRODUCCIÓN

Los aceites lubricantes son parte vital del motor de combustión interna, debido a las diversas funciones que debe desempeñar dentro del motor en las que se puede mencionar: crear una película protectora entre las partes deslizantes y estacionarias, reducir la fricción desgaste y mejorar las temperaturas de trabajo producidas por el proceso de combustión, también ayuda a la formación de sellos debido a las altas presiones de combustión, evitando fugas de compresión entre los cilindros y el pistón, controlar depósitos de lodos y barnices así como para evitar oxidación de los componentes del motor.

Las categorías básicas de los aceites para motores diesel son: los minerales y los sintéticos. Estos contienen aditivos especiales para cumplir con los requerimientos necesarios de los fabricantes de motores de combustión interna lo cuales pueden ser; detergentes, dispersantes, antiespumantes, antidesgaste, antioxidantes, anticorrosivos, modificadores de fricción, depresores del punto de fluidez, mejoradores del índice de viscosidad.

Los aceites sintéticos representan un costo más elevado que los minerales, sin embargo los intervalos de servicio son más extensos, entre sus principales propiedades esta el asegurar un desgaste menor del motor aun en altas temperaturas y cargas variables, con lo cual logra reducir y aumenta la vida del motor, logrando recuperar así su costo inicial.

Con la finalidad de conocer las ventajas del uso de un aceite sintético sobre un aceite mineral en motores diesel de cabezales, se presenta este trabajo de graduación.

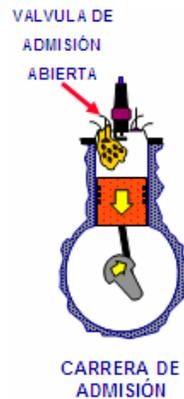
I. MARCO TEÓRICO

1.1 Funcionamiento del Motor Diesel

Los motores que funcionan con combustible diesel transforman la energía química, mediante el proceso de combustión en energía mecánica, el combustible líquido penetrará en el interior de la cámara en forma de chorro finamente pulverizado y que se evaporará rápidamente al absorber calor de las elevadas temperaturas existentes en la cámara de combustión, propiciando así la combustión espontánea que dependerá de cuatro factores:

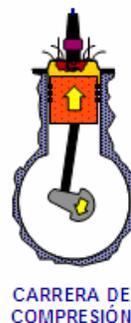
Admisión: Aspiración de aire puro.

Figura 1. Carrera de admisión de un motor



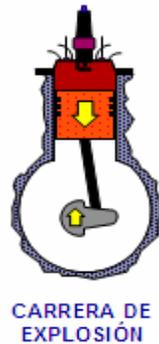
Compresión: Compresión elevada del aire (30 a 40 bar temperatura de 600° aprox.) Relación Volumétrica 18/1 a 22/1.

Figura 2. Carrera de compresión de un motor



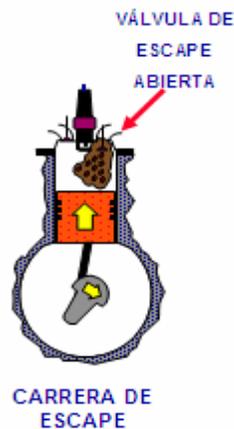
Combustión: Expansión de inyección de gas-oil con fuerte presión (100 a 175 bar) el cual se inflama en contacto con el aire sobrecalentado.

Figura 3. Carrera de expansión de un motor



Escape: Evacuación del gas quemado.

Figura 4. Carrera de escape de un motor



Después de las etapas generales, pasemos ahora a ver más detenidamente algunos factores, incidencias y características de la combustión del gas-oil que en definitiva son las que han propiciado las diferencias tecnológicas y la evolución de este tipo de motores.

Decíamos al principio que el combustible líquido penetrará en el interior de la cámara en forma de chorro finamente pulverizado y que se evaporará rápidamente al absorber calor de elevadas temperaturas existentes en la cámara de combustión, propiciando así la combustión espontánea.

La diferencia de la temperatura del aire y la del autoencendido del combustible (inversamente proporcionales por lo que se refiere a velocidad de encendido).

La presión en la cámara de combustión. Factor que debemos relacionar entre combustible frío y aire caliente, intercambio de calor entre ellos y una evaporación y por lo tanto encendido más o menos rápido.

La pulverización del combustible (cuanto más finas sean las partículas en las que se pulverice el combustible, más rápidamente se producirá la combustión).

Para que la combustión se realice, pues, de forma satisfactoria, es preciso que la inyección del diesel cumpla ciertas condiciones y que éstas se adecuen a las diferentes condiciones del motor.

Podemos definir tres fases, bien diferenciadas en la combustión.

1. Las primeras gotas entran a la cámara de combustión, se mezclan con el aire y se calientan.

El retardo a la inflamación es lo que conocemos como el tiempo que transcurre entre entrada de estas primeras gotas y el inicio de la inflamación (durante este tiempo, el combustible sigue entrando en la cámara).

- Habiendo alcanzado las primeras gotas la temperatura de inflamación espontánea, se queman, elevándose por ese motivo la temperatura reinante, y desencadenando el encendido de todo el combustible acumulado hasta el momento.

Se conoce a esta fase como combustión incontrolada y se desarrolla entre unos grados antes y después del PMS.

- En esta, el combustible, correctamente dosificado, se va quemando a medida que es inyectado, proporcionando la presión precisa en el cilindro.

La condiciones de presión y temperaturas que proporcionan la fase anterior, hacen que está reciba el nombre combustión controlada (no obstante, algunas partículas todavía no han encontrado el suministro de oxígeno necesario y, de llegar a encontrarlo, se quemará una vez haya finalizado la inyección).

Durante esta milésima o milésimas de segundo (dependerá del régimen de giro del motor) en la que se produce la combustión, se presentan diversos problemas que precisan solución para optimizar el rendimiento del motor y alargar su vida útil.

Figura 5. Diagrama de la combustión y variación de la presión de un motor

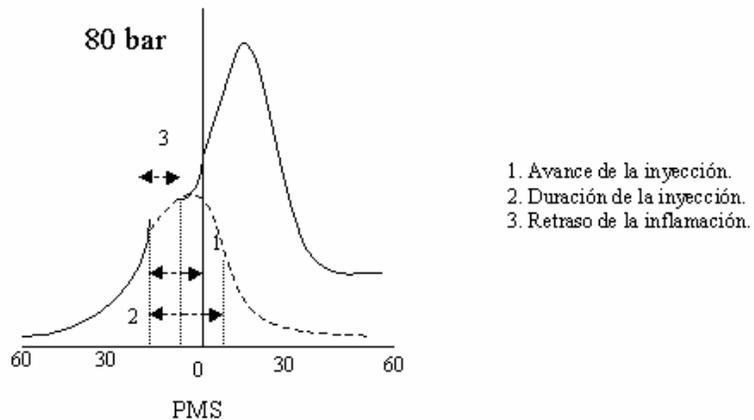
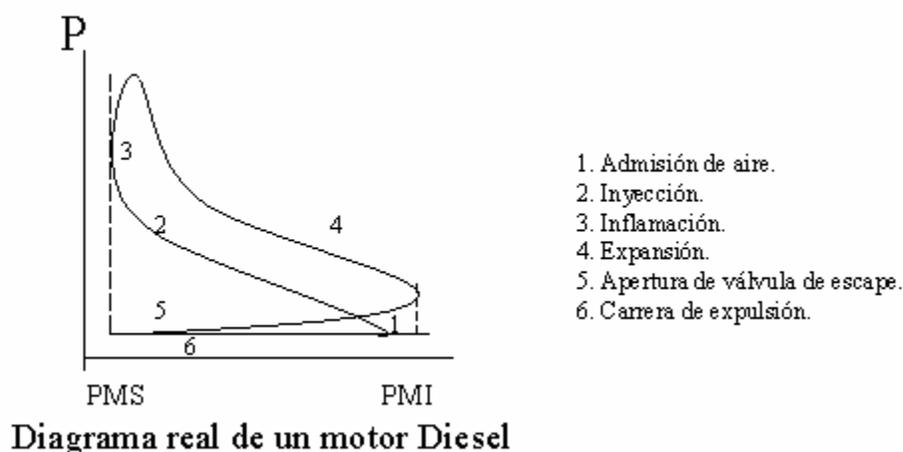


Diagrama de la combustión y la variación de la presión de un motor Diesel

Figura 6. Diagrama real de un motor



1.1.1 Características

Aun sin pretender mencionar a los orígenes y evolución del motor Diesel, no podemos evitar la cita histórica de un año 1897, y de un personaje, Rodolphe Diesel, que corresponden al año en que este parisino de nacimiento alemán de formación obtuvo los primeros resultados prácticos con un motor de combustión interna que usaba el gas-oil como combustible.

En los años treinta Mercedes equipó con ellos una pequeña serie de automóviles de turismo (el 260D), este tipo de motores no ha dejado en su empeño de desmitificar la creencia de que al gas-oil era un combustible de clase inferior; un primer desmentido lo constituye el hecho de que un moderno motor Diesel es más sensible a la mala calidad del combustible que uno de explosión lo puede ser a la gasolina.

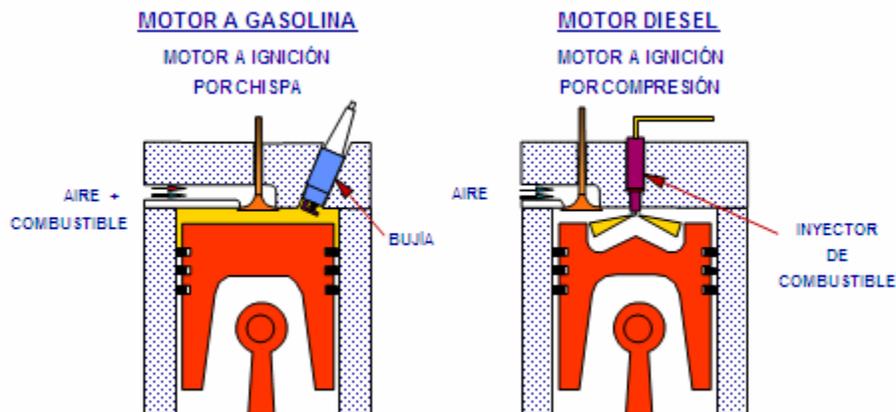
Este tipo de motor de combustión interna (endotérmico) se encuentra en el grupo de los motores alternativos, constituyendo su principal diferencia el sistema de alimentación y la forma en que se realiza la combustión. Los elementos constitutivos del motor son muy similares a los de un motor de explosión aunque

existen algunas diferencias constructivas muy específicas, con el fin de dotar de mayor robustez todas aquellas partes del motor que soportan unas presiones de trabajo mucho más elevadas.

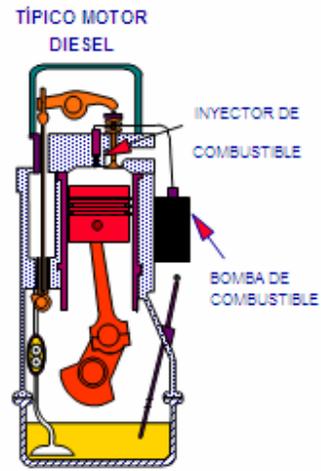
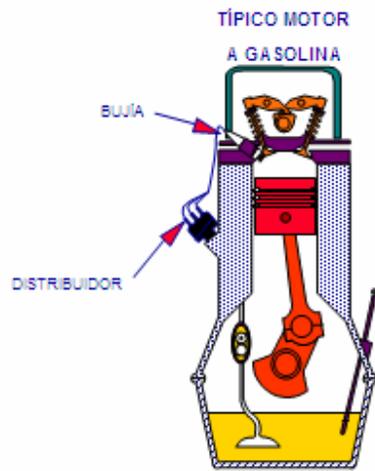
Así pues, la principal característica de un motor Diesel, es la que motivó su creación y desarrollo: la obtención de un mayor rendimiento al de un motor a gasolina, empleando para ello un combustible más pesado y una relación volumétrica de compresión mucho más elevada (entre 8:1 y 10:1 para gasolina y 14:1 y 23:1 para los modernos Diesel). En el motor Diesel, estas compresiones las posibilita el hecho de aspirar y comprimir únicamente aire, en lugar de una mezcla, que estallaría antes de llegar al final de la fase de compresión.

1.1.2 Comparación de la alimentación gasolina y diesel

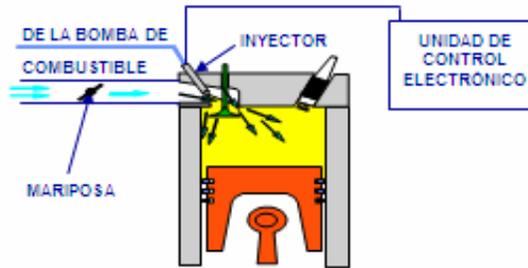
Figura 7. Comparación de la alimentación de un motor a gasolina y diesel



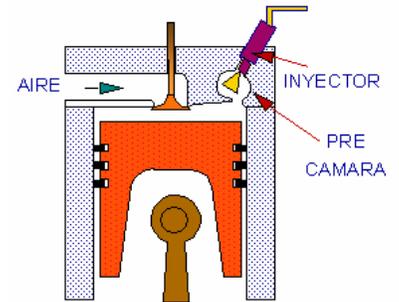
Continuación:



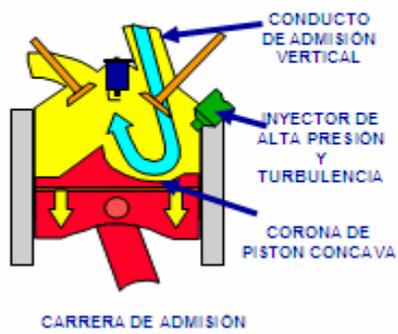
INYECCION MULTIPUNTO



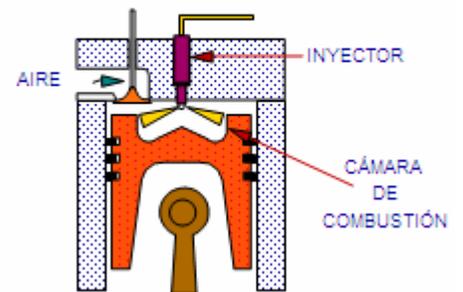
INYECCION INDIRECTA



INYECCION DIRECTA



INYECCION DIRECTA



Motor Diesel: el Motor Diesel ofrece economía a largo tiempo, mayor periodo de vida, bajo mantenimiento y una buena eficiencia lo que lo hace atractivo para el mercado comercial.

- a) Relación aire a combustible variable generalmente opera con exceso de aire.
- b) Alta relación de compresión 14-23:1
- c) Combustible económico, usa el combustible más eficiente
- d) Mayor lapso de vida
- e) Mayor confiabilidad
- f) Económico para operar
- g) Bajos niveles de Nox, catalizador de dos vías

Motor Gasolina: el motor a gasolina ofrece una buena relación Potencia/Peso, menor tamaño más económico para construir y generalmente más silencioso lo que es más atractivo para el mercado de vehículos de pasajeros.

