

LUBRICANTES MINERALES CON ADITIVOS

Por JAVIER MARTIN RUEDA,
Ingeniero de Caminos.

Después de unas palabras breves que, a modo de presentación, explican la razón de este artículo, pasamos a tratar en el primer capítulo de los aceites lubricantes para motores de explosión; en el siguiente, de los lubricantes para engranajes, llamados valvolinas, con aditivos de extrema presión. En el tercero y último capítulo se pasa revista al estado actual de clasificaciones, especificaciones y ensayos de lubricantes. En el apéndice núm. 1 se dan unas características aproximadas de lubricantes tipo HD. El apéndice núm. 2 está dedicado a la ampliación de los ensayos sobre motores L-1 y L-4, y en el núm. 3 se indican los ensayos ASTM (American Society for Testing Materials) para investigación de aditivos.

Al progreso en la fabricación de motores y mecanismos, sigue el progreso en la fabricación de lubricantes para proporcionar un mantenimiento adecuado a estos nuevos mecanismos.

Desde hace unos años, que empezó a importarse maquinaria pesada y motores modernos, ha surgido en España cierta preocupación por la adecuada lubricación de estas máquinas.

En nuestra Patria, hasta hace poco, eran desconocidos los lubricantes con aditivos que mejoran sus cualidades, ahora no solamente son conocidos hasta la vulgarización, sino que entidades como Refinerías de Petróleos de Escombreras (REPESA) y la Empresa Nacional Calvo Sotelo (ENCASO) los fabrican o tienen en proyecto lanzar al mercado español tipos de lubricantes de calidades similares a las mejores del extranjero.

1. Lubricantes para motores.

La vida de los motores depende, en gran parte, de los combustibles y de los lubricantes que se utilicen.

En estas máquinas se producen rozamientos de superficies metálicas, cuyo desgaste puede acelerarse por *corrosión*, *fricción* o *abrasión*; aparte se presentan en los motores otros fenómenos, como formación de lacas y productos gomosos, sedimentos y depósitos que entorpecen la lubricación y pueden producir la ruina de la máquina por alguna de las causas antedichas.

Ryan y De Long definen el desgaste por corrosión como el desgaste que se inicia por ataque químico.

Fricción es frotamiento de dos cuerpos que se rozan (según la enciclopedia Espasa), siendo frotamiento la resistencia que encuentra una superficie a resbalar sobre otra, y abrasión es la fricción cuando una de las superficies muestra irregularidades mayores que en el caso anterior.

Kunc, Mac Arthur y Moody (1) distinguen estos dos últimos tipos de desgaste por el aspecto que pre-

sentan las superficies ampliadas 440 diámetros; estos mismos autores opinan que la mayor parte de los motores sufren por fricción y abrasión media y muy raramente por corrosión.

Según algunos autores norteamericanos, la ruina de los motores se produce, en un 85 por 100, por desgaste, y en un 15 por 100 por depósitos y otras causas.

La corrosión (fig. 1.^a) se produce por que al detener el motor se condensa el agua, procedente del aire de la atmósfera, en los cilindros, y se acidula a causa de ciertos restos del tipo de hidrocarburos oxidables que dejan los combustibles. Este es el origen de la disminución del pH de los aceites, acidez indicadora de que el lubricante está usado.

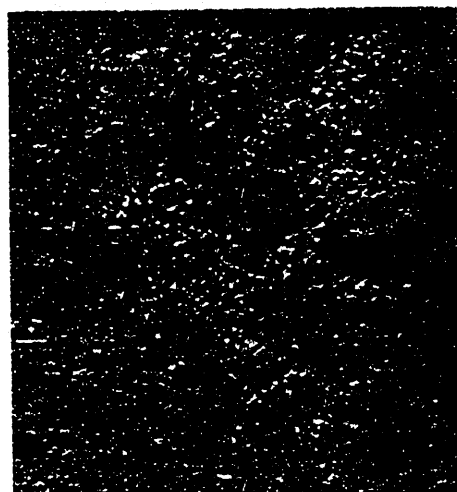


Fig. 1.^a — Ampliación de una superficie de cojinete de bronce al plomo desintegrándose por corrosión.

La mayoría de los metales empleados en la fabricación de los cojinetes normales, tales como antifricción, bronce fosforoso, aluminio, etc., tienen gran resistencia a la corrosión; sin embargo, los cojinetes de bronce al plomo son muy sensibles a la acidez.

