

1 INTRODUCCIÓN

*Un poco de historia

Ya desde la antigüedad el hombre se percató de que para transportar grandes pesos sobre el suelo, un método más cómodo era el de intercalar entre este y el objeto a transportar, rodillos que disminuyeran el rozamiento; sin saberlo, se estaba adelantando a lo que mucho después lograría una sutil película de aceite interpuesta entre piezas en movimiento.

También es exponente de tiempos anteriores la disposición en los ejes de madera de los carros de grasas animales que permitían un más suave giro sobre el soporte a la vez que hacían el sistema menos ruidoso. Desde entonces hasta ahora, mucho ha avanzado la técnica y de ello se ha aprovechado en gran medida el sector del automóvil y particularmente el motor, objeto en parte de este trabajo que ahora presentamos. Desde los primitivos sistemas de engrase por barboteo (en los que unas prolongaciones de las bielas, a modo de cucharillas salpicaban aceite del cárter hacia arriba) a los muy sofisticados sistemas actuales, el engrase ha sido fuente continua de atención para los diseñadores y por que no decirlo también, para los mecánicos reparadores.

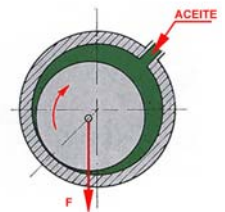
* Necesidad del engrase en el motor

El rozamiento entre muchas de las piezas del motor, que se incrementa por efecto de la rugosidad de las superficies, supone una absorción de energía y un aumento intolerable de la temperatura que acabaría llevando irremediablemente al gripado de las mismas. A todo ello hemos de sumar las altas presiones desarrolladas en el interior de los motores térmicos para entender la vital importancia que tiene una buena lubricación para el motor.

En definitiva, el engrase consiste en intercalar una fina película de aceite entre las piezas en rozamiento de modo que se evite el contacto del metal contra el metal para disminuir la fricción, las pérdidas de energía absorbida y mantener las temperaturas dentro de unos límites tolerables.

Otras funciones del sistema de lubricación son:

- Incrementar la hermeticidad de los cilindros al facilitar el sellado de los segmentos.
- Amortiguar los golpeteos producidos por las altas presiones que se transmiten a bulones, bielas y cigüeñal.
- Absorber parte del calor para evacuarlo al cárter.



- Permitir la limpieza interna de los circuitos y piezas del motor mediante arrastre favorecido por la detergencia y dispersancia.
- Protección química de las piezas.

La continua búsqueda de un mejor rendimiento de los aceites lubricantes hace que incluso se utilicen aceites especiales de rodaje que aumentan la protección de los motores, ya que realizan muchos trayectos cortos durante el transporte hasta que llegan al cliente; el cambio se realiza pronto, entre 1000 y 2500 kilómetros.

2 ACEITES DE LUBRICACIÓN EN EL MOTOR

*Condiciones de trabajo

Hacer una descripción de los aceites y del sistema de lubricación, ha de tener siempre como referencia las extremas condiciones en que ha de trabajar la fina película de aceite interpuesta entre los metales en movimiento: altas presiones y temperaturas, contaminación por el combustible, presencia de ácidos corrosivos, etc. hacen que las sollicitaciones sobre el aceite en el motor, sean extremas.

*Origen

El aceite es uno de los muchos derivados del petróleo; muy resumidamente puede decirse que está compuesto por una base derivada del petróleo a la que se añaden aditivos para cada aplicación y nivel de calidad.



* Tipos según su composición

MINERALES. Obtenidos a través del refinado del crudo de petróleo.

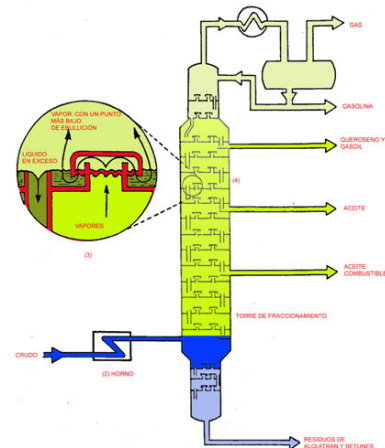
SINTÉTICOS. Se obtienen del petróleo pero en base a procesos químicos es decir, no es un producto de refinería sino elaborado en procesos petroquímicos de síntesis.

SEMISINTÉTICOS. Se elaboran en una formulación que contiene aproximadamente un 60% de base sintética y un 40% de base mineral.

*Obtención

DE BASES MINERALES:
-DESTILACIÓN

ATMOSFÉRICA. Consiste en calentar el crudo en hornos para obtener por fraccionamiento distintos subproductos en función de su volatilidad. De este proceso, del que se obtienen combustibles, queda un residuo atmosférico que es el destinado para obtener aceites.



-DESTILACIÓN AL VACÍO. Tras un nuevo tratamiento en horno, se obtienen las bases de aceite (ligero, medio, pesado) con cuya mezcla posterior se consiguen aceites diversos.

El proceso termina en la planta de mezcla y envasado donde además de la dosificación de las distintas bases, se añaden los aditivos mejoradores para su mezcla y envasado final.

DE BASES SINTÉTICAS:

Obtenidos por procesos complejos de síntesis química e incrementadas sus propiedades características básicas a través de compuestos químicos añadidos en forma de bases: polialfaolefinas, ésteres, poliglicoles, siliconas, etc.

* **Comparación entre aceites sintéticos y minerales**

En general, ha de decirse que las nuevas exigencias tecnológicas han impuesto en gran medida el uso de aceites de mayor calidad y así, frente al inconveniente que supone su mayor coste, pueden destacarse de los aceites sintéticos las siguientes ventajas:

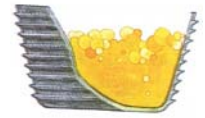
- Mejor comportamiento viscosidad-temperatura
- Mejor fluidez a bajas temperaturas, asegurando por tanto un buen engrase.
- Mayor resistencia a la oxidación y al envejecimiento, lo cual alarga su vida útil.
- Mayor untuosidad y adherencia a las superficies incluso en el caso de paradas prolongadas (escurren menos a motor parado).
- Menor volatilidad y consumo de aceite.
- Más resistencia al cizallado.