- a) Relación aire a combustible cercana a 14.6:1, (estequiométrica)
- b) Baja relación de compresión 9.5:1
- c) Alta relación de potencia a peso
- d) Pequeño en tamaño y liviano
- e) Económico para construir
- f) Generalmente más silencioso
- g) Emisiones controladas con catalizador

1.2 Lubricante mineral

Son los de usos más frecuente en la industria automotriz debido a su costo moderado. Los aceites lubricantes de base del petróleo se preparan mediante muchos procesos disponibles para refinación a partir de hidrocarburos naturales. Los tipos principales de petróleo crudo son: parafínico y nafténico, términos que se refieren a la estructura molecular de los componentes. Se suele preferir como lubricantes a los petróleos parafínicos, aun cuando los nafténicos conservan un lugar importante en ciertas aplicaciones.

Aceite de base parafínica: los aceites de base parafínica después de la destilación al vacío todavía contiene algunos materiales indeseables grandes moléculas parafínicas (tipo cera) que poseen un alto punto de escurrimiento y son los más utilizados por poseer un alto índice de viscosidad. Los aceites parafínicos contienen 45-50% de componentes parafínicos.

Figura 8. Forma molecular de una base parafínica

BASE	FORMA MOLECULAR	INDICE DE VISCOSIDAD	PUNTO DE ESCURRIMIENTO	RESISTENCIA A LA A LA OXIDACION
PARAFÍNICO		MUY ALTO	ALTO	MUY ALTA

Aceite de base nafténica: los aceite de base nafténica contienen 65-75% de componentes nafténicos, poseen un bajo contenido de azufre, acidez y un leve aumento del punto de escurrimiento.

Figura 9. Forma molecular de una base nafténica

BASE	FORMA MOLECULAR	INDICE DE VISCOSIDAD	PUNTO DE ESCURRIMIENTO	RESISTENCIA A LA A LA OXIDACION
NAFTÉNICO		MODERADO	BAJO	ACEPTABLE

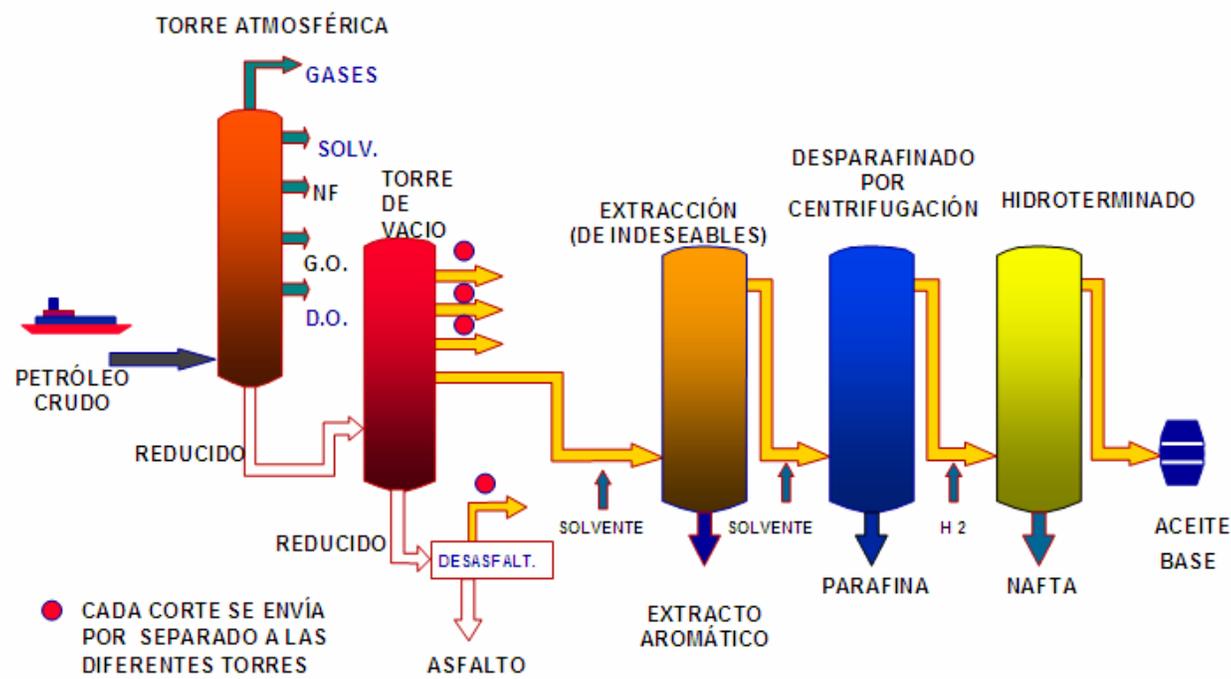
Aceite de base aromáticos: contienen 20-25% de componentes aromáticos, se extraen con ciertos solventes los cuales se llevan a la mayoría de los aromáticos, con los que se mejora el índice de viscosidad, color, disminuye la carcinogenicidad y logra una mejor estabilidad a la oxidación.

Figura 10. Forma molecular de una base aromática

BASE	FORMA MOLECULAR	INDICE DE VISCOSIDAD	PUNTO DE ESCURRIMIENTO	RESISTENCIA A LA A LA OXIDACION
AROMÁTICOS		BAJO	BAJO	BAJA

Proceso de elaboración de aceite base mineral: en la elaboración del aceite de base mineral se toman en cuenta muchos factores que darán la calidad del producto que se esta desarrollando, los cuales servirán para reducir las impurezas indeseables que afectarán la eficiencia en la lubricación, tales factores pueden ser; uniformidad, estabilidad a la oxidación, saturación de azufre, compatibilidad, demulsibilidad, apariencia, color, limpieza, calidad, seguridad, punto de inflamación, toxicidad, volatilidad, propiedades viscométricas y uniformidad. Tomando en cuenta lo anterior detallamos un proceso completo de extracción de una base mineral desde que el petróleo crudo llega a una refinería por barco o cañería hasta obtener el aceite base.

Figura 11. Proceso completo de base mineral



Los aditivos: así como la elaboración de los lubricantes es importante, de igual manera son sus aditivos, ya que son productos químicos que se mezclan con el aceite base, para modificar o hacer resaltar ciertas características relacionadas con el rendimiento de los lubricantes. Sus concentraciones en los lubricantes preparados pueden variar mucho, desde solo unas cuantas partes por millón hasta porcentajes considerables tales como;

aceite base (70% a 95%) del producto final,
aditivos (30% a 5%) del producto final.

Los aditivos se han utilizado desde 1920, fueron creados gracias a las necesidades de los fabricantes de motores modernos, y su uso desde entonces aumenta terriblemente, pues solamente el aceite base no es capaz de satisfacer las demandas de los diseños, ya que los aditivos agregan nuevas características que son necesarias para aplicaciones específicas, ejemplo de ello es la limpieza y menor contaminación ambiental que exigen los nuevos modelos. Los aditivos también ayudan a determinar las categorías de calidades de los aceites, según su mezcla y porcentajes define su calidad y proporciona nuevas propiedades. Entre los principales aditivos están:

Depresores del punto de fluidez: es cierto peso molecular de un polímero alto que funciona como inhibidor de formación de estructuras cristalinas de ceras que impiden el flujo del aceite a bajas temperaturas. Dos tipos generales de depresores de punto de fluidez que se utilizan son:

1. Polímeros alquilaramáticos absorben la formación de ceras cristalinas, previenen la adherencia y crecimiento de unas con otras.
2. Polímetacristales que cocrystalizan con ceras que impiden la formación de cristales.

Figura 12. Formación de una estructura cristalina



SIN DPF



CON DPF

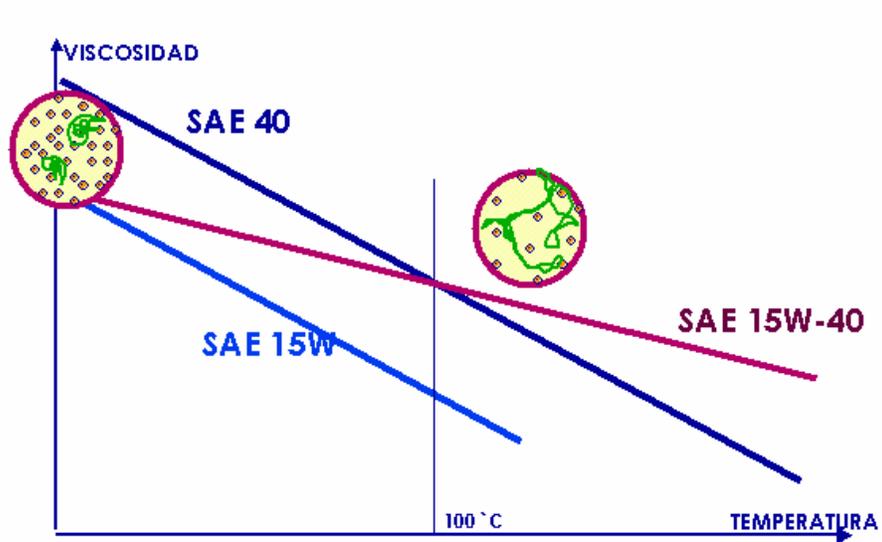
Índice de viscosidad: los líquidos tienen tendencia a adelgazarse cuando son calentados y a espesarse cuando son enfriados. Sin embargo, con esta relación de la viscosidad con la temperatura, cambia en una otra proporción dependiendo del líquido.

Muchas veces, como los líquidos del petróleo, los cambios de la viscosidad pueden tener marcados efectos en el rendimiento de un producto, o en su factibilidad para ciertas aplicaciones. La propiedad de resistir cambios en la viscosidad con los cambios de temperatura, es expresado como el índice de viscosidad (IV). Este índice es un valor numérico abstracto y empírico. Entre mayor sea el IV, menor es el cambio de viscosidad con la temperatura.

Uno de los aspectos que permitió el rápido desarrollo del índice de viscosidad, fue la observación inicial, que para los aceites de igual viscosidad a una temperatura dada, un aceite nafténico se adelgazaba más rápido a una temperatura alta que un aceite parafínico.

Generalmente, los básicos aromáticos son los que poseen IV más bajo, seguido por los nafténicos y por los parafínicos a los de IV más alto. A través del uso de aditivos mejoradores de IV, los aceites aromáticos y nafténicos pueden llegar a tener IV compatibles a los de aceites parafínicos.

Figura 13. Diferencias de índice de viscosidad (IV)



Aditivo antiespumantes: la formación de espuma en los sistemas de aceites industriales es una condición severa en servicio, que puede interferir, con el rendimiento satisfactorio del mismo sistema y aun permitir el daño del equipo.

Mientras que los aceites minerales puros no son particularmente propensos a la espumación, la presencia de aditivos y el efecto de otros compuestos, cambian las propiedades de la superficie del aceite, incrementando su susceptibilidad a la formación de espuma, cuando las condiciones son tales de mezcla de aire y aceite. Aditivos especiales le imparten al aceite resistencia a la espumación, aumentando también su habilidad para expulsar el aire atrapado en forma rápida.

La habilidad de los aceites de resistir a la formación de espuma depende de varias consideraciones como tipo de aceite base, tipo y grado de refinación y viscosidad. En muchas aplicaciones, se puede considerar la formación de espuma como agitación, mientras que en otros casos aun pequeñas formaciones de espuma pueden causar turbulencias extremas. En éstos casos es cuando debe ser agregado un aditivo antiespumante al lubricante.

Polímeros de silicón son usados en pequeñas partes por millón para atrapar burbujas y llevarlas a la superficie del aceite.

Inhibidor de oxidación: cuando el aceite es calentado en presencia de aire, ocurre la oxidación. El resultado de esta oxidación, da incremento tanto en la viscosidad del aceite como de ácidos orgánicos, mayor libertad a la formación de depósitos de barnices y lacas que producirán calentamiento del equipo. En casos extremos los depósitos ayudarán a la formación de capas de óxido, material carbonoso.

Cuando un aceite se degrada comienza a formar productos intermedios por ejemplo peróxidos. Éstos con posterior degradación forman depósitos de barro, ácidos, y pueden catalizar oxidación del aceite. Un inhibidor de la oxidación reacciona con los productos intermedios para formar compuestos estables y no agresivos.

Figura 14. Proceso de oxidación de un aceite

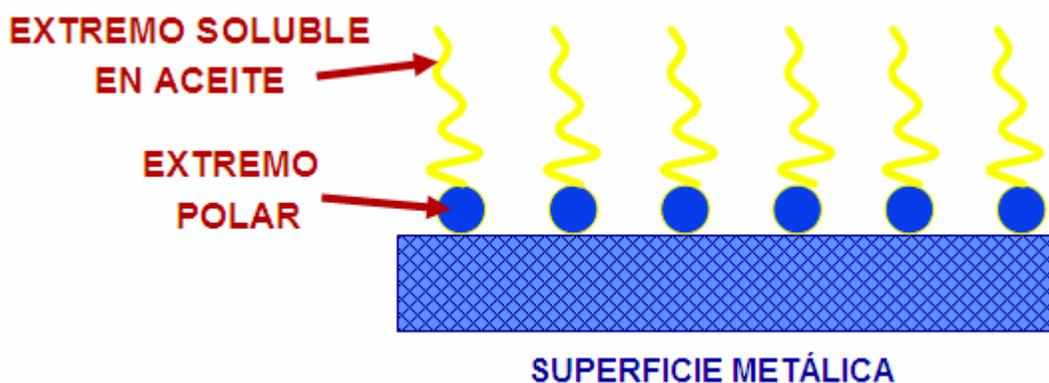


Inhibidor de herrumbre y corrosión: con frecuencia se espera que los aceites lubricantes protejan a las superficies ferrosas contra la formación de herrumbre y

corrosión, si entran pequeñas cantidades de agua al sistema de lubricación. Muchos lubricantes contienen aditivos específicamente destinados a ese fin. En muchos sistemas de lubricación resulta recomendable que el aceite tenga buenas propiedades de separación de agua; antes de que se acumulen cantidades excesivas y conduzca a formación de herrumbre y problemas de lubricación.

Los inhibidores de herrumbre tienen un extremo polar, que es atraído por la superficie metálica, lo que produce una capa delgada sobre la superficie. También poseen una larga cola que mantiene solubilizado en el aceite y evita que productos químicos agresivos reaccionen con la superficie metálica.

Figura 15. Aditivo inhibidor de herrumbre y corrosión



Detergentes: componentes importantes de los aceites de motor. Ayudan a controlar los barnices, los depósitos en las zonas de los anillos, y el óxido, al mantener las partículas insolubles en suspensión y en algunos casos, al neutralizar los ácidos.

Generalmente, el detergente es un compuesto metálico (comúnmente de bario, calcio o magnesio) en forma de sulfonato, fosfato, tiofosfato, fenato o salicilato. Debido a su tenor metálico, los detergentes dejan algo de ceniza al quemarse el aceite. Los detergentes normalmente se emplean en conjunto con los dispersantes.