Para evitar esta corrosión se emplean aditivos que actúan como inhibidores de oxidación, suelen ser

(1) J. F. Kunc, D. S. Mac Arthur y L. E. Moody en *How engines wear*. SAE summer meeting. Atlantic City. Junio 1952.

compuestos fenólicos, naftilaminas, derivados de anilina, compuestos órgano-metálicos conteniendo azufre, fósforo y cinc, y jabones metálicos de Sn y Cr. La proporción con que se añaden al aceite lubricante suele ser de 0,5/2 por 100.

En los motores se presentan frecuentemente depósitos que pueden causar la ruina de la máquina por abrasión o por ataque corrosivo del depósito a la superficie metálica.

En los motores diesel que utilizan gas-oil con más de 0,5 por 100 de azufre (los que proceden del Oriente Medio), se produce en las superficies metálicas calientes unos compuestos sulfurados que, junto con los restos normales de la combustión y el polvo que pue-

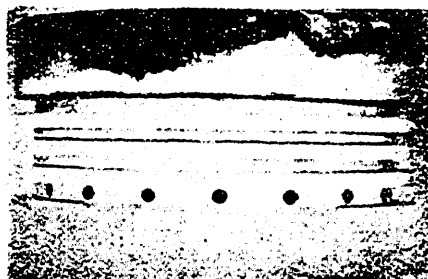
con y sin aditivos se puede ver gráficamente en la figura 2.^a.

Además de los aditivos detergentes y antioxidantes se les añade a los aceites otros productos con la misión de corregir alguna propiedad específica.

Los aditivos más corrientes son:

Para corregir la viscosidad: polímeros acrílicos, polímeros derivados del isobutileno y ésteres orgánicos de alto peso específico, en proporciones del 0,5 al 10 por 100.

Es muy importante que la viscosidad de un lubricante sea la debida, y, por lo tanto, es aconsejable atenderse a las tablas de densidades que indique el fabricante del motor.



Aceite con detergentes.



Aceite sin detergentes.

Fig. 2.^a—Depósitos y lacas en el pistón de un motor diesel Caterpillar, después de 480 horas.

de penetrar del exterior, dan origen a partículas duras que pueden causar desgastes por abrasión.

Para evitar, o por lo menos paliar en lo posible estos inconvenientes, se añaden a los lubricantes unos productos detergentes, cuya misión es mantener en suspensión estas partículas después de arrancarlas de las superficies metálicas a las que suelen estar adheridas. Estos aditivos detergentes se componen de jabones de metales alcalino-térreos, fenil-estearatos de bario y calcio y productos acril-aril-sulfonados, y suelen mezclarse con lubricantes en proporciones que oscilan entre 2 y 10 por 100.

Se calcula que anualmente se consumen en detergentes para lubricantes más de 113.400 Tn., lo que representa más de 50 millones de dólares.

Los aceites con detergentes, pues, logran limpiar las superficies metálicas y mantienen en suspensión las impurezas, por lo cual presentan un aspecto más sucio que los no detergentes: además estas partículas en suspensión pueden ocasionar atascos en los filtros de aceite no preparados para ello.

Empleando lubricantes con detergentes disminuyen las lacas y los cienos, y, aunque no es propiedad esencial de los detergentes, también neutralizan parte de los ácidos que se forman en los lubricantes usados.

La diferencia en el resultado de emplear aceites

Un aumento en la densidad es muy peligroso, pues la lubricación es entonces deficiente y puede llegar a anularse al disminuir notablemente la circulación del aceite.

Una disminución de la viscosidad conduce a un mayor gasto de aceite (fig. 3.^a), y para determinados órganos de máquinas una reducción de la capa lubricante puede ocasionar desgastes excesivos.

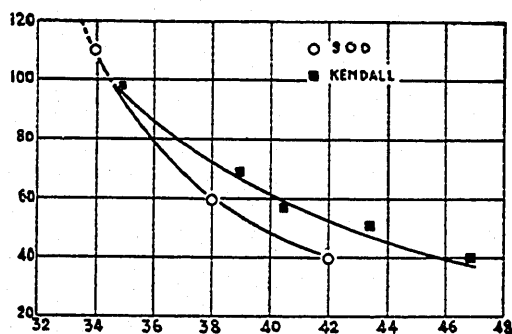


Fig. 3.^a—Relación consumo-viscosidad.

Un aumento de la viscosidad del lubricante indica oxidación del aceite cuando va acompañado de un aumento del índice de acidez o presencia de insolubles (jabones, aceites oxidados, etc.).

