



Motores y sus sistemas auxiliares

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor



12.1 Necesidad de la refrigeración

- Durante el funcionamiento del motor se alcanzan temperaturas de superiores a los 2000°C. Si la refrigeración no fuera rápida y eficaz se produciría el agarrotamiento y deformación de las piezas.
- Del calor producido en la combustión, solo una pequeña parte se transforma en trabajo, el resto se transforma en calor absorbido por las paredes del cilindro. Además debido al movimiento alternativo, las piezas del motor generan un rozamiento que también genera un calor que hay que disipar para mantener las propiedades del lubricante.
- El calor se evacua por medio del sistema de refrigeración, el cual debe de cumplir los siguientes objetivos.



12.1 Necesidad de la refrigeración

- ❑ La temperatura máxima admisible en el cilindro es del orden de 180 a 220°C. Temperaturas superiores destruyen el lubricante.
- ❑ La temperatura máxima en el centro del pistón no debe sobrepasar los 300°C, ya que se deformaría.
- ❑ En las paredes de la cámara de combustión no se deben sobrepasar los 250°C, ya que se formarían puntos calientes.
- ❑ En las válvulas, las temperaturas superiores a 750°C reducen su resistencia mecánica y a la corrosión.



12.1 Necesidad de la refrigeración

- ❑ El circuito de refrigeración debe de enfriar, pero no excesivamente, ya que un enfriamiento excesivo bajaría el rendimiento del motor y provocaría un aumento en la viscosidad del lubricante, aumentando el rozamiento.
- ❑ La cantidad de calor que pasa de un gas a una pared se puede calcular con la expresión $Q = k \cdot \Delta T \cdot S$. Siendo Q el calor transmitido en kcal, ΔT la diferencia de temperaturas entre pared y gas, K el coeficiente de transmisión en Kcal/m², y S la superficie de la pared en m².



12.2 Refrigeración por agua

- ❑ Las paredes de los recintos que envuelven el cilindro y la culata deben de ser de un espesor lo menor posible, y presentar gran superficie de contacto.
- ❑ En los motores de combustión el sistema empleado es el de recuperación total del agua refrigerante, para lo cual se establece una circulación rápida, y se inserta en el circuito un radiador para transmitir al aire ambiente, el calor absorbido por el motor.
- ❑ El caudal de agua G necesario para la refrigeración se expresa en litros/hora y se calcula con la expresión $G=Q / \Delta T$. Siento ΔT el salto térmico entre la salida y entrada de agua al motor.
- ❑ El agua entra al motor por la parte baja del bloque y sale por la más alta, para evitar la formación de bolsas de vapor.

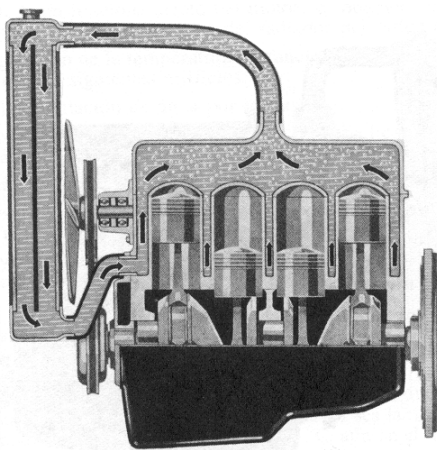
Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

5



12.2 Refrigeración por agua

Circulación por termosifón



La circulación se consigue aprovechando la diferencia de peso existente entre el agua caliente del motor y la fría del radiador.

Al aumentar la temperatura, aumenta el volumen del agua y disminuye su densidad, subiendo por tanto el agua caliente hacia arriba, y generando un movimiento natural del líquido refrigerante.

El ventilador origina una corriente de aire que enfría el refrigerante del radiador

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

6



12.2 Refrigeración por agua

- ❑ El radiador se suele disponer un poco mas alto que el bloque, aumentando así el desnivel entre salida al motor y entrada al radiador.
- ❑ La diferencia de temperaturas oscila en torno a los 35°C
- ❑ La principal ventaja que tiene es que es un sistema autorregulado, ya que el caudal aumenta proporcionalmente a la temperatura del motor, y además, tiene inercia.

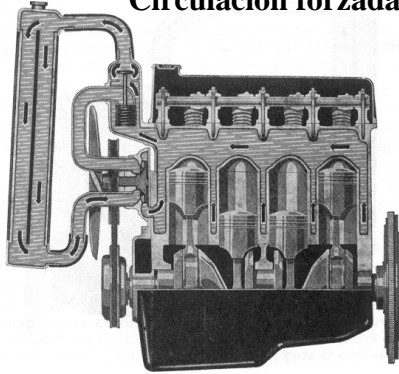


12.2 Refrigeración por agua

- ❑ Es un sistema sumamente sencillo, aunque solo puede utilizarse en motores de poca potencia, donde se necesite poco caudal de refrigerante, para medias y grandes potencias, ya que se necesitaría un radiador muy grande
- ❑ El deposito superior del radiador debe de tener gran capacidad, ya que si el nivel del liquido dentro de el debido a la evaporación desciende por debajo del nivel de entrada procedente del motor, se produciría el cese de la circulación del refrigerante.
- ❑ Actualmente se emplean sistema de circulación forzada, construidos insertando una bomba que acelera la circulación del refrigerante.

