

T
623.87
NED



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE ACEITE USADO EN
MOTORES A DIESEL DE USO MARINO**

TESIS DE GRADO

Previa obtención del Título de

INGENIERO NAVAL



D-31645

Presentado por:

Carlos Néder Muñoz

Guayaquil – Ecuador



2003

AGRADECIMIENTO.



Al Ph. D. José Marín López, Director de Tesis, sin su apoyo y colaboración no habría sido posible la culminación de este trabajo.

A todos los profesores de la FIMCM, por su constante dedicación, paciencia y sabias enseñanzas con quienes pasamos por sus cátedras.

DEDICATORIA



A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI HIJO



DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos **en** este Informe Técnico, corresponden exclusivamente a su autor, y, el patrimonio intelectual del mismo, a la “ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

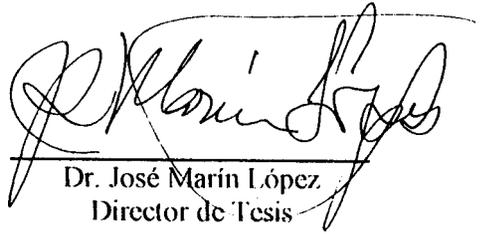
(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la
ESPOL)


Carlos Néder Muñoz

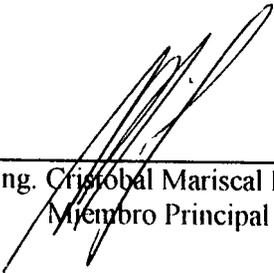
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



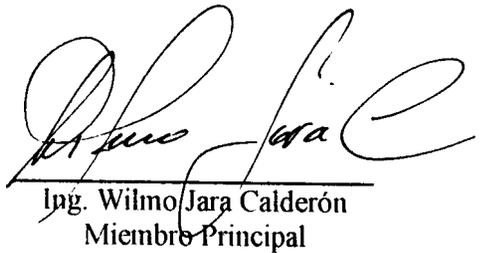
Ing. Bolívar Vaca Romo
Presidente del Tribunal



Dr. José Marín López
Director de Tesis



Ing. Cristóbal Mariscal Díaz
Miembro Principal



Ing. Wilmo Jara Calderón
Miembro Principal



RESUMEN

El principal parámetro que determina la vida útil de un motor de combustión interna es el lubricante, el que está compuesto usualmente de uno o dos tipos de aceites básicos, más un paquete de aditivos (suma de varios aditivos). Entre los principales aditivos se tiene: inehorador del índice de viscosidad, depresor del punto de congelación, anti-oxidantes, anticorrosivos, antiherrumbre, detergentes, dispersantes, antiespumantes, emulsionantes, y, aditivos de extrema presión. La selección de los básicos y aditivos que se emplearán en la elaboración de un lubricante (formulación), dependerá del ambiente o tipo de trabajo que este deba realizar.

Para seleccionar un aceite de motor, se recomienda primero guiarse por el manual del fabricante de dicha máquina, en donde se indicará la viscosidad y el nivel de servicio o calidad que deberá tener el lubricante seleccionado. Dependerá de la correcta selección del lubricante que la razón de desgaste de las piezas del motor esté dentro de un rango normal, esto se puede medir en base al análisis del aceite usado en el motor, determinando la concentración, en partes por millón, de los elementos de desgaste de las piezas del motor como: hierro, cobre, cromo, aluminio, plomo y silicio. .

El análisis de aceite permite obtener un mayor rendimiento del lubricante, extendiendo los intervalos de drenaje o cambio de aceite, al determinar elementos contaminantes como: residuos metálicos del desgaste de piezas del motor, polvo, niveles de

hollín, oxidación y azufre en el lubricante, presencia de agua o combustible. Por esto, es muy importante el obtener una muestra verdaderamente representativa del aceite de motor, teniendo entre los principales métodos de toma de muestra: tapón de drenaje, pistola de muestreo, y, la válvula o grifo.

Las pruebas de laboratorio que se practican en las muestras de aceite usado, son usualmente de análisis de desgaste, que se realiza con un espectrofotómetro de absorción atómica, el que identifica y mide la concentración de elementos de desgaste del motor en el aceite. Las pruebas físicas, determinan la presencia de agua, a través de la utilización de una plancha caliente, y, combustible, con la ayuda de un probador de destello. El análisis del estado del aceite, determina y mide porcentualmente la cantidad de contaminantes como hollín, azufre y productos de oxidación y nitración, aunque puede también detectar la presencia de agua, combustible y anticongelante en el aceite; se realiza con la ayuda de un equipo de análisis infrarrojo. Finalmente, a partir de la experiencia con la aplicación del análisis de aceite se puede llegar a recomendar la condición del aceite de motor, es decir, concluyó la vida útil del lubricante, porque uno ó varios de los agentes contaminantes, sobrepasaron los límites permitidos; es posible en estos casos determinar la causa última de la condición de dicho lubricante.

INDICE GENERAL

RESUMEN	6
INDICE GENERAL	8
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE TABLAS	13
INTRODUCCIÓN	14
1.- LOS LUBRICANTES	16
1.1.- Fabricación de Aceites Lubricantes	16
1.2.- Aditivos Lubricantes y sus Propiedades	18
1.3.- Clasificación de los Aditivos	19
1.4.- Actuación de los Aditivos sobre las Propiedades Físicas y Químicas del Aceite	21
2.- LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA	29

2.1.- Condiciones a las que está Sometido un Aceite de Motor	29
2.2.- Funciones que deben Satisfacerlos Aceites de Motor	30
2.3.- Características Adecuadas para Cumplir estas Funciones	30
2.4.- Clasificación de los Aceites para Motor	31
2.5.- Componentes de Desgaste de los Motores	35
3.- ANALISIS DE ACEITE USADO	39
3.1.- Beneficios del Análisis de Aceite Usado	39
3.2.- Contaminación del Aceite de Motor	40
3.3.- Métodos para Tomar la Muestra de Aceite de Motor	46
3.4.- Pruebas Realizadas a la Muestra de Aceite	49
3.5.- Intervalo de Drenaje de Aceite	53
3.6.- Condenación de un Aceite de Motor	55
4.- ANALISIS DE PROBLEMAS TIPICOS	59
4.1.- Caso 1: Dilución de Aceite por Combustible en el Motor Propulsor de un Velero	59
4.2.- Caso 2: Contaminación del Aceite por Agua en la Máquina Auxiliar de un Barco Pesquero	63
4.3.- Caso 3: Condenación del Aceite por Excesivo Hollín	67

4.4.- Caso 4: Condenación del Aceite por un Agente Externo (Silicio)	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
ANEXOS	80
ANEXO A	81
ANEXO B	82
ANEXO C	83
ANEXO D	84
ANEXO E	85
ANEXO F	86
BIBLIOGRAFÍA	87



INDICE DE FIGURAS

1.- AREA DE MEZCLA	17
2.- LLENADORA DE LITROS	17
3.- LLENADORA DE BALDES	17
4.-SÍMBOLO A.P.I. “DONA”	32
5.- COMPONENTES DE DESGASTE DE LOS MOTORES	38
6.- COJINETES (Al)	41
7.- CAMISA	42
8.- SUMIDERO BOMBA ACEITE	42
9.- PISTON	43
10.- TAPON DE DRENAJE	47
11.- PISTOLA DE MUESTREO	48
12.- METODO DEL GRIFO	49
13.- ESPECTROFOTOMETRO	50
14.- PLANCHA CALIENTE	51
15.- PROBADOR DE DESTELLO (COPA ABIERTA)	52
16.- INFRARROJO	53
17.- MONITOR I.R.	53
18.- MAQ. PRINCIPAL (Bb)	60
19.- MAQ. PRINCIPAL (Eb)	60

20.- MAQ. AUXILIAR (A)	64
21.- MAQ. AUXILIAR (B)	64
22.- BOMBA-MOTOR	68
23.- MOTOR CAT 3306	68
24.- CURVA HOLLÍN – HORAS	71
25.- HOJA TECNICA CAT 3306	71
26.- CURVA DE RENDIMIENTO BOMBA L20DA	72
27.- BOMBA L20DA (DIBUJO DE CORTE)	72
28.- TRACTOR KOMATSU (A)	74
29.- TRACTOR KOMATSU (B)	74

INDICE DE TABLAS

1.- CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS	20
2.- CLASIFICACION A.P.I. DE ACEITES PARA MOTORES A GASOLINA	33
3.- CLASIFICACION A.P.I. DE ACEITES PARA MOTORES A DIESEL	34

INTRODUCCION

Uno de los principales rubros económicos dentro de un plan de mantenimiento, es el relacionado con la lubricación de la maquinaria, además es un factor fundamental para alargar la vida útil de los componentes y el buen desempeño de los mismos. Un plan de mantenimiento permite: reducir costos al disminuir los tiempos inactivos de la maquina, determinar tendencias de desgaste de los componentes, planificar futuras reparaciones, verificar las rutinas de mantenimiento, identificar elementos con posibles problemas, evaluar el rendimiento del aceite e incrementar los intervalos de cambio de aceite en el motor.

Dentro de un plan de mantenimiento, un programa periódico de análisis de aceite usado puede ser de gran ayuda, pues permite predecir problemas, antes de que estos sucedan, evitando reparaciones mayores o innecesarias; permite además programar reparaciones pequeñas, ayuda a reducir y aprovechar el tiempo inactivo, reduce costos, y, vigila y mejora el programa de mantenimiento. Debe acotarse que en el lenguaje técnico práctico, se entiende por análisis de aceite usado, el realizado sobre aceite que ha sido o está siendo utilizado en un motor, y no el de investigar la posibilidad de la de reutilizar o reciclar el aceite usado.

Por lo expuesto, el presente trabajo tiene por objetivo principal el de difundir conocimientos relacionados con lubricantes, y al mismo tiempo capacitar al lector para



realizar una selección adecuada, tomando como consideración inicial, las recomendaciones del fabricante en cuanto a viscosidad y nivel de servicio del lubricante. Luego impartir criterios que le permitan al lector realizar tanto la selección del lubricante como su plan de mantenimiento, basándose en resultados obtenidos en un laboratorio, a través de las pruebas realizadas al aceite usado. Finalmente difundir ciertas experiencias vividas por el autor respecto de la detección de problemas en el funcionamiento de motores, en función de los resultados del análisis del aceite usado.

CAPITULO 1

LOS LUBRICANTES

Se define como Lubricante a toda sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintética que pueda utilizarse para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento (2).

1.1.- FABRICACION DE ACEITES LUBRICANTES

Los procesos a seguir para la obtención de las distintas gamas de aceites lubricantes, tanto los tipos destinados a la industria como los de uso marino o automotriz, son los siguientes:

1.- El petróleo recibe un determinado tipo de refinamiento para obtener un producto básico, utilizado como materia prima en la elaboración de aceites, el mismo que es adquirido por la planta de mezcla. Usualmente se trabaja con tres tipos de básicos HVI 55, HVI 160 y HVI 650 (HVI High Viscosity Index, alto índice de viscosidad) los mismos que son almacenados en distintos tanques de acuerdo a sus viscosidades.

2.- Se efectúan las mezclas de estos básicos (usualmente dos) para obtener las viscosidades y calidades requeridas, al tiempo que esta mezcla es homogenizada, es “seca-

da”, este es un proceso en el que mediante el calentamiento de la mezcla, (aproximadamente 60 grados centigrados), y durante un tiempo aproximado de 45 minutos, (depende de la humedad de los básicos), busca eliminar las trazas o presencia de humedad en dicha mezcla.

3.- Se complementan las características del lubricante, incorporando a aquellos que lo requieran, los distintos tipos de aditivos de acuerdo con su aplicación y posterior servicio; cabe seflalar que durante los procesos de secado y homogenización del lubricante se toman muestras que son evaluadas en un laboratorio, el que es el responsable de la buena calidad del lubricante elaborado.