Es importante que la viscosidad permanezca constante para permitir un arranque fácil en frío y conservar las propiedades lubricantes, tanto en frío como en caliente.

Una disminución de la viscosidad puede ser originada por:

- Contaminación de aceites más ligeros.
- Dilución de combustibles.

Para reducir el punto de congelación, se añaden a los lubricantes aceites de síntesis obtenidos por alquilación de hidrocarburos cíclicos o policíclicos.

Para mejorar la untuosidad, compuestos polares, y para obtener más adhesividad, polímeros.

También se añaden productos antiespumantes (siliconas) en proporciones de 0.0001/0.001 por 100, y a veces materias colorantes a base de productos fluorescentes.

Los carburantes también contienen aditivos para mejorar sus condiciones naturales.

Por ejemplo, a la gasolina se le añade plomo-tetraetilo en proporción de 3 ml./galón como antidetonante, y así se obtienen los combustibles de alto número de octanos (aviación más de 100 octanos, gaso-

II. Valvolinas con aditivos de extrema presión.

Se usan lubricantes con este tipo de aditivos en los engranajes cuyos dientes sufren presiones superiores a 7 Tn./cm.² (de tipo hipoide).

Su misión es evitar el contacto metal-metal y su consiguiente soldadura.

Son compuestos orgánicos a base de gliceroisulfatos, naftenato de plomo, compuestos orgánicos sulfurados o clorados que forman con el metal de los dientes del engranaje una capa que tiene estructura hojosa y en este aspecto funciona como si fuera grafito.

Estos aditivos se pueden añadir solos o en combinación con jabones.

Hay que tener buen cuidado con el pH de estos aceites, pues a causa de los diferentes tipos de aditivos, pueden resultar estas valvolinas ácidas (como el tipo "Cartago" de REPESA), o bien pueden ser básicas (tipo "Merope"). Los de pH bajo pueden atacar a los cojinetes de bronce y contribuir a su rápida ruina.

Es, por lo tanto, imprescindible antes de utilizarlo, cerciorarse de que la casa fabricante del mecanismo no lo prescribe.



Con aditivos de extrema presión.

Sin aditivos de extrema presión.

Fig. 4.ª — Lubricación de corona dentada.

lina-plomo unos 90 octanos) que permiten aumentar la compresión de 4:1 a 8:1, de forma que dos litros de ahora dan el rendimiento de tres litros de gasolina del tipo usado en 1925.

También se añaden anticongelantes, colorantes lubricantes para cilindros, etc.

También se emplean aditivos para disminuir la fricción, generalmente con ácidos grasos con compuestos de fósforo y cloro.

Las consecuencias del empleo de una valvolina con aditivos de extrema presión se pueden apreciar en la figura 4.ª.

III. Normas y ensayos.

Los aceites se clasifican con arreglo a su calidad y en orden a su empleo.

Las clasificaciones existentes son muy complejas y, a nuestro juicio, deficientes.

Las últimas designaciones del Instituto del Petróleo Americano (API), son las siguientes:

Servicio MS. — Servicio típico de motores de gasolina o de otros motores de ignición por chispa operando bajo condiciones de servicio desfavorables o severas y donde haya requisitos especiales de lubricación a causa de los depósitos o en casos especiales de corrosión de cojinetes, debidos a las condiciones de funcionamiento o al combustible o a las características del proyecto de la máquina.

Servicio MM. — Servicio típico de motores de gasolina y de otros de ignición por chispa operando bajo condiciones de servicio de moderado a severo, pero presentando problemas de depósito o corrosión de cojinetes cuando las temperaturas del aceite del cárter sean altas.

Servicio ML. — Servicio típico de motores de gasolina o de otros motores de ignición por chispa operando bajo condiciones de servicio favorable sin que los motores tengan ninguna especificación especial de lubricación y no teniendo ninguna característica sensible a la formación de depósitos.

Servicio DG. — Servicio típico de motores diesel en cualquier operación en donde no haya especificaciones severas excepcionales respecto desgaste o control de depósitos debido al combustible o a características de proyecto del motor.

Servicio DS. — Servicio típico de motores diesel operando bajo condiciones extremadamente severas, o teniendo características de proyecto, o usando combustibles que tiendan a producir desgastes anormales o depósitos excesivos.

En Estados Unidos está también muy extendida la clasificación siguiente:

Aceites normales sin adiciones ("regular").

Aceites "premium", con 0.5/2 por 100 de inhibidores de oxidación.

