

**MAHLE**



## Refrigeración de vehículos

Guía compacta para el taller

**BEHR**<sup>®</sup>

# ¿Qué es la gestión térmica?

La gestión térmica abarca la temperatura óptima del motor en todas las condiciones de servicio, así como la calefacción y la refrigeración del habitáculo. Por tanto, un sistema de gestión térmica moderno incluye componentes de la refrigeración del motor y del sistema de climatización.

Los componentes de ambos grupos, que ejercen una influencia recíproca, a menudo forman una unidad. En este folleto le presentamos sistemas de refrigeración modernos en su contexto tecnológico. En este sentido, también abordamos el funcionamiento, las causas de avería, las particularidades y las opciones de diagnóstico.



Exención de responsabilidad/Crédito de imágenes

La información reflejada en la presente documentación ha sido recopilada por el editor de conformidad con las indicaciones de los fabricantes e importadores de automóviles, entre otros. Se ha procedido con la máxima meticulosidad a fin de garantizar la exactitud de los datos. No obstante, el editor no se hace responsable de posibles errores ni de las consecuencias que se deriven de estos. Esto se aplica al uso de datos e información que resulten ser erróneos o que se hayan representado de manera errónea, así como a errores que se hayan producido inadvertidamente a la hora de compilar los datos. Sin limitar lo anteriormente expuesto, el editor no asume ninguna responsabilidad por lucro cesante, pérdida de valor empresarial o cualesquiera otras pérdidas, incluso económicas, que se deriven. El editor no asume ninguna responsabilidad por daños o fallos de funcionamiento que resulten de la inobservancia de la documentación de formación y de las indicaciones de seguridad especiales. Las imágenes mostradas en este folleto proceden en su mayor parte de las empresas MAHLE y MAHLE Service Solutions.

# Índice

## Sistemas de refrigeración modernos

Turismos	4
Vehículos industriales	5
Diseño de un módulo de refrigeración moderno	5

## Refrigeración: retrospectiva

Refrigeración del motor con agua	6
Refrigeración del motor moderna	7

## Sistemas de refrigeración

El sistema de refrigeración del motor	8
Radiadores de refrigerante	9
Radiadores íntegramente de aluminio	11
Depósito de compensación (depósito de expansión)	12
Termostatos	13
Bombas de refrigerante	14
Bombas de refrigerante eléctricas	15
Intercambiadores de calor de habitáculo	16

## Ventiladores de motor

Ventiladores Visco®	17
El embrague Visco® electrónico	18
Ventiladores de radiador eléctricos	19

## Otros sistemas de refrigeración

Radiadores de aceite para motor, cajas de cambios y retarders hidrodinámicos	20
Refrigeración de la dirección asistida	21
Refrigeración del combustible	21
Refrigeración directa de aire sobrealimentado	24
Refrigeración indirecta de aire sobrealimentado	25
Radiadores para la recuperación de los gases de escape (EGR)	26

## Aire de admisión y gestión de la temperatura

Atemperamiento del aire para el proceso de combustión en el motor	27
Subsistemas de la gestión de temperatura del aire de admisión (GTAA)	28
Gestión de temperatura de baterías en vehículos híbridos	31

## Calefacción auxiliar PTC

Estructura y funcionamiento	33
Potencia y espontaneidad	34
Seguridad de funcionamiento	35
Control	35
Nuevos desarrollos	35

## Diagnóstico, mantenimiento y reparación

Agentes refrigerantes, anticongelantes y protección anticorrosiva	36
Mantenimiento de radiadores	37
Purga de aire del sistema durante el llenado	38
Daños típicos	39
Inspección del sistema de refrigeración y diagnóstico	40

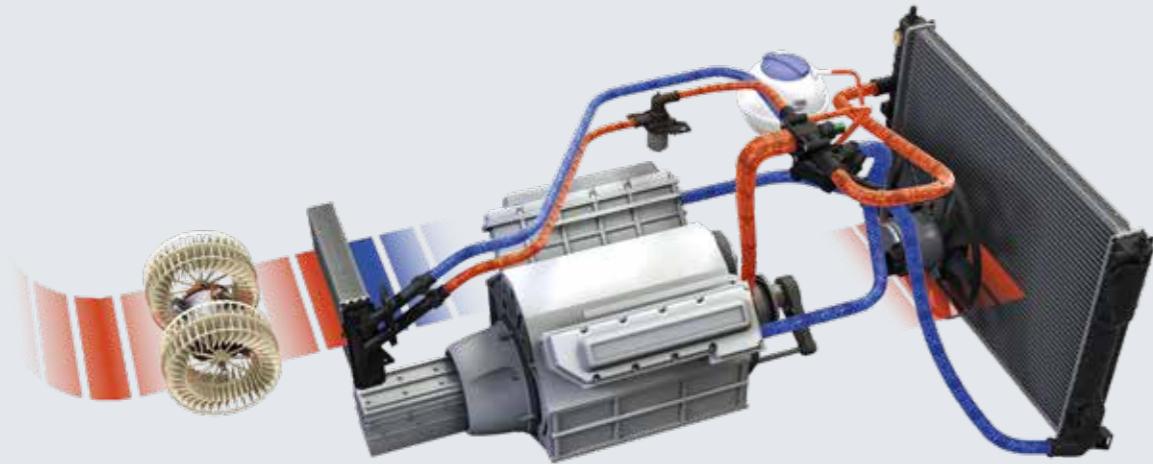
## Refrigeración con regulación electrónica

El nivel de temperatura del refrigerante	42
Carcasa de distribución del refrigerante	43
Unidad de regulación de refrigerante	44
Control electrónico: sinopsis	45
Regulación de la temperatura de refrigerante para calefacción	46
Termostato controlado por diagrama operativo	48