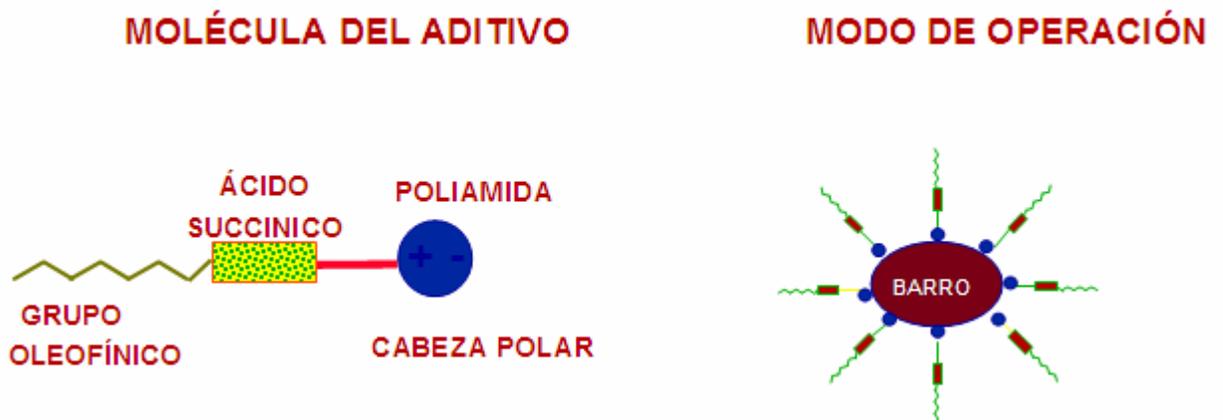
En los detergentes de alta basicidad el grupo polar es un alcalino, que también regula los ácidos de la combustión. El grupo polar se une por sí mismo al depósito y lo elimina de la superficie, limpiando la superficie metálica.

Figura 16. Aditivo detergente



Dispersantes: aditivo que generalmente es un polímero sin cenizas ni metal, que reduce la incrustación de barnices, mantiene los sólidos en suspensión en el aceite y los mantiene en forma de partículas finas. Los dispersantes tienen cabezas polares y una cola soluble en aceite, las cabezas se unen por sí mismas al material oxidado por ejemplo (hollín, barro) y lo rodean. Así las colas lo mantienen solubilizado o suspendido en el aceite. Esto evita que crezcan y se peguen a las superficies metálicas.

Figura 17. Aditivo dispersante



Aditivo antidesgaste: aditivos para aceite lubricante que minimizan el desgaste de los metales al impartir una barrera química a la superficie de estos. Son activados por el rozamiento a temperaturas normales de operación. Los dialquilditiofosfato de zinc (ZDDP) son la mayoría de moléculas que utilizan los fabricantes. Ya que a bajas temperaturas forman una resina en la superficie, y a altas temperaturas se descompone térmicamente y los compuestos de zinc y fósforo liberados forman una película sólida.

Figura 18. Aditivo antidesgaste



Aditivos de extrema presión: diseñados para acomodar cargas extremas o de impacto mediante la reacción química del metal con ingredientes activos del aditivo. Son activados por las altas presiones y temperaturas, condiciones en las que los agentes antidesgaste normalmente fallarían. Reaccionan fuertemente con la superficie metálica formando una capa de metales blandos, lo que evita el soldado. Los agentes de extrema presión que normalmente se utilizan son las parafinas cloradas, nafténatos de plomo, aceites grasos azufrados, fosfatados, compuestos orgánicos azufre-fósforo, compuestos de boro.

Figura 19. Aditivos de extrema presión



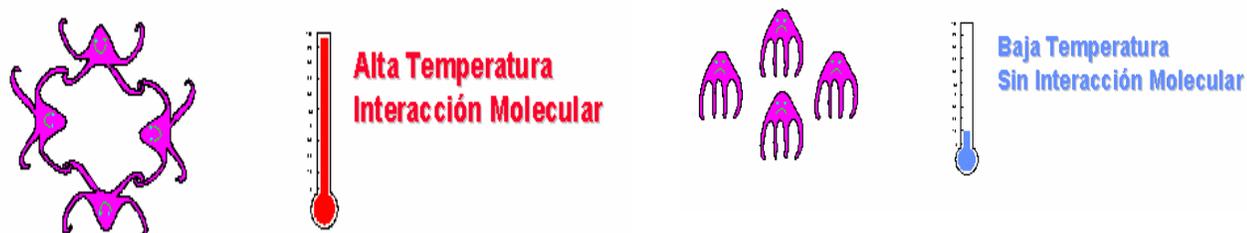
Color: el color no está relacionado con la calidad o con la capacidad de lubricación de un aceite lubricante. A pesar de esto frecuentemente le ha sido atribuido una importancia excesiva. Algunas industrias discriminan fuertemente en favor de los aceites con un determinado color. Por otro lado, los aceites de color oscuro pueden producir decoloración o manchar los productos finales.

En aceites nuevos el color es útil a veces como una indicación de la uniformidad de una clase o aplicación de lubricante, como también puede definir la marca del lubricante. También puede indicar el grado de refinación del aceite.

Número de alcalinidad total (TBN): es la cantidad de ácido expresado como el número equivalente de miligramos de hidróxido de potasio, que es necesario para neutralizar todos los componentes básicos presentes en un gramo de aceite. Indica la cantidad de aditivo neutralizador de ácidos que tiene el lubricante. El TBN en aceite usado indica la cantidad de aditivo neutralizador de ácidos que quedan en el aceite.

Mejoradores de viscosidad: reducen la variación de viscosidad con el cambio de temperatura. En áreas de alto esfuerzo de corte, por ejemplo cojinetes, los mejoradores de viscosidad deficientes pueden romperse, lo que da como resultado una caída excesiva de índice de viscosidad.

Figura 20. Mejoradores de viscosidad



Agentes de oleosidad: los agentes de oleosidad aumentan la lubricidad de un aceite. Son productos químicos como esteres grasos o aceites vegetales y grasas animales (cola de porcino). Son los mayor utilizados en aceites compuestos.

Aditivos de adhesividad o pegajosos: se utilizan cuando debido a las altas velocidades se forman desprendimientos y nieblas, o cuando la lubricación es inapropiada por los derrames o escurrimientos verticales. Son especiales los polímeros de alta viscosidad para ser dar adhesividad a los aceites de baja viscosidades.

1.3 Lubricante sintético

Aunque los lubricantes sintéticos han estado en uso en la industria por más de 50 años, hay aún una gran confusión acerca de sus características y los beneficios de valor agregado en aplicaciones industriales.

Muy poca gente sabe que ellos deberían estar utilizando lubricantes sintéticos o carecen de información de como analizar y justificar el uso de los sintéticos sobre los lubricantes tradicionales refinados a base de solventes.

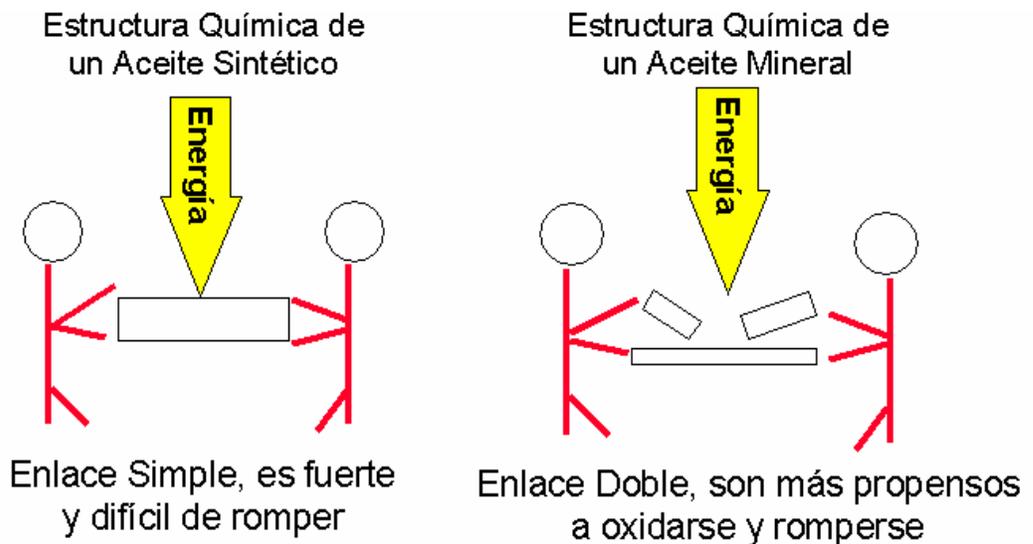
En muchas aplicaciones el uso de los lubricantes sintéticos reduce los costos de operación y mantenimiento, ahorra energía y proporciona una mayor protección a la maquinaria.

El término hidrocarburo sintetizado (SHC), y lubricantes sintéticos, son utilizados igualmente para describir una familia de aceites y grasas sintéticas que incluyen aceites circulantes, aceites de engranajes, aceites hidráulicos, grasas y aceites de compresor. Estos lubricantes son utilizados en una gran variedad de aplicaciones industriales.

Por definición un lubricante sintético es un lubricante diseñado y elaborado para servir mejor a los propósitos previamente reservados para productos extraídos directamente del petróleo. Los términos sintetizados y sintéticos, describen los aceites básicos principalmente polialfaoleofinas (PAOs), aromáticos alquilados, polibutenos. Adicionalmente, hay otros tipos de aceites básicos que incluyen poliglicoles, ésteres orgánicos, dialquilbencenos, ésteres fosfatados, siliconas y silicatos.

A diferencia de los aceites minerales, que son una mezcla compleja de hidrocarburos producidos naturalmente, los básicos sintéticos son productos elaborados en su mayoría con la misma molécula en configuración y tamaño. Para entender mejor, como la uniformidad afecta el desempeño, consideramos las siguientes comparaciones de lubricantes.

Figura 21. Diferencia entre una estructura sintética y una mineral



Podemos observar que la combinación de una estructura molecular uniforme, idénticos y fuertes enlaces moleculares, una estructura molecular saturada y un producto libre de cera, proporcionan a los básicos sintéticos grandes ventajas de desempeño sobre los aceites básicos convencionales, tales ventajas pueden ser detalladas

Figura 22. Propiedades de fricción entre un aceite sintético y un mineral

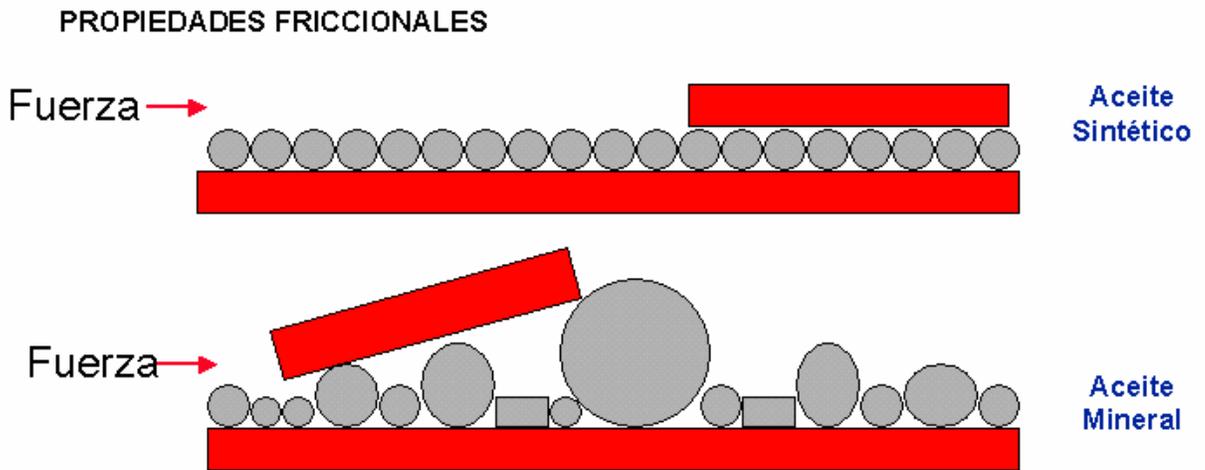
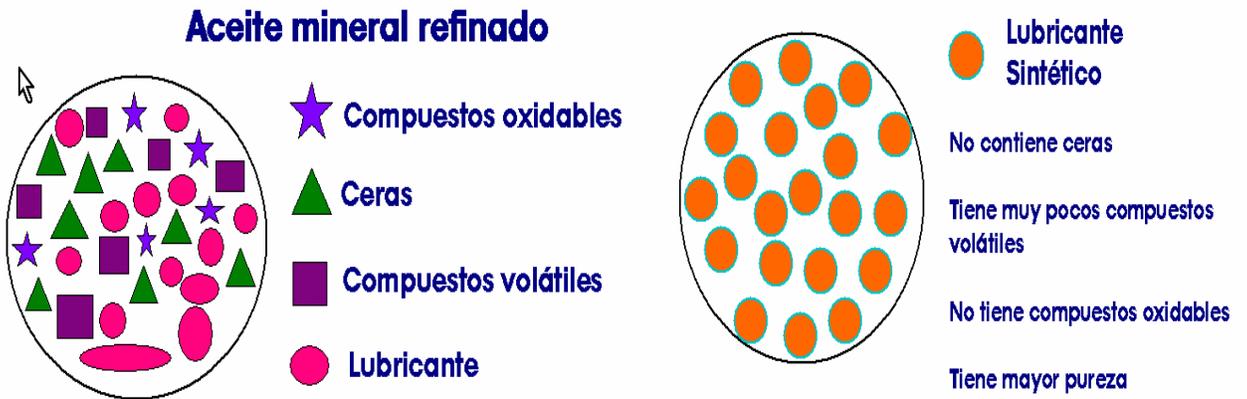
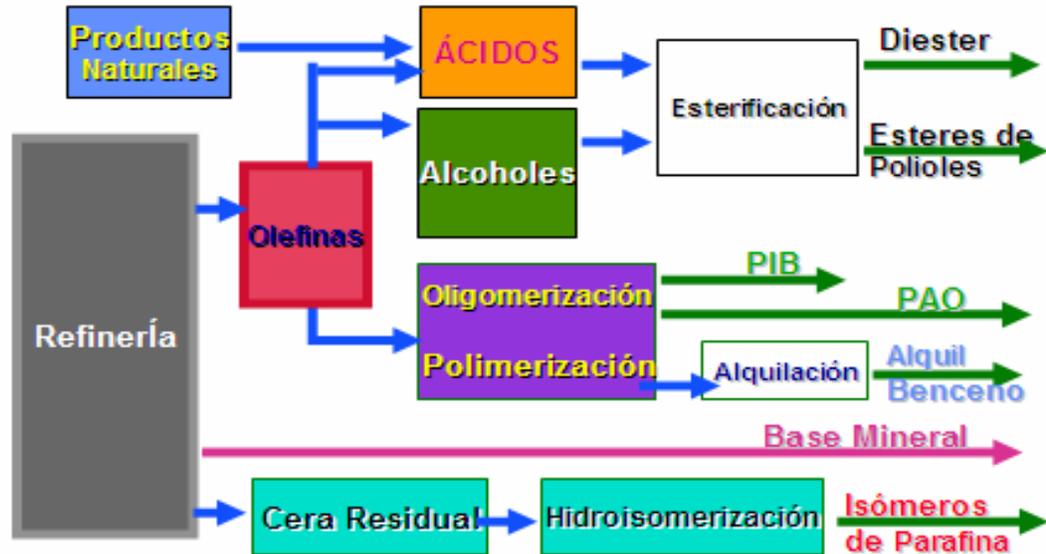


Figura 23. Componentes que existen en un aceite mineral y un sintético



Proceso de elaboración: un material sintetizado, es el que se produce por combinación química o por construcción de moléculas complejas derivadas de moléculas menos complejas.