12.2 Refrigeración por agua

Circulación forzada



□ Se consigue una mejor refrigeración, ya que al aumentar el régimen de giro, aumenta el caudal de refrigerante.

□ Los manguitos de unión entre el bloque y el radiador no precisan ser tan gruesos, y el radiador no precisa ser tan grande, pudiendo colocar el radiador mas bajo con respecto al motor

□ La circulación del agua se diseña de forma que la diferencia de T, no sea superior a 10°C y deseable 5°C, ya que así disminuimos la diferencia de T entre motor y radiador y aumentamos la diferencia entre radiador y aire.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

9

12.3 Regulación de la Temperatura del motor

□ Para conseguir un funcionamiento equilibrado del sistema de refrigeración, se necesita una regulación. Esta regulación se puede hacer actuando sobre el caudal de agua en circulación, o actuando sobre el caudal de aire que atraviesa el radiador.

□ Primero se alcanza rápidamente la temperatura de régimen, entre 85 y 90°C, y posteriormente se mantiene esta temperatura.

□ Otra condición es la dicha anteriormente de mantener la diferencia de temperaturas en el radiador entre 6 y 8°C.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

10



12.3 Regulación de la Temperatura del motor

Para conseguir esta regulación podemos conseguirlo de la siguiente forma:

- Mediante regulación de la circulación de agua por termostato
- Mediante un dispositivo que permita el funcionamiento del ventilador a intervalos
- Mediante un dispositivo de obturación del radiador, reduciendo la circulación de aire a su través.



12.3 Regulación de la Temperatura del motor

- La eficacia de la refrigeración depende de la temperatura ambiente, teniendo que actuar en invierno para limitar la refrigeración.
- Interesa además que la temperatura de régimen se obtenga lo antes posible, ya que en frío, el lubricante no se reparte bien por la superficie de las piezas en movimiento, además parte del carburante no se vaporiza y se condensa en las paredes del cilindro, resbalando hacia el carter y transformándose en gases corrosivos y contaminantes
- Para conseguir un calentamiento rápido del motor se puede actuar sobre la corriente de aire.



12.3 Regulación de la Temperatura del motor

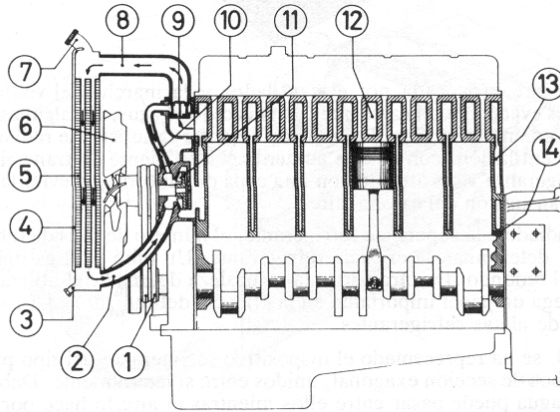
- ❑ El conjunto de radiador y ventilador es el encargado de eliminar las calorías excedentes, mientras que el termostato se encarga de regular la cantidad del refrigerante que pasa por el radiador en función de la temperatura del motor.
- ❑ Al no circular agua hacia el radiador, no se produce su enfriamiento, y rápidamente se alcanza la temperatura de régimen.
- ❑ El termostato está constituido por una válvula que se abre o cierra en función de la temperatura del motor. En frío se corta la circulación hacia el radiador y se dirige el refrigerante hacia la bomba de agua y el bloque. En caliente se abre el termostato y deja pasar refrigerante al radiador.



12.3 Regulación de la Temperatura del motor

- ❑ Al alcanzar los 85°C el termostato comienza a abrirse y a dejar pasar un poco de refrigerante hacia el radiador.
- ❑ A los 95°C el paso de refrigerante al radiador es máximo.
- ❑ Se consigue mantener la temperatura del motor entre las temperaturas de apertura y cierre del termostato.