AREA DE MEZCLA

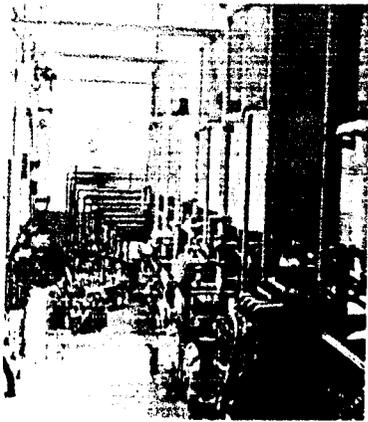


FIGURA 1

LLENADORA DE LITROS

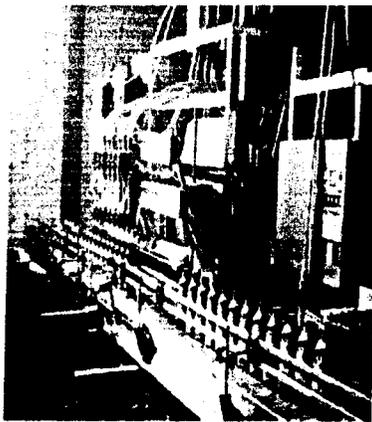


FIGURA 2

LLENADORA DE BALDES

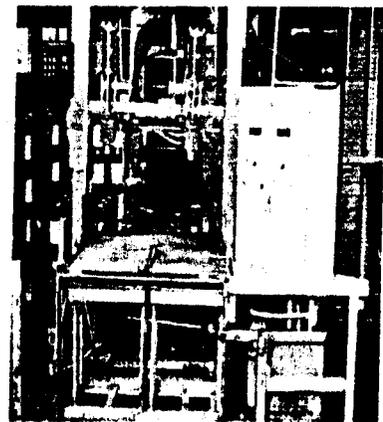


FIGURA 3

2.2.- ADITIVOS LUBRICANTES Y SUS PROPIEDADES

Como aditivos lubricantes se entienden aquellos compuestos químicos destinados a mejorar las propiedades naturales de un lubricante y conferirle otras que no poseen y que son necesarias para cumplir su cometido (2).

Las exigencias de lubricación de los modernos equipos y grandes máquinas en general, así como los motores de combustión interna de altas velocidades de rotación y pequeño cárter, obliga a reforzar las propiedades intrínsecas de los lubricantes, mediante la incorporación de aditivos químicos en pequeñas cantidades. El hecho de que con pequeñas cantidades de estos compuestos químicos se modifiquen profundamente el comportamiento de los aceites, ha hecho que se generalice mucho su empleo.

Propiedades Generales de los Aditivos

Los aditivos se incorporan a los aceites en diversas proporciones, desde partes por millón, hasta el 20% 6 25% en peso de algunos aceites de motor, especialmente lubricantes multigrado.

Fundamentalmente, los aditivos persiguen los siguientes objetivos:

1.- Limitar el deterioro del lubricante a causa de fenómenos químicos ocasionados por razón de su entorno o actividad.

2.- Proteger a la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes.

3.- Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionarle ~~otras~~ nuevas.

Naturalmente, los aditivos deben ser solubles en el aceite base y el efecto que le confieren es, en algunos casos peculiar para el aceite en el que se incorpora, o sea, que un aditivo que es efectivo en un aceite puede no serlo, al menos en el mismo grado, en otro. A esta propiedad se le puede denominar susceptibilidad del aceite para con el aditivo.

En el caso de formular aceites multiaditivados, esto es, un lubricante en el cual tendrán que interactuar varios tipos de aditivos, **se debe** tener en cuenta el comportamiento de los aditivos entre sí, ya que pueden dar lugar a formar compuestos indeseables o que mermen considerablemente, o bien **anulen** los efectos que se persiguen.

1.3.- CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS

Los aditivos normalmente utilizados **en** aceites lubricantes **se** podrían clasificar en los siguientes grupos, **según** sus propiedades sobre las actúa.

CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS (2)

Propiedades sobre las que actúa		Tipos de Aditivos
Propiedades Físicas	Viscosidad	Mejorador del índice de viscosidad
	Congelación	Depresor del punto de congelación
Propiedades Químicas	Oxidaciones a baja y alta temperatura	Anti-oxidantes
	Corrosiones	Anti-corrosivos
	Herrumbres	Anti-herrumbre
Propiedades Físico - Químicas	Detergente, Dispersante y Antioxidante	Detergentes y antioxidantes multifuncionales
	Aditivos de extrema presión	Anticorrosivos y de extrema presión
	Antiespumantes	Contra formación de espuma
	Emulsionantes	Emulsionantes

TABLA No. 1

1.4.- ACTUACION DE LOS ADITIVOS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE

Actuación sobre Propiedades Físicas

Mejoradores del Índice de Viscosidad

El índice de viscosidad es un número adimensional, calculado mediante la determinación de la viscosidad del lubricante tomada a dos distintas temperaturas, el cual indica la resistencia que tiene un lubricante a cambiar su viscosidad con la temperatura. Cuando el valor de índice de viscosidad es más alto, aumenta la resistencia del lubricante a espesarse a bajas temperaturas y a licuarse a altas.

El valor del índice de viscosidad con que se formula un lubricante, depende de la aplicación o tipo de trabajo a que esté destinado dicho lubricante; por ejemplo los aceites para motor y los fluidos para transmisiones automáticas normalmente tienen un índice de viscosidad entre **85 y 150**, mientras que algunos aceites hidráulicos y aceites especiales requieren valores de **200 ó más**.

Los mejoradores del índice de viscosidad son productos químicos que se agregan a los aceites lubricantes con la finalidad de obtener un producto lo más cercano posible

al lubricante ideal, por ejemplo, uno cuya viscosidad permanezca inalterable por los cambios de temperatura.

Todos los mejoradores del índice de viscosidad conocidos son polímeros de los siguientes tipos:

- Poliisobutenos
- Copolímeros de alquil metacrilato
- Copolímeros de alquil acrilato
- Copolímeros de vinil acetato-alquil fumaratos
- Poliestireno alquilatado

Depresores del Punto de Congelación

Los depresores del punto de congelación son compuestos químicos especiales que aumentan efectivamente la gama de trabajo de los aceites en condiciones de baja temperatura ambiental. Estos compuestos químicos inhiben el crecimiento de cristales de cera de aceite. Estos cristales podrían finalmente formar una red que impidiera el flujo del aceite.

Los tipos de depresores que se utilizan actualmente son polímeros de los tipos:

- Polímeros y copolímeros de alquil metacrilato
- Poliacrilamidas

- Copolímeros de vinil carboxilato-dialquil fumaratos
- Poliestireno alquilado
- Polímeros y copolímeros de alfa-olefinas

Actuación sobre Propiedades Químicas

Antioxidantes

En términos generales la oxidación está influenciada por los siguientes parámetros: Temperatura • Oxígeno • Tiempo • Impurezas químicas en el aceite. Como consecuencia de estas reacciones, el aceite se enturbia, aumenta la viscosidad y se forman lodos. Los antioxidantes o inhibidores de oxidación, son aditivos que se emplean para reducir estos efectos nocivos de la oxidación del aceite, son sustancias capaces de retardar o impedir la fijación de oxígeno libre sobre los compuestos auto-oxidables.

Los principales antioxidantes utilizados actualmente son:

- Ditiófosfatos de zinc
- Fenoles bloqueados
- Aminas

Anticorrosivos



El término de “inhibidores de corrosión” se aplica a los productos que protegen los metales no ferrosos susceptibles a la **corrosión**, presentes en un motor o mecanismos susceptibles a los ataques de contaminantes ácidos presentes en el lubricante. Por lo general, los metales no ferrosos en un motor se encuentran en los cojinetes.

Los principales tipos de inhibidores de corrosión actualmente son:

- Ditiolfosfatos metálicos (especialmente de zinc)
- Ditiocarbonatos metálicos (principalmente de zinc)
- Terpenos sulfurizados
- Terpenos fosfosulfurizados

Antiherrumbre

El término antiherrumbre se usa para designar a los productos que protegen las superficies ferrosas contra la formación de óxido.

En los sistemas de lubricación recirculante el aceite utilizado debe soportar la presencia de agua, libre y/o disuelta en el mismo; dicha agua, procedente en la mayoría de los casos de la condensación, conduce a la formación de herrumbre en las superficies de hierro o acero. **Para** evitarlo se incorpora al aceite, aditivos con una especial atracción polar hacia dichas superficies, consiguiendo así la formación de una película muy tenaz que actúa de barrera contra la humedad.

Se emplean como aditivos inhibidores de la herrumbre compuestos tales **como** sulfonatos, aminas, ácidos grasos, fosfatos y ésteres.

Actuación sobre Propiedades Físico – Químicas

Detergentes

Como aditivos detergentes se entienden aquellos productos capaces de evitar o reducir la formación de depósitos carbonosos en las ranuras de los motores de combustión interna cuando operan a altas temperaturas, así como la acumulación de depósitos en faldas de pistón, guías y vástagos de válvulas.

Como aditivos antiácidos, alcalinos o superbásicos (**que** de todas estas formas se denominan), se entienden aquellos productos generalmente del tipo detergente, que poseen una reserva alcalina capaz de neutralizar los ácidos que **se** originan de la combustión del azufre presente en el combustible. Dicha alcalinidad se expresa en T.B.N. (Total Base Number).

T. B. N. "Total Base Number-

Una de las funciones del aceite lubricante es neutralizar los derivados de azufre, especialmente los ácidos sulfurosos y sulfúrico para **retardar** la acción corrosiva sobre

el motor. Los aditivos (principalmente los detergentes) en el aceite contienen compuestos alcalinos especiales **para** neutralizar estos ácidos. La medida de esta reserva de alcalinidad del aceite se conoce como **TBN**. Generalmente, cuanto más **alto** el valor del **TBN**, mayor será la reserva de alcalinidad o capacidad de neutralización de ácidos que contiene el aceite.

Los aditivos detergentes más importantes son:

- Jabones de ácidos grasos superiores (palmitatos, estearatos, etc.)
- Sulfonatos (naturales y sintéticos)
- Fosfatos y tiofosfatos (principalmente calcio o bario)
- Fenatos (mayor aceptación calcio o bario)



Dispersantes

Los dispersantes son componentes aditivos que no contienen elemento metálico, por lo que si se queman en el motor no dejan ningún residuo o ceniza. Estos dispersantes se usan para mantener el hollín y **otros** contaminantes sólidos finamente dispersados o finamente diluidos. Los dispersantes reducen la formación de **sedimentos** y también la tendencia al bloqueo prematuro del filtro de aceite. Los dispersantes comprenden del 50 al 60 % de la mayoría de los aditivos modernos de aceite de motor.

Los aditivos dispersantes de mayor aceptación comercial son:



- Copolímeros de alquil metacrilato y vinil pirolidona
- Copolímeros de alquil metacrilato y diaquil aminoetil metacrilato
- Poliisobutilen suceinimidas poliesteramidas

Antiespumantes

Cuando un aceite está sometido a una acción de batido o agitación violenta en presencia de **aire**, este queda ocluido **en** la masa de aquél en forma de burbujas de distinto tamaño que tienden a subir a la superficie, formando una espuma más o menos persistente. Los problemas que **crea** la espuma pueden eliminarse adicionando a los aceites aditivos antiespumantes que disminuyen el valor' de la tensión superficial del aceite, ocasionando que las burbujas se rompan con mayor facilidad.