* **Aditivos**

Ya se comentó con anterioridad que tras la mezcla de las distintas bases de aceites, se procede al añadido de paquetes de aditivos mejoradores; son estos, compuestos químicos que mejoran la calidad del producto envasado final. Entre los más importantes están:

- Antioxidantes; disminuyen la oxidación del aceite al contacto con el aire.
- Anticorrosivos; protegen de los ácidos que provienen de la combustión, atacan a las piezas metálicas.
- Antiherrumbre; Protegen de la acción del vapor de agua.

- Antiespumantes; impiden la formación de burbujas que en emulsión con el aceite perjudicarían en gran medida al engrase.
- Detergentes; limpian los elementos y los conductos, evitando la formación de lacas y depósitos.
- Dispersantes; Impiden la formación de lodos evitando la obstrucción de los conductos.
- Extrema presión; aseguran la resistencia de la película lubricante a las altas presiones a la que está sometida.
- Mejoradores del índice de viscosidad; que permiten un amplio rango de utilización del aceite.

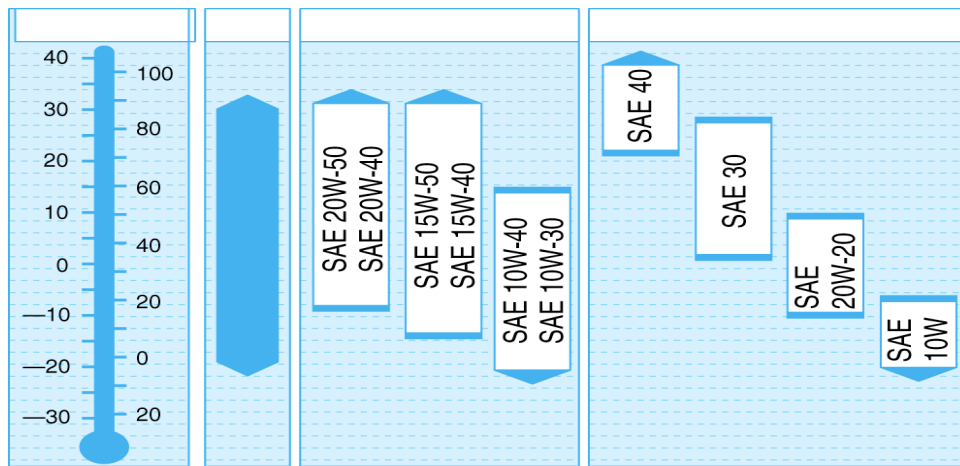


* Clasificación de los aceites

-Según la **VISCOSIDAD**, definida como la resistencia de un aceite a fluir y muy influida por la temperatura. En 1950 se establece la clasificación **SAE** (Sociedad de Ingenieros del Automóvil) que relaciona la viscosidad con la temperatura de uso de un aceite. Consta de diez grados SAE; los seis primeros desde 0 a 25 van acompañados de la letra “w” (del inglés “winter”- invierno-); los distintos grados indican la temperatura mínima (por debajo de cero grados centígrados) a la que el aceite puede fluir por los conductos y facilitar el arranque en frío. Los últimos cuatro grados (20-30-40-50), indican la viscosidad en caliente (100 grados centígrados). En ambos casos, cuanto menor es el grado, menos viscoso es el aceite.

Aceite **MONOGRADO**. Se designa con un solo grado de viscosidad SAE que indica los márgenes de temperatura dentro de los cuales el aceite tiene un buen comportamiento. En general y dependiendo de la latitud donde se esté usando, puede obligar a cambiar de grado SAE en invierno y verano. Su uso actual está por tanto bastante restringido. Son ejemplos: SAE 30 o SAE 40.

Aceite **MULTIGRADO**, Se designa con dos grados SAE (ej.15 w 40); tiene la ventaja de poseer un rango más amplio de utilización pues en frío se comporta como un aceite del grado indicado en primer lugar y en caliente, como un aceite del grado indicado en segundo lugar. El mantenimiento de una mayor estabilidad viscosidad-temperatura, los hace especialmente indicado para usos “todo clima”. Son los más usados en la actualidad. En el cuadro siguiente, se pueden observar ejemplos de utilización de aceites de distintos grados SAE en función de la temperatura.



-Según la **CALIDAD**. La clasificación SAE no valora el nivel de calidad de los aceites; esta, basada en ensayos en laboratorios y pruebas en motores, viene avalada por dos organismos principales: API (Instituto Americano del Petróleo) y ACEA (Asociación Europea de Constructores de Automóviles); ambas renuevan los niveles de calidad periódicamente.

CLASIFICACIÓN API. Basada en las características de funcionamiento y el tipo de servicio al que va destinado el motor. Se divide en dos series:

SERIE “S” para motores de gasolina, comprende las categorías SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG (actualmente obsoletas) y las vigentes: SH (1996), SJ (1997), y SL (2001).

SERIE “C” para motores diesel; comprende las categorías CA, CB, CC, CD, CE (obsoletas) y las vigentes: CF, CF-2, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4.

CLASIFICACIÓN ACEA. Sustituye desde 1996 a la CCMC (Comité de Constructores del Mercado Común). Clasifica los aceites en tres series:

A.- Motores de gasolina (A1, A2, A3, A4, A5)

B.- Motores diesel de servicio ligero (B1, B2, B3, B4, B5).