## Información técnica

50

# Sistemas de refrigeración modernos

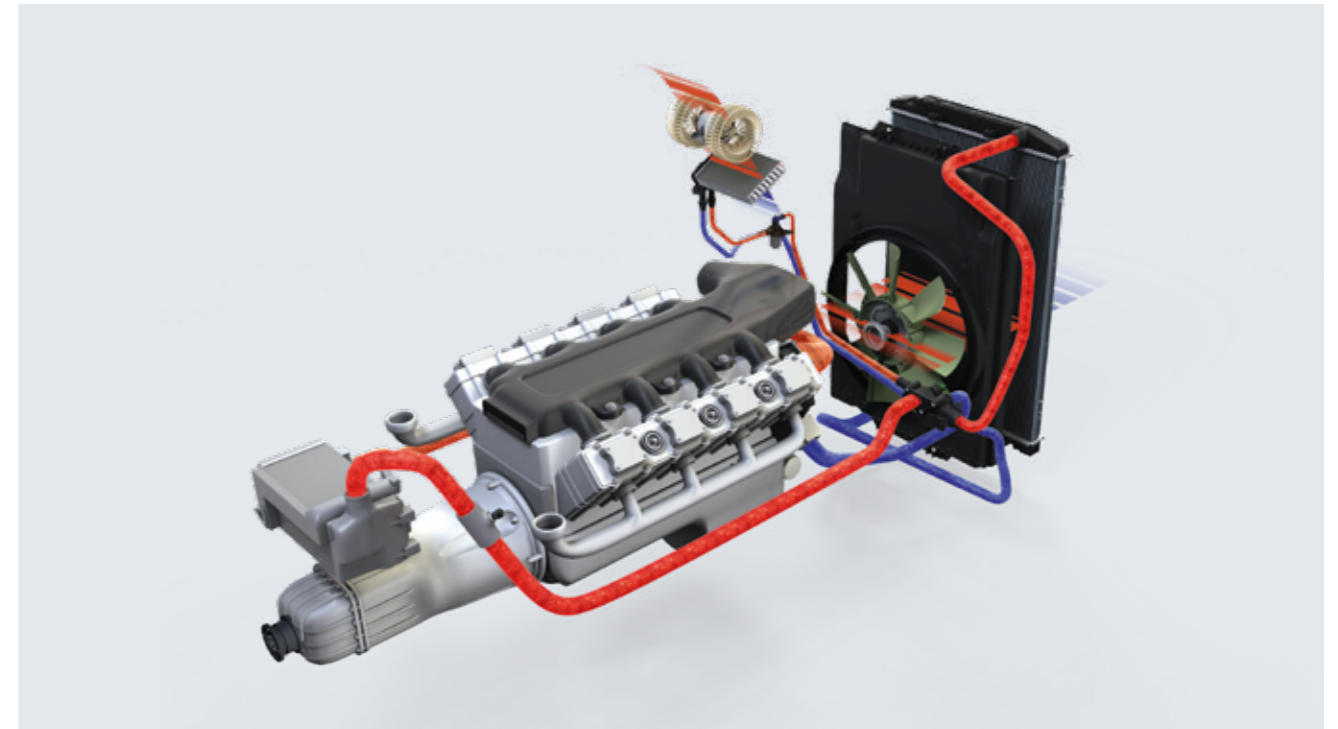


## Turismos

Es necesario disipar todo el calor que generan el motor y los sistemas que dependen de él. Hoy en día, la temperatura de funcionamiento de un motor solo puede tener una pequeña tolerancia para controlar el funcionamiento y la temperatura del entorno (motor y habitáculo). Un incremento de la temperatura de funcionamiento podría afectar a los valores de las emisiones de gases de escape, lo que podría causar un control defectuoso del motor.

Además, un sistema de refrigeración debe ser capaz de brindar calor a los pasajeros del vehículo en invierno y refrigeración en verano en variantes de motor que generan poco calor, como la inyección directa, diésel y gasolina. A la hora de desarrollar un sistema de gestión térmica se deberán tener en cuenta todos estos factores. A eso hay que añadir la exigencia de una mayor potencia y eficiencia con menor espacio.

➤ ¿Lo sabía? MAHLE es uno de los fabricantes líderes internacionales en la fabricación de equipo original para la refrigeración del motor y la climatización del vehículo.

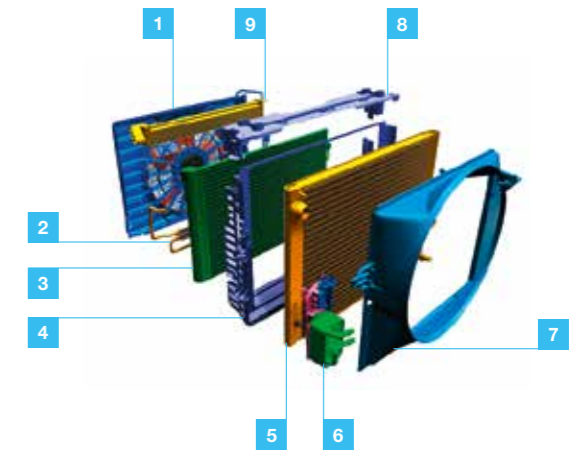


## Vehículos industriales

Un ejemplo típico de la versión actual de la gestión térmica en el vehículo industrial.

## Diseño de un módulo de refrigeración moderno

Un ejemplo típico de la versión actual de un módulo de refrigeración. Este se compone de radiador de refrigerante, radiador de aceite de motor, condensador de A/C, radiador de aceite de transmisión, radiador de dirección asistida y ventilador de radiador de refrigerante/condensador de A/C.



- 1 Canalizador de presión con ventilador electrónico
- 2 Radiador de dirección asistida
- 3 Módulo de condensador de A/C
- 4 Bastidor de soporte
- 5 Radiador de refrigerante íntegramente de aluminio
- 6 Refrigeración del aceite de transmisión
- 7 Canalizador de admisión para el ventilador del motor
- 8 Tapa del bastidor de soporte
- 9 Radiador de aceite de motor

# Refrigeración: retrospectiva

## Refrigeración del motor con agua

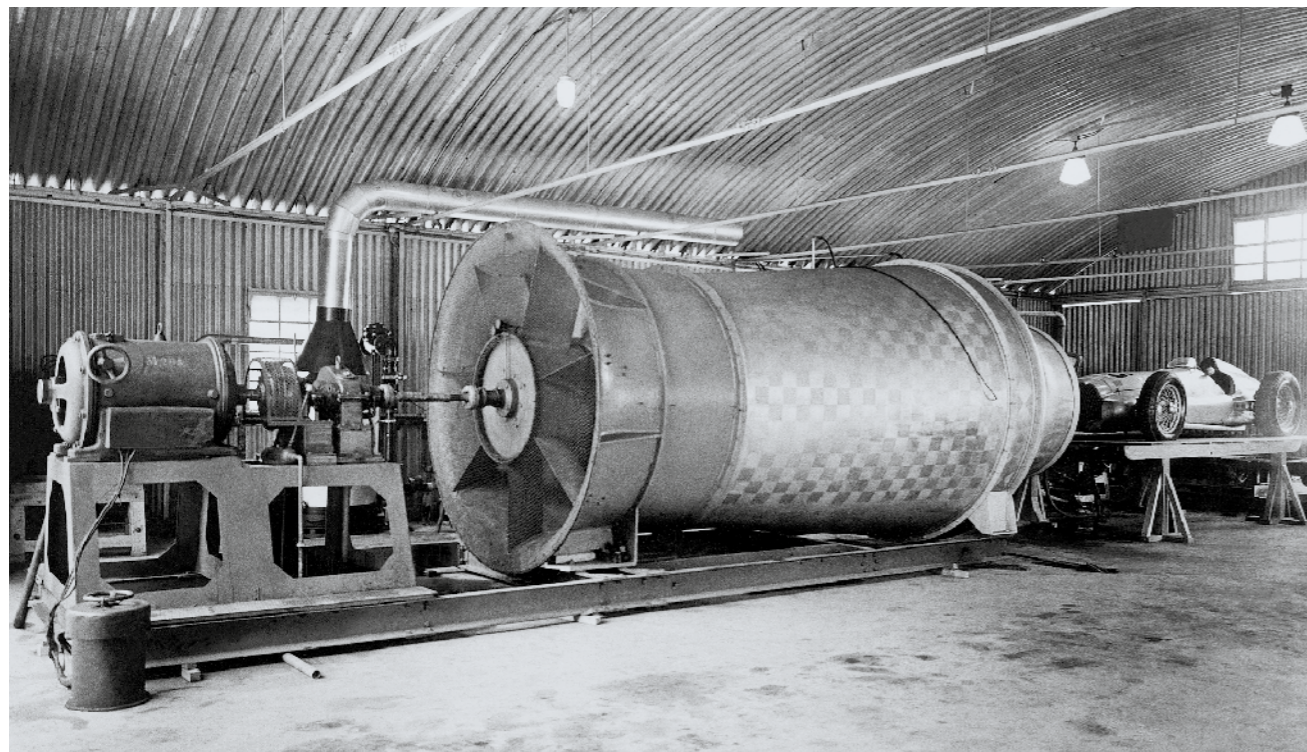
Las temperaturas (de hasta 2000 °C) que se generan en la combustión del combustible son perjudiciales para el funcionamiento del motor. Por eso, este se refrigera hasta la temperatura de funcionamiento. El primer tipo de refrigeración mediante agua era lo que se denominaba «refrigeración por termosifón». En este sistema, el agua calentada (más ligera) ascendía por un tubo colector hacia parte superior del radiador. Se enfriaba mediante el aire ambiente, descendía y volvía a fluir hacia el motor. Este circuito estaba en marcha mientras el motor funcionaba. Un ventilador reforzaba esta refrigeración, pero aún no era posible regularla. Posteriormente, la circulación del agua se aceleró mediante una bomba de agua.