12.4 El radiador



Dado el bajo coeficiente de transmisión de calor del dispositivo refrigerante al aire, es necesario que el radiador tenga una superficie grande.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

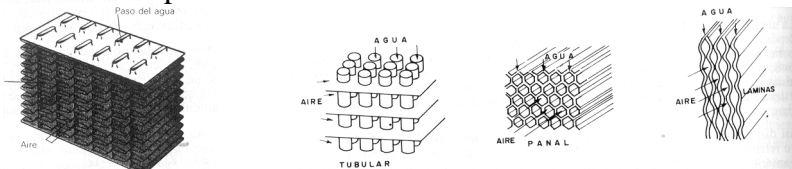
15

12.4 El radiador

Existen distintas disposiciones para la construcción de radiadores

Se construyen en acero, aluminio, cobre o plástico

La disposición en panal es la que mejor rendimiento ofrece para una misma superficie



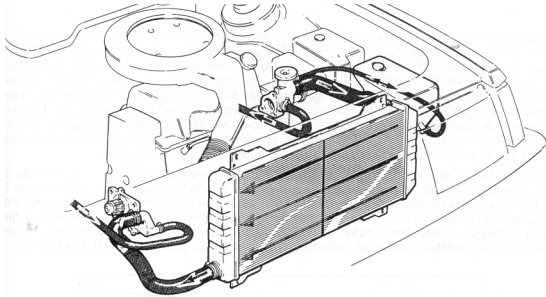
La cantidad de calor disipada en el radiador viene dada por la expresión $Q = k \cdot T \cdot (t - t')$ siendo k = coeficiente de transmisión del calor en $Kcal/m^2 \cdot ^\circ C$. A = superficie en m^2 .

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

16



12.4 El radiador



- ❑ Los radiadores de aleaciones ligeras tienen mejores prestaciones que los de acero o cobre, debido a que son mas fáciles de laminar y su espesor es menor, y por tanto su coeficiente de transmisión de calor(k) es mejor.

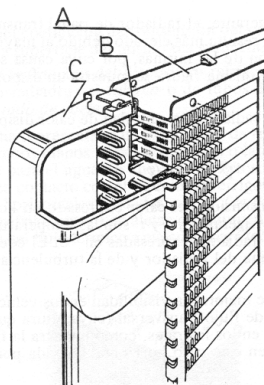
Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

17



12.4 El radiador

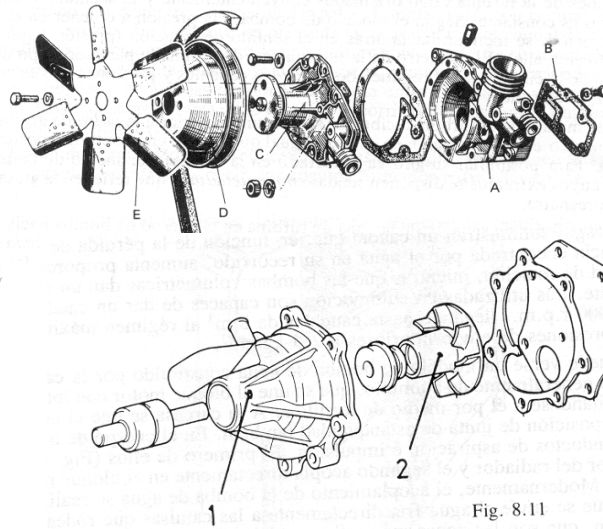
- ❑ Al mismo tipo las soldaduras de aluminio tienen mayor resistencia que las de estaño de los radiadores de cobre.



Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

18

12.5 Bomba de agua



Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

19

12.5 Bomba de agua

- Las bombas centrifugas suministran caudales de $1\text{m}^3/\text{hora}$ a 1000 rpm .
- El rodete apoya en unos cojinetes
- Para garantizar la hermeticidad del rodete con los cojinetes, el reten de grafito, esta presionado en una empaquetadura por un muelle.
- La bomba permite la circulación por termosifón una vez parado el motor. En otros casos lleva acoplada un pequeño motor eléctrico que la acciona al parar el motor

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

20



12.6 Ventiladores

- ❑ La misión del ventilador es activar la circulación de aire cuando el vehículo circula a baja velocidad.
- ❑ Antiguamente se montaban solidarios a la polea de la bomba de agua, (axiales) obteniéndose un caudal de aire proporcional a las rpm del motor. Por esta razón han sido sustituidos por los de tipo electromagnético.
- ❑ Su superficie barre la mayor parte del radiador, es por ello que se hacen lo mayores posibles, ya que el caudal de aire suministrado aumenta con el cuadrado del diámetro de las palas. A veces se le monta una carcasa de plástico para redirigir el aire a la mayor superficie posible de radiador.
- ❑ Para disminuir el ruido la inclinación de las palas es diferente unas de otras.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