E.- Motores diesel de servicio pesado (E1, E2, E3, E4, E5)

La letra de cada grupo se acompaña de un número que señala el nivel de calidad (tanto mayor cuanto más alto es el número) y el año de renovación de la categoría (ej. B4-98). La categoría 5 hace referencia a los aceites de última generación. Las numeraciones bajas son para motores con solicitudes moderadas. El último año de cada categoría, sustituye a la de años anteriores.

OTRAS CLASIFICACIONES. De rango más minoritario, son establecidas por corporaciones, estamentos o marcas comerciales; son algunos ejemplos MIL (ejército de EE. UU.), VW (Volkswagen), MB (Mercedes Benz), etc. La creciente importancia de la industria automovilística japonesa, justifica que también nos hagamos eco del test de calidad JASO que parece ser más exigente incluso que los API o ACEA.

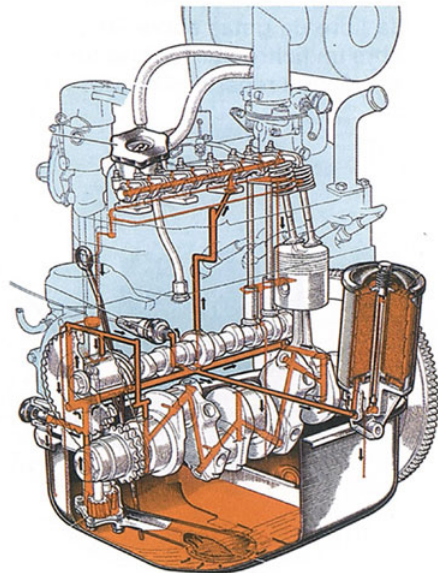
3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Vista la importancia y necesidad de la lubricación en el motor, ha de asegurarse que los elementos del motor sometidos a fricción reciban aceite en cantidad suficiente, lo que se va a conseguir por medio de un sistema de engrase instalado en el motor.

Dejando a un lado el antiguo sistema de barboteo para motores de 4 tiempos y el engrase por mezcla para motores de dos tiempos, vamos a fijar nuestra atención en el sistema de engrase a PRESIÓN que básicamente consiste en enviar aceite desde el depósito o cárter a través de una bomba que lo impele a presión por las canalizaciones; en puridad, ha de hablarse de un sistema MIXTO pues una parte de los elementos se lubrican por salpicadura.

El circuito de lubricación se realiza partiendo del aceite depositado en el cárter desde donde es aspirado por la bomba mediante de un tamiz previo y enviado a presión a través del filtro a la canalización principal y en su caso, también preferencialmente al eje del turbocompresor. Desde la canalización principal, se comunica con los apoyos de bancada del cigüeñal, para desde ahí, lubricar también a presión a través de unos orificios internos a los cojinetes de cabeza de biela. Según el tipo de motor, el pie de biela puede lubricarse también a presión a través de un orificio que desde la cabeza atraviesa el cuerpo de biela hacia el bulón; en otros motores, tanto el engrase del bulón como el de las paredes de cilindros se realiza desde unos orificios en al cabeza de biela y/o a través de la salpicadura que el cigüeñal en su giro centrifuga hacia arriba. Desde la canalización principal, otras veces se disponen inyectores de aceite que contribuyen a engrasar las paredes del cilindro y especialmente a refrigerar la cabeza del pistón.

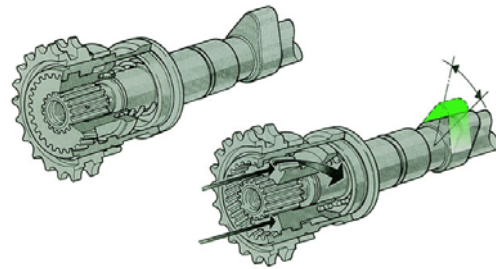
A través de una derivación desde la galería principal, asciende el aceite hacia los apoyos y levas del árbol de levas y en su caso al eje de balancines hueco y su roce con los balancines. Desde ahí y por impregnación se lubrican los vasos invertidos (en algunos casos donde el árbol de levas está en la culata) y las válvulas. Otros elementos lubricados por salpicadura pueden ser los taqués (motores antiguos OHV) y mando de distribución. El aceite procedente del circuito acaba de nuevo escurriendo hacia el cárter. Para



asegurar la hermeticidad con el exterior, se disponen retenes en las salidas de los ejes y juntas o pasta sellante en los planos de junta que lo requieran. Como elementos complementarios suelen disponerse un avisador luminoso en el tablero y en ocasiones manómetro, termómetro e indicador de nivel de aceite.

Una variante de este sistema de engrase a presión, es la conocida como de CÁRTER SECO, donde la bomba recoge el aceite de un depósito separado del grupo motor, asegurando un flujo más abundante y continuo; el sistema precisa de una segunda bomba que recoja el aceite que cae al cárter del motor para enviarlo de nuevo al depósito externo. Este sistema se emplea en algunos motores de competición y vehículos todoterreno donde las maniobras bruscas y desniveles son susceptibles de dejar temporalmente a la bomba sin suministro.

Otras funciones auxiliares del sistema de lubricación pueden ser la de activar sistemas como: taqués hidráulicos, variador de fase del árbol de levas, control de apertura de válvulas en motores multiválvulas, etc.



4 ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE LUBRICACIÓN

* **Cárter**

Es el recipiente que cierra el bloque de cilindros por la parte inferior y actúa como depósito para el aceite del sistema. En la masa líquida está sumergida la toma de aspiración de la bomba y por tanto, el nivel de aceite ha de estar siempre entre unos determinados valores para impedir el descebado del circuito; este aspecto se ve reforzado por la presencia interior de unos tabiques en el cárter que evitan el desplazamiento excesivo del aceite ante las maniobras bruscas.