### Puntos débiles:

- Fase de calentamiento larga
- Temperatura de motor baja durante la época fría

En el posterior desarrollo de motores se empleó un regulador de líquido refrigerante o termostato. La circulación de agua a través del radiador se regulaba en función de la temperatura del líquido refrigerante. En 1922 se describía como sigue: «Estos dispositivos tienen por objeto un calentamiento rápido del motor y la prevención del enfriamiento del mismo». Ya estamos hablando de una refrigeración regulada por termostato con las funciones:

- Fase de calentamiento corta
- Mantenimiento constante de la temperatura de funcionamiento



Túnel aerodinámico de BEHR en 1937



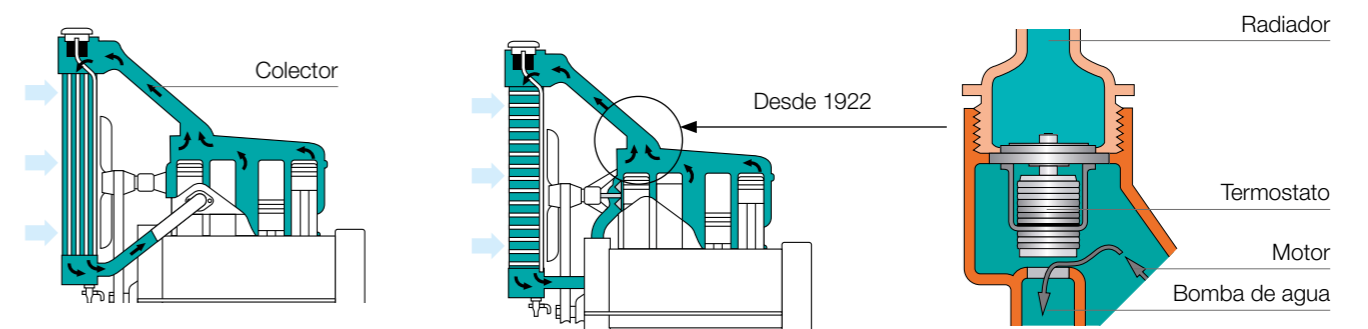
Túnel aerodinámico-climático de MAHLE en la actualidad

## Refrigeración del motor moderna

El termostato —y el circuito de refrigerante «cerrado» que este hizo posible— supuso una mejora decisiva de la refrigeración del motor. Mientras no se alcance la temperatura de funcionamiento deseada del motor, el agua no pasa por el radiador, sino de regreso al motor por el camino más corto. Una vez alcanzada la temperatura de funcionamiento deseada, el termostato abre la conexión a través del radiador. Esta regulación se sigue utilizando en todos los sistemas hoy en día.

La temperatura de funcionamiento del motor no solo tiene una enorme importancia para la potencia y el consumo, sino también para una baja emisión de sustancias nocivas.

Para la refrigeración del motor se aprovecha ahora la circunstancia de que el agua sometida a presión no comienza a bullir a 100 °C, sino a 115-130 °C. Para ello, el circuito de refrigeración está sometido a una presión de 1,0-1,5 bares. Hablamos del circuito de refrigeración cerrado. A este efecto, el sistema cuenta con un depósito de compensación que solo está lleno a la mitad aproximadamente. Como medio refrigerante no solo se emplea agua, sino una mezcla de agua y aditivo de refrigerante. De hecho, hablamos del refrigerante que ofrece protección anticongelante, tiene un punto de ebullición alto y protege contra la corrosión los componentes del motor y el sistema de refrigeración.