Figura 24. Proceso de elaboración de un aceite sintético



1.4 Sistema de lubricación del motor Diesel

Cualquiera que sea el sistema de lubricación, éste debe asegurar el suministro de la cantidad de aceite suficiente a todas las partes móviles del motor, con el fin de realizar la lubricación y todas las finalidades con ella perseguidas de forma conveniente.

Antiguamente se utilizaba un sistema llamado de barboteo y del cual sólo citaremos aquí su nombre por ser un sistema en el cual el engrase de los elementos móviles no se realizaba a presión y que en un motor moderno resultaría ineficiente.

Actualmente se utiliza el sistema de engrase a presión, con sus diferencias y variantes, donde una bomba recoge el aceite y lo envía por diferentes puntos y elementos del motor que requiere una lubricación precisa, eficaz, segura y limpia.

El estudio y descripción de estos requerimientos es el siguiente.

1.4.1 Sistema de engrase a presión

El funcionamiento del sistema, básicamente es como se describe:

1. El aceite es recogido, aspirado desde el cárter, a través de un prefiltro o colador destinado a retener partículas de tamaño relativamente grandes de impureza o suciedades, por la bomba de engrase.
2. La bomba envía el aceite, sometido ya a una determinada presión (en función de las revoluciones del motor), por una canalización principal, de la que se derivan otras que conducen otras a los diferentes elementos o partes móviles del motor.
3. Paralelamente, bien en la propia bomba o en el conducto principal del engrase, existe un elemento llamado válvula de alivio o de descarga encargado de limitar la presión suministrada por la bomba.
4. Una vez regulada la presión del aceite, éste pasa, en todo o en parte dependiendo del sistema, al elemento encargado de limpiar al aceite a base de retener en un elemento filtrante las partículas e impurezas en suspensión contenidas en el aceite.
5. Asegurada la limpieza del lubricante, el aceite circula por las diferentes ramificaciones del circuito de engrase hasta lubricar los diferentes elementos a los que es conducido.
6. Cumplido el cometido, el aceite cae por gravedad en el cárter, arrastrando con el impurezas, partículas, vapores y otros, donde da inicio de nuevo el ciclo de engrase.

1.4.2 Sistema de engrase mixto

El engrase mixto aprovecha las propiedades del engrase a presión y las combina, para ciertas misiones como puede ser el engrase de las paredes del cilindro, con las ventajas de un engrase por barboteo al hacer chocar los codos del cigüeñal y las cabezas de biela con la masa de aceite del cárter y levantar una niebla aceitosa encargada de la lubricación de aquellas partes difíciles de lubricar o por el contrario sin las exigencias de una lubricación a presión.

Este tipo de engrase es el más utilizado, de hecho, y prácticamente, todos los motores de engrase a presión aprovechan las características de un engrase mixto.

1.4.3 Sistema de engrase por mezcla de lubricante con el combustible

Éste es el sistema que utilizan los motores de 2T para su lubricación.

Debemos destacar que los lubricantes empleados deben poseer una buena miscibilidad con el combustible a fin de que no formen depósitos de lubricante en el depósito y a la vez deben combinar esta propiedad con la de poder dissociarse de la gasolina antes de que ésta haga explosión y poder cumplir así su cometido.

El sistema basa pues su funcionamiento en hacer llegar a las partes móviles del motor una mezcla de combustible-aire-lubricante. La mezcla carburante-lubricante entra en contacto con las partes metálicas y al hallarse calientes dichas superficies, la gasolina se evapora antes que el aceite. De este modo, el aceite depositado en las partes metálicas del interior del motor puede acometer su función antes de ser arrastrado a quemarse junto con el carburante.

1.4.4 Sistema de lubricación por cárter seco

Este sistema prácticamente no se utiliza en los automóviles de turismo actuales pero basa su funcionamiento en un engrase a presión con la particularidad de que el cárter tiene muy poca capacidad y sólo sirve como recogedor del aceite que es devuelto al depósito de donde se sirve la bomba de engrase para suministrar a presión el aceite necesario para la lubricación del motor.

Algunos vehículos de competición donde interesan motores con perfiles bajos o protegerse de pérdidas accidentales de lubricante, además de conseguir una mayor y mejor refrigeración del lubricante, hallan solución con este tipo de sistema de lubricación.

1.5 Elementos de la lubricación

La descripción de los diferentes sistemas de lubricación, no recoge todas las exigencias que presenta un moderno sistema.

Con el estudio de los diferentes elementos y de las exigencias particulares de lubricación se desvelaran éstas.

1.5.1 El cárter

En principio no tiene mayor importancia que la de ser el recipiente o depósito del aceite necesario para el engrase de motor.

Un examen más detenido de las exigencias de lubricación en un motor moderno con elevadas temperaturas y condiciones de trabajo, muestra que el aceite absorbe fácilmente esta elevada temperatura. Una temperatura de aceite, tomada

de éste en el cárter, que supere los 140 grados centígrados sufre un proceso de degradación importante y pierde cualidades.

Si el motor es sobrealimentado o de altas prestaciones, donde se aumenta los puntos de engrase y las exigencias de presión y temperatura que debe soportar el aceite, que puede llegar fácilmente a la necesidad, en muchas ocasiones, de recurrir a algún sistema de refrigeración de lubricante.

El cárter cumple, en algunas ocasiones, este papel de enfriador de aceite. Se construye resistente a los posibles impactos y si además ha de hacer funciones de refrigerador, de un material buen conductor de calor, reforzando las propiedades del material con estrías o aletas que ayuden a la disipación de la temperatura del lubricante.

Además, el cárter dispone de un orificio en su parte más inferior para permitir el vaciado del aceite y aloja la varilla de nivel, aunque en algunos modelos se disponga de indicador electrónico. Se debe destacar también que la mayoría cuenta con separadores con el fin de evitar los trasvases totales de lubricante, sobretodo al subir pendientes pronunciadas, con lo que podría producirse una falta de aspiración de aceite.

1.5.2 Bombas

Aspirar el aceite del cárter y dirigirlo bajo presión a través de las canalizaciones hacia los elementos a engrasar es la principal finalidad de cualquier bomba de engrase.

Con el fin de asegurar la refrigeración ya referida por medio del aceite lubricante, la bomba no sólo debe asegurar una presión suficiente en cada uno de los puntos requeridos de engrase sino además proporcionar un caudal suficiente para este fin secundario pero no menos importante.

En los motores modernos, aproximadamente a unas 3,000 rpm, una efectiva bomba de engrase proporciona un caudal de 55 l/min. Otra manera de expresar el caudal necesario, a nivel teórico, es entre 2 y 4 kg/cm².

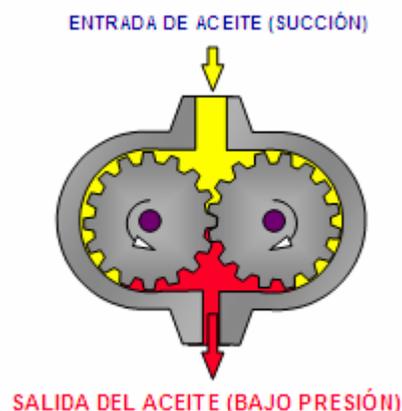
1.5.2.1 La bomba de engranajes

La constituyen un cárter o cuerpo de la bomba donde se alojan dos piñones, uno conducido (que gira libre con su eje) por el otro, el conductor que toma su giro generalmente del árbol de levas y con dos conductos o pasos, uno de entrada del aceite y otro de salida de éste a presión.

Cuando el motor gira, el eje de mando de la bomba arrastra en su giro a los piñones, este giro de los piñones es suficientes para la aspiración del aceite, por el conducto de entrada a la bomba desde el cárter y a través del prefiltro y a la trompa de aspiración. El aceite aspirado se aloja en cada uno de los espacios libres entre los piñones y las paredes del cuerpo de la bomba y es puesto así bajo presión y mandado al conductor principal de engrase.

Este tipo de bomba es todavía ampliamente utilizado en motores no demasiados modernos.

Figura 25. Bomba de engranajes



1.5.2.2 Bomba de émbolo

La constituye un cilindro y un émbolo que se desliza por su interior movido por una biela que se articula por su otro extremo en una excéntrica del árbol de levas o un piñón de la distribución.

Unas válvulas de efecto contrario, con sus respectivos conductos de entrada y salida de aceite, montadas sobre el cierre del cilindro, se abren o cierran en función de si pistón sube o baja, aspirando o mandando el aceite a presión sobre el circuito del engrase.

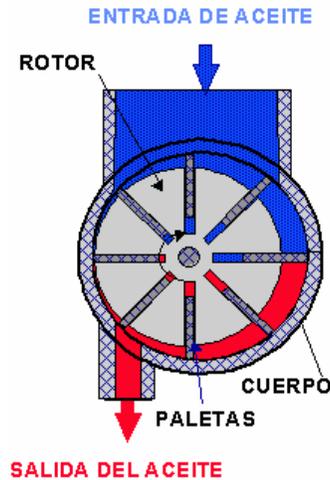
Este tipo de bombas utilizada en motores estacionarios, prácticamente no encontró utilidad en turismo y desde luego no se aplica en los motores actuales.

1.5.2.3 Bomba de paletas

Está constituida por un cuerpo cilíndrico con un conducto de entrada y otro de salida del lubricante, un rotor ranurado diametralmente, montado excéntricamente en el cuerpo de la bomba, que puede alojar dos o cuatro paletas con un muelle entre ellas encargado de mantenerlas presionadas contra el cuerpo de la bomba formando entre ellas dos o cuatro cámaras.

Cuando el rotor es arrastrado por el giro del motor, el volumen de las dos cámaras formadas varía, aumentando uno y disminuyendo el otro. La cámara que aumenta de volumen coincide con el conducto de entrada del aceite aspirado éste y la cámara que disminuye de volumen envía el aceite atrapado en ella a presión, al conducto de salida y engrase.

Figura 26. Bomba de paletas

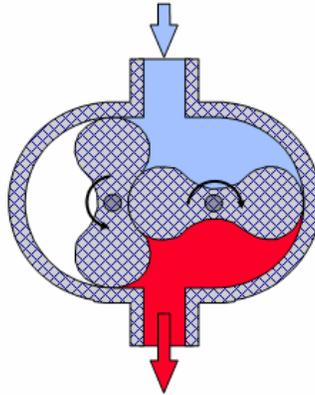


1.5.2.4 Bomba de lóbulos

Esta bomba está constituida por un cuerpo cilíndrico con sus respectivos conductos de aspiración y salida de aceite. Aloja dos rotores, uno de exterior (rotor conducido o movido por el otro y que gira libre en su alojamiento) y otro de interior al primero (rodete), con su eje montado excéntricamente en el cuerpo de la bomba y que es obligado a girar por el motor. El rotor interior tiene un saliente (lóbulos) menos que entrantes (alvéolos) dispone el rotor exterior.

En su giro, los dos rotores van abriendo uno de los espacios que queda entre ellos y la depresión así creada aspira aceite del cárter que se aloja en este espacio que se forma entre ellos. Al continuar el giro, este espacio que se forma entre ellos. Al continuar el giro, este espacio va reduciéndose sometiendo a presión al lubricante atrapado hasta que el espacio es comunicado con el conducto de salida liberando el aceite sometido a presión en el circuito de engrase. Su empleo es ampliamente difundido en motores modernos.

Figura 27. Bomba de l6bulo



1.5.2.5 Bomba trocoidal

Este tipo de bomba es el m6s moderno utilizado en veh6culos autom6viles y toma giro directamente del cigüeñal al estar emplazada al extremo de este.

La constituyen la carcasa o cuerpo de la bomba y dos engranajes, uno de interior engranado directamente en el extremo del cigüeñal y que en su giro arrastra a una corona dentada (libre en su alojamiento sobre la carcasa) y que engrana con el piñ6n central de forma exc6ntrica. Entre ellos, se dispone un espaciador en forma de media luna.

En su giro, el aceite es aspirado por la depresi6n creada al desplazarse los dientes a la altura del espaciador. El aceite as6 atrapado entre los dientes, ve aumentada su presi6n a medida que se alejan del espaciador y van entrando en contacto entre ellos; una vez sometido a presi6n, es liberado en el conducto de engrase. Esta bomba, entre otras, presenta la ventaja de no contar con elementos de transmisi6n.

1.5.3 Circuito

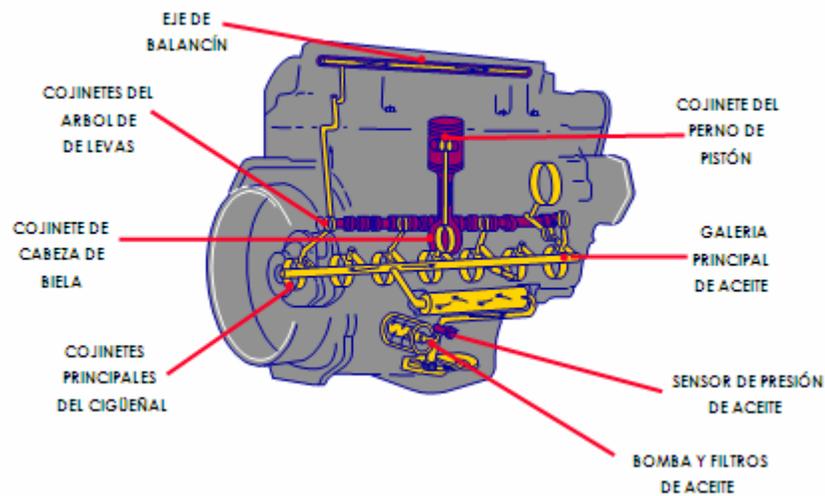
El circuito de lubricación es tanto más complejo cuando lo son las prestaciones que se exigen al motor. Prácticamente no existe dos motores distintos con circuitos similares; todos cuentan con sus especificidades en este complejo tema.

A modo de ejemplo y sólo por citar algunas, el circuito de engrase de un motor dependerá, entre otras exigencias de diseño y fabricación, de:

1. El número de soportes del cigüeñal.
2. La disposición y número de árbol de levas.
3. El tipo de bomba utilizada.
4. Si utiliza o no empujadores hidráulicos.
5. Si el sistema de engrase es mixto, a presión o a presión total.
6. La disposición y número de los sistemas de regulación y seguridad.
7. Si el motor es atmosférico o sobre alimentado.
8. El sistema de filtrado.
9. Si utiliza o no algún tipo de enfriador, etc.

A todo ello podemos añadirle elementos como restrictores de aceite (a fin de aumentar la presión en la parte superior del motor), indicador o indicadores de presión de servicio además ventiladores del cárter.

Figura 28. Circuito de lubricación



1.5.4 Elementos filtrantes

Eliminar las impurezas que están en suspensión en el aceite y que podrían dañar las piezas, elementos o superficies en movimiento del interior del motor. Ésta se puede considerar la función principal de los elementos filtrantes del sistema de lubricación.

Estas impurezas, que pueden ser partículas metálicas, residuos de la combustión, productos residuales de la alteración del propio aceite o elementos extraños introducidos en el interior del motor, han de ser adecuadamente conducidos por el sistema de engrase (el circuito y el propio aceite) hasta un elemento que los retenga eficazmente y evite la posterior circulación de los mismos por el interior del motor.