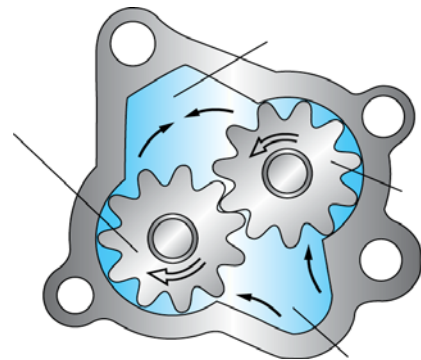
En el cárter también se produce la refrigeración del aceite al contacto con el aire de la marcha; cuando se quiere reforzar este efecto, pasa de estar fabricado de chapa de acero embutida a ser de aleación ligera en la que se suelen disponer unas aletas exteriores para aumentar su superficie de radiación. En cualquier caso, lleva por la parte inferior un tapón que permite el vaciado del aceite en las operaciones de mantenimiento.

* **Bomba de aceite**

Tiene por misión enviar el caudal y presión necesarios al circuito para asegurar un buen engrase de todos los elementos. Recibe movimiento desde el cigüeñal o desde el árbol de levas; puede alojar también la toma de aspiración con tamiz y la válvula de descarga.

En cuanto a los distintos tipos utilizados, los más habituales son los siguientes:

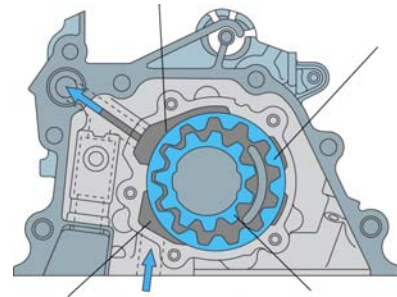
- a) **Bomba de engranajes.-** Compuesta por dos engranajes de acero engranados entre sí y alojados en una carcasa de aleación ligera que deja dos cámaras, para aspiración y presión respectivamente. Uno de los engranajes es el motriz mientras el otro gira loco sobre la carcasa; al producirse el giro contrario entre ambos engranajes, por un lado tienden a separarse los dientes (cámara de aspiración) por donde recogen el aceite que van transportando contra el cuerpo de la bomba hasta llegar al lado de la cámara de presión, donde los dientes tienden a juntarse presionando el aceite al que obligan a salir por el conducto hacia el circuito. Los dientes de los engranajes pueden ser rectos o



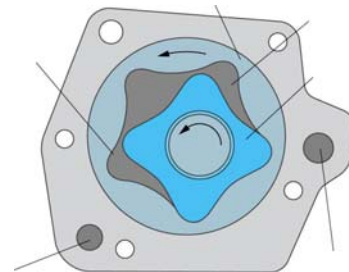
helicoidales, favoreciendo en este último caso, un funcionamiento más silencioso.

La bomba de engranajes realiza un efecto de trasiego de aceite entre la cámara de aspiración y la de presión, generándose la presión hidráulica en la salida, por la dificultad del aceite a fluir por el circuito; por esto, su rendimiento se ve perjudicado especialmente a bajas revoluciones.

- b) **Bomba de engranajes interiores (de hoz).**- Está compuesta por dos engranajes alojados en el interior de un cuerpo. El engranaje interior, arrastrado desde el cigüeñal, tiene dentado exterior y menos dientes que el engranaje exterior o conducido, de dentado interior; ambos están engranados entre sí y separados a su vez por la hoz del cuerpo, lo que permite formar dos cámaras: aspiración y presión. En su funcionamiento, ambos piñones giran en el mismo sentido y transportan el aceite desde la entrada y entre los dientes y la hoz hasta la cámara de salida.



- c) **Bomba de rodete.**- Está formada por dos rotores de lóbulos; el interior o motriz tiene un lóbulo menos que el conducido, de lóbulos interiores y que gira ajustado sobre el cuerpo de la bomba; ello permite formar dos cámaras: aspiración y presión. En su giro, los rotores forman una cámara mayor por el lado de aspiración por donde recogen aceite; paulatinamente va disminuyendo su volumen hasta encontrar la cámara de salida por donde sale impelido a presión. El propio sistema de trabajo permite que la principal ventaja de este tipo de bomba, sea la de generar más presión que las de engranajes.

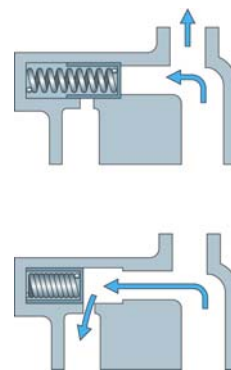


* **Válvula de descarga**

Independientemente del tipo de bomba usada, el caudal y la presión de envío es directamente proporcional a la velocidad de giro de la misma; ello puede ocasionar que en ciertos momentos la presión sea excesiva, pudiendo llegar a provocar averías y en todo caso, originar un gasto inútil de energía.

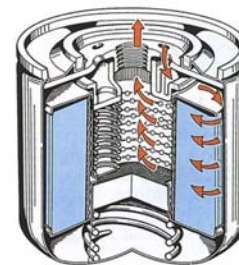
Para evitar esto, se dispone una válvula limitadora que a partir de un valor de presión preestablecido, envía el exceso al cárter o a la entrada de la bomba.

La válvula suele ir dispuesta en la propia bomba y, en menos ocasiones, en el circuito anexo. Constituida por un muelle precargado y un pistón o bola obturadora, mientras la presión de aceite es inferior a la del muelle, pasa al circuito; cuando sobrepasa el límite de tarado, una parte del aceite se fuga a través de la válvula para mantener la presión dentro de los valores preestablecidos, que suelen fluctuar entre 3 y 5 bares con el motor a temperatura de funcionamiento normal.



* **Filtro de aceite.**- Es el elemento encargado de retener las impurezas contenidas en el aceite y que pueden proceder de partículas metálicas, carbonilla, etc. que son arrastradas al cárter. Pese al filtrado grueso que provoca el tamiz en la toma de aspiración de la bomba, hace falta un filtrado fino que asegure la retención de las impurezas.