Aprox. 1910 con bomba de agua

# Sistemas de refrigeración

## El sistema de refrigeración del motor

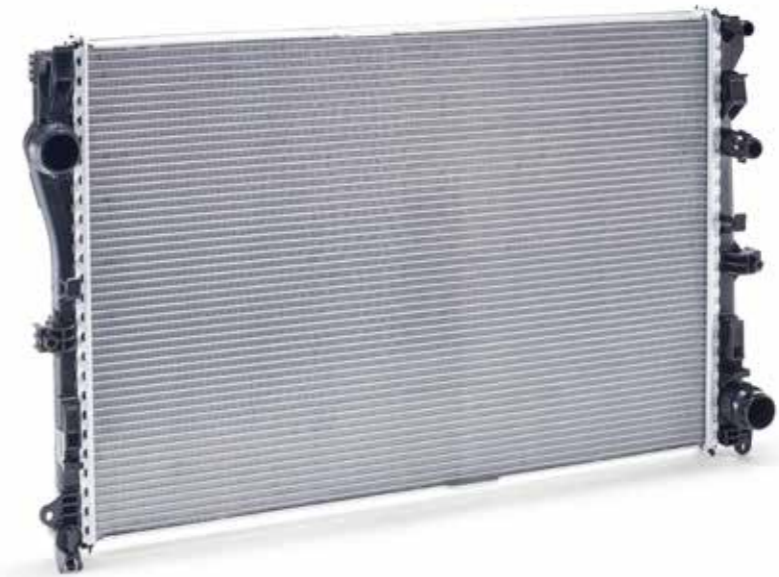
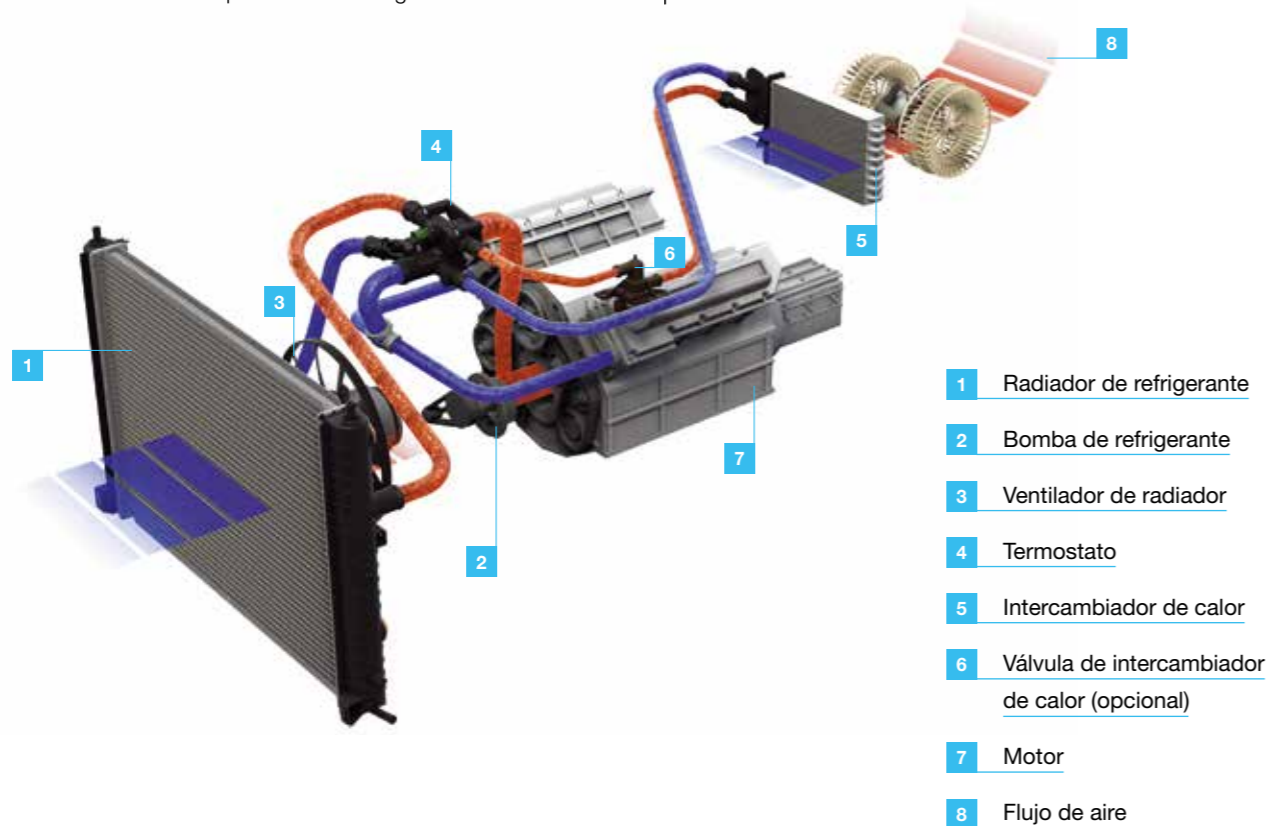
Debido a un compartimento del motor cada vez más compacto, el alojamiento de los componentes y la disipación de los enormes volúmenes de calor representan un reto formidable. A fin de enfriar el compartimento del motor, los sistemas de refrigeración modernos deben satisfacer unas exigencias elevadas. Así, en los últimos tiempos se han producido grandes avances en el ámbito de la refrigeración.

### Los requisitos que se imponen al sistema de refrigeración son:

- Fase de calentamiento más corta
- Calentamiento rápido del habitáculo
- Consumo de combustible bajo
- Vida útil de los componentes más larga

### La base de todos los sistemas de refrigeración de motor consta de los siguientes componentes:

- Radiador de refrigerante
- Termostato
- Bomba de refrigerante (mecánica o eléctrica)
- Depósito de compensación (depósito de expansión)
- Tuberías
- Ventilador del motor (con accionamiento por correa trapezoidal o Visco®)
- Sensor de temperatura (control del motor/indicador)



Radiador de refrigerante

## Radiador de refrigerante

La refrigeración del motor comienza a partir de 1905, cuando la temperatura de combustión del motor se situaba a unos 600-800 °C. En torno al cambio de siglo hasta aproximadamente 1938 se usaron radiadores de acero, posteriormente vinieron los radiadores de metales no ferrosos (cobre/latón). Los inconvenientes eran su gran peso y el stock limitado, lo que se tradujo en un elevado precio del material.

### Requisitos del radiador:

- Alta densidad de potencia
- Suficiente resistencia
- Resistencia a la corrosión duradera
- Coste de fabricación bajo
- Fabricación respetuosa con el medio ambiente

### Diseño:

- Contenedor de agua de plástico reforzado con fibra de vidrio
- Creciente uso del aluminio como material

### Tarea:

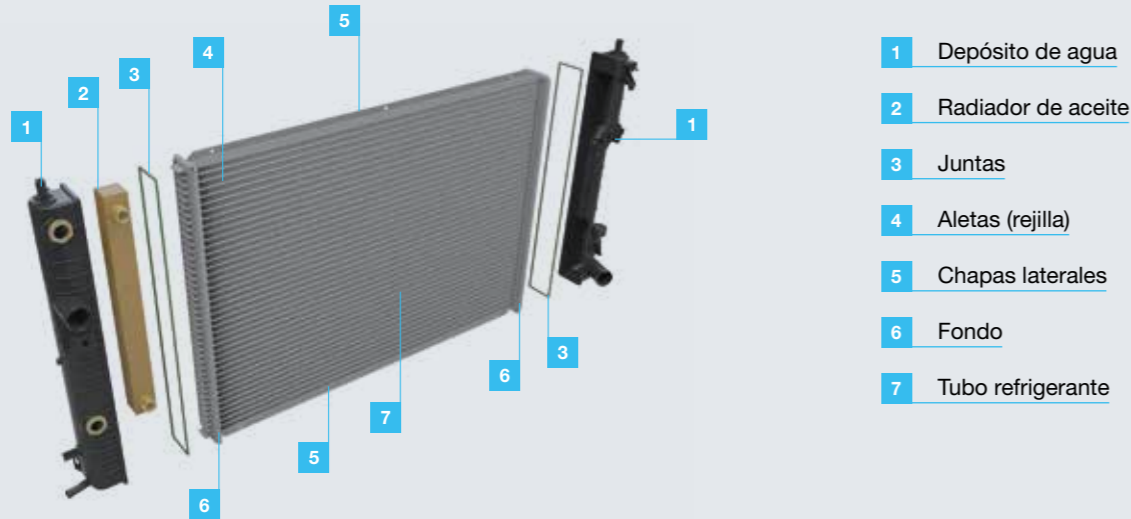
- Enfriar el refrigerante en el circuito del motor

### Ventajas:

- Ajuste preciso para un montaje sencillo
- Grado de eficacia óptimo
- Adaptado a las especificaciones del cliente (OEM)

### Diseño típico

En el radiador de refrigerante, el radiador de aceite también puede ser un componente separado. Se ensamblan las diferentes piezas y se da forma así al radiador de refrigerante. La refrigeración se produce a través de las aletas (rejilla), ya que el aire que fluye por ellas extrae el calor del refrigerante. El refrigerante fluye de arriba abajo, lo que se denomina flujo descendente, o en un flujo transversal (de derecha a izquierda o a la inversa). Ambas variantes deben tener el tiempo suficiente y una sección apropiada para que el aire pueda enfriar el refrigerante de manera eficiente.