El agente antiespumante más efectivo **y** de **uso** más generalizado es cierto tipo de aceites de silicona, constituido por polímeros de silicona que se adicionan en el aceite en proporción inferior al 0.001%.

Aditivos Emulsionantes

Estos se emplean **en** los aceites que se destinan a la lubricación de máquinas expuestas al agua, pues forman una emulsión perfecta con **ésta**, evitando que el aceite sea desplazado o lavado con los órganos a lubricar.

Estos aditivos mejoran la estabilidad de las emulsiones, al descender la tensión interfacial del sistema y proteger las gotas de agua por una película interfacial.

Aditivos de Extrema Presión

Como aditivos de extrema presión o E.P. se denominan a aquellos productos químicos capaces de evitar el contacto destructivo metal - metal, una vez que ha desaparecido la película clásica de lubricante.

Típicos ejemplos de aditivos E.P. utilizados en la formulación de aceites de engranajes hipoidales son las cloroparafinas, aceites animales y vegetales sulfurizados y sulfosforizados, mezcla de mono y di-alcohoilfosfitos. Donde las condiciones de operación no son tan severas, cual es el caso de los aceites de cárter, el agente E.P. más utilizado es el ditiofosfato de zinc, ya que su propiedad E.P. une otras muy valiosas como: antioxidantes, anticorrosivos, etc.

Aditivos Multifuncionales

Son aquellos que en una sola molécula encierran propiedades múltiples: detergente, dispersante, antioxidante, mejorador de índice de viscosidad, etc.

CAPITULO 2

LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

2.1.- *CONDICIONES A LAS QUE ESTA SOMETIDO UN ACEITE DE MOTOR*

Es de gran utilidad, determinar las condiciones a las que se encontrará sometido un lubricante, dependiendo del ambiente, donde realizará ciertas tareas que ayudarán al buen desempeño del mecanismo en acción. En el caso de motores de combustión interna, las principales condiciones a las que está sometido un aceite son las siguientes:

1. Temperaturas extremas.
2. Grandes velocidades de fricción (0 - **500 m/min.**).
3. Tolerancias mínimas, requerimientos de fabricantes.
4. Ambientes nocivos - **Gases** nocivos.
5. Poca capacidad de cárter.

Además de estas, existen condiciones especiales, determinadas por la aplicación del lubricante y la calidad del combustible disponible. Por ejemplo, los motores diesel *funcionan normalmente a velocidades más bajas, pero a temperaturas más altas que* los motores a gasolina, y estas condiciones fomentan la oxidación del lubricante, la

formación de depósitos y la corrosión del metal de los cojinetes.

2.2.- FUNCIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS ACEITES DE MOTOR

Tomando **en** consideración las condiciones a las que está sometido un aceite de motor se pueden determinar las funciones que debe realizar el mismo, para ofrecer una buena protección de la máquina, entre las principales tenemos:

1. Refrigerar.
2. Reducir desgastes.
3. Evitar corrosión en cojinetes.
4. Reducir la acumulación de depósitos.
5. Mantener **en** suspensión los contaminantes.
6. Reducción de ruidos.

2.3.- CARACTERISTICAS ADECUADAS PARA CUMPLIR ESTAS FUNCIONES

Para que el lubricante pueda realizar las funciones anteriormente descritas, hay que considerar en primera instancia la materia prima o aceite básico utilizado, que de por sí las puede realizar (ya sea en menor o mayor grado); y el paquete de aditivos que reforzarán o agregarán cualidades para que el lubricante pueda realizar dichas funciones; cualidades como:

- I. Viscosidad adecuada.
2. Propiedades antidesgaste.
3. Propiedades inhibidoras de corrosión.
4. Propiedades detergentes.
5. Propiedades dispersantes.

2.4.- CLASIFICACION DE LOS ACEITES PARA MOTOR

La clasificación de los aceites de motor, ~~se~~ se basa en consideraciones precisas, casi todas ellas de origen estadounidense. Estas especificaciones han sido establecidas por las fuerzas armadas norteamericanas, después adoptadas por las fuerzas militares de otras naciones y finalmente por usuarios civiles. No obstante, entre los grandes fabricantes y usuarios, existe la tendencia de establecer especificaciones que sean más aptas a sus propias necesidades. Estas clasificaciones y especificaciones se pueden realizar generalmente, por la viscosidad y por el tipo de servicio del lubricante.

Por su Viscosidad (SAE).- Fue establecida por el organismo norteamericano SAE (Society of Automotive Engineers). Excluyendo cualquier otra consideración de calidad o de ~~otras~~ otras propiedades; por ejemplo: **0W - 5W - 10W - 15W - 20W - 25W - 30 - 40 - 50 - 60** y aceites multigrados (lubricantes de superior índice de viscosidad, por ejemplo **20W50**, se comporta como SAE **20W** a baja temperatura y SAE **50** en alta temperatura).

Por tipo de Servicio (API).- Es el complemento indispensable a la expresada por la viscosidad en grados SAE. Los sistemas más utilizados son de origen norteamericano establecidos por el API (American Petroleum Institute). Fueron implantados y aceptados en 1947. Aunque cualquier proveedor de aceites puede utilizar las categorías de servicio A.P.I., para indicar el nivel de rendimiento de cualquiera de sus aceites comerciales, sólo las compañías certificadas con licencia pueden imprimir el símbolo API (la dona) en sus etiquetas.

SÍMBOLO A.P.I. "DONA" (5)

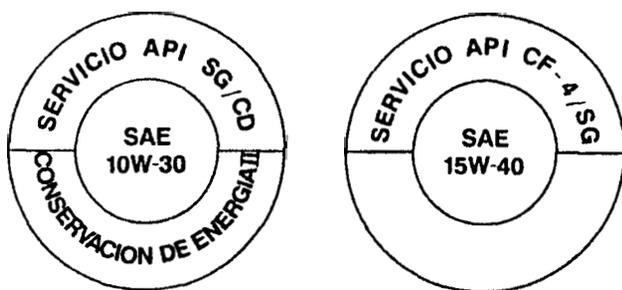


FIGURA 4



Aceites para Motores a Gasolina

La clasificación de los aceites para motores a gasolina, por el tipo de servicio que realiza es la siguiente:



CLASIFICACION A.P.I. DE ACEITES PARA MOTORES A GASOLINA

SA	aceite mineral puro (sin aditivos); requisitos generales 1900 - 1930 ; no en vigencia.
SB	aditivos antioxidante, antiespumante pero sin detergentes; requisitos generales 1931 - 1963 ; no en vigencia.
SC	protección contra depósitos causados por altas y bajas temperaturas, desgaste, herrumbre y corrosión; satisface los requisitos de garantía de los fabricantes de automóviles para los modelos de 1964 - 1967 ; no en vigencia.
SD	mejor protección que los aceites SC ; cumple los requisitos de garantía de modelo de 1968 - 1971 ; no en vigencia
SE	mejor protección que los aceites SD; satisface los requisitos de garantía de modelos de 1972 - 1979.
SF	mejor como antidesgaste y antioxidación; cumple los requisitos de garantía de modelos de 1980 - 1988 .
G	proporciona mejor control de los depósitos en el motor, de la oxidación del aceite y del desgaste del motor que los aceites SF; cumple los requisitos de garantía de modelos 1990- 1993.
H	proporciona mejor control de los depósitos en el motor, de la oxidación del aceite y del desgaste, la herrumbre y corrosión que otros aceites, mejora significativa en limpieza y durabilidad de los motores; cumple los requisitos de garantía de los modelos de 1994 - 1997 (5) .
SJ	mejor protección que los aceites SH ; mayor economía de combustible, más aún si

	tiene designación conservador de energía; cumple con los requisitos de garantía de modelos de 1998 hasta la actualidad (10).
--	--

TABLA 2

Aceites para Motores a Diesel

La clasificación de los aceites para motores a diesel, por el **tipo** de servicio que realiza es la siguiente:

CLASIFICACION A.P.I. DE ACEITES PARA MOTORES A DIESEL

CA	de servicio ligero; cumple las especificaciones militares anticuadas MIL · L · 2104A; requisitos de los años 50; no en vigencia.
CB	de servicio moderado; cumple las especificaciones militares MIL · L · 2104A, Suplemento 1, requisitos para los modelos de 1949 - 1961; no en vigencia.
CC	para servicio moderado a severo; satisface las especificaciones militares MIL · L · 2104B; requisitos generales para modelos de 1960 - 1990.
CD	para servicio severo; protege contra la formación de depósitos a alta y baja temperatura, desgaste, herrumbre y corrosión; cumple las especificaciones militares MIL · L · 2104C; requisitos generales para modelos de 1955 - 1995
CD-II	para servicio severo de motores diesel de dos tiempos; controla el desgaste y la formación de depósitos.
CE	para motores diesel turboalimentados fabricados desde 1983; puede reemplazar a

	los aceites API CD
CF	Actualización sobre los aceites API CD para usar con aquellos combustibles que contengan un alto nivel de derivados de azufre; esta categoría reemplaza a la API CD.
CF-II	Actualización sobre los aceites API CD - II para motores diesel de dos tiempos reemplaza la categoría API CD - II .
CF-4	1990 para motores diesel de cuatro tiempos y de alta velocidad, excede los requisitos de la categoría API CE.
CG-4	1995 para contrarrestar el desgaste y la formación de depósitos en motores diesel causados por las especificaciones de combustibles y diseños de motor que tienen que satisfacer las normas de emisiones de la EPA de 1994 para combustibles con bajo contenido de azufre (0.05 %) (5) .
H-4	mejor control de oxidación, capacidad de trabajar con más carga de hollín, reduce el desgaste del tren de válvulas, mínima formación de espuma a alta temperatura, API empezó a otorgar licencias el 1 de diciembre de 1998 (17) .

TABLA 3

2.5.- COMPONENTES DE DESGASTE DE LOS MOTORES

Es de gran importancia, conocer los componentes metálicos de los que están constituidas las diferentes partes de un motor, para luego determinar a través de un análisis de aceite usado los posibles elementos que podrían tener un desgaste acelerado y tomar las debidas acciones correctivas; entre los principales elementos

tenemos:

HIERRO (Fe).- Camisas de cilindros, engranajes, manivela o hbol de levas, pasadores de biela, bomba de aceite, tren de válvulas, compresor de aire, seguidor de levas.

COBRE (Cu).- Bujes 6 cojinetes, turboalimentador, regulador, bomba de aceite, pasador de biela, balancín, eje de rodillo de leva, compresor de aire, bomba de inyección de Combustible, engranajes de sincronización 6 engranaje intermedio, bomba de agua, mando de bomba de aceite, engranaje impulsor del medidor de servicio, cojinete de empuje, aditivos del aceite.

CROMO (Cr).- Cojinetes de rodillos / bolas, compresor de aire, anillos de pistón, válvulas de escape, cigüeñal.

ALUMINIO (Al).- Cojinetes de bancada, cojinete de biela, cojinete de árbol de levas, cojinete de balancín, cojinete de empuje de cigüeñal, soporte de balancin, cojinete de bomba de aceite, cojinete de engranaje de sincronización, pistones de compresores de aire, levantador de válvula de inyector de bomba de combustible, entrada de polvo (suelo arcilloso).

PLOMO (Pb).- Revestimiento de cojinetes de bancada y de biela, revestimiento de cojinetes de árbol de levas, cojinetes del turboalimentador.