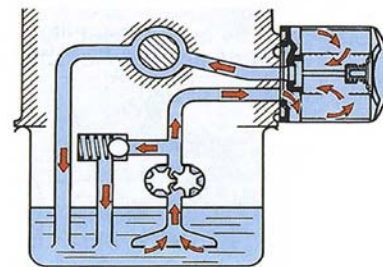
El sistema más habitual es el de cartucho, cuyo elemento filtrante está compuesto por papel poroso especial enrollado en forma de acordeón para aumentar la superficie filtrante. Pueden retener impurezas del orden de hasta 0,005mm. En general, el aceite entra desde la bomba a la parte externa del filtro para desde allí atravesarlo filtrándose y llegar limpio a la zona central, desde donde va al circuito.



En general, en motores de turismos, suele utilizarse más el cartucho desechable (monoblock); en algunos casos y especialmente en vehículos industriales, los fabricantes optan por el elemento desmontable, en cuyo caso, en el mantenimiento, sólo se sustituye el elemento filtrante con las juntas de hermeticidad.

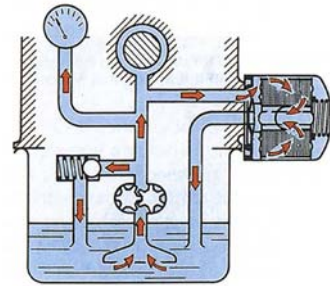
En cuanto a la disposición del filtro en el circuito, podemos hablar de dos modalidades:

a) **Filtro en serie.** Es el sistema más utilizado; en este caso, todo el aceite enviado por la bomba es obligado a pasar por el filtro antes de ir al circuito, asegurándose un buen filtrado. Dispone de una válvula de seguridad, de modo que si el filtro se tupe, al aumentar la presión por la zona externa, se abre la válvula



permitiendo el paso de aceite sin filtrar al circuito.

b) Filtro en derivación. En este sistema, el filtro se instala en derivación con el circuito principal; recibe directamente aceite desde la bomba y una vez filtrado lo envía directamente al cárter a una zona próxima a la toma de aspiración de la bomba. El objetivo perseguido es filtrar el aceite del cárter; al no estar el filtro interpuesto en el flujo de la bomba al circuito, no produce pérdida de carga y el engrase se ve menos dificultado; por el contrario, tiene el inconveniente de que el aceite de envío puede no estar totalmente filtrado.

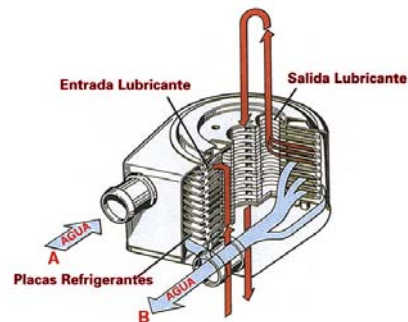


* Refrigeradores de aceite

Una parte importante del calor generado en el motor es absorbido por el aceite de lubricación que lo transfiere al cárter, donde por contacto con el aire de la marcha, se rebaja su temperatura. Las elevadas sollicitaciones de los motores actuales (sobrealimentación, altas presiones de inyección, etc.) y siempre que los motores vayan refrigerados por aire, hace necesaria una refrigeración suplementaria del aceite para evitar su calentamiento excesivo y la rotura de la película lubricante por baja viscosidad. Esto se consigue mediante INTERCAMBIADORES de calor, que pueden ser de dos tipos:

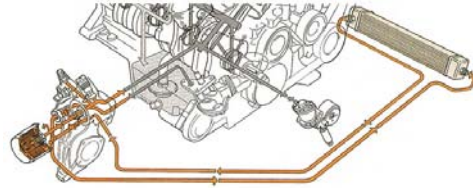
a) Intercambiador agua – aceite.-

Generalmente dispuesto a la entrada del filtro, entre este y el bloque motor; por el interior, se obliga al aceite procedente de la bomba a pasar por unos conductos de acero inoxidable rodeados de una cámara por donde circula el líquido refrigerante. El intercambio de calor se produce a motor frío y caliente; en el primer caso, el líquido de refrigeración cede calor al aceite y en el segundo caso es el aceite el que cede calor al líquido refrigerante, manteniendo así una temperatura más estable.



b) Intercambiador aire – aceite.- Basado en el mismo principio del radiador de líquido refrigerante, el aceite impelido por la bomba antes de su paso al circuito, se ve obligado a pasar por un radiador que en contacto con el aire de la marcha, produce la refrigeración. El paso del aceite al

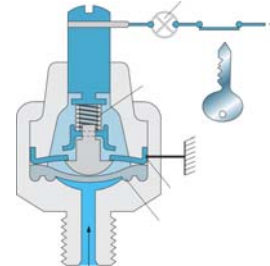
radiador, es controlado por una válvula termostática que sólo permite su paso cuando hubiera alcanzado una determinada temperatura; esto favorece que el aceite alcance la temperatura de funcionamiento en el menor tiempo posible.



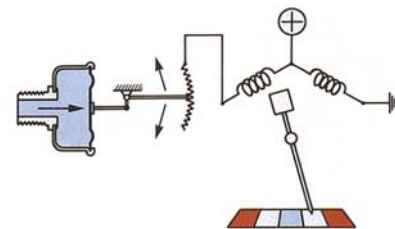
* Elementos auxiliares

a) Válvulas antirretorno.- Dispuestas para evitar que se descargue el aceite del circuito cuando el motor está parado; suelen utilizarse para favorecer el funcionamiento de sistemas auxiliares activados por el propio aceite de engrase, ejemplos de los cuales pueden ser los taqués hidráulicos o los más sofisticados accionamiento de los árboles de levas de fasado variable o los sistemas de variación de la alzada de válvulas.

b) Manocontacto.- Interruptor eléctrico de insuficiente presión de engrase, que situado en una zona del circuito próxima a la bomba, básicamente está compuesto por una membrana que sometida al antagonismo de la presión de un muelle y de la presión hidráulica, conecta con masa a la lámpara testigo, avisando al conductor/a de la anomalía.