- 1 Depósito de agua
- 2 Radiador de aceite
- 3 Juntas
- 4 Aletas (rejilla)
- 5 Chapas laterales
- 6 Fondo
- 7 Tubo refrigerante

### Tipos de construcción

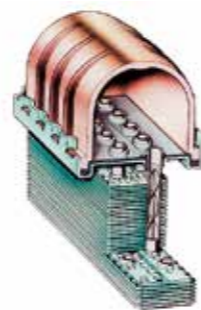
Existen dos tipos de construcción habituales: la unión mediante soldadura indirecta y la unión mecánica. Ambos tipos se emplean para radiadores de flujo descendente. Los primeros radiadores estaban equipados con depósitos de agua de latón, posteriormente con tanques de plástico. Los radiadores de flujo transversal son un 40 % más pequeños que los de flujo descendente, por lo que se emplean en los actuales turismos, en los que se requiere un diseño más aplanado. El depósito de agua se fija y sella con un rebordeado de ranuras y ondas desarrollado por MAHLE. Otro tipo de fijación es el rebordeado de solapas. Los radiadores de flujo descendente se utilizan en turismos altos (vehículos todo-terreno, etc.) o vehículos industriales.

En la fabricación se distingue en general entre dos métodos de producción diferentes: los componentes pueden estar unidos por medios mecánicos o mediante soldadura indirecta. Los datos técnicos de rendimiento de ambos procesos de fabricación son casi idénticos. La variante de unión mecánica solo presenta un peso menor. En última instancia son los fabricantes automovilísticos los que deciden qué procedimiento se va a implementar en serie.

El diseño de la geometría de tubo/aletas del radiador determina la capacidad de rendimiento en cada caso. Para ello es necesario tener en cuenta el espacio disponible en el vehículo.



Soldado



Unión mecánica



Radiador íntegramente de aluminio

### Radiadores íntegramente de aluminio

Como se puede ver aquí, en el diseño íntegramente de aluminio se reduce considerablemente la profundidad de la rejilla. Este tipo de construcción ayuda a reducir la profundidad total del módulo de refrigeración, p. ej. el radiador íntegramente de aluminio del Audi A8 es un 11 % más ligero y presenta 20 mm menos de profundidad.

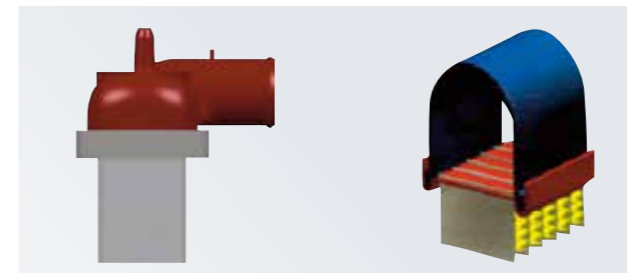
#### Este diseño tiene las siguientes características:

- Se prescinde del fondo superior
- La profundidad de rejilla es igual a la del radiador
- Reducción del peso en un 5-10 %
- Mayor estabilidad operativa

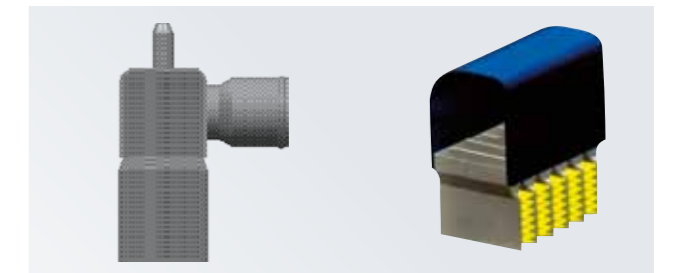
Esta comparación muestra la diferencia entre un radiador con fondo estándar y un radiador de refrigerante íntegramente de aluminio. Se puede ver con claridad que la profundidad total

- Presión de rotura 5 bar
- Reciclable como conjunto
- Se reducen los daños de transporte (boquillas de rebose)
- Se pueden usar diferentes tipos de tubos
- Tubo redondo para mayor potencia con suplemento de turbulencia
- Tubo ovalado (ofrece más superficie para el enfriamiento)
- Tubo plano de fabricación mecánica con casetones (aún más superficie y solo se requiere una fila)
- Tubo plano, soldado sin fundente (mejor enfriamiento, las lamas encajan al 100 %), pero costoso
- Se usa una aleación especial de aluminio (rejilla)
- Temperatura 600-650 °C, después se enfría a aprox. 130 °C (se compensan tensiones)

se reduce considerablemente. Esto permite ahorrar espacio a la hora de montarlo en un módulo de refrigeración moderno.



Profundidad de rejilla 40 mm, profundidad total 63,4 mm



Profundidad de rejilla 40 mm, profundidad total 40 mm



Depósito de compensación para vehículos industriales

## Depósito de compensación (depósito de expansión)

Para prevenir un sobrecalentamiento local de los componentes es necesario que en el circuito de refrigerante no haya burbujas. El medio refrigerante penetra en el depósito a gran velocidad y vuelve a salir a baja velocidad (diferentes diámetros de empalme).

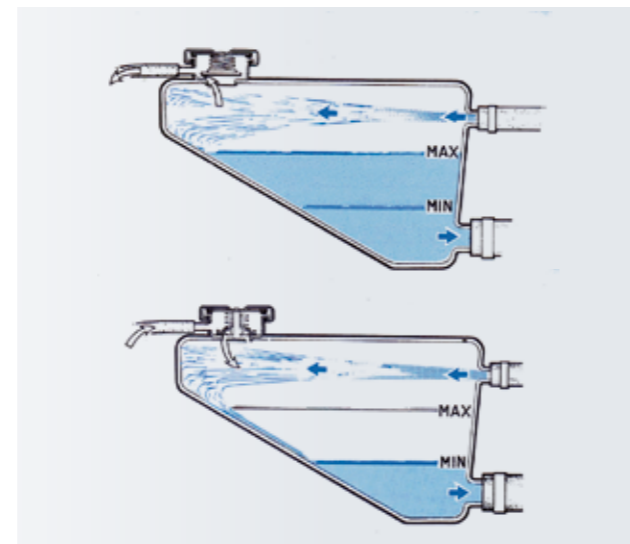
Los depósitos de compensación de vehículos industriales cuentan con tres cámaras y un gran volumen de agua, p. ej. una capacidad de 8 litros de refrigerante. El depósito de compensación tiene por misión recoger el refrigerante expandido del circuito de refrigerante. Una válvula reduce la presión, lo que permite mantener la presión del sistema en un valor predeterminado.



Depósito de compensación para turismo

### Funcionamiento

La temperatura elevada del refrigerante produce el incremento de la presión en el sistema de refrigeración, ya que el refrigerante se dilata. El refrigerante entra a presión en el depósito. Se incrementa la presión en el depósito. La válvula de sobrepresión en la tapa de cierre se abre y permite que salga aire. Cuando se normaliza la temperatura del refrigerante se genera en el sistema de refrigeración una presión negativa. El refrigerante se aspira desde el depósito. De este modo también se genera presión negativa en el depósito. En consecuencia, se abre la válvula de compensación de presión negativa situada en la tapa de cierre. En el depósito entra aire hasta que se ha alcanzado una compensación de la presión.