21



12.6 Ventiladores

Ventilador electromagnético

SISTEMA DE REFRIGERACION DEL MOTOR

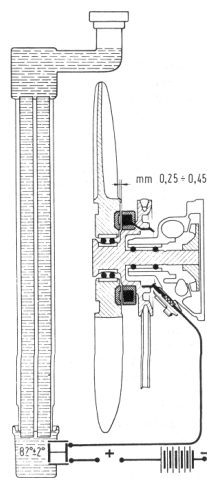


Fig. 8.12

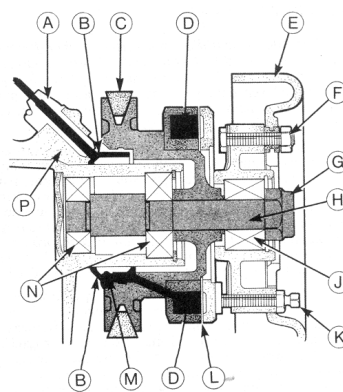


Fig. 8.13

- C=correa;
- H=eje
- N=cojinetes
- P=cuerpo de bomba
- D=bobina
- B=anillo colector
- A=escobilla
- M=masa
- E=ventilador
- J=cojinetes
- L=entrehierro
- K=tornillo de reglaje del entrehierro

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

22



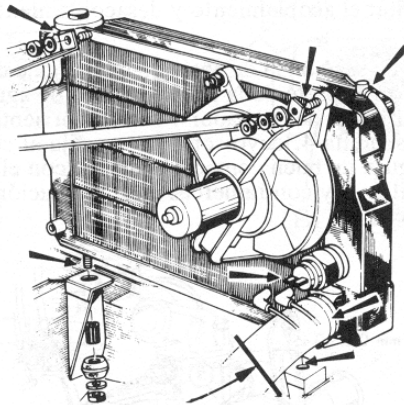
12.6 Ventiladores

- Los ventiladores electromagnéticos disminuyen la adsorción de potencia del motor
- Cuando el termocontacto detecta que se ha alcanzado la temperatura de activación, se cierra y se activa, desactivándose cuando la temperatura desciende 12°C



12.6 Ventiladores

Ventilador eléctrico



Presenta la ventaja de su sencillez, y por tanto bajo mantenimiento.

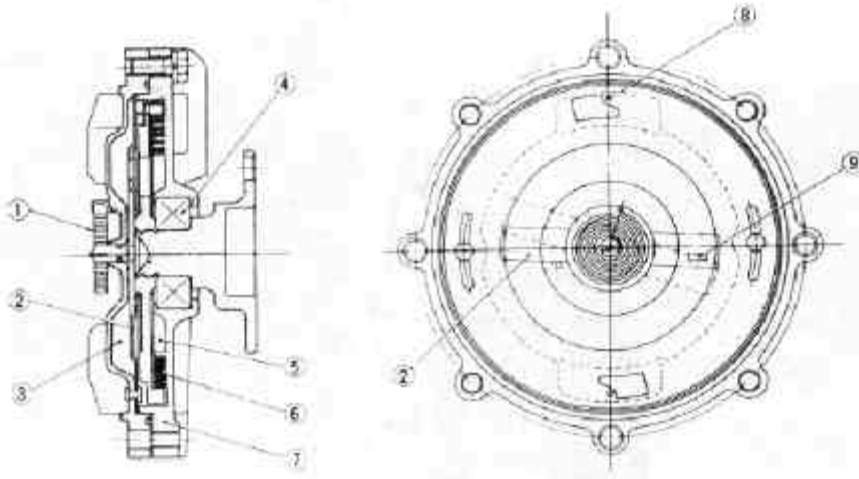
Por otro lado no absorbe potencia del motor, aunque si de la batería.

Sus conexionado eléctrico es idéntico al visto anteriormente



12.6 Ventiladores

Ventilador de acoplamiento viscoso



Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

25



12.7 Termostato

Es el dispositivo encargado de la regulación de la temperatura de la refrigeración. Su función es dejar pasar refrigerante hacia el radiador en función de la temperatura de dicho refrigerante.



Termostato de fuelle.

Fuelle de latón que contiene un líquido muy volátil que al aumentar la temperatura aumenta su volumen y expande el fuelle y abriendo la válvula. El fuelle está unido por la parte inferior a una armadura., y por la superior a la válvula móvil.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

26

12.7 Termostato

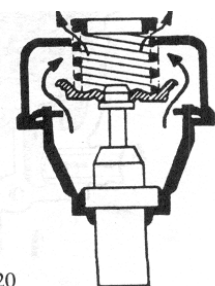
Termostato de cápsula de cera



Al calentarse la cera de la cápsula, esta se dilata y abre la válvula en contra del muelle.

Estos termostatos pueden ir montados sobre el propio manguito que va hacia el radiador.

El tarado del termostato se fija para que empiece a abrir a 83°C y abra totalmente a 92°C, con una separación de 8mm del asiento.