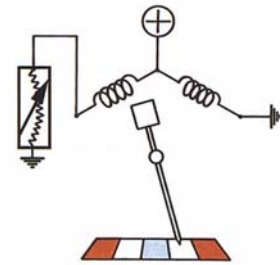


c) Manómetro.- Instalado en el tablero de mandos, informa del valor de la presión en el circuito. La unidad de mando la constituye un transmisor de presión conectado en el circuito después de la bomba, sensible a la variación de la presión en el circuito que modifica el valor de la resistencia variable del transmisor que se conecta con el indicador del cuadro. Este indicador dispone de dos bobinas cuya influencia magnética actúa sobre la aguja marcadora; si la presión en el circuito es pequeña, la bobina del indicador que está en serie con la resistencia variable del transmisor (en este momento con alta resistencia) es recorrida por una débil intensidad, preponderando el campo magnético originado por la bobina auxiliar del indicador, que mueve la aguja hacia valores bajos de presión. Al aumentar la presión en el circuito, la resistencia variable del transmisor reduce su valor y en el indicador prepondera el campo magnético originado por la bobina en serie con ella, llevando a la aguja a valores más altos de presión.

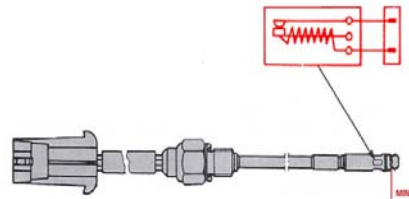


Más modernamente, los indicadores digitales procesan electrónicamente la señal para alimentar a los circuitos serigrafiados sobre cristal de cuarzo líquido.

d) Indicador de temperatura.- En su versión tradicional, tienen una composición similar al indicador de presión, es decir, una aguja sometida a la influencia electromagnética de dos bobinas, una de las cuales se dispone en serie con una termirresistencia afectada por la temperatura del aceite, siendo esta variación la que permite el desplazamiento del indicador.



e) Sensor electrónico de nivel.- Con su mando compuesto por un hilo resistivo dispuesto en la varilla de nivel o en otra sonda sumergida en el aceite, si el nivel de este baja del mínimo establecido, cierra el circuito de la lámpara indicadora en el tablero para avisar de la anomalía.

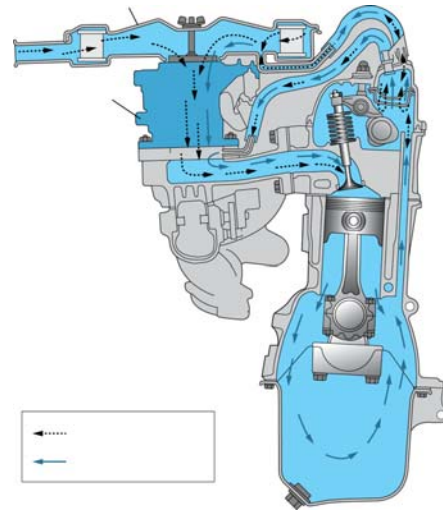


5 VENTILACIÓN DEL CÁRTER

Durante el funcionamiento del motor se acumulan en el cárter gases de distinta procedencia que originan una sobrepresión interna, dificultan el descenso de los pistones y en último término pueden llegar a provocar la rotura de retenes y juntas. Una fuente de origen de estos gases procede de la combustión, a través de fugas por los segmentos; otros proceden del propio aceite, sometido a altas temperaturas y presiones; una tercera vía es el vapor de agua. La presencia de estos gases, contamina y diluye el aceite, acortando en buena medida su vida útil. Estos efectos son tanto más acusados cuanto más desgastes tenga el motor.

Para disminuir todos los inconvenientes citados y evitar su expulsión a la atmósfera donde resultan altamente contaminantes, se dispone en el motor un sistema de ventilación cerrada del cárter que canaliza dichos gases de nuevo al colector de admisión para ser quemados en el cilindro. El proceso consiste en que los gases del cárter que suben a la parte alta del motor, son retenidos en primer lugar por un separador que recupera aceite para devolverlo de nuevo al cárter. El resto de gases, suben arriba y son aspirados por la propia depresión de la admisión; si la mariposa está abierta, pasan por arriba y si está cerrada, lo hacen por un conducto auxiliar a la parte inferior donde en esos momentos se está transmitiendo la depresión.

El sistema elimina una fuente de contaminación y contribuye (gracias a la proporción de aceite que aún contienen los gases) a lubricar la parte alta de los cilindros, tan necesitada de ello; aún a costa de interferir la formación de los gases frescos. Es interesante añadir que en el caso de motores sobrealimentados, el sistema equipa una válvula antirretorno que evita que cuando el colector está sometido a presión, esta, pueda pasar al cárter.



6 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Grande es la importancia del circuito de lubricación para el mantenimiento del motor en buenas condiciones; si a ello sumamos el consumo de aceite y la pérdida de sus propiedades, la atención al circuito ha de ser escrupulosa.

Antes de pasar a comentar las operaciones de mantenimiento, nos gustaría hacer mención al CONSUMO DE ACEITE, consustancial al funcionamiento de los motores, pues una pequeña parte siempre ha de llegar a la cámara de combustión, pero síntoma evidente de desgaste del motor cuando el consumo es excesivo. A este respecto, los fabricantes llegan a considerar tolerables cifras verdaderamente altas como las de un litro de aceite por cada 1000 Km., a nuestro entender, síntoma de algún problema en el motor.