El primer paso de todo el proceso ha de hacerse antes de que el aceite llegue a la bomba y evitar daños en ellas de las partículas e impurezas más grandes que pueda contener el aceite. El colador o prefiltro de la bomba se encarga de ello.

Una vez el aceite ha sido enviado a presión al circuito de engrase, han de distinguirse dos sistemas de filtrado:

1. Filtrado en serie o total., en esta disposición de filtrado, todo el aceite mandado por la bomba pasa por el filtro. La ventaja que presenta este sistema (todo el aceite es filtrado cada vez que es enviado a lubricar las diferentes partes del motor), se ve obstaculizado por la posibilidad de una obstaculizada por la posibilidad de obstrucción del filtro y con ello el corte de la lubricación del motor o cuando menos una deficiencia de engrase.

Para evitar esta anomalía de funcionamiento, se dispone de una válvula de seguridad, que montada en el propio filtro o exterior a ella, devuelve el aceite (aun sin filtrarse) al conducto principal.

2. Filtrado parcial, en derivación o paralelo, este sistema no presenta el inconveniente que se apunta en el sistema anterior, aunque es el menos utilizado actualmente.

Aquí el aceite que envía la bomba de engrase va, por una parte, directamente a lubricar las diferentes partes del motor y en su camino encuentra una derivación que conduce al filtro de aceite. Parte del aceite pasa pues por el filtro, que una vez filtrado es devuelto directamente al cárter aunque la mayor parte del aceite mandado por la bomba no lo hace.

El problema aquí aparece cuando no hay nada que asegure que una partícula metálica, por ejemplo, llegue a dañar un elemento o obstruir un paso de aceite del circuito antes que pueda ser capturada por el elemento filtrante.

1.5.5 Sistema de seguridad

Podemos hablar de sistemas de seguridad puesto que ya hemos visto, el sistema de filtrado. Pero tanto antes como después de que el lubricante haya sido mandado a presión por la bomba al circuito de lubricación, independientemente de la bomba de engrase utilizada, la cantidad y presión de aceite suministrada para el engrase es directamente proporcional al régimen de giro del motor.

Si se entiende que las bombas están dimensionadas para suministrar un caudal y presión suficiente de aceite para una correcta lubricación a régimen de ralentí a una temperatura normal de funcionamiento, se comprende fácilmente que a medida que la velocidad de rotación del motor aumenta, aumentamos proporcionalmente la presión y el caudal enviado, pudiéndose llegar a una presión excesiva y ocasionando un gasto inútil (cuando mayor sea la presión, mayor dificultad encontrará la bomba en su giro) por lo tanto se da un riesgo elevado de avería en la instalación.

Para evitar lo expuesto hasta ahora, se dispone en derivación en el circuito de engrase o en la misma bomba, de una válvula llamada de descarga o alivio. Cumple esta válvula principalmente tres misiones:

1. Derivar al cárter el aceite sobrante cuando la presión es excesiva por efecto del régimen de motor.
2. Regular la presión del aceite, ajustándola al estado y a las holguras del motor.
3. Dispositivo de seguridad cuando por obstrucción pudiera llegarse a sobre presiones peligrosas.

1.5.6 Elementos de refrigeración

Además de la refrigeración provocada en el cárter sobre el lubricante, algunos motores, por exigencias de uso, han de disponer de sistemas y elementos de refrigeración paralelos.

Dos son los sistemas más usuales: intercambiadores aceite/agua y los de aceite/aire.

El sistema de refrigeración aceite/agua, utiliza el propio circuito de refrigeración del motor haciendo circular líquido de dicho circuito por un elemento adicional en la base del elemento filtrante o en otros casos los intercambiadores se montan en la bomba de aceite.

Si se utiliza el intercambiador aceite/aire, se dispone en el sentido de la marcha del vehículo, de un radiador de aceite, de manera que sea el propio aire que enfríe el aceite.

1.5.7 La ventilación de los vapores del cárter

Antiguamente la ventilación del cárter consistió en forzar una corriente de aire a circular por el interior del motor y que ésta arrastrase hasta el exterior los vapores que se producen con el funcionamiento propio del motor.

Las normativas antiexpulsión actuales, hacen inviable este antiguo procedimiento ya que esta mezcla de hidrocarburos mal quemados que escapan de la parte superior del cilindro, óxidos de carbono y otros gases han demostrado ser altamente contaminantes, no sólo par el medio ambiente, sino también para la salud pública.

Así pues, los modernos automóviles disponen de un sistema de ventilación cerrada del cárter que permite reconducir, aspirar y quemar estos vapores en el interior del motor.

En una primera fase, los vapores recogidos son conducidos a un decantador, en el cual, por condensación, se separan de nuevo el aceite de esos vapores y es devuelto al cárter.

2. ANTECEDENTES

2.1 Intervalos de servicios de lubricantes actuales

En el motor del cabezal Freightliner # 134 de la empresa SERCA se ha utilizado el lubricante mineral 15W40 con las siguientes características:

Tabla I. Especificaciones del lubricante actual

Especificaciones API	CG-4/CF
Viscosidad cinemática en cSt a 100° C	14.2
Viscosidad SAE	15W-40
Densidad a 15°C en Kg/L	0.890
Punto de inflamación (°C)	226
Punto de fluidez en (°C)	-30
Indice de viscosidad	138
TBN en mgKOH/g	10.0
Cenizas sulfatadas	1.2

Durante la aplicación de dicho producto los servicios de cambio de lubricante del motor se realizan cada 15,000 Km. debido a las condiciones severas de trabajo de las unidades, pues su ambiente de trabajo se realiza en condiciones de alta contaminación, caminos de terracería y trechos de entrega muy distantes. En el futuro y debido a razones económicas y operacionales se ha pensado reemplazar el producto anterior por ESSO ELITE 15W40.

2.2 Costos de lubricación actuales

Los costos del servicio de lubricación de la unidad a los 15,000 km. con aceite de base mineral corresponde a cada cambio de aceite de los 11 galones que lleva el motor, la mano de obra de la persona que realiza el trabajo y el costo de los filtros no se tomarán en cuenta pues es necesario realizar otros tipos de mantenimientos a este kilometraje, por lo que la unidad estará llegando al taller a servio y control cada 15,000 km. donde realizaremos la ruta de lubricación, mantenimiento del equipo y extracción de muestra de aceite para enviarla al laboratorio. El costo por galón de aceite expresado en Quetzales:

Tabla II. Costo de lubricante

PRECIO Q./GAL.	TOTAL Q.
51.69	568.6

2.3 Programa de análisis de aceite usado actual

Como herramienta de mantenimiento preventivo la unidad identificada como 134, al momento de su servio de los 15,000 km. en forma regular se toma muestra de aceite para determinar las condiciones internas del motor y poder programar su siguiente mantenimiento. Del ultimo análisis de aceite usado con lubricante mineral se obtuvieron los siguiente datos:

Tabla III. Parámetros de desgaste actuales

Fe	Cr	Al	Cu	Pb	Si	Na	FS	Visc.	Oxid.	TBN
33	3	2	4	4	5	5	0.4	13.84	0.11	5.4

De los datos anteriores podemos observar que el hierro se encuentra un poco alto, pero no en valores críticos, por lo cual es recomendable realizar su cambio de lubricante a los 15,000 km.

El programa de análisis actual se nombra (A.P.A.), Análisis Periódico de Aceite, y nos dice que cada pieza movable en una maquina tiene una proporción de desgaste normal. Al desgastarse las piezas, partículas microscópicas de metal quedan en suspensión en el aceite. Estas partículas se pueden identificar, para así detectar un desgaste anormal antes de que se dañen otras piezas que llevarían a reparaciones muy caras. El A.P.A puede predecir y reducir la mayoría de fallas importantes en los motores. Sabiendo donde esta el problema los mecánicos pueden encararlo rápidamente. Esto le ahorra a usted tiempo y dinero. El A.P.A. puede advertirle de los problemas pequeños antes que se conviertan en fallas importantes.

2.4 Parámetros de desgaste

Cummins Engine Company, para sus motores Cummins de rango medio electrónicos o mecánicos serie (N14) recomienda que sus motores utilicen lubricantes que cumplan con doble categoría de servicio API (C y S), al cumplirlas reúnen las propiedades necesarias para otorgar una lubricidad permanente y óptima en sus motores. El uso de un aceite con especificaciones diferentes, puede causar daños severos en los modelos, por lo cual recomienda apegarse estrictamente a los límites condinatorios de partes por millón de desgaste, y que no excedan los valores, garantizando así mayor vida de sus motores y un mejor funcionamiento. La tabla muestra los límites permisibles dados por Cummins:

Tabla IV. Parámetros de desgaste del fabricante

Fe	Cr	Al	Cu	Pb	Si	Na	FS	Visc.	Oxid.	TBN
60	8	10	20	30	15	30	1.2	13.5	0.3	5

Los límites anteriores muestran los valores críticos de partes por millón de los metales mas afectados y mas importante para analizar en una muestra de aceite usado de motores diesel , de igual forma se presenta el valor más bajo que puede tener la viscosidad del aceite a 100°C , así como la cantidad máxima de oxidación en el aceite y el valor mínimo de (TBN) Número Total Base que puede estar presente en nuestro lubricante para proteger el motor.

Es vital mantener los valores de desgaste de los metales por abajo de los mostrados en la tabla para garantizar un buen trabajo del lubricante y poder extender la vida útil del motor, que es el principal objetivo del mantenimiento predictivo.

3. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN

3.1 Análisis de aceite usado

Los aceites lubricantes son utilizados extensivamente en el mundo mecanizado de hoy. Sus aplicaciones van desde aceites especiales de alto desempeño que se mezclan para cumplir con los requerimientos de modernos jets, hasta aceites industriales de alto grado que se utilizan en transmisiones grandes y sistemas hidráulicos de acoplamiento en barcos y estaciones de potencia. Generalmente los aceites se fabrican con bases minerales refinadas o aceites sintéticos a la medida de los requerimientos de cualquier aplicación específica. Es muy escaso encontrar una base lubricante que por si sola tenga todas las propiedades físicas o químicas para cumplir con las necesidades de una aplicación. Por esta razón se mezclan a las bases lubricantes compuestos químicos o aditivos para producir un lubricante completamente formulado.

El desempeño de un lubricante esta determinado por la naturaleza del medio en el cual trabaja, y de la habilidad de los aditivos mezclados de prestar la función que se pretende.

Bajo determinadas condiciones el lubricante puede salirse de especificaciones, por alguna de las siguientes causas: el lubricante se utiliza durante un tiempo mayor a su vida útil esperada, el aditivo no cumple con su función adecuadamente, se utilizo un lubricante equivocado para determinada aplicación, se presento contaminación del sistema de lubricación, las condiciones del sistema de lubricación resultaron demasiado extremas para el lubricante, etc. Cualquiera de estas situaciones puede ocurrir en la vida real. Si no nos anticipamos a sus ocurrencias, una falla catastrófica puede ocurrir, teniendo como consecuencias una falla mecánica, destrucción de los componentes vitales del equipo, y una parada inesperada. Una o todas estas ocurrencias pueden resultar

demasiado costosas y normalmente, extremadamente inconvenientes. Los costos asociados con tales fallas no son solamente costos materiales, porque usualmente se combinan con los costos de la incapacidad de operación, y a veces, en casos extremos con los costos que resultan de heridas físicas de un operador u otras personas (tales como pasajeros, en caso de equipos de transporte).

Esta incidencia que incluye falla de lubricante y/o del equipo se puede evitar con la ayuda de análisis de laboratorio periódico del lubricante durante su utilización. La naturaleza y el alcance de estos análisis varía dependiendo del tipo de equipo, el tipo de lubricante, la severidad del medio de operación, los esfuerzos inherentes a que se someta el lubricante, y el tipo de aplicación. Por ejemplo, el análisis de lubricante utilizado en las turbinas de gas de avión es mucho más exigente en sus parámetros que el análisis practicado al aceite de una bomba de un bote. Ambas aplicaciones son importante, pero obviamente, una es mas exigente y critica que la otra.

El análisis de un aceite usado puede incluir desde una sola medición de viscosidad, hasta un estudio detallada que incluya varias pruebas químicas y métodos de análisis instrumental. La secuencia del análisis provee una historia del lubricante, del sistema de lubricación y del desempeño del equipo mecánico durante el servicio. Cambios inesperados en un resultado particular pueden dar indicios de una falla en el lubricante, en el equipo o la presencia de materia desconocida (contaminante). Por lo general se llevan a cabo otro tipo de pruebas con el fin de confirmar estas observaciones.

Análisis de aceite usado para motor: los análisis de aceite usado para motores son una de las aplicaciones mas comunes e importantes a considerar. El lubricante en un motor de combustión esta expuesto a un medio muy hostil. Existen tres formas en las que el aceite puede deteriorarse en este tipo de medio.

- Degradación térmica y por oxidación
- Contaminación de compuestos reactivos durante la combustión
- Contaminación de fuentes externas, como refrigerante, agua y sílice

Cada una de estas situaciones puede llevar a fallas del lubricante (que conduce a fallas mecánicas), si se permite su utilización por encima de algunos parámetros seguros.

Existe una serie de pruebas físicas y químicas tradicionales de las que se dispone para análisis de aceite usado para motor.

Con el conocimiento de que es normal y que es anormal para un sistema de lubricación particular (lubricante de motor), es posible diagnosticar las condiciones a partir de los resultados de las pruebas. Este hecho usualmente requiere de alguna cantidad razonable de interpretación y normalmente se requiere de mas de una prueba para lograr confirmar una condición particular.

La espectrografía infrarroja es una técnica única que proporciona información equivalente a varias pruebas tradicionales

La mayoría de aceites usados en motores diesel se caracterizan por el color negro causado por la dispersión de partículas de hollín. Muchas veces el aceite puede tener la apariencia de tinta negra para impresión.

La presencia de partículas de hollín (carbón) en suspensión en un aceite diesel se detecta rápidamente en el espectro infrarrojo, como una absorción adicional fundamental que se incrementa con un aumento en la cantidad de hollín. El componente principal del hollín, carbón negro no tiene características espectrales únicas, pero absorbe la radiación infrarroja, sobre la totalidad de la región espectral. En medidas de transmisión de luz, las partículas suspendidas causan la dispersión de la luz. El grado de dispersión depende del tamaño de las partículas y del número de las mismas en el rayo infrarrojo. El resultado es que las medidas transmitidas se complican por una función compleja de absorción y dispersión.