20

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

27

12.7 Termostato

Cápsula de doble asiento

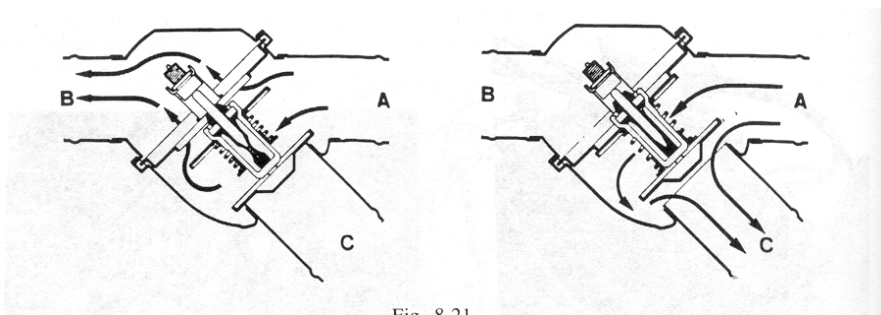


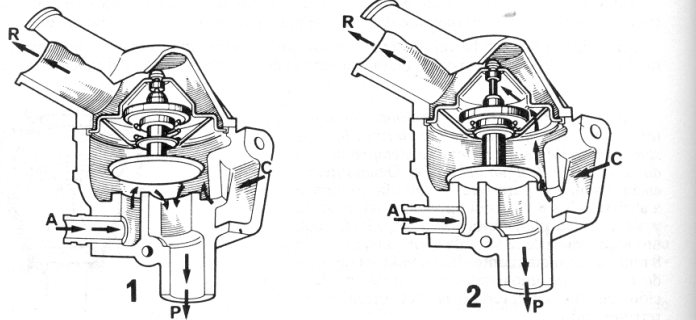
Fig. 8.21

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

28



12.7 Termostato



Con baja temperatura el refrigerante entra del motor por C y por el caldeo de admisión y vuelve a la bomba por P

Cuando abre la cápsula pasa el refrigerante al radiador y disminuye el caudal hacia la bomba pasando solo el de caldeo de admisión

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

29



12.8 Circuito de refrigeración

- Interesa calentar colector de admisión, carburador, arranque en frío, calefacción, etc.
- Interesa enfriar intercambiador de aceite, turbocompresor, etc

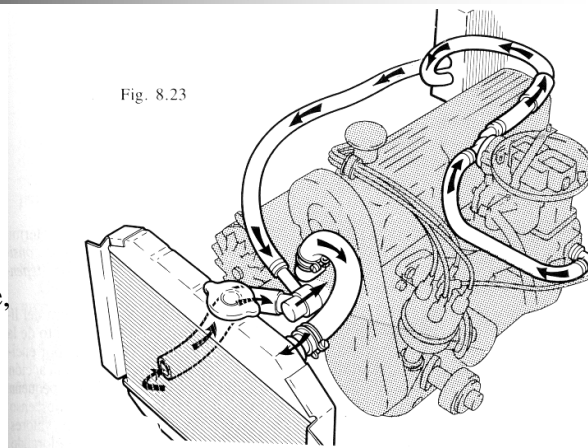


Fig. 8.23

El circuito auxiliar está en paralelo con el radiador, y no pasa por el termostato. Siempre está funcionando.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

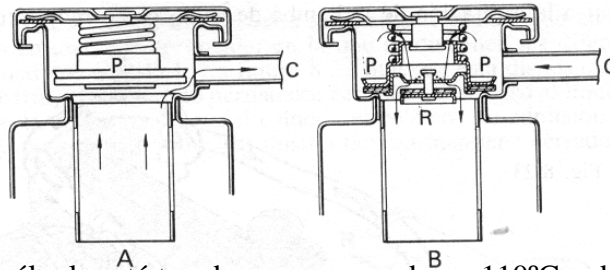
30



12.8 Circuito de refrigeración

Circuitos sellados

Si el circuito de refrigeración trabaja a presión, se consiguen temperaturas de ebullición superiores a 100°C, aumentando por tanto el salto térmico



La primera válvula está tarada para que se abra a 110°C y deje salir el refrigerante.

La segunda se abre cuando la presión desciende por bajo de 200g/cm².

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

31



12.8 Circuito de refrigeración

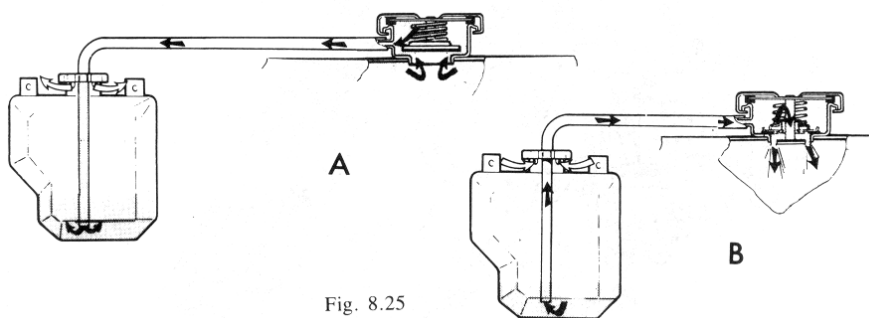


Fig. 8.25

Al salir el vapor del radiador entra en el vaso de expansión y se condensa al mezclarse con el refrigerante frío que hay allí.