Respecto a las operaciones habituales de mantenimiento, son las siguientes:

a) Comprobación del nivel.- Mediante la varilla de nivel (“cala”) que indica los niveles tolerables “MAX:” y “MIN.” entre cuyos límites ha de estar el aceite El control se hará con el vehículo sobre una superficie horizontal y tras haber dejado escurrir el aceite después de la parada. Si el nivel de aceite es insuficiente, puede impedir la adecuada lubricación, pero si es excesivo, se produce más consumo de aceite al pasar en mayor medida a las cámaras de combustión, lo que es especialmente perjudicial para los motores catalizados y para los equipados con filtro de partículas (FAP)



b) Cambio de aceite y filtro.- La degradación del aceite hace que su sustitución sea una de las operaciones clásicas en el mantenimiento del automóvil. El periodo o kilometraje de intervalo entre cambio y cambio de aceite, es subjetivo pues depende en gran medida de la calidad del aceite utilizado y del tipo



de uso que se le de al vehículo, pues hay situaciones que comprometen mucho más la duración de los aceites, como por ejemplo, recorridos cortos y motor frío, circulación por ciudad, motor envejecido, ambientes polvorientos, etc. Pese a todo, y como referencia muy general, pueden darse unos periodos de cambio aproximados:

Aceite mineral, entre 5-7000 Km.

Aceite sintético, entre 20-25000Km.

Correspondiendo el cambio de filtro cada tres cambios de aceite en el primer caso y cada cambio de aceite en el segundo. Capítulos aparte merecen los aceites de alta calidad para transportes especiales e internacionales en los que los periodos de cambio suelen ser mayores.

En el cambio de aceite, ha de respetarse imperativamente el grado de viscosidad SAE propugnado por el fabricante y realizar la extracción con el motor caliente ya que la mayor fluidez del aceite, facilita el vaciado. El modo de extracción puede ser a través del tapón de vaciado, en cuyo caso debe sustituirse la arandela de hermeticidad o mediante aspirador o bomba de vacío.

En cualquiera de los casos, ha de tenerse en cuenta que nos encontramos ante un residuo altamente contaminante que exige almacenar el aceite

usado para su posterior recogida por una empresa autorizada, al igual que los filtros de aceite sustituidos. Al respecto, hemos de decir que ya se plantean normas según las cuales el cárter carecerá de tapón de vaciado para evitar la sustitución y vertido incontrolado de aceites.

En cuanto a la sustitución del filtro de aceite, se impregna la junta de hermeticidad con aceite limpio y tras haber limpiado la base de asiento, se monta y aprieta a mano. La operación termina rellenando el aceite hasta el límite permitido y rellenando la ficha de mantenimiento o codificando en el ordenador de abordo el periodo de mantenimiento.

Otro exponente más del interés de los fabricantes de automóviles por controlar tanto el nivel de aceite como su calidad, es la adopción por Mercedes Benz del concepto Assyst, una realidad tras años de investigación sobre el aceite de motores usados bajo diferentes condiciones de funcionamiento. Este



concepto es una extensión del sistema ya usado por GM y BMW para indicar el momento del cambio de aceite. El sistema cuenta con un sensor que puede establecer partículas de desgaste tales como hierro, cobre, plomo, cinc y aluminio.

7 AVERÍAS EN EL CIRCUITO

Uno de los sistemas que más puede perjudicar al motor en caso de avería, es el de la lubricación; pretendemos aquí, hacer una síntesis de sus causas y efectos.

a) Causas:

***EXCESIVO CONSUMO DE ACEITE.-** Originado por desgastes en el motor (cilindros, pistones, segmentos, válvulas y guías, etc.). Procede la reparación, rectificación o sustitución que restablezca las condiciones de funcionamiento del motor

***FUGAS.-** En general, causadas por el deterioro de juntas y retenes, que exigen su sustitución. También se pueden producir por el deterioro del cárter, mancontacto o mala hermeticidad del filtro.



***INSUFICIENTE PRESIÓN DE ACEITE.-** Es quizá la avería más significativa en cuanto a la referencia que aporta sobre el estado del motor. Puede ser motivada por desgastes en la bomba de aceite, en la válvula de descarga, o en la línea de cojinetes de bancada y biela. También puede deberse a una viscosidad inadecuada del aceite o a la obstrucción del filtro cuando está colocado en serie. Un caso específico que a veces conduce al gripado del motor, lo supone la rotura del arrastre del eje de la bomba de aceite. El caso menos habitual de un exceso de presión de aceite, puede deberse a obstrucciones en el circuito o a la válvula de descarga agarrotada.

***EXCESIVA TEMPERATURA DEL ACEITE.-** Por obturación del intercambiador de calor o deterioro de su válvula termostática.

b) Efectos:

*COJINETES DE BANCADA Y BIELA.- Situados en la galería principal de lubricación, sufren la fusión del metal antifricción, provocando en último término el agarrotamiento del cigüeñal.

*CIGÜEÑAL.- Donde se produce el desgaste o el gripado en muñones o en muñequillas.



*CILINDROS.- La falta de lubricación origina fuertes desgastes y arrastre de material.



*PISTONES-SEGMENTOS.- Son unos de los elementos (junto al cigüeñal y los cojinetes) más expuestos ante el insuficiente engrase. Se producen arrastres de material de la falda y cajas de segmentos así como un agarrotamiento de estos.



*BIELAS.- Pueden llegar a doblar con el gripado y en casos extremos, romper el bloque de cilindros.



*EJE Y BALANCINES.- Donde la insuficiente presión de aceite ocasiona un fuerte desgaste.

*EJE Y CASQUILLOS DEL TURBOCOMPRESOR.- Son elementos especialmente sensibles si se tiene en cuenta que en condiciones normales han de ser lubricados con un caudal de varios litros de aceite por minuto y que el eje llega a superar las 100.000 r.p.m., asociado todo ello a las altas temperaturas del escape que pueden carbonizar fácilmente el aceite en los casquillos. La falta de presión o un pliegue inadecuado del conducto de retorno origina el gripado de los casquillos flotantes y en último término, rotura del eje.