Funcionamiento del depósito de compensación



Termostato electrónico con elemento de cera

## Termostato

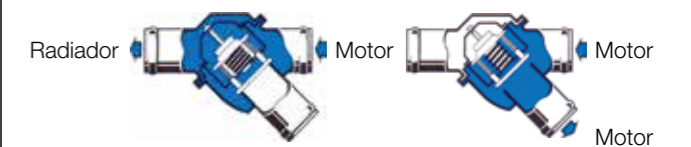
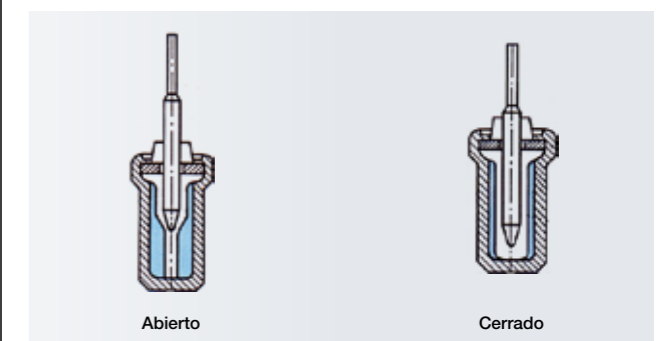
Los termostatos controlan la temperatura del refrigerante y, por tanto, la temperatura del motor. Los termostatos mecánicos no han cambiado mucho a lo largo de los años y aún siguen instalándose a día de hoy. El funcionamiento se basa en un elemento de cera expandida que abre una válvula y hacer retornar el refrigerante al radiador de refrigerante para que se enfríe. El termostato se abre a una temperatura determinada que viene especificada para el sistema y no se puede modificar. Los termostatos electrónicos son regulados por el control del motor y abren en función de las condiciones de funcionamiento. Los reguladores de temperatura de control electrónico contribuyen a la reducción del consumo de combustible y de las emisiones nocivas gracias a la mejora del grado de eficacia mecánico del motor.

### Ventajas:

- Reducción de aprox. el 4 % en el consumo de combustible
- Reducción de las emisiones de sustancias nocivas
- Mejora del confort (mediante la mejora de la potencia calorífica)
- Vida útil del motor más larga
- Mantenimiento de las condiciones termodinámicas y de flujo
- Regulación de temperatura en función de la demanda
- Máxima velocidad de cambio de temperatura
- Incremento mínimo de volumen constructivo (<3 %)

### Funcionamiento

Cuando se alcanza una temperatura superior a 80 °C, el relleno de cera se funde. Debido al aumento de volumen de la cera, la caja metálica se desplaza sobre el émbolo de trabajo. El termostato abre el circuito de refrigerante y al mismo tiempo cierra el cortocircuito. Si la temperatura desciende por debajo de los 80 °C, el relleno de cera se solidifica. Un muelle recuperador presiona la caja metálica de nuevo a la posición inicial. El termostato cierra el flujo al radiador. El refrigerante fluye directamente de vuelta al motor a través de la tubería de cortocircuito.



Termostato con elemento de cera



Bomba de refrigerante

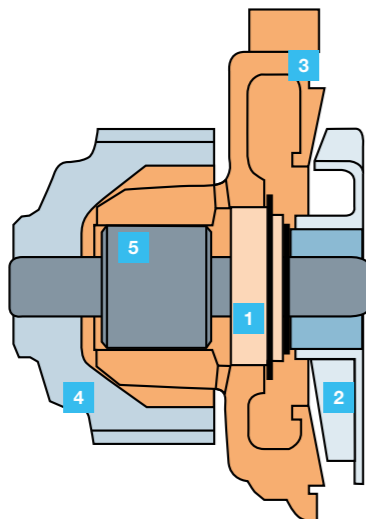
## Bombas de refrigerante

Las bombas de refrigerante transportan el refrigerante a través del circuito y generan la presión. Las bombas de refrigerante también están sujetas a innovaciones técnicas, aunque aún hay en el mercado muchos turismos y vehículos industriales con bombas de refrigerante accionadas por correa. La nueva generación de bombas de refrigerante son las de control electrónico. En este caso, la bomba de refrigerante se acciona en función de la demanda, de manera similar al compresor en el circuito de climatización. Así se alcanza una temperatura de funcionamiento óptima.



Juego de correa dentada con bomba de refrigerante

- 1 Retén axial
- 2 Rotor
- 3 Carcasa
- 4 Polea motriz
- 5 Rodamiento



### Las bombas de refrigerante se componen de cinco grupos constructivos esenciales

La polea motriz y el rotor están instalados sobre un árbol de alojamiento conjunto. Un retén frontal sella el árbol de la bomba hacia el exterior. El refrigerante se transporta a través del sistema de refrigeración con el movimiento giratorio del rotor.

Los siguientes factores influyen de manera decisiva en la vida útil de una bomba de refrigerante:

- Montaje correcto
- Limpieza y mantenimiento del sistema de refrigeración
- Calidad del refrigerante
- Estado y funcionalidad de la correa de accionamiento y los grupos periféricos asociados



Bomba de refrigerante eléctrica

## Bombas de refrigerante eléctricas

Las bombas de refrigerante mecánicas que son accionadas directamente por el motor transportan el líquido refrigerante continuamente mientras el motor está en marcha, aunque no exista demanda de refrigeración. En cambio, las bombas de refrigerante eléctricas con su control electrónico integrado se activan de manera progresiva en función de la potencia frigorífica requerida. Pueden utilizarse como bombas principales, de derivación o de circulación y funcionan independientemente del motor y según la demanda.

En un arranque en frío, la bomba de refrigerante eléctrica al principio no transporta refrigerante. Así, el motor alcanza más rápidamente su temperatura de funcionamiento. También al ralentí o después de apagar el motor, la bomba de refrigerante eléctrica es capaz de aportar la suficiente potencia frigorífica, ya que no está vinculada a las revoluciones del motor. Esta refrigeración del motor en función de la demanda reduce la demanda de potencia y, por tanto, las pérdidas por fricción y el consumo de combustible. De esta forma, las bombas de refrigerante eléctricas contribuyen a la reducción de las emisiones en los sistemas de refrigeración modernos.

Otra ventaja consiste en que las bombas de refrigerante eléctricas se pueden montar de manera individual, externa al motor. Son relativamente ligeras y, gracias a su diseño sin escobillas, están exentas de mantenimiento. Con una tensión de funcionamiento de 12-360 voltios alcanzan actualmente una potencia de 15-1000 vatios. El motor eléctrico de la bomba de refrigerante

se enfría mediante refrigerante. La regulación continua se produce mediante la activación por una señal modulada por amplitud de impulsos. De este modo, el caudal se puede regular en función de la demanda real, independientemente del número de revoluciones del motor, y mantenerse constante la temperatura del refrigerante específica del sistema. Gracias a la integración en la electrónica de a bordo, las bombas de refrigerante eléctricas son aptas para diagnóstico. En función del tipo de propulsión (motor de combustión, híbrido, eléctrico) y el sistema, en el vehículo se pueden instalar una o varias bombas.