Al enfriarse el radiador, la depresión que se crea en este, arrastra líquido que sale del vaso y entra en el radiador.

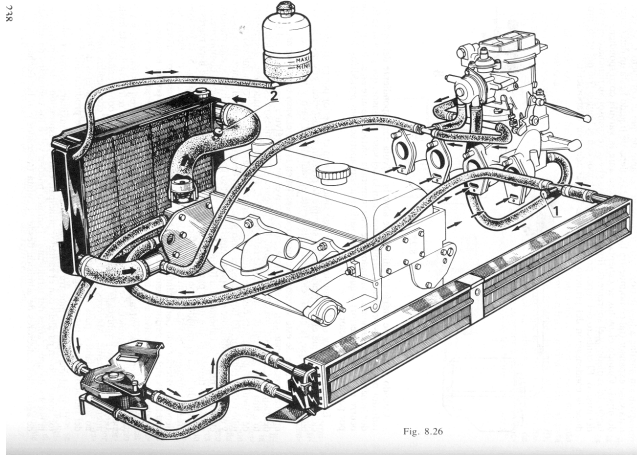
El vaso expansor esta comunicado con la atmósfera

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

32



12.8 Circuito de refrigeración



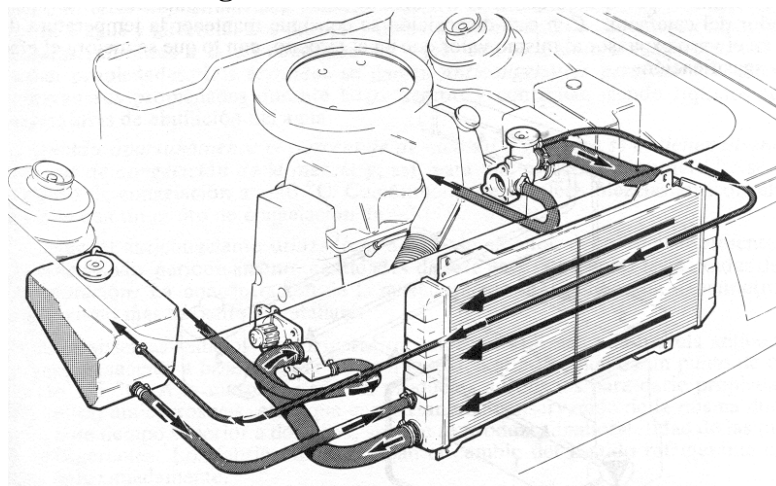
El tapón del vaso se tara para que abra a 122°C y a 1,2 y 0,2kg/cm². de presión

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor



12.8 Circuito de refrigeración

Sistema desgasificador



Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

12.8 Circuito de refrigeración

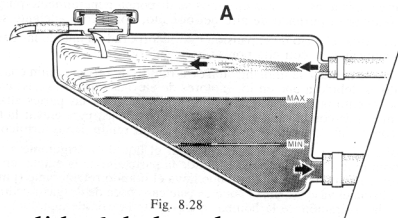


Fig. 8.28

La salida 6 de la culata se reparte entre el radiador de calefacción, el colector de admisión y el desgasificador en el vaso.

La salida del radiador va hacia el vaso, manteniendo este a la misma temperatura que todo el circuito, lo que mejora la desgasificación.

El vapor a presión de la culata entra en la parte de arriba, separando el vapor.

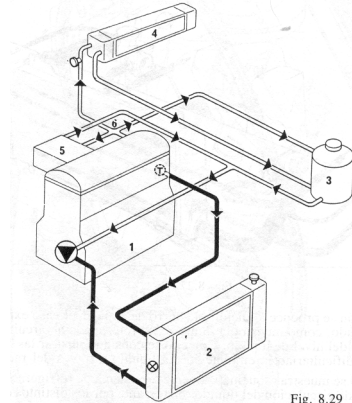


Fig. 8.29

12.10 Verificación y control del sistema de refrigeración.

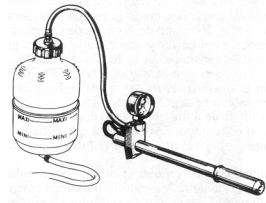
El funcionamiento del sistema es anormal cuando:

- Se detectan pérdidas de agua
- El motor se calienta en exceso
- Tarda en alcanzar la temperatura de régimen.