3.1.1 Toma de una muestra

Para obtener un resultado correcto, la muestra de aceite debe ser representativa. Por lo tanto las muestras deben ser tomadas:

- Utilizando un recipiente limpio, seco y apropiado

- Cuando la maquina este en funcionamiento y no cuando esta se encuentre parada.
- De la línea del sistema de lubricación
- Antes de los filtros, (si se quiere establecer el grado de purificación, las muestras deben ser tomadas antes y después del filtro)

Considerando las muchas variables existente, es importante que las muestras vengan acompañadas de información completa, no solo para identificarlas adecuadamente, sino también para poder evaluar con exactitud las condiciones de funcionamiento del sistema de lubricación. Dicha información debe siempre incluir una descripción de la maquina:

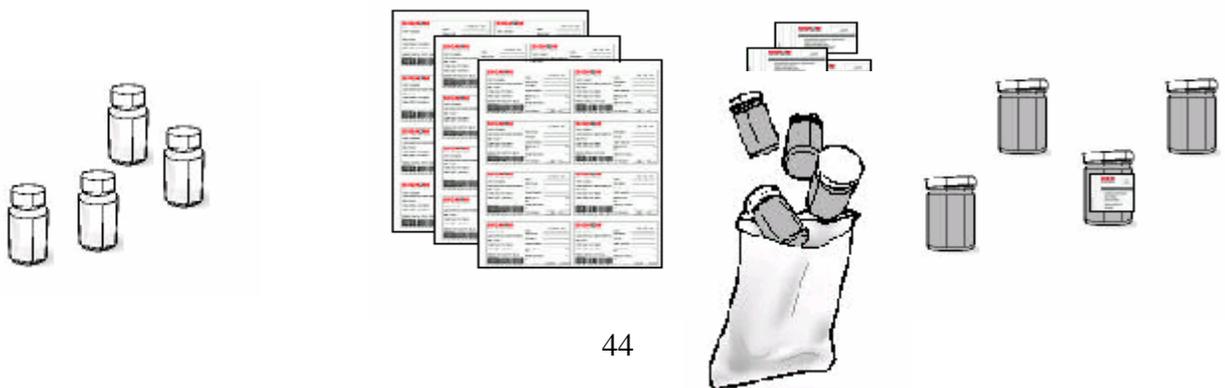
- Fabricante
- Modelo
- Tamaño
- Clasificación

Las muestras deben llevar información del lubricante que será muy importante:

- Descripción del sistema de purificación
- Punto en el que se tomo la muestra
- Tiempo de uso del aceite
- Rellenos (cantidad)
- Nombre del producto (marca de aceite)
- Grado o grados de viscosidad del aceite.
- Fecha de muestreo
- Se realizo cambio de aceite

Cualquier condición especial o problema específico del aceite debe ser mencionado también.

Figura 29. Kit de muestro



3.1.2 Envase para la muestra

Para facilitar el transporte, almacenamiento y manejo de las muestras de aceite se ha establecido que deben ser utilizados frascos plásticos de 300 mililitros.

El método para tomar muestra con una bomba de vacío (IU5718) o bomba similar, se requiere para sistemas de baja presión que no están equipados con válvula para toma de muestras. Recalamos la importancia de utilizar un trozo de tubo nuevo por cada toma de muestra, debido a la posibilidad que el hollín y los aditivos del aceite queden depositados en el tubo y contaminen otras muestras.

Figura 30. Envases de muestreo



3.1.3 Importancia del análisis

El análisis de aceite usado es una herramienta del mantenimiento preventivo que nos permite reducir averías y consiguientemente tiempos de parada, tiempos muertos, definir costos, así como también controlar el deterioro progresivo de un lubricante en servicio y determinar que factores presentes en el aceite aumentan la degradación.

Estos factores puede ocurrir por uno o más de los siguientes mecanismos:

Agotamiento de los aditivos: los aditivos se incorporan al lubricante para mejorar sus características en tales áreas como estabilidad a la oxidación, lubricidad, antidesgaste, antiherrumbre, características EP y propiedades de detergencia y dispersancia.

Los compuestos que imparten estas propiedades van siendo gradualmente usados durante el desarrollo de sus respectivas funciones. Cómo puede uno determinar si en un tiempo dado, el nivel de estos aditivos en el lubricante es seguro o no?.

Muchos de estos aditivos contienen un elemento inorgánico, como un metal, fósforo, nitrógeno, etc. Hay varios métodos analíticos disponible para determinar cuantitativamente estos elementos. Entre estos están la espectrografía de emisión , rayos X y aparatos de absorción atómica que han sido ampliamente usados este propósito. Sin embargo se debe tener precaución con respecto a la interpretación de estos datos, la sola presencia de estos elementos en la misma concentración presente en el lubricante cuando nuevo, no asegura un comportamiento asociado originalmente a estos elementos. Eso se debe al hecho que los aditivos sufren cambios químicos al desarrollar sus funciones sin que necesariamente se produzca un cambio en la concentración de un elemento en particular asociado con el aditivo. Normalmente, sin embargo, una reducción en la concentración de los elementos ocurre en el servicio y baja estas circunstancias los valores que se obtienen dan algún índice del agotamiento que el aditivo ha sufrido en un tiempo dado.

Un medio para evaluar tanto los cambios químicos y cambios en concentración que puede producirse durante el servicio es la espectroscopía infrarroja. En estos métodos se hace pasar luz infrarroja de longitud de onda variable a través de una delgada película de muestra. La absorbancia a una longitud de onda dada identifica la estructura molecular y la extensión de la absorbancia es una función de la concentración de la estructura en particular.

Los resultados obtenidos con la técnica infrarroja están sujetos a diferentes interpretaciones y dentro de ellas no se ha encontrado que sean suficientes para evaluar cuan agotado está el aditivo en un lubricante usado.

En resumen, al parecer el agotamiento de aditivos es difícil de evaluar con las actuales técnicas analíticas. Los únicos métodos confiables para medir este factor son ensayos de comportamiento del aceite usado. Esto determinará la posibilidad de protección en categorías, tales como, resistencia a la oxidación, protección a la herrumbre y corrosión de descansos, dispersancia, etc.

Introducción de contaminantes: los contaminantes que llegan al lubricante representa otro medio de degradación del lubricante. En el caso de los aceites del motor, la fuente principal de estos materiales está en el paso de gases a través de los anillos hacia el cárter. Estos consisten principalmente en combustible no quemado, productos resultantes de la combustión suciedad del aire.

Estos contaminantes del aceite de motor son más específicamente ácidos orgánicos e inorgánicos, compuestos orgánicos oxigenados, carbón, combustible no quemado, varias sales de plomo inorgánicas en caso que la gasolina contenga compuestos de plomo antidetonantes, y compuestos de sílice proveniente del aire sucio de entrada.

3.1.4 Análisis de aceite rutinario

Se han desarrollado ensayos para medir la acumulación de los varios contaminantes en el lubricante. Algunos de los más usados son los siguientes:

Contenido de insolubles El método ASTM D893 es ampliamente usado para la determinación de insolubles en pentano y benceno normales en los aceites lubricantes usados, tiene un papel importante en el análisis de contaminación. La prueba esta basada en las diferencias en los efectos de los solventes diferentes.

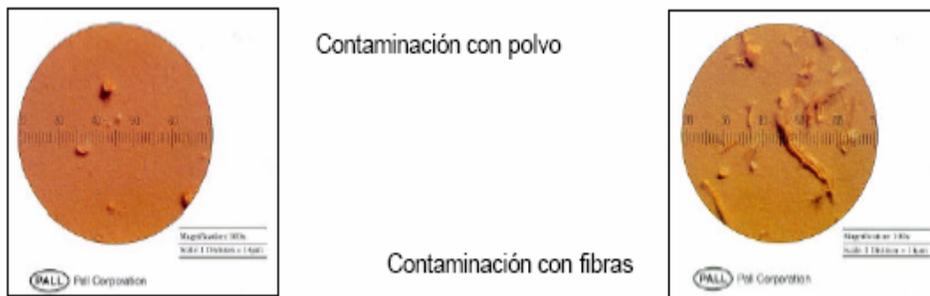
Cuando el aceite es diluido suficientemente en pentano, éste pierde su poder solvente por la acción de ciertas resinas oxidantes, que por lo general se mantienen en solución. Estas resinas pueden ser precipitadas. Además, la dilución con pentano ayuda a sedimentar los materiales suspendidos en el aceite. Entre el aceite existen resinas de oxidación que no son solubles en el aceite, como también materias extrañas, polvo, partículas de metal desgastado y hollín. Todos

los contaminantes que pueden ser separados del aceite por precipitación y sedimentación, son asignados como insolubles en pentano.

Estos productos insolubles en pentano deben ser tratados con una solución de benceno, la cual disuelve las resinas de oxidación dejando la materia extraña en su estado sólido. Esta cantidad final de precipitado, será por consiguiente hollín, polvo y partículas de metal que se conocen como insolubles en benceno. Obviamente, la diferencia entre las cantidades de insolubles en pentano y en benceno, es en realidad la cantidad de resinas de oxidación en el aceite. Esta diferencia es llamada resinas insolubles, indicando que son insolubles en pentano. Con esta prueba se obtienen tres datos, a saber:

1. Insolubles en pentano: la cantidad total de materiales insolubles en pentano; resinas de oxidación más materia extraña.
2. Insolubles en benceno: materia extraña.
3. Resinas insolubles: productos de oxidación; insolubles en pentano menos insolubles en benceno.

Figura 31. Contenido de insolubles



Número Ácido Total (TAN) Un aceite de petróleo puede presentar características ácidas o alcalinas (básicas), dependiendo de su origen, proceso de refinación o deterioro en servicio. Los datos sobre la naturaleza y la extensión de estas características pueden ser obtenidos por el número de neutralización de los

productos, o el "número neutro" como usualmente se le conoce. Los dos métodos principales para evaluar el número de neutralización son el ASTM D 664 y el D 974. Aunque los resultados de las pruebas son similares, estas son idénticas y cualquier reporte de resultados debe ir acompañado del método utilizado.

Acidez y Alcalinidad: estos dos términos están relacionados con la disociación, un fenómeno de las soluciones acuosas. La disociación es una forma de ionización, lo cual es un rompimiento natural de las moléculas en iones positivos y negativos. Si la composición química de las soluciones acuosas es tal que iones de hidrógeno (positivos) son más numerosos que los iones hidróxilos (negativos), la solución es considerada ácida; en el caso contrario se dice que la solución es alcalina o básica. Un mayor exceso de cualquiera de estos dos iones, mayor es la acidez o alcalinidad de la solución. Si la cantidad de iones hidrógeno e hidróxilo son iguales, la solución es por definición neutra.

Titulación: debido a que la acidez y la alcalinidad son características opuestas, una solución ácida puede ser neutralizada opuestas, una solución ácida puede ser neutralizada (o hecha más alcalina) mediante la adición de una base. Lo contrario también se puede lograr. En ambos casos, la neutralización va acompañada de titulación, la adición gradual de un reactivo hasta que un punto final específico es logrado. La cantidad de material ácido o básico en una solución puede ser medida en términos de la cantidad de reactivo agregado. Sin embargo, como los aceites de petróleo no son soluciones acuosas, no puede decirse que son alcalinos o ácidos. A pesar de todo, esto puede ser modificado para que presenten estas propiedades, mediante la adición de agua - más alcohol para extraer los compuestos ácidos o alcalinos solubles en aceite de la muestra y para disolverlos en agua. Este principio es utilizado en la determinación del punto de neutralización.

PH: la acidez o alcalinidad pueden también ser expresadas de acuerdo con la escala del pH donde el cero representa la máxima acidez y el 14 la máxima alcalinidad y siete la neutralidad. El valor de pH de una solución puede ser determinada electrolíticamente. Cuando dos electrodos de diferentes materiales son sumergidos en la solución, un pequeño potencial eléctrico (voltaje) es generado entre ellos y la magnitud y polaridad de este potencial puede ser relacionado directamente con el valor del pH.

Alcalinidad Total (TBN): el número base total de un lubricante, medido por los métodos ASTM D 644 y D 2896, se define como la cantidad de ácido clorhídrico (D644) o la cantidad de ácido perclórico (D2896) expresada en términos del número equivalente de miligramos de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar todos los componentes básicos presentes en 1 gramo de muestra. En esencia, es una medida del potencial del aceite para neutralizar ácidos fuertes tales como ácidos minerales derivados del azufre, cloro y bromo.

Surge la pregunta de cual es la relación entre el Número Base Total (TBN) y el comportamiento del lubricante. Edgar J.A. estudio en 1957 el control del desgaste en pistones de motores de combustión interna en relación a la lubricación. Entre otras cosas, encontró que bajo condiciones corrosivas, la velocidad del desgaste es una función directa de la alcalinidad del aceite del cárter medida al mismo tiempo que se determina la rapidez de desgaste. Bajo esta condición el desgaste corrosivo fue eliminado para propósitos prácticos manteniendo un TBN sobre 1.

Siegel y Partridge posteriormente en el año 1967 estudiaron el desgaste corrosivo en anillos con lubricantes modernos y metalurgia de anillos. Ellos encontraron que los anillos de cromo y molibdeno son insensibles a la composición del lubricante, mientras que un anillo de hierro los lubricantes que contienen ciertos tipos de materiales alcalinos son efectivos en el control de desgaste corrosivo.

Nuestra experiencia también indica una relación directa entre TBN (D664) del lubricante y las características de comportamiento del motor, para garantizar lo anterior es recomendable mantener el TBN en valores mayores a la mitad de su valor original. En resumen la medida del TBN aparece significativa puesto que este factor puede influir en el comportamiento del motor. Valores altos de TBN pueden conducir a menor desgaste de anillos y camisas de los cilindros, como también menores depósitos de barniz en las partes críticas del motor.

Presencia de Glycol: cuando tenemos problemas con fugas en el sistema de enfriamiento existe la probabilidad que el lubricante se encuentre contaminado con glicol, el método ASTM D-2982 es el que define la presencia de etilen-glycol en un aceite de cárter. Es tan importante poder detectar la presencia de glycol en un lubricante de motor de combustión interna, ya que su existencia puede causar ácidos corrosivos que atacan principalmente a los metales blandos que forman los cojinetes, aumentando la presencia de barnices y barro, como también reduce la resistencia de la película de lubricante formada por el aceite, aumentando así el desgaste de las piezas internas del motor debido al contacto entre dos metales. Es muy necesario tomar acción tan pronto se informe de positiva la prueba.

Viscosidad: la viscosidad es probablemente la propiedad física más importante de un aceite lubricante de petróleo. Esta es la medida de las características de flujo del aceite, entre más espeso sea, mayor es la viscosidad y mayor su resistencia a fluir. El mecanismo, depende en gran parte de la viscosidad.

Para evaluar la viscosidad de un aceite, numéricamente, cualquiera de las muchas pruebas estándar pueden ser utilizadas. Aunque estas pruebas difieren unas de otras en mayor o menor grado, utilizan básicamente el mismo principio. Todas ellas miden el tiempo requerido por una cantidad específica del aceite, a una temperatura dada, para fluir por acción de la gravedad a través de un orificio o

estrangulamiento de dimensiones especificadas. Entre más espeso sea el aceite, mayor será el tiempo requerido para que pase.

Es importante tener control estricto de la temperatura. La viscosidad de cualquier aceite de petróleo aumenta cuando el aceite es enfriado y disminuye cuando éste es calentado. Por esta misma razón, el valor de la viscosidad de un aceite debe ir siempre acompañado por el de la temperatura a la cual fue determinado. El valor de la viscosidad, por sí solo, no significa nada.

Los métodos más comunes para probar la viscosidad de un aceite son Saybolt y el cinemático. De estos dos el que se encuentra más frecuentemente asociado con los aceites es el Saybolt (ASTM D 88). Sin embargo, el método cinemático (ASTM D 445) se considera más preciso. Existe también los métodos Redwood y Engler, usados ampliamente en Europa, pero de muy poca utilización en los Estados Unidos. Cada una de las pruebas requiere de su propio aparato (viscosímetro).