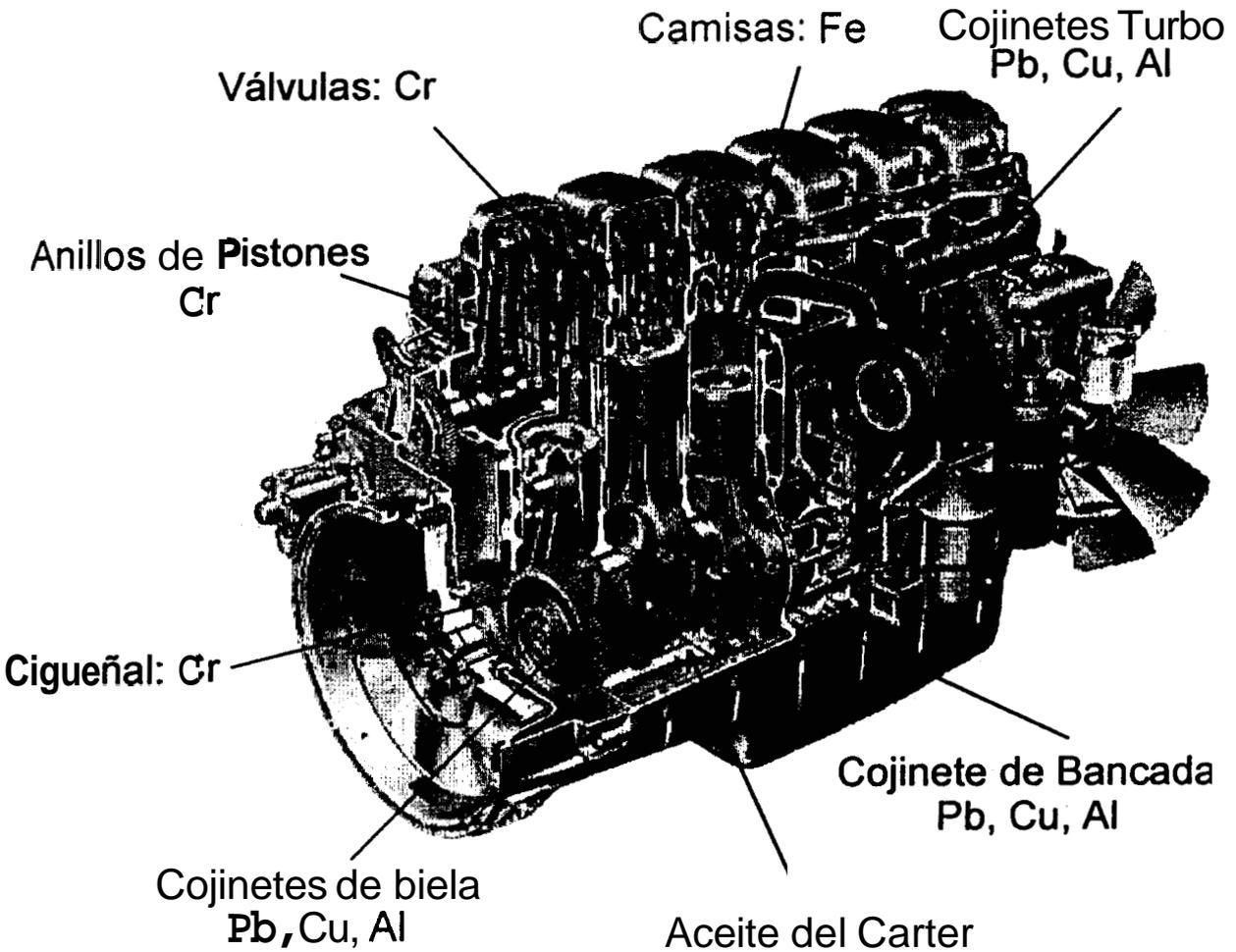
MOLIBDENO (Mo).- Aros superiores (algunos motores), grasa con contenido de molibdeno.

SILICE (Si).- Entrada de tierra, grasa con contenido de sílice, aditivo antiespumante.

SODIO (Na).- Escape del enfriador, entrada de agua, condensación, aditivo del aceite.

COMPONENTES DE DESGASTE DE LOS MOTORES

FIGURA 5



CAPITULO 3

ANALISIS DE ACEITE USADO

3.1.- BENEFICIOS DEL ANALISIS DE ACEITE USADO

El análisis de aceite usado, es **una** herramienta de administración del **mantenimiento** para todos los motores y máquinas. **Es** un mantenimiento preventivo moderno y básico, ningún otro análisis de aceite **es tan** completo, ni **tan** confiable para pronosticar el riesgo de problemas. Sus beneficios son:

a.- Las reparaciones pequeñas **siguen** siendo pequeñas; el análisis de aceite usado advierte con anticipación que **hay** problemas **antes** que éstos se tornen **en** problemas serios.

b.- Evita reparaciones innecesarias; este análisis **ahorra** tiempo y dinero porque identifica lo que necesita reparaciones y lo que no.

c.- Permite programar el tiempo inactivo para que no interfiera con el plan de trabajo.



d.- Reduce el tiempo que lleva hacer las reparaciones; ayuda a identificar con precisión las áreas problemáticas. No se pierde tiempo **innecesario** armando y desarmando.

e.- Mejora el programa de mantenimiento; ayuda a estabilizar un presupuesto de mantenimiento, porque dá un pronóstico de las reparaciones necesarias y el tiempo inactivo para que se realice **algunos** ahorros antes de que ocurra la falla.

f.- Vigila las prácticas de mantenimiento; las pruebas rutinarias del aceite verifican que un mantenimiento concienzudo realmente se lleva a **cabo**.

3.2.- CONTAMINACION DEL ACEITE DE MOTOR

El análisis de aceite identifica y mide varios contaminantes en el lubricante y las razones de la descomposición de éste que pueden **causar, desperfectos** a la máquina. **A continuación** se dan **algunos** ejemplos de las causas y sus efectos en el **equip.**

Causa: Silicio

Efecto: Principalmente **arena**, polvo, tierra; el **silicio** en el aceite se torna, esencialmente, **en** un compuesto abrasivo que produce el **desgaste** de las piezas de metal por la **fricción** continua durante la operación.

Causa: Sodio

Efecto: Un aumento repentino puede indicar la presencia de anticongelante **en** el sistema. Crea un sedimento de aceite. Hace que se peguen los **anillos** y causa el taponamiento de filtros.

Causa: Silicio, cromo, **hierro**

Efecto: Esta combinación indica entrada de tierra por el sistema de admisión de aire. Puede **causar** desgaste de anillos y **camisas** de cilindros.

Causa: Silicio, **hierro**, plomo, aluminio

Efecto: Esta combinación **indica** la presencia de tierra **en** la parte inferior del motor. Puede **causar** desgaste del cigüeñal y cojinetes.

Causa: Aluminio

Efecto: Grave! Sugiere desgaste de cojinetes. Requiere atención **inmediata**.

COJINETES (Al)

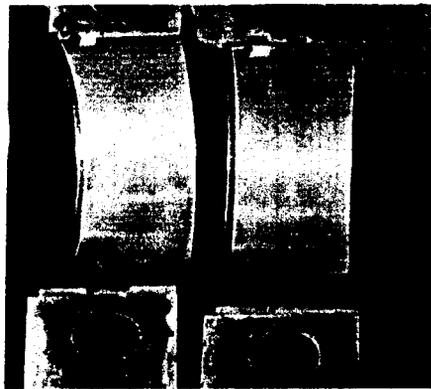


FIGURA 6

Causa: Hierro

Efecto: Puede manifestarse como herrumbre después de almacenar el motor. A menudo es indicación de desgaste severo de las camisas.

CAMISA

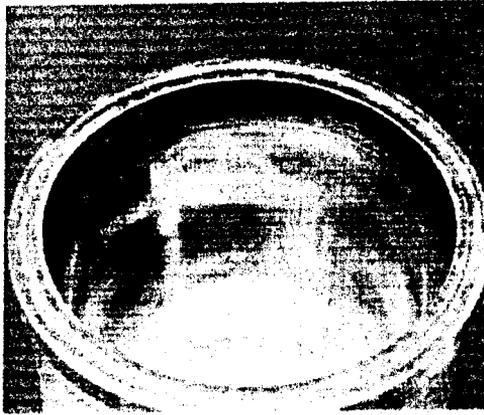


FIGURA 7



Causa: Hollin

Efecto: Puede taponar el filtro de aceite y agotar los aditivos de éste. Lo causa un combustible de baja calidad, o prácticas inadecuadas de operación o mantenimiento.

SUMIDERO BOMBA ACEITE

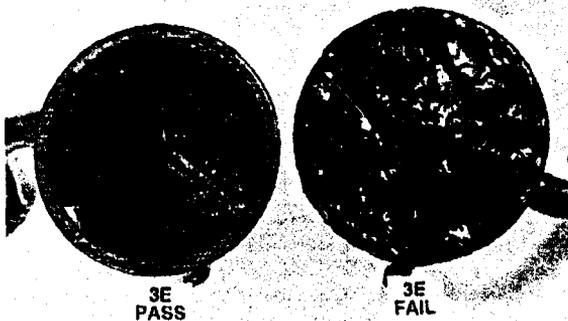


FIGURA 8



Causa: Oxidación

Efecto: Una reacción química entre el aceite y el oxígeno. Puede hacer que el aceite se tome más espeso, que se formen ácidos orgánicos, que se taponen los filtros y se tornen pegajosos los anillos, que se formen depósitos pegajosos en los pistones.

PISTON



FIGURA 9

Causa: Nitrato

Efecto: Un problema asociado sólo con motores de gas natural. Causa los mismos efectos que la oxidación.

Causa: Coinbustible

Efecto: Disminuye las propiedades de lubricación del aceite. Causa la falla de cojinetes y el agarrotamiento de pistones.

Causa: Agua

Efecto: La mezcla del agua con el aceite forma una emulsión que tapona los filtros y se puede combinar con óxidos de azufre en los gases de escape para formar ácidos corrosivos como ácido sulfúrico que corroe el metal. **La condensación en el cárter es, por lo general, la causa principal.**

Causa: Azufre

Efecto: Peligro! Indica un desgaste corrosivo de todas las piezas del motor. El azufre en el combustible puede hacer que se peguen los anillos de pistón, causar un desgaste corrosivo a las **guías** de válvulas, anillos y camisas.

Causa: **Alta** humedad

Efecto: Fomenta la formación de ácidos gaseosos que pueden causar corrosión.

Causa: Baja temperatura del agua de las camisas

Efecto: Fomenta la formación de ácidos corrosivos. Aumenta el contenido de agua **en** el aceite. Causa la formación de depósitos pegajosos, sedimento y **carbonización**, aumenta la presión de los gases del cárter, puede la perforación de las camisas y causa el agarrotamiento de los anillos.

Causa: Consumo de aceite

Efecto: Todo cambio en el consumo de aceite es una indicación de desgaste de las **camisas** o agarrotamiento de los anillos.

Causa: Relación incorrecta de carga / velocidad

Efecto: Factor importante en la descomposición del aceite. Operar el motor con carga ligera a la velocidad clasificada puede resultar en sobreenfriamiento del mismo, lo que crea condensación. Esto afecta a las camisas, anillos y aumenta la presión de los gases **en** el cárter.

Causa: Combustible inapropiado

Efecto: El hollín y otros residuos de combustible quemado o semiquemado aceleran la formación de depósitos. La contaminación de los **gases** del **cárter** diluye el aceite **en** los sumideros.

Causa: Falta de mantenimiento

Efecto: La falta de regularidad en los cambios de aceite y filtros, por ejemplo, fomenta la creación de grandes depósitos que no pueden ser removidos con los cambios de aceite subsecuentes.