Aceites "Heavy Duty", del 2/20 por 100 de aditivos (detergentes e inhibidores de oxidación principalmente).

Estos últimos se subdividen, en orden a su calidad, en:

Aceites que satisfacen la norma 2-104-B de la U.S. Army.

Aceites que satisfacen la norma MIL-0-2104 de la U.S. Army.

Aceites "rail road diesel".

Aceites "suplement 1" o serie 1.

Aceites "Navy HD oils".

Aceites serie 2 ó "suplement 2".

Aceites serie 3 ó "suplement 3".

Los aceites anteriores "regular" corresponderían a los aceites para empleos bajo condiciones favorables o condiciones de servicio ML.

Los anteriores aceites "premium" son análogos a los especificados para empleo bajo condiciones de servicio MM.

Los aceites Heavy Duty se dividirían en tres grupos:

1.º Los aceites que cumplen las especificaciones 2-104-B, MIL-0-2104 y los del suplemento 1, caerían todos dentro del grupo de los aceites que se recomiendan para uso bajo condiciones de servicio MS. Estos tres tipos de aceite son ahora representados por los aceites de primera línea distribuidos por varias marcas de aceite en las estaciones de servicio, aunque cualquier tipo de aceite pueda diferir del tipo de otro fabricante.

2.º Los aceites MIL-0-2104 y los de la lista suplementaria núm. 1 caerían dentro del grupo de aceites que se han recomendado para uso bajo condiciones de servicio DG.

3.º Los aceites suplementarios núm. 2 ó serie 2, caerían dentro del grupo de aceites recomendados para uso bajo condiciones de servicio DS.

El folleto propuesto por el API describiendo el nuevo sistema de clasificación dice: "No hay nada que prohíba el uso de un aceite para más de un servicio, siempre y cuando sea adaptable para cada uno. En tal caso la designación debe indicar estos servicios, como, por ejemplo, usando el término "para servicio MS-DG". Esto determinaría un aceite satisfactorio para condiciones severas en motores de gasolina y condiciones menos severas para motores diesel.

En cuanto a las valvolinas, hay cuatro tipos (clasificación API), cada uno obtenible en cuatro escalas separadas de viscosidad.

Regular. — O el tipo de lubricante de aceite mineral puro para engranajes, es generalmente apropiado para el uso en las transmisiones automotrices y en la mayoría de los diferenciales cónicos, espirales y rectos. (Esto excluye las transmisiones automáticas o semiautomáticas, acoplamientos hidráulicos, convertidores de par y sistemas hidráulicos de tracción, que requieren lubricantes especiales.)

En algunos juegos de engranajes la presión de los dientes y la fricción de las velocidades son lo suficientemente bajas para que los engranajes puedan ser lubricados satisfactoriamente con aceites minerales normales.

Lubricante de engranaje tipo sin fin. — Es generalmente adaptable para uso en el engranaje tipo sin fin de los ejes traseros para camiones bajo condiciones de servicio muy severas.

En algunos juegos de engranajes tipo sin fin, la presión sobre los dientes o la fricción de la velocidad es tal, que no pueden ser lubricados con seguridad por lubricantes de engranajes de tipo "regular".

Lubricante de engranaje EP (extrema presión), tipo suave. — Es adaptable para usarse en muchas transmisiones automotrices y diferenciales de tipo espiral bajo condiciones severas de velocidad y de carga, donde haya una tendencia marcada de los engranajes a desgastarse indebidamente. El lubricante de tipo EP suave tiene propiedades para resistir cargas por encima del lubricante para engranaje de tipo "regular".

Lubricante de engranaje tipo de aplicaciones múltiples. — Posee propiedades para cargas apropiadas a engranajes hipoidales, otros tipos de diferenciales y muchas transmisiones. Muchos juegos de engranajes se usan en casos en que necesitan un lubricante que tenga las mayores posibilidades de capacidad para cargas y se utilizan aunque sólo sea en las puntas cuando agotan su resistencia, en cuanto a condiciones de velocidad y esfuerzo de par de giro.

Los lubricantes del tipo de aplicaciones múltiples están previstos para proporcionar la máxima protección a las mayores velocidades y también a baja velocidad, y gran esfuerzo de par existente en los camiones de servicio pesado. El término "aplicaciones múltiples" no quiere decir que un sólo grado de viscosidad deba ser usado para todas las aplicaciones bajo todas las condiciones climatológicas; el apropiado grado de viscosidad debe ser seleccionado en cada caso.