Bomba de refrigerante eléctrica para BMW

### Las bombas de refrigerante eléctricas tienen muchos campos de aplicación:

- Refrigeración del motor
- Refrigeración del aire sobrealimentado
- Refrigeración de la recuperación de los gases de escape
- Refrigeración del accionamiento y las baterías en vehículos híbridos y eléctricos
- Refrigeración de la transmisión
- Refrigeración de diversos accionamientos auxiliares





Intercambiador de calor de habitáculo

## Intercambiador de calor de habitáculo

El intercambiador de calor proporciona calor, que entra en el habitáculo junto con el flujo de aire impelido por el soplador. Si el vehículo cuenta con un sistema de climatización, como suele ocurrir hoy en día, el control de climatización genera una mezcla de aire frío y caliente. Aquí convergen los tres factores: calor, frío y el control correspondiente = climatización del habitáculo del vehículo.

### Características de un intercambiador de calor íntegramente de aluminio:

- Completamente reciclable
- Aseguramiento de la temperatura de habitáculo deseada
- Intercambiador de calor soldado en construcción íntegramente de aluminio
- Menor necesidad de espacio en el habitáculo
- Elevada potencia calorífica

- Placas de fondo soldadas, no grapadas
- Montado en la carcasa de calefacción
- Sistema de aletas y tubo
- Los paneles ranurados en las aletas incrementan la capacidad de rendimiento
- Versión más actual, como en el radiador de refrigerante: íntegramente de aluminio



Intercambiador de calor íntegramente de aluminio

# Ventilador de motor

El ventilador del motor tiene como misión impulsar el aire ambiente a través del radiador de refrigerante y del motor. Es accionado por la correa trapezoidal o, en caso de ventilador electrónico, por un motor eléctrico regulado. El ventilador Visco® se utiliza predominantemente en el ámbito de los vehículos industriales, pero también en el de los turismos. El ventilador del motor garantiza el paso de un volumen de aire suficiente para enfriar el refrigerante. En el ventilador accionado por correa trapezoidal, el volumen de aire depende del número de revoluciones del motor. Se diferencia del ventilador de condensador por el hecho de que se acciona constantemente. El ventilador Visco® se controla por medio de la temperatura de funcionamiento.

## Ventilador Visco®

### Modo de funcionamiento

Punto de conexión completo a aprox. 80 °C. Llenado con aceite de silicona como medio de accionamiento (30-50 ml), conectado mediante bimetálico y accionado por un pasador a presión.

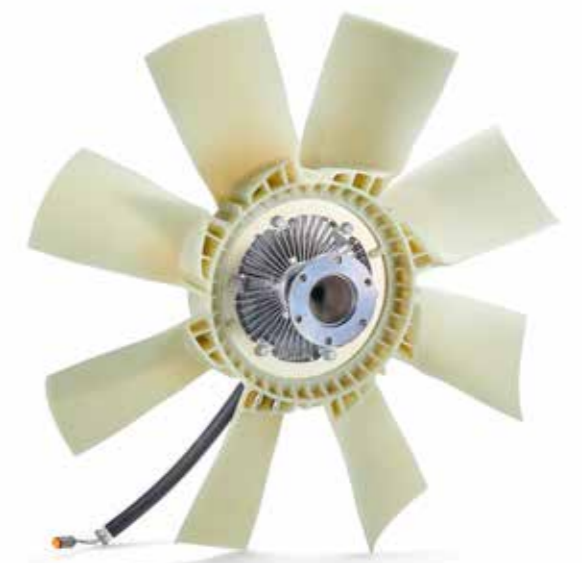
### Historia

Como dispositivo rígido (accionado permanentemente) requiere una elevada energía (CV), es ruidoso y, al mismo tiempo, exige un consumo alto. Los ventiladores eléctricos (turismos), por el contrario, son silenciosos, más económicos en cuanto a consumo, y requieren menos energía. Los objetivos de desarrollo eran un consumo bajo y menos ruido, p. ej. reducción del ruido mediante ventiladores encapsulados.

### El desarrollo continuo hasta el embrague electrónico Visco® tuvo como resultado:

- La regulación es continua
- Regula mediante sensores
- El regulador procesa datos, p. ej. refrigerante, aceite, aire sobrealimentado, número de revoluciones del motor, retárder, climatización

Todo ello se traduce en una refrigeración basada en la demanda, la mejora del nivel de temperatura del refrigerante, poco ruido y menos consumo de combustible. En el ámbito de los turismos, los ventiladores antes se componían de dos piezas, y el embrague Visco® y la hélice estaban atornillados. Hoy en día están laminados y, por tanto, ya no se pueden reparar.



Ventilador Visco® completo (embrague y hélice)



Hace unos 50 años, BEHR desarrolló el ventilador Visco® y registró la marca Visco®. Desde que MAHLE adquiriera la participación mayoritaria de BEHR y obtuviera los derechos de marca, los productos Visco® se fabrican y comercializan con el nombre de MAHLE. Solo los ventiladores y embragues de este diseño producidos por MAHLE pueden comercializarse con la referencia adicional Visco®.



Embrague Visco®

## El embrague Visco® electrónico

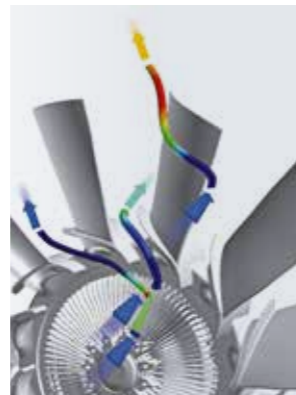
El disco primario y el eje de acoplamiento transmiten la fuerza del motor. El ventilador también está sólidamente unido al eje. El aceite de silicona circulante posibilita la transmisión de fuerza entre ambos grupos. La palanca de válvula permite controlar el circuito de aceite entre el compartimento de reserva y el de trabajo.

El flujo del aceite de silicona del compartimento de reserva al de trabajo y a la inversa se produce a través de dos orificios, el orificio de retorno en la carcasa y el orificio de alimentación en el disco primario.

La palanca de válvula controla la gestión del motor por medio de impulsos al grupo constructivo del imán. El sensor Hall calcula e informa a la gestión del motor sobre el número de revoluciones actual del ventilador. Un regulador envía una corriente de mando sincronizada al grupo constructivo del imán que controla la palanca de válvula, que a su vez controla el flujo y el volumen de aceite. Cuanto más aceite de silicona haya en el compartimento de trabajo, mayor será el número de revoluciones del ventilador. Si el compartimento de trabajo está vacío, el ventilador estará marchando en vacío. Durante el accionamiento se produce un resbalamiento de aprox. el 5 %.