De acuerdo a la experiencia del autor del presente informe técnico, **en** nuestro medio, uno de los principales problemas que **afecta** al buen desempeño de un motor, **es** la carencia de un plan de mantenimiento preventivo, controlado y sistemático, ya que, producto de ello los principales contaminantes encontrados en las muestras de aceite resultan ser: Silicio, generalmente por filtros de aire en mal estado, retenedores, empaques o sellos defectuosos o con fugas de aceite. Combustible, por mala

calibración de la bomba de inyección o inyectores, inadecuada relación de carga, potencia o velocidad en el motor. **Agua**, usualmente empaque de cabezote en mal estado. **Hollín**, filtros de aceite obstruidos o intervalos extensos de cambio de aceite. **Permitir el funcionamiento de un motor, con alto consumo de aceite, incrementando los niveles de desgaste y arriesgando el desempeño del motor.**

3.3.- METODOS PARA TOMAR LA MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR

Debe obtenerse una muestra verdaderamente representativa del aceite de motor para poder obtener resultados válidos. Una muestra válida es aquella que representa el aceite que circula a través del sistema, a temperaturas operativas o cercanas a ellas. Hay tres métodos diferentes para obtener muestras de aceite:

Método del Tapón de Drenaje

El tapón de drenaje está ubicado en la parte inferior del colector de aceite (**cárter**). La forma más común de obtener una muestra usando este método es tomándola mientras se drena el motor, las muestras tomadas del fondo del **cárter** pueden contener partículas metálicas o contaminación y pueden no tener relación con la condición real de la unidad, es por esto que la muestra se debe tomar después de drenar entre un tercio y la mitad de la capacidad del cárter.

Las muestras deben tomarse con el aceite caliente, ya que el aceite frío puede estar estratificado, debido a la sedimentación del material denso en el mismo, esta no es la manera mas aconsejable de tomar una muestra de aceite.

TAPON DE DRENAJE



FIGURA 10



Método de la Pistola de Muestreo

La muestra es tomada con una pistola o bomba que succiona el aceite del **cárter**, con una manguera que es introducida por la bayoneta. Básicamente, la pistola tiene tres partes: una pistola de succión, una botella para la muestra y un **tubo** plástico o manguera. Para cada muestra se usa tanto una botella como un tubo plástico nuevos, para prevenir la contaminación cruzada de una muestra a la otra.



PISTOLA DE MUESTREO

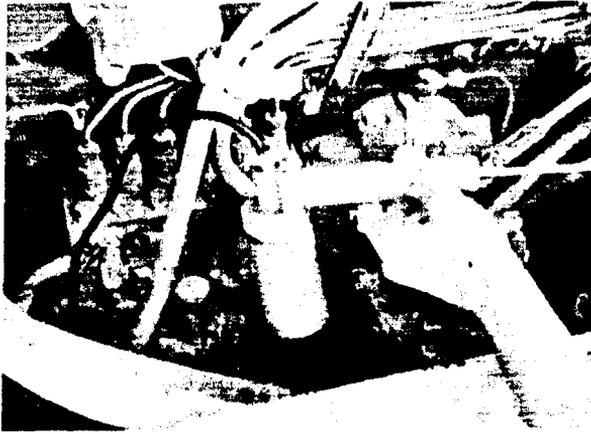


FIGURA 11

Método del Grifo

Probablemente, la manera más precisa de obtener una muestra de lubricante es mediante grifos instalados especialmente en el motor. Una buena ubicación para un grifo es la galería de aceite principal donde se instala una T fuera del bloque para insertar la válvula de grifo. Esta puede instalarse donde se ubique la unidad de transmisión de presión de aceite. Otra posición buena es cerca del filtro del tipo de derivación, una T puede ser instalada en la entrada del filtro de aceite.

Los métodos más aconsejados para la toma de muestras son: el método del grifo o el de la pistola de muestreo, porque permiten obtener muestras representativas que indiquen valores confiables del desempeño del lubricante, además en ambos métodos

se puede tomar la muestra sin necesidad de apagar el motor o esperar a que este se enfríe, lo que beneficia a los resultados del análisis. En nuestro medio el método más empleado es el de la pistola de muestreo, por la ventaja de ser un accesorio externo y no algo acoplado al motor, su pequeño tamaño lo hace fácil de transportar y resulta muy conveniente para tomar muestras de cualquier tipo de motor, transmisión, mando final, sistema hidráulico, etc.

METODO DEL GRIFO



FIGURA 12

3.4.- PRUEBAS REALIZADAS A LA MUESTRA DE ACEITE

Análisis de Desgaste

de con el respaldar el bien de los
 que no se ven en el mundo
 que el que se ve en el mundo
 al que se ve en el mundo
 de con el respaldar el bien de los
 que no se ven en el mundo
 que el que se ve en el mundo
 al que se ve en el mundo
 de con el respaldar el bien de los
 que no se ven en el mundo
 que el que se ve en el mundo
 al que se ve en el mundo

que se ve en el mundo
 que se ve en el mundo
 que se ve en el mundo
 que se ve en el mundo

LA BIBLIA EN LA BIBLIA



LA BIBLIA EN LA BIBLIA

Pruebas Químicas y Físicas

Las pruebas químicas y físicas detectan agua, combustible y anticongelante en el aceite, y determinan si las concentraciones exceden los límites máximos establecidos.

La presencia y cantidad aproximada de agua se detectan por la prueba de “chisporroteo”. Se coloca una gota de aceite en una plancha caliente a una temperatura entre 230° y 250°F. Si se forman burbujas es una indicación de agua (0,1% a 0,5% es la gama aceptable), siendo 0,5% el límite máximo.

PLANCHA CALIENTE

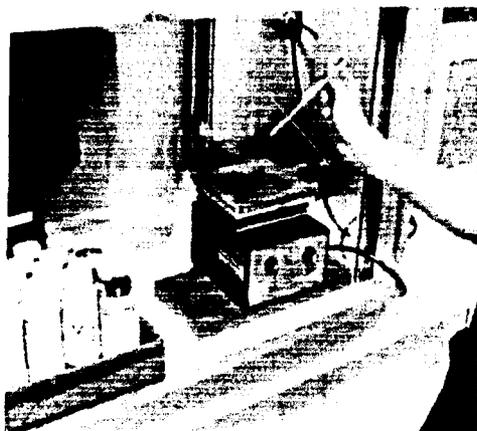


FIGURA 14

La presencia de combustible se determina con un probador de destello, en el cual la muestra de aceite es calentada gradualmente hasta obtener una mezcla de aire y

combustible evaporados que al ponerse en contacto con una flama produce un destello. Se calibra el probador para cuantificar el porcentaje de combustible (4% es la concentración máxima permisible de combustible).

**PROBADOR DE DESTELLO
(COPA ABIERTA)**

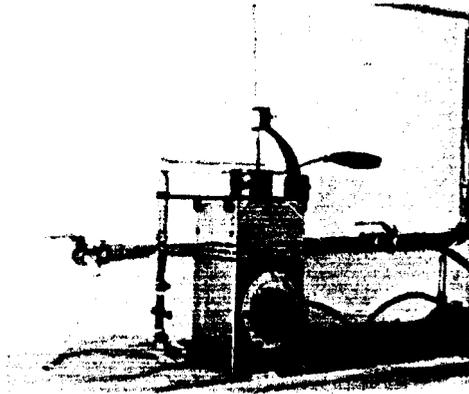


FIGURA 15

La presencia de anticongelante se determina con una prueba química, (cualquier indicio que se encuentre es inaceptable). Algunos aceites nuevos dan una indicación de glicol. Si se detecta la presencia de glicol, se observa si aumenta la presencia de sodio en los aditivos suplementarios de refrigerante. Se debe también probar el aceite nuevo para ver si contiene glicol.

Análisis del Estado del Aceite

El estado del aceite se determina haciendo un análisis infrarrojo; esta prueba determina y mide la cantidad de contaminantes como hollín, azufre y productos de oxidación y nitración, aunque puede también detectar la presencia de combustible, agua y anticongelante en el aceite. **Para** poder hacer un diagnóstico preciso, el análisis infrarrojo debe ir siempre acompañado por el análisis de desgaste y las pruebas químicas y físicas. El análisis infrarrojo **sirve** también para adaptar (reducir, mantener o extender) los intervalos de cambio de aceite de acuerdo a las condiciones de operación y aplicaciones determinadas.

INFRARROJO

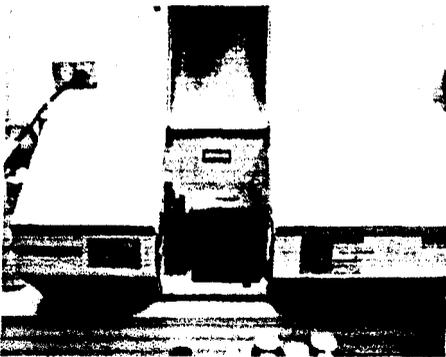
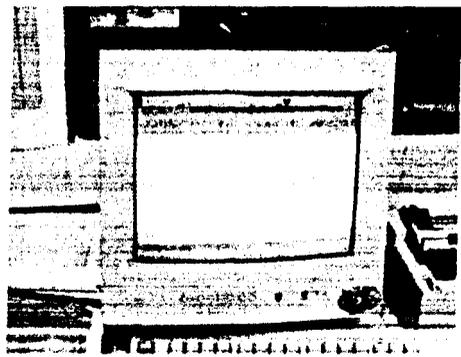


FIGURA 16

MONITOR I.R.



, FIGURA 17

3.5.- INTERVALO DE DRENAJE DE ACEITE

La determinación del intervalo adecuado de drenaje de aceite no es tarea fácil, ya que intervienen una serie de factores que pueden **hacer** variar este periodo de tiempo como: la calidad del lubricante, **tipo** de combustible utilizado, la carga de operación,

las condiciones ambientales, el mantenimiento mecánico, los niveles de filtración, etc. Existen dos formas de tomar una decisión lógica sobre el intervalo de drenaje de aceite: la primera posibilidad se basa en la experiencia y la segunda en el análisis de aceite usado.

La experiencia debe ser adecuada a los modelos de motor, pues cada uno utiliza una fuente relativamente constante. Los fabricantes de motores son los que poseen los conocimientos más completos sobre sus equipos. Este conocimiento proviene del desarrollo y prueba de los motores en el laboratorio y en el campo, basándose en esta experiencia, los fabricantes de motores diesel efectúan recomendaciones sobre los kilómetros u horas de funcionamiento del motor. **Con** frecuencia estas recomendaciones se basan en el tipo de funcionamiento del motor (normal, riguroso, en la ciudad, en ruta, etc.) así como el nivel de calidad del aceite de motor usado.

Los fabricantes de motores también han publicado “límites de advertencia” o “límites de desgaste” que se basan en los datos analíticos tomados de las muestras de aceite usado. Estos “límites” también se basan en la experiencia del fabricante, por lo tanto, la mejor condición sería la de incrementar las horas de trabajo del lubricante, con un continuo muestreo, a fin de no sobrepasar estos límites de desgaste recomendados por el fabricante y, que las condiciones de contaminación del lubricante, es decir, niveles de saturación de hollín, oxidación, azufre y viscosidad, estén por debajo de un rango aceptable.

3.6.- CONDENACION DE UN ACEITE DE MOTOR

Se utiliza el término “condenación” de un aceite, para indicar que el lubricante ha sobrepasado los límites máximos de contaminación y dicho lubricante debe ser removido o cambiado cuanto antes, puesto que sus propiedades físicas, químicas han sido alteradas y no le permiten realizar su labor a cabalidad, notándose en un incremento en el desgaste del motor.

Desgaste de Metales

La condenación de un aceite de motor se realiza cuando uno o varios parámetros de desgaste, exceden los límites o las tolerancias recomendadas por el fabricante de equipo; cuando no se dispone de este tipo de información, se pueden establecer tendencias de desgaste a través del servicio del lubricante, esto es hacer un muestreo periódico de la unidad hasta obtener resultados similares que permitan determinar dichas tendencias.