El número de viscosidad SAE para los lubricantes de la transmisión y del puente trasero de los camiones constituye una clasificación en términos de viscosidad y consistencia a bajas temperaturas solamente. Los otros factores de calidad y carácter no se consideran. Cuanto mayor es el número que sigue a las iniciales SAE mayor es la viscosidad del aceite.

Para catalogar el lubricante en su respectiva clasificación se le somete a unos ensayos que consisten en:

Ensayos y análisis físicos y químicos de lubricantes.

Ensayos sobre motor en el banco de pruebas.

Ensayos en obra. (La máquina en condiciones de empleo.)

Los análisis y ensayos que se llevan a cabo con los lubricantes referentes a sus propiedades físicas y químicas, siendo los primeros más importantes para su identificación, son:

Densidad, color y contenido en agua, que se determinan mediante sencillas operaciones de laboratorio.

Viscosidad, se calcula mediante viscosímetros Saybolt o Engler y por medio de tablas se pasa a denominación SAE. Los ensayos se suelen hacer a 50 y 100° C.

El punto de inflamación y de combustión en vasija abierta o cerrada.

El punto de congelación.

El índice de acidez da una idea de la duración de un aceite, se mide en mg. de lejía de potasa necesaria para neutralizar la acidez que contenga. Se puede efectuar en cualquier momento un ensayo rápido de investigación del pH mediante papel indicador.

El contenido en cenizas, emulsionabilidad, contenido en asfaltos, azufre, etc., se pueden obtener con ensayos y análisis de laboratorio (apéndice núm. 1).

El examen y clasificación completa de un aceite destinado a la lubricación de motores de combustión interna no pueden llevarse a cabo por medio de simples ensayos de laboratorio, en los que solamente se determinan las características físicas y químicas de dichos aceites.

El rendimiento de un aceite en un motor depende de un gran número de factores, tales como las condiciones de operación, combustibles, proyecto del motor, etc.

Para la creación de métodos de ensayo apropiados se estableció una colaboración entre la representación más importante de la industria del automóvil, la Society of Automobile Engineers (SAE), con la representación más autorizada de la industria del petróleo, el American Petroleum Institute (API), integrados en el Coordinating Research Council (CRC). Fruto de esta colaboración ha sido el desarrollo de una serie de métodos de ensayo utilizando motores preparados especialmente para determinar las características esenciales de dichos aceites.

Las condiciones de trabajo se controlan muy cuidadosamente, siendo los ensayos largos y costosos, pero ha quedado demostrado que son muy prácticos y reales para investigar la calidad de estos aceites lubricantes. En estos ensayos sobre motores no se puede pretender valorar pequeñas diferencias y por ello resulta muy difícil la diferenciación entre dos aceites que posean ambos una calificación muy alta. Unos aceites pueden ser excelentes en cuanto a las condiciones en que quedan los segmentos o en lo que se refiere a pérdida de peso o desgaste de los cojinetes, mientras que otros pueden presentar muy bajo desgaste en los cojinetes, pero mayor cantidad de depósitos en los segmentos.

Los principales motores utilizados son los conocidos bajo la denominación de L-1 y L-4, cuyas principales características en los ensayos son (apéndice número 2):

	L-4	L-1
Duración del ensayo, en horas	36	480
Combustible	Gasolina.	Gas-oil.
Velocidad del motor, en revoluciones por minuto	3250 $\pm$ 25	1000 $\pm$ 10
Potencia al freno	30 HP.	2950 Btu.
Temperatura de refrigeración:		63,74 Kcal.
A la entrada, en grados C.	88 min.	71/74
A la salida, en grados C.	93 $\pm$ 1	79/82
Temperatura del aceite en el cárter:		
SAE 30/50, en grados C.	138 $\pm$ 1	
SAE 10/10W, en grados C.	129 $\pm$ 1	
Temperatura del aceite en los cojinetes		63/66° C.
Cambio de aceite, en horas.	Ninguno.	120
Relación aire/combustible....	14.5/1 0.5	
Número de cilindros	6	1
Diámetro del cilindro, en cm.	8.89	14.60
Recorrido del pistón, en cm.	9.53	20.32
Número de ciclos	4	4

La duración del ensayo L-1 es de 480 horas, y según sea la calidad del gas-oil empleado así será la severidad del ensayo. La especificación americana MIL-O-2104-A (coincidente con la inglesa DEF-2101-A) indica que debe utilizarse un gas-oil destilado con un contenido en azufre de 0,35 por 100 mínimo. Los aceites que pasan este ensayo satisfactoriamente, además del L-4, se denominan aceites detergentes compuestos según la calidad requerida por la norma MIL-O-2104, y según la clasificación de los servicios de motores de combustión interna dada por el API, son apropiados para los servicios ML; MM, MS y DG.