12.10 Verificación y control del sistema de refrigeración.

El procedimiento a seguir para la verificación, puede ser:

- Comprobación de pérdidas de líquido
- Se recorre el circuito y se observa la aparición de depósitos blancos.
- Se comprueba la estanqueidad con ayuda de un comprobador

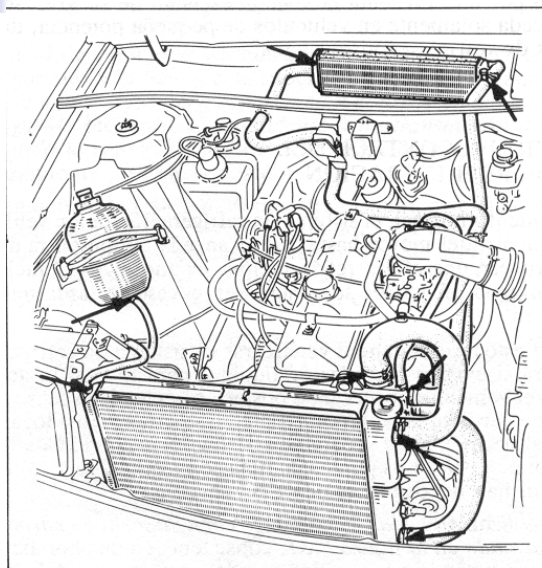


En caliente, se bombea hasta 1,5Kg/cm². La presión se debe mantener.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

37

12.10 Verificación y control del sistema de refrigeración.



Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

38

12.10 Verificación y control del sistema de refrigeración.

Fugas en:

- Panal del radiador, uniones de manguitos a radiador y bloque, bomba de agua, termostato, purgadores, etc.
 - Apretar abrazaderas
 - Si las fugas son en el radiador, debe desmontarse y repararse
- Fuga por las camisas hacia el carter
 - Entra agua en el circuito de engrase, se observan gotas de agua en la varilla de nivel de aceite, o sale agua al aflojar ligeramente el tapón de vaciado de aceite.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

39

12.10 Verificación y control del sistema de refrigeración.

- Fuga es hacia los cilindros, por la junta de culata.
 - Se detectan calentando el motor y observando si se producen burbujas de aire al acelerar el motor.
 - Estos dos últimos tipos de fugas implican el desmontaje y reparación del motor.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

40



12.10 Verificación y control del sistema de refrigeración.

Comprobación de calentamiento en exceso del motor y tiempo excesivo en alcanzar temperatura de régimen.

- Causas de un calentamiento anormal pueden ser un mal funcionamiento del electroventilador, o del termostato, o de la bomba de agua, o la suciedad depositada en el radiador
- Otras veces el calentamiento excesivo puede ser debida a una puesta a punto deficiente de carburación o de encendido, por lo que antes de verificar el sistema de refrigeración, hay que comprobar estos sistemas.
- Si el motor tarda mucho tiempo en alcanzar la temperatura de régimen es síntoma de que el termostato puede estar siempre abierto.



12.10 Verificación y control del sistema de refrigeración.

- Comprobar tapones de radiador y vaso expansor.
- Comprobar nivel de agua en el vaso de expansión.
- Comprobar el estado de la correa del ventilador y de la bomba de agua.
- Comprobar el funcionamiento de los electroventiladores.
- Comprobar el manocontacto, comprobar el termostato.

12.10 Verificación y control del sistema de refrigeración.

En caso de tener que añadir agua, hacerlo con el motor en marcha, si se hace parado y con el motor caliente se puede averiar el termostato.

Podemos comprobar el funcionamiento de la bomba de agua observando si existe movimiento de agua en el radiador, retirando el tapón y con el motor en marcha, al acelerar se debe de notar dicho movimiento.

12.11 Verificación individual de los componentes del sistema de refrigeración

Verificación y limpieza del radiador

Cuando se detecte un color marrón en el agua o suciedad en el vaso de expansión, hay que proceder a la limpieza del radiador.

Se vacía el circuito, y se llena con un desincrustante, y se hace funcionar el motor durante media hora.

A continuación, con el motor en marcha, se desconecta el manguito inferior del radiador, y se le suministra agua limpia por el tapón de llenado, hasta que el agua salga clara.

Se colocan otra vez los manguitos, y se rellena con refrigerante.

Se sangra el aire abriendo los purgadores hasta que dejen de salir burbujas

12.11 Verificación individual de los componentes del sistema de refrigeración

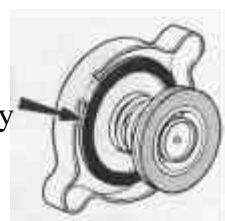
□ Verificación del tapón de presión.

Si un tapón tiene un tarado bajo, baja la temperatura de ebullición y provoca un calentamiento del motor.