Hollín

El hollín es el residuo insoluble de combustible parcialmente quemado que puede espesar el aceite, despojarlo de los aditivos y eventualmente taponar los filtros (4). El hollín se encuentra solamente en muestras del motor; las condiciones que pueden contribuir a la acumulación de hollín son: elementos de filtro de aire taponados,

marcha en vacío excesiva, temperaturas frías del motor, paso de gases de los pistones al cárter, aceleración excesiva 6 rápida, ajustes de la cremallera incorrectos, operación deficiente de inyectores de combustible 6 mala operación del turboalimentador.

Azufre

El azufre está presente en todos los combustibles. Cuando se **quema** el combustible, el azufre **se** combina con el agua proveniente de la humedad del sistema formando **ácidos**. Las condiciones **ácidas** causan desgaste corrosivo de todas las piezas del motor, especialmente de las guías de **válvulas, aros y camisas**.

El número ácido total (TAN) es una medición de la **cantidad total** de acidez orgánica débil e inorgánica fuerte presente en el **aceite usado**, junto con la acidez debida al material residual antidesgaste y antioxidante.

El número ácido fuerte (**SAN**) es una medición de la acidez inorgánica fuerte presente **en** el aceite drenado.

El número básico total (TBN) es una medición de la **alcalinidad de reserva** presente **en** el aceite drenado que es **capaz** de neutralizar cantidades adicionales de **ácidos débiles y fuertes**.

Ambos numeros, **TAN** y TBN, tienen las mismas unidades de medición, es decir, miligramos de hidróxido de Potasio por gramo de muestra. Las unidades se expresan mas simplemente como mg KOH/gr. El **TBN** protege al motor hasta cuando su número se iguala al del TAN, una vez rebasado el limite, el desgaste por ataque quimico se incrementa en valores relativamente muy altos.

Oxidación

La oxidacion es una reacción química entre el aceite y el oxígeno, que causa espesor del aceite y la pérdida de sus propiedades lubricantes. La oxidación es un proceso mediante el cual el aceite absorbe oxígeno del ambiente, esto **no debe confundirse** con la aireación, que es aire mezclado con aceite y que produce espuma. La oxidación contribuye a la formación de depósitos en el pistón, por lo que se pegan los aros, además, la presencia de cobre y de glicol etilénico actúa como un catalítico para acelerar el proceso de la oxidación.

Agua

El agua se puede condensar o penetrar en el sistema, proviene de fugas de sellos, del proceso de combustión o, del sistema de enfriamiento y reduce las propiedades de lubricación y forma lodo, que taponan los filtros. El agua pasa por las superficies que se corresponden y crea puntos calientes, que cuando están a altas temperaturas, **causan** mínimas explosiones de vapor, que pueden llegar a producir fracturas en los

metales. El agua se detecta por el análisis infrarrojo y con la prueba del chisporroteo, en el que se coloca **una** gota de aceite en una plancha caliente y la cantidad de chisporroteo indica aproximadamente la cantidad de agua presente.

Combustible

La contaminación por combustible se produce por: baja compresión, alta relación de combustible / aire, anillos o camisas desgastados, goteo de bomba de combustible, líneas de combustible con fugas, excesiva marcha **en** vaclo, etc. Su presencia se detecta usando la prueba infrarroja y otro instrumento llamado Setaflash, en el que una cantidad medida de aceite se inyecta en un compartimento de taza cerrada en el probador y **se** calienta a una temperatura específica durante cierto tiempo. Cualquier presencia de combustible se **convierte** en vapores gaseosos, que cuando **se** exponen a la prueba de llama abierta se encienden. El aceite con contenido de combustible menor al 4% de nivel de deteccibn calibrada, no se encenderá.



CAPITULO 4

ANALISIS DE PROBLEMAS TIPICOS

4.1.- CASO 1: DILUCION DE ACEITE POR COMBUSTIBLE EN EL MOTOR PROPULSOR DE UN VELERO

En este ejemplo se mostrarán los resultados obtenidos del análisis del aceite usado de la máquina principal de un velero tipo bergantin BRIC – BARCA, de marca DETROIT DIESEL (GM), modelo 149. Las dimensiones principales de la embarcación son: Eslora 78.40 m, Manga 10.16 m, **Puntal** 6.60m y un Desplazamiento de 1.153 Ton.

DATOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA PROPULSOR:

MOTOR: Estacionario

MARCA: Detroit Diesel

MODELO: 18V149

SERIE:

MAQUINA No.: Principal

RPM: 1400 (Max.)

VELOCIDAD: **7.5** Nudos (1400 **rpm**)

POTENCIA: 750 HP

ACEITE USADO: Valvodiesel DD SAE 40

INTERVALO DE CAMBIO: 500 Horas CEBADO: 2.00 GI / Dia

CAPACIDAD DE CARTER: 35 Galones

PRESION DE ACEITE: 50 – 52 PSI

CONSUMO DE COMBUSTIBLE: 19 GI / Hr.

ESTADO DE MAQ.: Reparada (907 Horas)

COLOR DE HUMO: No

FUGAS DE ACEITE: No

MANTENIMIENTO: Bueno

AMBIENTE DE TRABAJO: Limpio (poco polvo)

MAQ. PRINCIPAL (Bb)

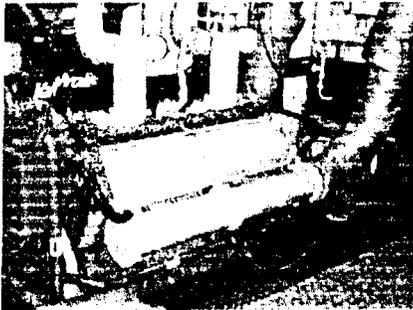


FIGURA 18

MAQ. PRINCIPAL (Eb)



FIGURA 19

PROBLEMA.- Al realizar las pruebas de laboratorio a la muestra de aceite, esta present6 un **alto** contenido de combustible diesel (aprox 32 %).

CAUSAS.- La presencia de combustible **en** el aceite puede deberse a una fuga por la bomba de combustible, fugas en cañerías, mal funcionamiento de inyectores, error de manejo o almacenamiento de aceite y combustible, etc.

CONSECUENCIAS.- El combustible causa que la película de aceite se adelgace, disminuyendo su liabilidad de lubricación, produciendo principalmente un desgaste excesivo **en** cojinetes de bancada y de biela, además del agarrotamiento de rines en los pistones.

CONCLUSION.- En este caso en particular, se **determinó**, que la causa del alto nivel de combustible en el aceite era **producto** de una fuga **en** una cañería de un inyector; además el mal funcionamiento de uno de los inyectores (inyector numero 5 de la bancada de estribor), que no **pulverizaba sino** que goteaba.'

RECOMENDACIÓN.- Realizar un mantenimiento periódico en la línea de combustible, calibración de la cremallera, evitar fugas; en este caso **se** cambió el inyector No. 5 de la bancada de estribor, tipo N **120** y poner especial atención a las lecturas de presión de aceite, consumo de combustible y el olor del lubricante.



Progressive Oil Sample Testing

Código Cliente
 MÁQUINA No. MAQ PRIC
 Serie DETROIT
 Marca 18V149
 Modelo Motor
 Fecha Proceso 23/02/02

Atm. Stes.

Evaluación. Anormal

Condiciones de Aceite

Lab. No.	Desgaste/Metales	Condiciones de Aceite										Tipo/Aceite	Hrs/Rta	Hrs/Rta	Fecha Muestra	
		H	OX	AZU	H2O	CHB	PI(30%)	VIS								
13234	CU FE CR PS SI	4	3%	5%	N	PI(30%)	VIS						VALVODIESEL 40	34,624	353	21/02/02

Muestra Actual

SE ENCUENTRA PRESENCIA DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. SE RECOMIENDA REVISAR W R POSIBLE NGA DE COMBUSTIBLE EN EL MOTOR. TOME OTRA MUESTRA PARA CONFIRMAR RESULTADOS.

Lab. No.	Desgaste/Metales	H	OX	AZU	H2O	CHB	VIS	Tipo/Aceite	Hrs/Rta	Hrs/Rta	Fecha Muestra
12872	CU FE CR PS SI	1	0%	1%	N	CHB	VIS	VALVODIESEL 40	34,107	462	08/04/01

Anterior 1

NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. EL ACEITE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES. CONTINUE MUESTREANDO PARA VERIFICAR RESULTADOS.

Lab. No.	Desgaste/Metales	H	OX	AZU	H2O	CHB	VIS	Tipo/Aceite	Hrs/Rta	Hrs/Rta	Fecha Muestra
11083	CU FE CR PS SI	2	5%	9%	N	CHB	VIS	VALVODIESEL 40	32,358	462	08/04/01

Anterior 2

NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. EL ACEITE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES. CONTINUE MUESTREANDO PARA VERIFICAR RESULTADOS.

Cu = Cobre Fe = Hierro Cr = Cromo Pb = Plomo Si = Silicio

H = Hollin Ox = Oxidación Azu = Sulfatación
 H2O = Agua Chb = Combustible Vis = Viscosidad

Valvoline POST

Guasmo, Norte Av. Barcelona y Calle Pública

NOTA: La veracidad de las recomendaciones de este reporte dependen de la forma de toma de la muestra, la cantidad necesaria y la correcta información

4.2.- CASO 2: CONTAMINACION DEL ACEITE POR AGUA EN LA MAQUINA AUXILIAR DE UN BARCO PESQUERO

En este ejemplo se mostrarán los resultados obtenidos del análisis del aceite usado de la máquina auxiliar (generador), de un barco pesquero tipo atunero (red de **cercos**), con capacidad de carga de 800 Ton. La marca del motor es DETROIT DIESEL y el modelo 12V71N

DATOS DE OPERACION DE LA MAQUINA AUXILIAR:

MOTOR: Estacionario

MARCA: Detroit Diesel

MODELO: 12V71N

SERIE: 12A35-41

MAQUINA No.: Auxiliar 3

RPM: **1800**

VELOCIDAD: 11-12 Nudos

POTENCIA: 326 HP

ACEITE USADO: Texaco Ursa **SAE 40**

INTERVALO DE CAMBIO: 250 Horas

CEBADO: 1.00 Lt / Día

CAPACIDAD DE CARTER: 14 Galones

PRESION DE ACEITE: 50 PSI

ESTADO DE MAQ.: Reparada (3 años)

COLOR DE HUMO: No



FUGAS DE ACEITE: No

MANTENIMIENTO: Bueno

AMBIENTE DE TRABAJO: Limpio (poco polvo)

MAQ. AUXILIAR (A)



FIGURA 20

MAQ. AUXILIAR (B)



FIGURA 21

PROBLEMA.- Al realizar las pruebas de laboratorio a la muestra de aceite, esta present6 trazas fuertes de agua por crepitación (Positivo).

CAUSAS.- La contaminación del aceite por agua, es producto generalmente de fugas del sistema de enfriamiento, existentes en sellos o empaquetaduras, en especial el empaque del cabezote; además puede presentarse también como un residuo de la combustión o por condensación en el cárter.

CONSECUENCIAS.- El agua al emulsionarse con el aceite, ocasiona que este se oxide, dando lugar a la formación de ácidos, produciendo un espesamiento del aceite, incrementando su viscosidad, barniz y lodo, que taponan los filtros; aumenta los

problemas con espuma y aire atrapado, además reduce las propiedades aislantes del aceite, y, ocasiona herrumbre y corrosión.

CONCLUSION.- En este caso, se procedió a desmontar los cabezotes, se determinó que la fuga de agua se producía por el mal estado del empaque y por picaduras existentes en el cabezote de estribor. Este problema se solucionó con el cambio de empaques, y, el relleno y rectificada del cabezote picado.

RECOMENDACIÓN.- Observar periódicamente el aceite en la bayoneta, para controlar la cantidad y el aspecto del mismo, puesto que el aceite al emulsionar con el agua pierde brillo y presenta una turbiedad de aspecto lechosa; además poner atención en las lecturas de los instrumentos, en especial la presión del aceite.