En la práctica, los servicios normales de los motores de gasolina y diesel pueden ser mucho más severos que los indicados como MS y DG; por ejemplo, cuando a un motor de gasolina se le hace funcionar intermitentemente, como suele suceder en el tráfico urbano, en el que las paradas y arranques frecuentes someten al motor a un esfuerzo severo, especialmente debido a que marchas tan cortas no son suficientes para calentar el motor lo necesario, dando lugar a una posible deficiencia en la lubricación, además de originar la condensación de agua y ácidos formados durante la combustión, por lo que tanto

la cabeza del pistón como las paredes laterales de los cilindros están sometidas a unas condiciones severas de corrosión ácida.

Además, las bajas temperaturas pueden originar la condensación de residuos de gasolina a medio quemar que dan lugar a una intensa formación de lodos.

Los ensayos efectuados con automóviles en este tipo de servicios intermitentes y severos han demostrado que para conseguir resultados completamente satisfactorios se requiere un aceite que posea una detergencia superior a la requerida por la especificación MIL-O-2104, siendo muy apropiados los aceites denominados suplemento 1, y mejor los de la serie 2.

Cuando en el motor diesel se utiliza un gas-oil con contenido en azufre ligeramente superior al 0,35 por 100 se puede conseguir una lubricación satisfactoria utilizando un lubricante del tipo requerido por la MIL-O-2104-A, pero cuando el porcentaje de azufre se eleva a 0,9 ó 1 por 100, lo cual es normal en el continente europeo, entonces las posibilidades de corrosión debida a la gran cantidad de ácido sulfúrico formados en la combustión de los compuestos de azufre, exige que los aditivos detergentes, que a su vez son también neutralizantes, como antes se dijo, se encuentren en mayor proporción. Según esto, si en el ensayo L-1 se emplea un combustible con 1,0 por 100 de azufre, el aceite que satisfaga las condiciones exigidas en el ensayo, se deberá considerar como de calidad superior a la especificación MIL-O-2104, denominándose entonces "suplemento 1". Cumple sobradamente las necesidades de la especificación MIL-O-2104.

La casa Caterpillar recomienda:

Los lubricantes comprendidos en la especificación MIL-O-2104 deben usarse en el cárter del motor diesel cuando el contenido de azufre del combustible no es superior al 0.4 por ciento.

Los "superior lubricants" (serie 2) deben usarse en el cárter del motor diesel:

- Quando el contenido en azufre del combustible excede del 0.4 por 100.
- En modelos nuevos proyectados para funcionar a mayores velocidades y mayores cargas normales.

Cuando se recomienda el uso del lubricante MIL-O-2104 también puede usarse "superior lubricants" (serie 2) y extender el período de cambio del aceite.

APENDICE I

A título informativo damos unas características de aceite que pueden tomarse como aproximadas para los tipos corrientes que se encuentran en España:

	SAE 20 HD	SAE 30 HD	SAE 40 HD	SAE 50 HD	SAE 90 HD	SAE 140 HD
Densidad a 15° C.	0.887	0.889	0.893	0.897	0.895	0.90
Viscosidad Engler:						
A 50° C.	6.5	8.25	11.75	17.50	16.00	24.00
A 100° C.	1.85	1.90	2.20	2.75	2.60	3.30
Índice de viscosidad	90	90	90	90		
Punto de inflamación en vasija abierta	220°	230°	240°	250°	240°	255°
Punto de combustión en vasija abierta	255°	265°	275°	285°	280°	300°
Punto de congelación	— 25°	— 20°	— 15°	— 10°	— 20°	— 15°
Residuo de cok	0.15 %	0.30 %	0.50 %	0.70 %	—	—
Cenizas		T r a z a s .			0.3 %	0.3 %
Acidez	0.10 %	0.11 %	0.13 %	0.15 %	0.10 %	0.10 %

APENDICE 2

Como ampliación a lo escrito sobre los ensayos L-1 y L-4 damos las notas siguientes:

MOTOR DEL ENSAYO L-1.

El objeto de este procedimiento es determinar el efecto de un aceite de motor sobre el pegado de los segmentos, desgaste y acumulación de depósitos bajo condiciones severas. Aunque el ensayo se lleva a cabo en un motor diesel con ignición por compresión, la experiencia ha demostrado que este procedimiento también califica los aceites para el uso en motores bajo servicio severo con sistema de ignición por chispa.