8 VERIFICACIONES Y CONTROLES DEL SISTEMA

a) Con el motor **SOBRE EL VEHÍCULO**

*Inspección **visual**:

- NIVEL de aceite.
- Presencia de FUGAS (retenes, juntas, tuberías, etc)



*Comprobación de la **presión del circuito**:

Es una prueba definitiva para conocer el estado del sistema. Para realizar el control, se desmonta el manocontacto y se sustituye por el útil adaptador y manómetro al efecto; con el motor en marcha y a su temperatura de funcionamiento normal, se comprueba la presión a ralentí y al régimen de r.p.m. que estipule el fabricante: Tras el montaje del manocontacto y posterior limpieza, se valoran los resultados obteniendo las conclusiones pertinentes, según lo indicado en el anterior apartado de “Averías en el circuito”.



*Comprobación del **manocontacto**:

Tras su desmontaje y mediante lámpara de pruebas y batería, se somete a presión de aire partiendo desde cero hasta que la lámpara se apaga, observando la presión que indica el manómetro instalado en la línea del aire de prueba. Si no cumple lo especificado, se sustituye el manocontacto.

b) Con el motor **DESMONTADO**

*Verificaciones **visuales**:

- ORIFICIOS de engrase en bancada, cigüeñal, bielas, etc.
- Estriado de mando y engranajes de la BOMBA DE ACEITE.
- Grietas en el cuerpo y estado de la tapa de la B. DE ACEITE
- VÁLVULA DE DESCARGA.
- TAPÓN de vaciado del cárter.
- RETENES, aunque como norma general, han de ser sustituidos cada vez que se desmontan.

***Verificaciones con aparatos:**

1- BOMBA DE ENGRANAJES

- Juego entre dientes
- Juego entre periferia de engranajes y cuerpo de bomba.
- Juego entre el plano de apoyo de la tapa y el lado superior de los engranajes.



2- BOMBA DE RODETE (EATON)

- Juego axial del rotor.
- Juego entre el rotor exterior y el cuerpo de la bomba.
- Juego entre lóbulos.



3- BOMBA DE ENGRANAJES INTERIORES (DE HOZ)

- Holgura radial.
- Holgura axial.
- Holgura entre dientes y el cuerpo de hoz.

En todos los casos, las verificaciones se realizan con galgas de espesores y auxilio de regla rectificada. En cualquiera de los casos en que la medida supere la tolerancia preconizada por el fabricante, procede la sustitución de la bomba.

Aportamos a continuación fichas de verificación que permiten recoger los resultados y obtener las conclusiones pertinentes en orden a solucionar los problemas detectados.

GRUPO:	VERIFICACIONES VISUALES CIRCUITO DE LUBRICACION	MOTOR TIPO:
VERIFICACION	ESTADO	CONCLUSION
Orificios de engrase en bielas		
Orificio de engrase en apoyos		
Retenes		
Válvula de descarga		
Inyectores de aceite		
Tapón vaciado en el carter		
Estado de mando y engranajes de la bomba de aceite		
Grietas en el cuerpo y estado de la tapa de la bomba		
		TIEMPO EMPLEADO:

GRUPO:		VERIFICACION DE LA BOMBA DE ACEITE		MOTOR TIPO:	
VERIFICACIÓN	HOLGURA	TOLERANCIA	APARATO UTILIZADO	CONCLUSIÓN	
Juego entre dientes		0,3 mm			
Juego entre periferia de engranajes y paredes de bomba		0,25 mm			
Juego entre plano, apoyo, tapa y lado superior de engranajes		0,15 mm			
Juego axial del rotor		0,15 mm			
Juego entre rotor exterior y cuerpo de bomba		0,25 mm			
Juego entre lóbulos		0,20 mm			
				TIEMPO EMPLEADO:	

GRUPO:		CONTROL PRESIONES CIRCUITO DE LUBRICACIÓN		MOTOR TIPO:	
VERIFICACIÓN	PRESIÓN TARADO	LUZ LÁMPARA		CONCLUSIÓN	
		SI	NO		
Estado del manocontacto					
	PRESIÓN ADECUADA	PRESIÓN LEÍDA		CONCLUSIÓN	
Presión a ralenti					
Presión a: RPM					
				TIEMPO EMPLEADO:	

9 FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA

- 1 Serie “Daños de motor” en Instrucciones Técnicas de la revista Nuestros Talleres en colaboración con Vege Motoren Ibérica.
- 2 Jornada de Lubricantes Cepsa para el IES Porta da Agua de Ribadeo (Lugo), septiembre 2002.
- 3 Monografía Repsol. Cartagena, 1997.
- 4 “Lubricantes de motor”. Revista Centro Zaragoza, octubre-diciembre 2003
- 5 Programa EVOLUCION@. Formación para el futuro. Grupo Fiat, 2005
- 6 ALONSO, J.M.: *Motores*. Editorial Paraninfo Thomson
- 7 ALONSO, J. M. : *Sistemas de inyección de combustible en los motores diesel*. Editorial Paraninfo Thomson.
- 8 SANZ, S. :*Motores*. Editorial Editex.
- 9 SANZ GONZÁLEZ, A. *Tecnología de Automoción*. Editorial Bruño

LA LUBRICACIÓN EN LOS MOTORES **DE CUATRO TIEMPOS**

I.E.S. de Llanes (Asturias)

Fermín Amieva Díaz
Manuel Crespo LLera

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ACEITES DE LUBRICACIÓN EN EL MOTOR.....	3
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	7
4	ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE LUBRICACIÓN.....	9
5	VENTILACIÓN DEL CÁRTER.....	15
6	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	16
7	AVERÍAS EN EL CIRCUITO.....	19
8	VERIFICACIONES Y CONTROLES DEL SISTEMA.....	22
9	FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA.....	26