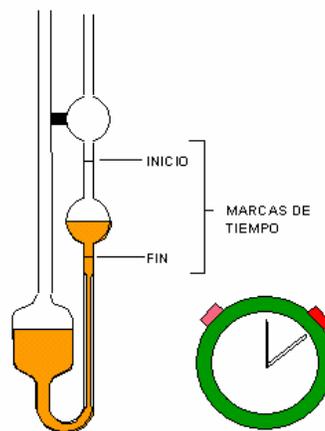
Aparatos: el viscosímetro Saybolt Universal es utilizado para aceites de baja y medias viscosidades. Consiste de un recipiente cilíndrico para la muestra de aceite y un frasco de contención, colocado abajo para reducir y medir el aceite descargado del recipiente. En la parte inferior del recipiente existe un orificio de dimensiones específicas, a través del cual fluye el aceite. El flujo de aceite es controlado por una válvula.

El recipiente con el aceite está enchaquetado con un baño de agua para facilitar que la temperatura del aceite se mantenga constante. La temperaturas son controladas por dos termómetros, uno colocado en el aceite y otro en el baño. Para ajustar la temperatura se utiliza una fuente externa de calor, la cual es aplicada al baño. El tiempo de flujo del aceite hasta el frasco receptor es tomado con un cronómetro.

Para los aceites muy viscosos, se utiliza el viscosímetro Saybolt Furol. Este aparato difiere de la viscosímetro Saybolt Universal, únicamente en el diámetro del orificio por donde escurre el aceite. Para aceites pesados, un orificio más largo reduce el tiempo de flujo, el cual puede ser medido sin dificultad.

El viscosímetro cinemático ejerce las mismas funciones que el viscosímetro Saybolt, aunque su construcción es bastante diferente. La viscosidad cinemática es usualmente medida por el instrumento Ubbelohde, una especie de tubo en U con cierto número de bulbos y estrangulamientos que le han sido incorporados. Cada tubo está relacionado de acuerdo con la velocidad a la cual el agua pasa a través de él, existiendo por consiguiente varias clases de tubos, para diferentes rangos de viscosidad del aceite.

Figura 32. Viscosímetro cinemático



La viscosidad cinemática, su medida se basa en el tiempo que toma un cierto volumen en fluir por un capilar a una temperatura dada. Se reporta en centistokes (cSt) a cierta temperatura a 100 °C representa operación a alta temperatura, consumo de aceite y grado SAE (equipo automotor). Su fórmula es: viscosidad cinemática, en $cSt = C \times T$; donde C es la constante de calibración del viscosímetro y T el tiempo observado del flujo. El valor obtenido por esta fórmula es reportado en centistokes.

Los equipos Redwood y Engler son en general, del mismo tipo que los Saybolt.

Contenido de agua: los aceites lubricantes para lograr un mejor desempeño no deben contener agua, sin embargo dada las circunstancias de operación y el ambiente de trabajo es posible que en algunos casos sea inevitable la

contaminación. Detectar a tiempo la presencia de agua es muy necesario particularmente cuando estamos trabajando con un aceite de motor.

El origen del agua generalmente puede provenir de los sistemas de enfriamiento, condensación y contaminación externa. La presencia de agua en el aceite causa corrosión por formación de ácidos, puede aumentar la viscosidad del aceite lubricante por la formación de emulsiones, descomposición temprana del lubricante y generar taponamientos en los filtros. En los aceites lubricantes de usos industriales el contenido máximo agua permisible es de un 0.1% en peso. Para los aceites automotrices el máximo permisible de contenido de agua es de 0.2% en peso, un valor mayor a lo indicado causa severos daños a los equipos.

Los métodos mas comunes para identificar el contenido de agua en los aceites son los siguientes:

Método ASTM (D-95), también llamado Karl Fisher o de porcentaje de volumen, este método es el utilizado por la mayoría para determinar el contenido de agua, ya que nos da un número cuantitativo en partes por millón (ppm) de volumen.

Otro método es el de la plancha caliente (Crackle Test) generalmente es un ensayo inicial que indica la presencia de agua (pasa/ no pasa), los aceites que salen con indicios son llevados posteriormente al método Karl Fisher para cuantificar que porcentaje de volumen es agua.

Desgastes: el desgaste es el fenómeno que más afecta la productividad de las máquinas ya que obliga a su detención ya sea de manera programada ó intempestiva cuando alguno de sus componentes falla de manera catastrófica. En los componentes de las máquinas se presentan algunos tipos de desgaste como el erosivo y abrasivo que de manera silenciosa van desgastando sus superficies de fricción sin que el usuario en la mayoría de los casos detecte a tiempo condiciones anormales en su funcionamiento, las cuales conllevan inexorablemente a su deterioro, pérdida de tolerancias, a un comportamiento errático y por consiguiente a su reemplazo. No obstante a pesar de que es difícil en la práctica detectar los desgastes erosivo, sin embargo, el aceite se puede monitorear periódicamente

mediante un conteo de partículas, el cual permite conocer la cantidad de partículas sólidas y metálicas clasificadas por su tamaño y material localizado en el aceite; si la cantidad de partículas es por encima del valor máximo permisible para el mecanismo que el aceite lubrica, es necesario filtrar ó cambiar el aceite para evitar que se presente el desgaste.

Todos los análisis de aceite de motor usado reportan elementos de materiales de desgaste. Lo más importante es minimizar ese desgaste a través de un programa de mantenimiento proactivo.

Para reducir el desgaste a través del análisis de aceite usado, tenemos que entender de qué partes del motor provienen esas partículas presentes. Existen muchos diseños de motores, que utilizan variedades en metalurgia de sus componentes, pero en general los componentes de los motores vienen contruidos así; bujes, cojinetes de árbol de levas, martillo, pasadores y pistones, bronce; mientras los cojinetes de biela y bancada que reciben mayores fuerzas son de dos o tres metales. La última capa normalmente es de plomo para gastarse en el asentado del motor y dejar mejor circulación del aceite sin turbulencias.

Figura 33. Desgaste de un componente



Analizaremos en forma de ejemplo un motor normal.

Hierro: 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 el 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 el 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 logre controlarla.

Desgaste de anillos y cilindros: cada hora que el motor esta 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 viaja 6 kilómetros raspando las paredes. Si el aceite pierde su viscosidad, el desgaste es severo. Si el aceite está contaminado, los contaminantes rayan las paredes. Mucha de esta lubricación es hidrodinámica, dependiendo de la viscosidad para evitar el desgaste. Cuando falla la lubricación hidrodinámica los anillos dependen de los aditivos anti-desgaste que proveen lubricación límite. El trabajo del anillo superior es barrer el aceite al bajar en el cilindro, dejando las paredes secas para la combustión. Este anillo depende 100% de la lubricación límite.

Desgaste de bomba de aceite: la bomba de aceite solamente puede gastarse si existe contaminación del aceite, niveles bajos de aceite (falta de lubricación), o niveles 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 de las presiones, sino la lubricación

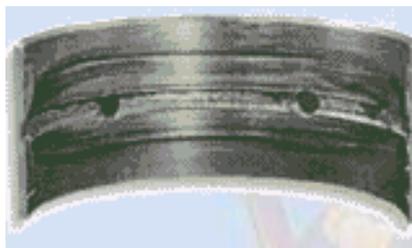
hidrodinámica y la contaminación. Alto contenido de hollín o tierra causa desgaste severo de las piezas.

Cobre: normalmente viene de cojinetes, bujes, enfriadores de aceite, arandela de empuje, guías de válvula y bujes de biela.

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 velocidades de lubricante, 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 sobre carga, el cojinete roza contra su contraparte (el cigüeñal, biela, etc.) y desgasta.

Figura 34. Desgaste de un cojinete



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

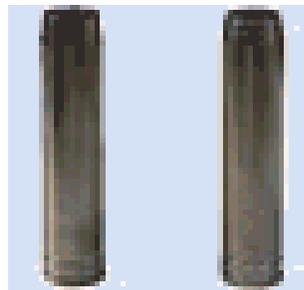
sobrecargamos tratando de acelerar rápidamente o subir las cuestas. Este desgaste normalmente aparece como cobre.

Figura 35. Desgaste de arandelas de empuje



Desgaste de guías de válvulas: las guías de las 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.

Figura 36. Desgaste de guías de válvulas



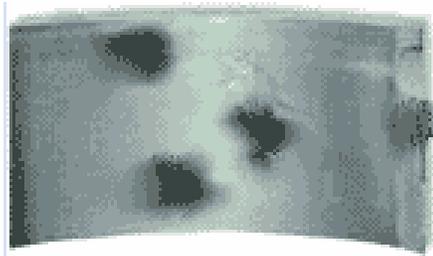
Corrosión: el enfriador de aceite (si tiene) es sujeto a corrosión por los ácidos y la humedad en el aceite. Esto es mayor cuando el motor es utilizado en viajes

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 uso (invierno, entre cosechas, etc.).

Plomo: el plomo viene de cojinetes, volantes de empuje, bujes de bielas. También puede llegar en la gasolina.

La causa más común del plomo en el aceite es la corrosión de los cojinetes en motores que son guardados un mes o mas con aceite semi-usado o sucio. Los contaminantes y los ácidos que se forman en el aceite causan corrosión cuando no esta circulando para refrescar los aditivos en contacto con los cojinetes. Observamos mucha corrosión de cojinetes en equipos agrícolas y equipo de construcción que se utilizan en ciertos periodos del año y se guardan meses sin usar.

Figura 37. Desgaste de plomo



Aluminio: 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 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.

Cromo: el cromo viene de la camisa, las válvulas de escape, los anillos, y algunos cojinetes. El desgaste de cromo normalmente se origina con la contaminación del aceite.

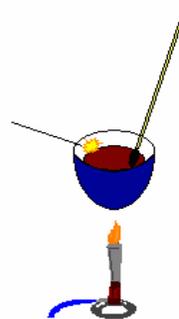
Estaño: el estaño viene de las aleaciones de metales en los cojinetes y bujes (varios) y voladas de empuje. Estos dependen 100% de la lubricación hidrodinámica.

Plata: acabado de cojinetes, soldaduras y algunos cojinetes de aguja.

Punto de inflamación: tanto el punto de chispa como el de encendido de un líquido de petróleo son básicamente medidas de inflamabilidad. El punto de chispa es la temperatura mínima a la cual el líquido está suficientemente evaporado para crear una mezcla de aire y combustible, para arder si es encendida. Como su nombre lo indica, la combustión a esta temperatura sólo se mantiene por un instante. Por el contrario, el punto de encendido significa algo más, este es la temperatura a la cual el vapor es generado a una velocidad lo suficiente constante, para mantener la combustión. En ambos casos, la combustión es solamente posible cuando la velocidad de vapor de combustible y de aire, se encuentra dentro de ciertos límites. Una mezcla que sea muy pobre o muy rica, no quemará.

La practica de las pruebas del punto de chispa y de encendido, fue originalmente aplicada al Kerosene para indicar su potencia de riesgo de fuego. Desde entonces, el objetivo ha sido ampliado para incluir aceites lubricantes y otros productos del petróleo. Aunque ha sido una costumbre indicar el punto de chispa (y algunas veces el encendido) como datos de lubricantes, estas propiedades no son en realidad lo que parecen ser. Solamente en condiciones especiales, el aceite lubricante tiene riesgo de encenderse. Sin embargo, las características de evaporación por estar en estrecha relación, los puntos de chispa y encendido dan, a grosso modo, una indicación de la volatilidad y de otras propiedades.

Figura 38. Prueba de punto de inflamación



El punto de encendido de un aceite lubricante convencional está estrechamente ligado con el punto de chispa, que es usualmente eliminado de la hoja de datos. Para un producto comercial ordinario, el punto de encendido se encuentra 50°F por encima del punto de chispa. Sin embargo, estos dos valores no deben confundirse con la temperatura de auto-ignición, la cual es completamente diferente.

3.1.5 Análisis de aceite no rutinario:

Los parámetros o valores que no es tan común encontrar en un análisis de aceite usado o no son pertinentes para la muestra analizada, son denominados como no rutinarios, estos valores es necesario solicitarlo al laboratorio que analiza las muestras para poder encontrarlos en el reporte que es generado, con ello se estará analizando una parte de la muestra a través de un método adicional que determinara a profundidad el estado de la muestra generando unos resultados mas concretos del análisis, los mas comunes son:

Infrarrojo: identifica grupo de hidrocarburos, investiga la química del aceite usado, mide la oxidación mediante el contenido de los productos que originan oxidación. Mide la absorción infrarroja mediante varias longitudes de diferentes tamaños de onda:

2.9 μm	Agua.
3.5 μm	Contaminación de un lubricante sintético con hidrocarburos.
5.8 μm	Oxidación.
6.1 μm	Nitración.
9.6 μm	Contaminación con glicol.

Puede identificar el uso de un lubricante incorrecto, mediante la contaminación y degradación de aditivos.

Absorción Atómica: análisis elemental por espectroscopia de emisión atómica, que mide la cantidad de los iones metálicos existentes en partes por millón por peso (ppm) disueltos en el lubricante, mide partículas de un tamaño de hasta 10 μm de diferentes metales y aleaciones que indiquen su origen y componente. Se requieren datos analíticos y circunstanciales para una correcta evaluación, interpretación y entendimiento de los contaminantes que puedan determinar una

evaluación, por lo cual es necesario su utilización cuando se requiere de finir cantidades específicas de metales.

Estos elementos representan partículas por rozamiento o desgaste severo, como también contaminantes y aditivos del lubricante que indican la cantidad de aditivos metálicos que existen en la muestra analizada.

Cromatografía: la formación de espuma en los sistemas de aceite es una condición severa en servicio, que puede interferir, con el rendimiento satisfactorio del mismo sistema y aun permitir el daño del equipo.

Mientras que los aceites minerales puros no son particularmente propensos a la espumación, la presencia de aditivos y el efecto de otros compuestos, cambian las propiedades de la superficie del aceite, incrementando su susceptibilidad a la formación de espuma, cuando las condiciones son tales mezclas de aire y aceite. Aditivos especiales le imparten al aceite resistencia a la espumación.

Las características de espumación de los aceites lubricantes a temperaturas específicas, son determinadas por el método ASTM D 892.

Índice de Conteo de Partículas: prueba adicional a ICPES (Espectrómetro de Emisión Inductivamente Acoplado Plasma), descubre partículas mayores a 10µm no detectadas por el ICPES, motores con velocidades de trabajo altas y medianas deberán de mantener un valor no mayor de 40.

Este método de prueba descubre en terminados momentos elementos de los aditivos agregados al lubricante, como lo pueden ser calcio y zinc, pero su principal característica es determinar los contaminantes en aceite usado, los cuales son seleccionados específicamente en el laboratorio.

RFD (Residuos de Combustible no Disueltos): número sin unidades que muestra la cantidad de combustible no quemado (crudo), La llave del método es el hecho que el vanadio presente en el combustible no quemado es gran parte, sino

completamente vanadio pentoxide que es paramagnético y tiene cierta atracción a campos magnéticos. El proceso de combustión oxida al vanadio pentoxide y este se convierte en campo diamagnético que tiende a tener alguna repulsión con los campos magnéticos.

La diferencia que queda entre las dos clases de vanadio sometidos a una resonancia giratoria de electrones por medio de una espectroscopia es lo que da el valor de la muestra.