Este procedimiento sirve para valorar las siguientes características de un aceite para motor bajo las condiciones de resistencia en el ensayo:

a) La tendencia del aceite del cárter para formar depósitos en las ranuras de los segmentos que tienden a sujetarlos estorbando su libre movimiento, dando lugar al pegado de los segmentos.

b) La tendencia del aceite a formar depósitos de lacas excesivas en el pistón, ocasionando una peor transmisión del calor.

c) La tendencia del aceite a formar depósitos en la cabeza del cilindro, que ocasionarán un rayado o abrasión de la corona del pistón.

d) La eficiencia del aceite para reducir el desgaste de los segmentos y del cilindro.

El ensayo se lleva a cabo durante 480 horas a velocidad fija y con un suministro de combustible controlado para proporcionar un número equivalente de calorías por unidad de tiempo.

Antes del ensayo el motor ha sido reacondicionado totalmente, habiendo instalado un pistón, camisa del cilindro y filtro de aceite nuevos. El rendimiento del aceite se valora examinando al final del ensayo el estado de los segmentos, desgaste y depósitos en el motor, exigiéndose las siguientes condiciones:

- a) No debe haber segmentos pegados.
 - b) No debe haber segmentos adheridos.
 - c) No debe haber señales de abrasión en los segmentos, camisa del cilindro o en el pistón.
 - d) El desgaste en el cilindro no será superior a 0.0010 pulgadas en el sentido transversal y a 1/4 pulgadas por debajo del borde superior del cilindro.
 - e) La holgura del segmento superior no será menor de 0.002 pulgadas.
 - f) Los depósitos en las ranuras de los segmentos se deben valorar en cuanto a cantidad y consistencia.
 - g) Las faldas de los pistones deben tener un mínimo de superficie sin depósitos.
 - h) Las ranuras del segmento de engrase y los orificios de aceite deben estar limpios de lodos.
 - i) La parte interior del pistón debe aparecer limpia con un mínimo de depósitos bajo la corona del pistón.
 - j) Debe haber un mínimo de abrasión en la corona, particularmente del tipo que ocasione una canalización en la ranura del segmento superior de compresión.
 - k) No debe ser necesario limpiar el filtro durante el ensayo.
- (Cuando la presión del aceite disminuye a 0.7 kilogramos por cm.² durante el ensayo, es una indicación de la necesidad de limpiar el filtro de aceite.)

MOTOR DE ENSAYO L-4.

Con este procedimiento se pretende determinar la resistencia a la oxidación y a la corrosión de cojinetes que presenta un aceite para motores de combustión interna que ha sido preparado para condiciones severas de servicio.

Este ensayo es equivalente a una marcha a 96.5 kilómetros/hora en un clima muy cálido.

Aquí solamente se valoran las características del aceite en cuanto a estabilidad o resistencia a la oxidación, resistencia a la oxidación de cojinetes, resistencia a la corrosión de cojinetes y prevención contra la formación de depósitos, mientras que otras

características necesarias en un aceite de alta calidad, tales como la tendencia a causar el pegado de los segmentos, válvulas, o a formar depósitos en la cámara de combustión no se valoran por este procedimiento. Tampoco se valora aquí la llamada "detergencia" o aptitud para limpiar y mantener en suspensión los contaminantes extrínsecos del aceite.

Este ensayo de oxidación se lleva a cabo en un motor de automóvil de 6 cilindros, en operación intermitente, a velocidad fija y carga constante, por un total de treinta y seis horas después de un período de ocho horas a velocidades y cargas progresivas.

En cada ensayo se dispondrá de segmentos de pistón nuevos y dos cojinetes previamente pesados y nuevos de aleación cobre-plomo colocados en puntos simétricos. El rendimiento del aceite se valora examinando los depósitos formados en el pistón, determinando la pérdida de peso en los cojinetes y por determinados ensayos efectuados en el aceite al empezar el ensayo, hacia la mitad y al final del mismo.

La deterioración de un aceite en servicio ocurre a causa de dos fuentes de contaminación principales:

a) Fuentes externas al sistema lubricante. Los contaminantes externos incluyendo productos de la combustión procedentes de la cámara de combustión dependen del proyecto, condiciones mecánicas y de las condiciones específicas bajo las que se hace trabajar al motor. Los contaminantes externos pueden ser variables en su acción sobre el aceite.

b) Fuentes inherentes al sistema lubricante y al aceite. Estos contaminantes provienen de cambios en el aceite y, por lo tanto, dependen del tipo y calidad del mismo, así como de las condiciones de trabajo.