Progressive Oil Sample Testing

Código Cliente
Máquina No.
Serie
Marca
Modelo
Compartimento

MOTOR
DETROIT
12V71N
Motor

Evaluación. Anormal

Lab. No.	Desgastes/Metales		Condiciones de Aceite										Fecha Proceso	Marca Tipo/Aceite	Hrs/Km Hrmt.	Hrs/Km Aceite	Fecha Muestra	
	CU	FE	CE	EE	SI	H	OX	AZU	HCO	CMB	VIS							
13567	2	62	1	1	6	24	32%	14%	P	N	VIS	TEXACO 40	567,198	350	23/03/02	SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. SE RECOMIENDA CAMBIAR DE ACEITE, INVESTIGAR CONTAMINACIÓN CON AGUA Y TOMAR OTRA MUESTRA.		
Muestra Actual																		
11301	1	38	2	2	4	44	17%	10%	N	N	VIS	TEXACO 40	55,372	325	05/05/01	NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. EL ACEITE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES. CONTINUE MUESTREANDO PARA VERIFICAR RESULTADOS.		
Anterior 1																		
10572	1	29	2	2	3	34	23%	12%	N	N	VIS	TEXACO 40	55,060	350	17/01/01	NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. EL ACEITE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES. CONTINUE MUESTREANDO PARA VERIFICAR RESULTADOS.		
Anterior 2																		

CU = Cobre FE = Hierro CE = Carbono EE = Plomo SI = Silicio

H = Hollin OX = Oxidación AZU = Sulfuración
HCO = Agua CMB = Combustible VIS = Viscosidad

Valvoline POST

Guasmo, Norte Av. Barcelona y Calle Públicas

NOTA: La veracidad de las recomendaciones de este reporte dependen de la forma de toma de la muestra, la cantidad necesaria y la correcta identificación escrita en la etiqueta.



4.3.- CASO3: CONDENACION DEL ACEITE POR EXCESIVO HOLLIN

En este ejemplo se mostrarán los resultados obtenidos del análisis del aceite usado en un motor de marca CATERPILLAR, modelo 3306; el mismo que tiene el trabajo de mover el impelente de una bomba semi-axial que succiona agua de un río y es depositada en un reservorio.

DATOS DE OPERACIÓN:

MOTOR: Estacionario

MARCA: Caterpillar

MODELO: **3306**

SERIE: **66D1 1635**

MAQUINA No.: **47**

RPM: 1800

ACEITE USADO: Valvodiesel **SAE 40**

INTERVALO DE CAMBIO: 250 Horas CEBADO: No

CAPACIDAD DE CARTER: **5** Galones

ESTADO DE MAQ.: Reparada

COLOR DE HUMO: Negro

FUGAS DE ACEITE: No

MANTENIMIENTO: Bueno

AMBIENTE DE TRABAJO: Limpio (poco polvo)

BOMBA-MOTOR



FIGURA 22

MOTOR CAT 3306

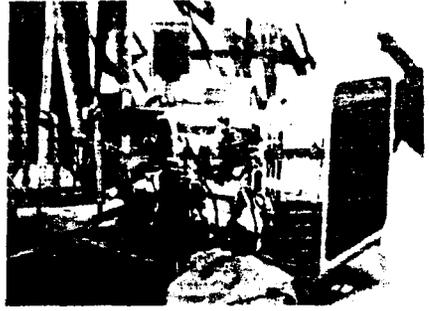


FIGURA 23

PROBLEMA.- Al extender los periodos de cambio de Iubricante en el motor, el aceite se condensa por llegar a niveles **altos** de hollín.

CAUSAS.- El hollín es usualmente producto de una mala combustión, producida por diferentes situaciones como: baja calidad del combustible; problemas **en** el sistema de inyección (bomba, circuitos, inyectores, filtros, etc.); motor muy frío o con poca exigencia de trabajo.

CONSECUENCIAS.- El lubricante debido a su poder de detergencia y dispersancia, recoge el hollín producto de la combustión y lo mantiene en suspensión, hasta llegar a un límite de saturación (100 %), luego del cual el hollín empieza a formar depositos de carbón en distintas partes del **motor** y llegar incluso **a** convertirse en un agente abrasivo en el lubricante.

CONCLUSION.- En este caso en particular, se llegó a determinar que la causa del alto nivel de hollín en el aceite era producto de la poca exigencia de fuerza en el motor, ya que la bomba no presentaba un torque significativo al motor. De la curva de rendimiento de la bomba, considerando una diferencia de altura hidrostática “NPSH” de 10 m. y la eficiencia de la bomba del orden del 78%, se determina que la potencia requerida del motor es de aproximadamente 125 HP, cuando el motor CATERPILLAR MOD. 3306 entrega aproximadamente 250 HP.

RECOMENDACIÓN.- Para disminuir los niveles de hollín se podría tratar el combustible con aditivos para mejorar su calidad, incrementar el torque impuesto al motor o cambiarlo, ya que dicho motor estaría sobrediimensionado.

Se recomendo incrementar el intervalo de cambio de aceite en el motor, pasando de 250 horas a 320 horas, manteniendo un nivel aceptable de hollín (80 % del nivel de saturación del aceite). El propietario decidió mantener igual su sistema de bombeo, sin modificar la calidad del combustible.

Progressive Oil Sample Testing



Código Cliente
Máquina NO.
Serie
Modelo

470
66D116355
CATERPILLAR
3306

Atn.

CU	FE	CR	PE	SI	H	OX	AZU	H2O	CMB	VIS	Marca Tipo/Aceite	Hrs/Km Hrmt.	Hrs/Km Aceite	Fecha Muestra	
3	21	1	1	5	88%	9%	56%	N	N	VIS	VALVOLINESEL 40	13,264	326	06/11/01	
Anterior 1															
12431	CU	BE	CR	PE	SI	H	OX	AZU	H2O	CMB	VIS	Marca Tipo/Aceite	Hrs/Km Hrmt.	Hrs/Km Aceite	Fecha Muestra
3	23	2	1	6	92%	15%	60%	N	N	VIS	VALVOLINESEL 40	12,938	357	20/10/01	
<p>NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. EL ACEITE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES. CONTINUE MUESTREANDO PARA VERIFICAR RESULTADOS.</p>															
Anterior 2															
12193	CU	FE	CR	PB	SI	H	OX	AZU	H2O	CMB	VIS	Marca Tipo/Aceite	Hrs/Km Hrmt.	Hrs/Km Aceite	Fecha Muestra
2	18	1	1	4	91%	7%	68%	N	N	VIS	VALVOLINESEL 40	12,581	340	03/10/01	
<p>NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. EL ACEITE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES. CONTINUE MUESTREANDO PARA VERIFICAR RESULTADOS.</p>															
Anterior 3															
12068	CU	FE	CR	PE	SI	H	OX	AZU	H2O	CMB	VIS	Marca Tipo/Aceite	Hrs/Km Hrmt.	Hrs/Km Aceite	Fecha Muestra
3	21	1	0	5	71%	8%	42%	N	N	VIS	VALVOLINESEL 40	12,241	305	14/09/01	
<p>NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO NORMAL. EL ACEITE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES. CONTINUE MUESTREANDO PARA VERIFICAR RESULTADOS.</p>															

H = Hollin Ox = Oxidación Azu = Sulfatación
H2O = Agua Cmb = Combustible Vis = Viscosidad

Valvoline POST

Guasmo, Norte Av. Barcelona y Calle Pública

NOTA: La veracidad de las recomendaciones de este reporte dependen de la forma de toma de la muestra, la cantidad necesaria y la correcta información escrita en la etiqueta.

CURVA DE RENDIMIENTO BOMBA L20DA

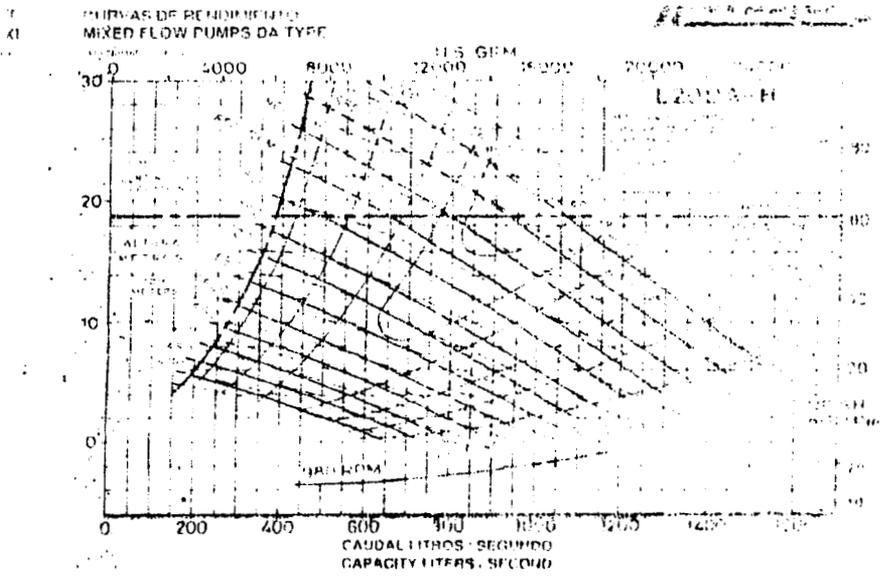


FIGURA 26

BOMBA L20DA (DIBUJO DE CORTE)

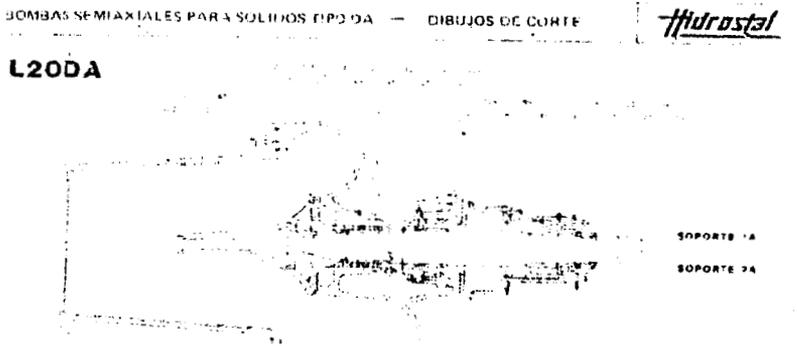


FIGURA 27

**4.4.- CASO 4: CONDENACION DEL ACEITE POR UN AGENTE EXTERNO
(SILICIO)**

En este ejemplo se mostrarán los resultados obtenidos del análisis del aceite usado en el motor, de un tractor marca KOMATSU, utilizado para el movimiento de tierra en una cantera.

DATOS DE OPERACIÓN:

MOTOR: Tractor de oruga **MARCA:** Komatsu
MODELO: D155 A **SERIE:** 52844
MAQUINA No.: 01 **HOROMETRO:** 1 1049 Horas
POTENCIA: 326 HP

ACEITE USADO: Valvodiesel SAE 40
INTERVALO DE CAMBIO: 250 Horas **CEBADO:** 2 Gl/Semana
CAPACIDAD DE CARTER: 5 Gl

ESTADO DE MAQ.: Buena
COLOR DE HUMO: Negro (poco)
FUGAS DE ACEITE: No
MANTENIMIENTO: Bueno
AMBIENTE DE TRABAJO: Polvo

TRACTOR KOMATSU (A)

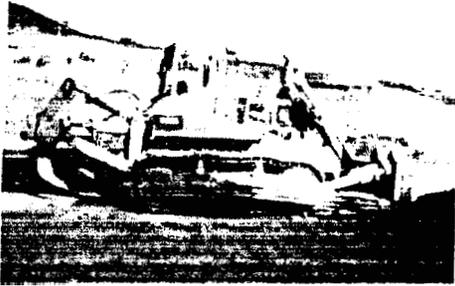


FIGURA 28

TRACTOR KOMATSU (B)



FIGURA 29

PROBLEMA.- Al realizar las pruebas de laboratorio a la muestra de aceite, esta presentó niveles altos de silicio.