Si la válvula de aspiración está obstruida, al enfriarse el motor, se estrangula el manguito interrumpiendo el flujo de agua desde el vaso de expansión y dificulta la circulación.



La apertura debe realizarse entre 0,8 y 1,2Kg/cm².



Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

45

12.11 Verificación individual de los componentes del sistema de refrigeración

□ Verificación del electroventilador.

Se observará si el ventilador se pone en marcha acelerando en ralentí, cuando el indicador alcance la zona alta de temperatura.

En caso contrario debe verificarse el el ventilador puenteando el termocontacto que lo gobierna. Haciendo un puente en el termocontacto, debe de ponerse en marcha el ventilador.

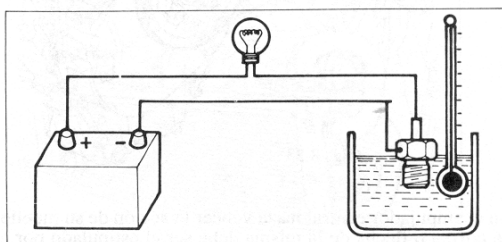
Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

46

12.11 Verificación individual de los componentes del sistema de refrigeración

☐ Verificación del termocontacto

Si al realizar la prueba del electroventilador, este funciona correctamente, deberemos comprobar el termocontacto



Realizamos el siguiente montaje y calentamos el agua hasta que comprobamos que el termocontacto se cierra cuando se alcanzan los 90-95°C

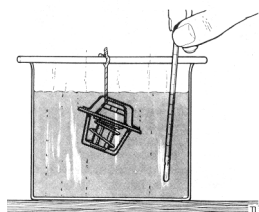
A continuación se deja enfriar hasta que se debe de abrir a una temperatura de entre 82 y 86°C

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

47

12.11 Verificación individual de los componentes del sistema de refrigeración

☐ Verificación del termostato



La válvula debe empezar a abrir entre 82 y 86°C, y debe estar completamente abierta entre 95 y 100°C. Si no es así debe sustituirse.

En el montaje posterior debe observarse el montaje del bulbo por el lado del motor y si tiene orificio de purga, este debe de quedar situado por la parte de arriba.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

48

12.11 Verificación individual de los componentes del sistema de refrigeración

Verificación y control de la bomba de agua

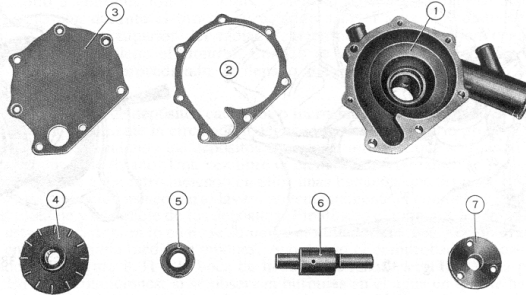


Fig. 8.40

En caso de existir fugas de agua en la bomba, ruidos o anomalía de funcionamiento, hay que desmontarla.

Se observarán deformaciones, fisuras grietas, o incrustaciones, en cuyo caso deberá de ser sustituida. Se verificarán visualmente todos sus componentes

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

49

12.11 Verificación individual de los componentes del sistema de refrigeración

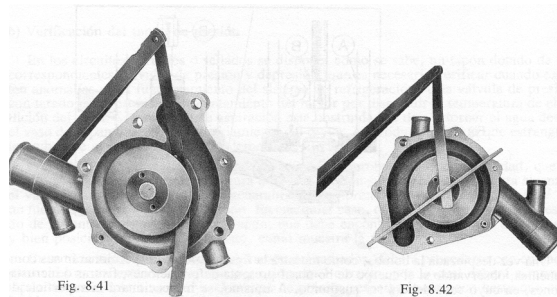


Fig. 8.41

Fig. 8.42

Si hacía ruido la bomba, debe de comprobarse el juego del cojinete de apoyo, el juego axial no debe de ser superior al 0,1mm.

Debe medirse el juego de los alabes y el cuerpo de bomba debe de estar comprendido entre 0,5 y 1mm, así como el juego entre la turbina y el plano de apoyo de la tapa de cierre que debe de estar comprendido entre 0,15 y 0,25mm.

Tema 12. Sistema de refrigeración del motor

50



12.11 Verificación individual de los componentes del sistema de refrigeración

Verificación y control del líquido refrigerante

Cuando haya que sustituir el líquido, hay que proceder de la siguiente forma:

- Vaciar el circuito, y llenarlo por el vaso expensor manteniendo abiertos los purgadores, que se deben de cerrar cuando por ellos salga un chorro continuo de líquido.
- Poner el motor en marcha y llegar a temperatura de régimen, abrir los purgadores, y acelerar bruscamente varias veces hasta que veamos que no salen burbujas por los purgadores.
- Cerrar los purgadores y comprobar que el nivel en el vaso de expansión es correcto una vez enfriado el motor.