INSPECCIÓN DEL MOTOR.

Al final del ensayo se lleva a cabo una inspección de diversas partes del motor, valorando los barnices o lacas y los lodos depositados:

Depósitos de barnices o lacas en:

- Faldas de pistones.
- Paredes de cilindro.
- Cubierta del sistema de taqués.
- Cubierta de los vástagos de las válvulas.
- Bandeja del cárter.

Depósitos de lodos en:

- Sistema de válvulas.
- Cubierta del sistema de válvulas.
- Cubierta de los vástagos de las válvulas.
- Filtro de aceite.
- Bandeja del cárter.

A cada uno de los sistemas anteriores se les da una valoración que va de 0 a 10. Un valor de 10 indica que está totalmente libre de depósitos, mientras que un valor 0 se asigna a aquellas partes en las que se encuentra un máximo de depósitos o que han originado un fallo del motor.

Como guía para asignar el valor a los pistones se pueden usar unas fotografías-tipo preparadas por el CRC.

Además de las estimaciones anteriores se efectúan fotografías sobre las siguientes partes del motor:

Los pistones.

Sistema de taqués.

Cubierta del sistema de taqués.

Cubierta de los vástagos de las válvulas.

Filtro de aceite.

CONSERVACIÓN DE LOS COJINETES.

Cada una de las mitades de los cojinetes de cobre-plomo se pesa con la aproximación de 0,01 gr. para determinar la pérdida de peso. Si en el examen visual se observase alguna rotura mecánica, se debe hacer constar en el informe.

Una valoración de 40 para lacas y 40 para lodos, que dan un valor total de 80, se considera aceptable para unas condiciones severas de servicio; una valoración inferior a 65 se debe considerar muy baja.

Una pérdida de peso en los cojinetes al final del ensayo de 0,30 ó 0,60 gr., se encuentra en el límite aceptable, más de 0,60 gr. califican al aceite como corrosivo.

ENSAYOS SOBRE EL ACEITE.

Sobre muestras del aceite nuevo, después de las dieciséis horas, y al final de las treinta y seis horas del ensayo, se efectúan ciertos ensayos encaminados a determinar el grado de oxidación del aceite.

APENDICE 3

Lista de la numeración de los ensayos ASTM (American Society for Testing Material) para evaluar las propiedades de los aditivos para gasolina y lubricantes:

PROPIEDAD	ASTM. "D"
Antidetonantes para combustibles	357, 908, 614, 909.
Estabilidad a las gomas y a la oxidación de las gasolinas	381, 525, 873.
Color	155, 156.
Oxidación	971, 974, 664, 94, 939, 943, 670
Viscosidad	445, 88, 446, 666, 567, 341.
Inhibidores de oxidación ...	665.
Índice de viscosidad	97.
Espumantes	892.
Total de aditivos	526, 808, 1091, 874, 1026, 810, 1216, 855, 811.

Notas para una buena lubricación.

1.º El lubricante a emplear será de la viscosidad adecuada (número del SAE) a la temperatura de operación. Hay que atenerse siempre a las normas del fabricante de la máquina.

2.º No mezclar aceites con aditivos con aceites minerales puros.

3.º Emplear aceite "serie 2" para lubricación de motores diesel modernos que empleen gas-oil de alto contenido en azufre.

4.º No preocuparse porque el aceite detergente esté sucio. Debe limpiar y mantener las impurezas en suspensión. Cuidar que no se obstruyan los filtros.

5.º Emplear volvolinas EP (extrema presión) para engranajes sometidos a trabajo duro, pero cuidando de que su pH no pueda dañar a ningún elemento.

6.º Cuidado con la falta de aceite o falta de presión en el aceite del cárter.

7.º No poner el motor en carga si no se ha calentado suficientemente. Especialmente en los grandes motores.

8.º Se pueden emplear aceites de mejor calidad que los especificados aumentando el tiempo de utilización, e inversamente se pueden utilizar, aunque no en todos los casos, aceites inferiores reduciendo el tiempo transcurrido entre cambios de aceite.

Bibliografía.

ASTM Bulletin, septiembre y octubre 1956.

Caterpillar Maintenance Guide.

Esso Oilways, 1950.

Ingeniería Internacional, septiembre 1953.

REPESA. Ensayos de calificación de los aceites REPSOL.