Normas ISO 4406 y NAS 1638: la cantidad de partículas presentes en una muestra de aceite se determinan mediante la utilización de un contador de partículas (funciona con una base óptica láser) que permite una medición absoluta de las partículas de $2\mu\text{m}$ en adelante (no especifica el tipo de material). Estos equipos trabajan de acuerdo con las normas internacionales de filtración ISO 4406 y NAS 16387; las más utilizadas en América es la ISO 4406 y en Europa la NAS 1638. La norma ISO 4406 clasifica las partículas en tamaños de $2\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$ y $15\mu\text{m}$. Para poder evaluar si un aceite que esta trabajando en una máquina cumple con los estándares de limpieza requeridos para evitar que en los mecanismos lubricados se presente desgaste erosivo y abrasivo por encima de los máximos permisibles, es necesario conocer primero cual es el código ISO de limpieza recomendado para el aceite esta por debajo del recomendado, los mecanismos lubricados estarán expuestos a menor desgaste y por el contrario si es mayor, los niveles de desgaste también lo serán y por lo tanto la vida de dichos mecanismos será tanto menor cuanto mayor sea el nivel de contaminación del aceite.

3.2 Parámetros de desgaste según fabricante del motor.

Luego de los numeroso ensayos realizados en los motores Cummins Serie N14, Cummins Engine Company Inc. ha trabajado una tabla de desgastes permisibles que evitaran las fallas severas en ejes de levas, cigüeñales, cilindros,

anillos de lubricación y tren de válvulas, con los siguientes parámetros el propietario de la unidad garantizara la una vida útil del motor superior a la ofrecida. Por lo cual es muy importante apearse a ella la mejor posible.

Tabla V. Parámetros de desgaste según fabricante de motor

Fe	Cr	Al	Cu	Pb	Sn	Mo	Ti	Sb	Ag	Si	Na	Fuel Soot	TBN	V cSs	Oxi
60	8	10	20	30	20	8	5	5	5	15	30	1.2	5	13.5	0.3

3.3 Intervalos de servicio del lubricante sintético.

Con la implementación del aceite sintético ESSOLUBE ELITE 15W40, se inicio con un nuevo procedimiento de muestreo para la unidad, que consistía de la siguiente manera:

Primer muestreo de la unidad se realizo a los 7500 km. Este análisis nos garantizaría la utilización de un aceite sintético, ya que un aceite mineral mostraría una tendencia a la baja, pues estaría trabajando a la mitad del intervalo vida de su servicio.

El segundo muestreo de la unidad se realizo a los 15000 km. Tiempo máximo de servicio que la unidad había trabado con lubricante mineral.

Un tercer muestreo se realizo a los 23000 km. Intervalo que se tomo para determinar el cuidado de la unidad y garantizar la prueba.

El ultimo intervalo de muestreo se realizo a los 30000 km. Intervalo de servicio que se tomo como punto optimo para la prueba de este motor, ya que en este rango la unidad aun se encuentra por debajo de los parámetros de desgaste que solicita el fabricante del equipo trabaje la unidad antes de entrar a servicio, lo

que nos garantiza que estamos cuidando los componentes del motor y alargando los intervalos de servicio.

3.4 Lubricante sintético para motores diesel.

Aceite de rendimiento supremo para motores diesel de servicio pesado.

Descripción:

ESSOLUBE XD-3 ELITE 15W-40 es un aceite sintético de rendimiento supremo para motores diesel de servicio pesado que ayuda a prolongar la vida útil de los modernos motores diesel utilizados en aplicaciones de trabajo pesado, al tiempo que permite alargar los intervalos de cambio de aceite, y ahorrar combustible. En su fabricación se utiliza tecnología de última generación a fin de lograr un excepcional rendimiento en los modernos motores de baja emisión, incluidas las unidades refrigeradas, así como en motores más antiguos en buenas condiciones de mantenimiento. ESSOLUBE XD-3 ELITE 15W-40 se recomienda para uso en una amplia gama de aplicaciones de servicio pesado y de entornos de trabajo que se pueden encontrar en la industria del transporte por carretera y en la industria de la minería, la construcción y la agricultura. ESSOLUBE XD-3 ELITE 15W-40 también cumple la especificación API SL para los motores de gasolina empleados en flotas mixtas.

Las cualidades de rendimiento sin igual de ESSOLUBE XD-3 ELITE 15W-40 son el resultado del extenso trabajo de desarrollo en colaboración con los principales fabricantes de equipos, junto con el empleo de las más modernas tecnologías en el campo de la lubricación. Como consecuencia este producto cumple o excede las más recientes especificaciones de motores americanos como lo es Caterpillar, Detroit y Cummins.

Propiedades y beneficios

Muchos de los motores diesel modernos de bajas emisiones generan mayores niveles de hollín y funcionan a temperaturas más altas que los motores más antiguos. Esto aumenta significativamente la necesidad de contar con un lubricante de rendimiento supremo. Los actuales motores de diseño más reducido disminuyen el consumo de aceite, lo que da lugar a una menor producción de aceite fresco para reabastecer los aditivos que se han agotado. Los aros superiores de los pistones están situados en una posición más alta, lo que hace que la película de aceite se encuentre más próxima a la cámara de combustión y que el lubricante este expuesto a un intenso estrés térmico. ESSOLUBE XD-3 ELITE 15W-40 mantiene un excepcional rendimiento a temperaturas significativamente más altas que otros aceites de alto rendimiento para motores diesel. Asimismo, es totalmente compatible con los aceites convencionales. Sus beneficios claves son:

- Cumple y excede las especificaciones de los principales fabricantes.
- Excepcional estabilidad térmica y frente a la oxidación.
- Mayor resistencia de la película a altas temperaturas.
- Baja volatilidad.
- Mejor reserva de calidad de TBN.
- Capacidad para permitir largos intervalos de servicio.
- Compatibilidad con los componentes y sellos.

Aplicaciones

ESSOLUBE XD-3 ELITE 15W-40 se recomienda para uso en todas las aplicaciones diesel de alto rendimiento, incluidos los modernos diseños de motores de baja emisión con recirculación de los gases de escape (EGR, por sus siglas en inglés). Entre estas aplicaciones se encuentran:

- Motores de transporte en carretera sometidos a altas velocidades y a frecuentes paradas y arranques.
- Motores sometidos a bajas velocidades y altas cargas.
- Unidades de refrigeración.
- Motores modernos de gasolina de alto rendimiento y flotas mixtas

Tabla VI. Especificaciones y aprobaciones

API	CI-4PLUS/CI-4/CH-4/CG-4/CF-4/SL/SJ
Cummins CES 20078/20076	X
Mack EO-N Premium Plus 03, EO-M Plus	X
Volvo VDS-3, VDS-2	X
Caterpillar ECF-1	X
Detroit Diesel Power Guard Oil Specification	X
Viscosidad cinemática en cSt a 100° C	15.6
Viscosidad SAE	15W-40
Densidad a 15°C en Kg/L	0.870
Punto de inflamación (°C)	228
Punto de fluidez en (°C)	-30
Indice de viscosidad	138
TBN en mgKOH/g	12
Cenizas sulfatadas	1.3

4. COMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Comparación de las variables de desgaste

La implementación de un aceite sintético en equipos rotativos es mas compleja de lo que aparentemente parece; en la mayoría de los casos los usuarios pasan por alto muchos detalles importantes, que pueden conducir a una falla de la implementación del proyecto, o bien a resultados muy por debajo de los esperados, generando frustraciones que conllevan a que en el futuro no se vuelva a analizar la posibilidad de utilizar este tipo de lubricantes. Quizás el aspecto más importante que por lo regular no se tiene en cuenta al momento, es de no tener claro el porqué se desea utilizar un aceite sintético, verdaderamente esto obedece a una necesidad ó simple curiosidad debido a que insistentemente hoy, mas que en ninguna otra época, se habla del tema como una alternativa para ampliar los cambios de aceite en los equipos y minimizar los costos de operaciones a largo plazo.

Cualquier que sea el objetivo bajo el cual se va a utilizar un aceite sintético en lugar de mineral, es muy importante tomar en cuenta el proceso de filtrado, con el cual se deben de mantener el mejor habito de verificación de filtros y efectuar el cambio cuando sea necesario según el programa de mantenimiento detallado por el fabricante del equipo, con el parámetro de filtración controlado y una buena aplicación del producto podemos decir que la implementación será todo un éxito, logrando así los resultados deseados como se detalla a continuación en la tabla de desgastes:

Tabla VII. Parámetros de comparación

Lubricante	He	Cr	Al	Cu	Pb	Sn	Mo	Sb	Ag	Si	Na	Fuel Soot	TBN	V cSt	Oxi
Mineral	33	3	2	4	4	0	0	0	0	5	5	0.4	5.4	13.84	11
Sintético	27	3	0	2	3	0	0	0	0	4	1	0.3	6.5	14.54	8
Diferencial	6	0	2	2	1	0	0	0	0	1	4	0.1	1.1	0.74	3

4.2 Análisis de costo de servicio

Durante la implementación del lubricante sintético ESSOLUBE ELITE 15W40 se logro reducir el costo de mantenimiento de la unidad que se estaba monitoreando, expuesto a los mismos parámetros de trabajo, respecto a distancias definidas, cargas de trabajo, ambiente desarrollado, puntos de entrega, calidad de manejo y combustible utilizado.

Los costos y análisis de la utilización del un lubricante sintético respecto del mineral se detallan y pueden servir de base en la toma de decisión para la implementación de una flota completa. Es muy importante tomar en consideración algunos servios e inspecciones que siempre se estarán realizando con los dos tipos de lubricante, pues estas son siempre definidas por el fabricante del equipo y el determina que se realicen cada cierto tiempo.

4.2.1 Costo de servicio lubricante mineral

Durante el tiempo que la unidad trabajo con lubricante mineral sus costos de operación por servicio en el rango de operación 80,000km fueron:

Tabla VIII. Costos de servicio de lubricante mineral

Periodo de Prueba	80,000km
Periodo de drene de lubricante	15,000km
Capacidad del carter	11 galones
Cambio de lubricante	Q. 2,842.99
Cambio de filtro de aceite	Q. 270.00
Cambio de filtro de aire	Q. 1,080.00
Costo por parada	Q. 288.00
Costo de mano de obra	Q. 198.00
Costo de Overhaul	Q. 6,650.00
Total	Q 11328.99

4.2.2 Costos de servicio lubricante sintético

Durante el tiempo que la unida trabajo con lubricante sintético sus costos de operación por servicios, en el rango de 80,000km fueron:

Tabla IX. Costos de servicio de lubricante sintético

Periodo de Prueba	80,000km
Periodo de drene de lubricante	30,000km
Capacidad del carter	11 galones
Cambio de lubricante	Q. 2,023.33
Cambio de filtros de aceite	Q. 270.00
Cambio de filtros de aire	Q. 1,080.00
Costo por parada	Q. 0.00
Costo de mano de obra	Q. 198.00
Costo de Overhaul	Q. 0.00
Total	Q. 3,571.33

CONCLUSIONES

1. Los lubricantes proporcionan funciones básicas, como el control de la fricción, temperatura, desgaste y corrosión. Los lubricantes sintéticos, deben ser utilizados donde una o más de esas funciones no pueden ser cubiertas por los lubricantes convencionales. Aplicaciones típicas para los lubricantes sintéticos incluyen ambientes de trabajo muy calientes, altas cargas y bajas velocidades, exposición a climas muy fríos.
2. La estructura molecular uniforme de los aceites sintéticos, proporciona una mayor resistencia a la ruptura, por lo cual genera menor desgaste en el motor y una mejor eficiencia en su rendimiento, logrando así, alargar la vida útil del equipo y mejorar los costos de mantenimiento.
3. Los lubricantes sintéticos son los productos más avanzados, elaborados por la industria de los aceites lubricantes, que cumplen y exceden las últimas clasificaciones de los fabricantes de los equipos y pueden ser muy bien utilizados tanto en equipos nuevos o no tan nuevos pero bien cuidados.
4. Las principales ventajas en el desempeño de los aceites sintéticos es su aplicación en un amplio rango de temperaturas de servicio. Poseen gran estabilidad térmica bajo una gran variedad de temperaturas de operación, ya que su índice de viscosidad es mayor que el de un mineral.
5. Aunque al inicio el costo del lubricante sintético es mayor que el mineral, los beneficios obtenidos a largo plazo son mayores, debido al menor desgaste de las partes del motor se logra alargar la vida útil de los componentes.

6. Al utilizar un aceite sintético se mejora el proceso de lubricación de los motores.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar un aceite sintético en los equipos bien cuidados.
2. Para un buen desempeño efectuar los cambios de filtros de aceite, combustible y aire cada vez que sugiera el fabricante de los equipos.
3. Si se tiene problemas con temperaturas elevadas de trabajo, cargas excesivas con velocidades bajas, es necesario la utilización de un aceite sintético.
4. Para incrementar la vida útil de los componentes del motor, minimizar el desgaste en el equipo y mejora la eficiencia de la flota, se necesita de la utilización de un aceite sintético.
5. Utilizando un aceite sintético se cumple con los últimos requerimientos de los fabricantes de los motores.
6. Para la selección de un aceite lubricante es necesario verificar las especificaciones que este cumple, entre más especificaciones cumpla será mejor el lubricante.
7. Si se trabaja con motores de la serie N-14 es necesario que el aceite que se utilice cumpla las especificaciones de motores diesel y gasolina.

BIBLIOGRAFÍA

1. ExxonMobil (2000) **Control de Calidad: Su aplicación a productos del Petróleo**. Estados Unidos. Corporación ExxonMobil.
2. Cummins (1992) **Familiarización de los Sistemas del Motor N14**. México Boletín 3387710, Cummins Engine Co. Inc.
3. Noria (2001) **Sourcebook for Used Oil Elements**, USA, Noria.
4. CTC (2002) **Oil Analysis Troubleshooting Guide**. USA, CTC Analytical Services Inc.
5. SAE (1998) **Extended Oil Drain Performance Capabilities of Diesel Engine Oil**. USA SAE Technical Paper Series 982718, SAE International.
6. ExxonMobil (1990) **Análisis de Aceite Usado su Significado**. Estados Unidos, Corporación ExxonMobil.
7. Shell Guatemala (2004) **Manual Técnico de Lubricantes Industriales**. Guatemala, Shell Guatemala.
8. Widman (2005), **Interpretación de los Resultados de Análisis de Aceite Usado**. [En Red] Disponible en:
http://www.widman.biz/Analisis/Interpretación/header_interpretacion.html
(07/22/05)

9. Sisbib (2004), **Diagnóstico Técnico de Motores Diesel Mediante el Análisis Estadístico del Aceite Lubricante.** [En Red] Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/hidraulica_mecanica/.../dianostico.ht (11/11/05)
10. Signum Oil Analysis(2003), **Test Option Descriptions.** USA. ExxonMobil Corporation.
11. Eugene A. Avollone, y Theodore Baumeister III. (1998) **Manual del Ingeniero Mecánico.** México. McGraw-Hill.
12. B.M. Pirro & A.A. Wessol (2001) **Lubrication Fundamentals.** USA, Second Edition.
13. http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/DATABASE.CART/REDLINE_PA_GE/D518...(12/07/05)