CAUSAS.- La presencia de silicio en el aceite, es producto generalmente de la entrada de partículas de polvo o tierra al sistema; **estas** ingresan principalmente por la admisión de aire (filtros de aire en mal estado), por fugas de aceite en retenedores, empaques o por la falta de accesorios, como **tapón** de aceite **en** tapaválvula, bayoneta.

CONSECUENCIAS.- El silicio **al** sobrepasar los niveles de aceptación en un lubricante, se convierte en un agente abrasivo que aumenta en forma apreciable los **parámetros** de desgaste de las superficies **metálicas**, **incrementa** la **viscosidad**, ayuda a la formación de lacas o barniz y disminuye las propiedades de los aditivos.

CONCLUSION.- En este caso, se determinó que el tiempo de operación apropiado del lubricante sea de 250 horas, **en** la muestra que indica un nivel de silicio de **50** ppm, se observó el mal estado del filtro de aire, al presentar una deformación en su aspecto y ruptura del papel filtrante.

RECOMENDACIÓN.- Poner la debida atención en las horas de trabajo del lubricante en el motor, realizar un buen plan de mantenimiento y **en** especial el uso de filtros de aire de buena calidad y una constante revisión y limpieza de los mismos.

Progressive Oil Sample Testing



Atn. Szes.
Guayaquil

Código Cliente
Máquina no.
Serie
Marca
Modelo

01
TRACTOR 01
KOMATSU
155

13142	CU	4	FE	CR	PB	SI	H	OX	AZU	H2O	CMB	VIS	Marca	Tipo/Aceite	Hrs/Km		Fecha Muestra
															Hrmt.	Aceite	
<p>Muestra Actual</p> <p>NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. EL SILICIO ESTÁ CON TENDENCIA A ELEVARSE, LO QUE INDICA ENTRADA DE TIERRA AL MOTOR. SE RECOMIENDA REVISAR FILTROS, PARA ASÍ DISMINUIR LA ENTRADA DE TIERRA AL SISTEMA.</p>																	
12961	CU	7	21	5	10	50	758	18%	64%	N	N	VIS	VALVODIESEL 40	11.774	240	26/12/01	
<p>Anterior 1</p> <p>NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. EL SILICIO SE ENCUENTRA BASTANTE ELEVADO (ENTRADA DE TIERRA). SE RECOMIENDA REVISAR FILTROS (PRINCIPALMENTE AIRE), NGAS DE ACEITE. INMEDIATAMENTE PARA ASÍ REDUCIR LA ENTRADA DE TIERRA AL MOTOR.</p>																	
12781	CU	2	8	0	7	23	508	68	23%	N	N	VIS	VALVODIESEL 40	11.284	235	26/11/01	
<p>Anterior 2</p> <p>NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. EL SILICIO ESTÁ CON TENDENCIA A ELEVARSE, LO QUE INDICA ENTRADA DE TIERRA AL MOTOR. SE RECOMIENDA REVISAR FILTROS, PARA ASÍ DISMINUIR LA ENTRADA DE TIERRA AL SISTEMA.</p>																	
12406	CU	3	17	3	9	26	818	21%	678	N	N	VIS	VALVODIESEL 40	11.049	250	16/10/01	
<p>Anterior 3</p> <p>NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. EL SILICIO ESTÁ CON TENDENCIA A ELEVARSE, LO QUE INDICA ENTRADA DE TIERRA AL MOTOR. SE RECOMIENDA REVISAR FILTROS, PARA ASÍ DISMINUIR LA ENTRADA DE TIERRA AL SISTEMA.</p>																	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El presente informe, está dirigido a todos los ingenieros que de una u otra forma están vinculadas al mantenimiento de motores a diesel, ya que abarca en una forma práctica los temas relacionados con lubricación, tales como: fabricación, aditivos, selección, metales de desgaste, y, lógicamente el análisis de los resultados de las pruebas realizadas al aceite usado.

Tal como se ha mostrado en los casos presentados en el capítulo 4, el análisis del aceite usado, es una herramienta muy útil en el manejo de motores tanto a diesel como gasolina, ya que permite anticipar problemas, realizando reparaciones menores y programadas, antes de que se produzcan averías serias que obligan a una paralización por más tiempo y no programada de la máquina, lo que representa pérdida de tiempo y dinero. Reduce además los tiempos inactivos por mantenimiento, ya que permite identificar las áreas con problemas, anticipar el stock de repuestos, no se pierde tiempo armando y desarmando motores, e incluso permite prever dentro del presupuesto de mantenimiento estas reparaciones, sin que afecte al normal desempeño y trabajo del motor. El análisis del aceite usado, como se ha visto en los ejemplos analizados, también permite incrementar los intervalos de drenaje o cambio de lubricante, sin que los niveles de desgaste de metales o rendimiento del aceite, excedan los parámetros máximos recomendados por los fabricantes de motores; se asegura de esta manera la

vida útil del motor y se obtiene un ahorro en lubricantes y filtros, aparte del tiempo ahorrado por la no paralización del motor, y el costo hombre/hora que representa dicho cambio de aceite.

Finalmente se ha encontrado que el análisis de aceite usado ayuda a controlar o vigilar las prácticas de mantenimiento, ya que mediante este proceso es muy fácil de detectar cuando el lubricante o los filtros de aceite, aire o combustible han sido cambiados o no. Todo esto motiva a la realización de un programa de mantenimiento serio y honesto por parte de las personas que lo realizan.

RECOMENDACIONES

En vista de la gran utilidad que tiene el Análisis del Aceite usado y reportada en este trabajo, se recomienda difundir los beneficios que su implementación permite alcanzar, en los programas de mantenimiento, cantidad de stock de repuestos, ahorro de dinero y tiempo. Esta difusión debe llevarse a cabo junto con una capacitación de los ingenieros relacionados con el mantenimiento de motores, para que puedan realizar sus propias interpretaciones de resultados, tomar decisiones con toda seguridad y garantía de parte de sus proveedores, en temas como duración de la vida útil tanto del lubricante como de filtros, y el establecimiento de un adecuado plan y control de mantenimiento.

También es recomendable capacitar a las personas encargadas de la toma de muestras, sobre la forma de cómo obtenerlas, y, los métodos más aconsejados y bajo qué circunstancias se aplica cada uno de ellos. Habría que recalcarles la importancia de una buena muestra de aceite, esto es, homogénea y representativa, con los datos completos y veraces, como requisito para obtener resultados fiables en su análisis.

Finalmente debe darse la importancia debida a los reportes del análisis del aceite usado, dado que de esto depende finalmente el buen desempeño de la maquinaria. Se ha encontrado que por desconocimiento, los reportes son ignorados, presentándose serias averías en los motores que pudieron evitarse con una aplicación adecuada de las recomendaciones surgidas de los resultados del análisis aquí descrito.

ANEXOS

ANEXO A

LIMITES DE UTILIDAD SUGERIDOS PARA ACEITES USADOS LUBRICANTES VALVOLINE (14)

Niveles normales de metales de desgaste (ppm) a intervalos aceptables de drenaje.

Hierro	50
Cobre	25
Plomo	10
Cromo	5
Silicio	25

ANEXO B

MOTORES CATERPILLAR (9)

Niveles normales de metales de desgaste (ppm) a intervalos aceptables de drenaje.

Modelo de Motor	3208	3406	Todos los modelos
Hierro	100	50	100
Cobre	12	45	45
Plomo	100	100	100
Aluminio	15	15	15
Cromo	15	15	15

ANEXO C

MOTORES CUMMINS (9)

Niveles normales de metales de desgaste (ppm) a intervalos aceptables de drenaje.

Modelo de Motor	290	350	Todos los modelos
Hierro	60 – 84	60 – 84	60 – 84
Cobre	20	20	20
Plomo	100	100	100
Aluminio	15	15	15
Cromo	15	15	15
Estaño	20	20	20

ANEXO D

MOTORES DETROIT DIESEL (9)

Niveles normales de metales de desgaste (ppm) a intervalos aceptables de drenaje.

Modelo de Motor	8V71	6V92	Todos los modelos
Hierro	96 – 140	96– 140	96– 140
Cobre	23	23	23
Plomo	100	100	100
Aluminio	15	15	15
Cromo	15	15	15
Estaño	25	25	25

ANEXO E

MOTORES MACK (9)

Niveles normales de metales de desgaste (ppm) a intervalos aceptables de drenaje.

Hierro	118
Cobre	45
Plomo	100
Aluminio	15
Cromo	15
Estaño	20

ANEXO F

-- LIMITES DE UTILIDAD SUGERIDOS PARA ACEITES USADOS BASADO EN LAS CANTIDADES DE PPM DE METALES DE DESGASTE (9)

	Hierro	Cobre	Plomo	Aluminio	Cromo	Estaño	Silicio
Motores Diesel	100	50	40	30	25	25	20
Motores Gasolina (Gasolina con Plomo)	600	75	999	75	50	40	60
Motores Gasolina (Gasolina sin Plomo)	600	75	100	75	50	40	60
Transtnisiones	500	300	300	100	10	20	40
Hidraulica	75	50	20	50	10	10	20
Diferenciales	750	400	100	50	10	30	75

BIBLIOGRAFIA

1. Bayona Bonilla Iván Ing., Curso de Entrenamiento Lubricación Básica, Guayaquil – Ecuador, Lubrival, **1999**.
2. Benlloch Maria José, Los Lubricantes, Barcelona – España, Ediciones CEAC, **1990**.
3. Caterpillar, Aceite Cat (CF – 4) para Motores Diesel, Estados Unidos, Caterpillar, **1994**.
4. Caterpillar, Análisis Periódico de Aceite, Estados Unidos, Caterpillar, **1989**.
5. Caterpillar, El Aceite Lubricante y su Motor, Estados Unidos, Caterpillar Inc. 1995.
6. Caterpillar, Introducción a los Motores Diesel, Estados Unidos, Caterpillar Inc. **1989**.
7. Caterpillar, Los Combustibles Diesel y su Motor., Estados Unidos, Caterpillar, 1991
8. Caterpillar, Para Entender el Informe del A.P.A., Estados Unidos, Caterpillar, **1994**.
9. Lubrizol, Compendio de Lubricantes, The Lubrizol Corporation, 1995.
10. Lubrizol, Ready Reference for Lubricant and Fuel Performance, Wickliffe – Ohio, The Lubrizol Corporation, **1998**.
11. Lubrizol, Tendencias de Aceites para Motores Diesel, Guayaquil – Ecuador, The Lubrizol Corporation, **1997**.

12. Tribology Tech Lube, Manual de Lubricación Total, Tribology Tech Lube.
13. Valvoline, Procedimiento Específico Estudio de Lubricación, Guayaquil – Ecuador, Lubrival, **1999**.
14. Valvoline, Programa de Muestreo Progresivo de Aceites, Guayaquil - Ecuador, Lubrival, 2000.
15. Valvoline, Programa S.O.S., Guayaquil – Ecuador, Lubrival S.A., **1995**.
16. Verhelst **Andre** Ing., Los Ultimos Avances en Tecnología de Lubricación de Motores Marinos y de Generación Eléctrica, Texaco Technology Ghent.
17. Weyenberg Tom, Tecnología, Actualidad y Nuevas Tendencias en los segmentos Diesel y Gasolina, Guayaquil – Ecuador, Lubrizol, 2001.