Embrague Visco®



Dirección del aire en la hélice



Embrague Visco® de regulación electrónica con ventilador



Ventilador de radiador eléctrico con canalizador

## Ventiladores de radiador eléctricos

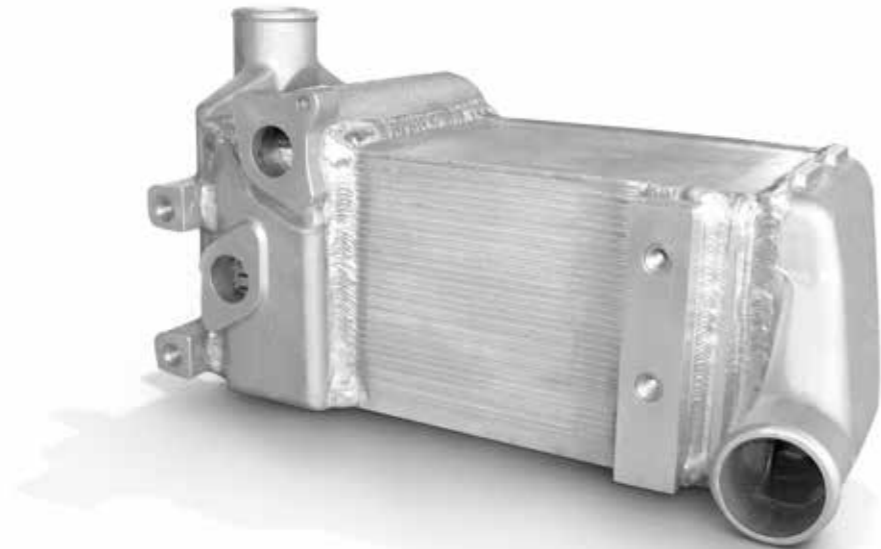
En el ámbito de los turismos se utilizan en la mayoría de casos ventiladores eléctricos. Con frecuencia se utilizan como ventiladores de aspiración, pero en ocasiones también como ventiladores de presión. Durante el funcionamiento del ventilador pasa un mayor volumen de aire por el radiador del motor, lo que garantiza que se produzca un atemperamiento óptimo del refrigerante en cualquier condición de funcionamiento del vehículo. En la parte frontal del vehículo se alojan normalmente otros radiadores (p. ej. intercooler, de dirección, de combustible, de condensador) cuyos medios (aire, aceite, combustible, refrigerante) también se enfrían mediante ventiladores eléctricos.

El control del ventilador o los ventiladores (ventilador doble) se realiza mediante un presostato/interruptor térmico o una unidad de mando. De esta forma es posible regular el número de revoluciones del ventilador en función de las condiciones de funcionamiento por niveles (interruptor) o de manera continua (control por amplitud de impulsos). En los ventiladores de regulación electrónica, la unidad de mando se encuentra con frecuencia en la proximidad de la unidad del ventilador. Un dispositivo de diagnóstico/osciloscopio permite leer la memoria de fallos o comprobar el control.

Las causas de avería suelen ser daños mecánicos (colisión, daños en el alojamiento, álabe roto) y fallos eléctricos (fallo de contacto, cortocircuito, interruptor/unidad de mando defectuosos).

La mayoría de ventiladores de radiador eléctricos están montados en canalizadores. Estos tienen como misión dirigir el aire que fluye a través del radiador hacia el ventilador de manera selectiva y en lo posible sin pérdidas de flujo. Por esta razón, el canalizador se fija lo más cerca posible del radiador.

# Otros sistemas de refrigeración



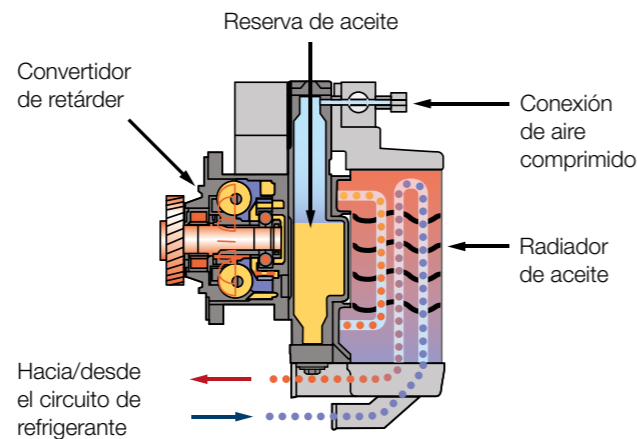
Radiador de aceite íntegramente de aluminio para retarders hidrodinámicos

## Radiadores de aceite para motor, cajas de cambios y retarders hidrodinámicos

La refrigeración, así como el rápido calentamiento del aceite de motor y el aceite de transmisión (p. ej. cambio automático, retarder), se garantizan mediante un radiador (motor o caja de cambios) montado en el interior o el exterior del depósito de agua. Los radiadores pueden ser de tipo tubular o de aceite de discos con construcción íntegramente de aluminio o acero.

### Ventajas:

- Refrigeración de aceites de alta carga térmica
- Se alargan los intervalos de cambio de aceite y aumenta la vida útil del motor
- Necesidad de poco espacio y peso gracias a su ejecución íntegramente en aluminio
- Diseño compacto gracias a los eficaces discos apilables con refrigeración de gran superficie



Retarder con radiador de aceite montado en el exterior



Radiador de dirección asistida

## Refrigeración de la dirección asistida

El aceite de la dirección asistida también se debe refrigerar ya que, de lo contrario, se ve perjudicado el grado de eficacia de la dirección asistida. La dirección va dura o demasiado suave.

### Características:

- Íntegramente de aluminio con acoplamientos rápidos
- Presión superior a 8 bares con una temperatura de entrada de aceite de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+160\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Presión de ensayo de 20 bares con una presión de rotura de 50 bares



Radiador de combustible

## Refrigeración del combustible

La refrigeración del combustible se utiliza predominantemente en motores diésel. En este caso, el combustible se refrigera para bajar la temperatura de entrada en la boquilla de la bomba o en el commonrail. De lo contrario, la temperatura del combustible se incrementaría en exceso debido a la elevada presión. Un incremento excesivo de la temperatura del combustible afecta a la potencia del motor debido a una combustión demasiado prematura en la cámara de combustión.



Intercooler

## Refrigeración del aire sobrealimentado

Las tendencias al incremento de la potencia del motor y al downsizing hacen que en los turismos se empleen cada vez más motores sobrealimentados, en los que la sobrealimentación se realiza hoy en día primordialmente con aire sobrealimentado refrigerado. La densidad del aire sobrealimentado más elevada que se logra así da lugar al incremento de la potencia y del grado de eficacia del motor. Pero no solo crece la proporción de motores sobrealimentados, sino también los requisitos que se plantean para la potencia frigorífica de aire sobrealimentado debido a la continua exigencia de reducción del consumo y las emisiones. Dichos requisitos se pueden cumplir mediante la refrigeración del aire sobrealimentado con refrigerante en lugar de aire. Sin embargo, debido a los costes del sistema, esta tecnología hasta ahora estaba reservada al segmento superior de precios de turismos. Los nuevos desarrollos también permiten regular la refrigeración del aire sobrealimentado. De este modo se pueden reducir no solo las emisiones de NO<sub>x</sub>, sino también las de HC e incrementar el efecto del tratamiento de los gases de escape. Además de incrementar la potencia frigorífica, la refrigeración del aire sobrealimentado debe cumplir otro requisito más: el atemperamiento del aire de proceso del motor mediante la regulación de la refrigeración de aire sobrealimentado. El atemperamiento resulta necesario debido a los crecientes requisitos que debe

cumplir el tratamiento de los gases de escape. En este sentido, la temperatura del aire sobrealimentado juega un papel fundamental. Así, la refrigeración del aire sobrealimentado con refrigerante también ofrece ventajas decisivas en el vehículo industrial.

### Tipos:

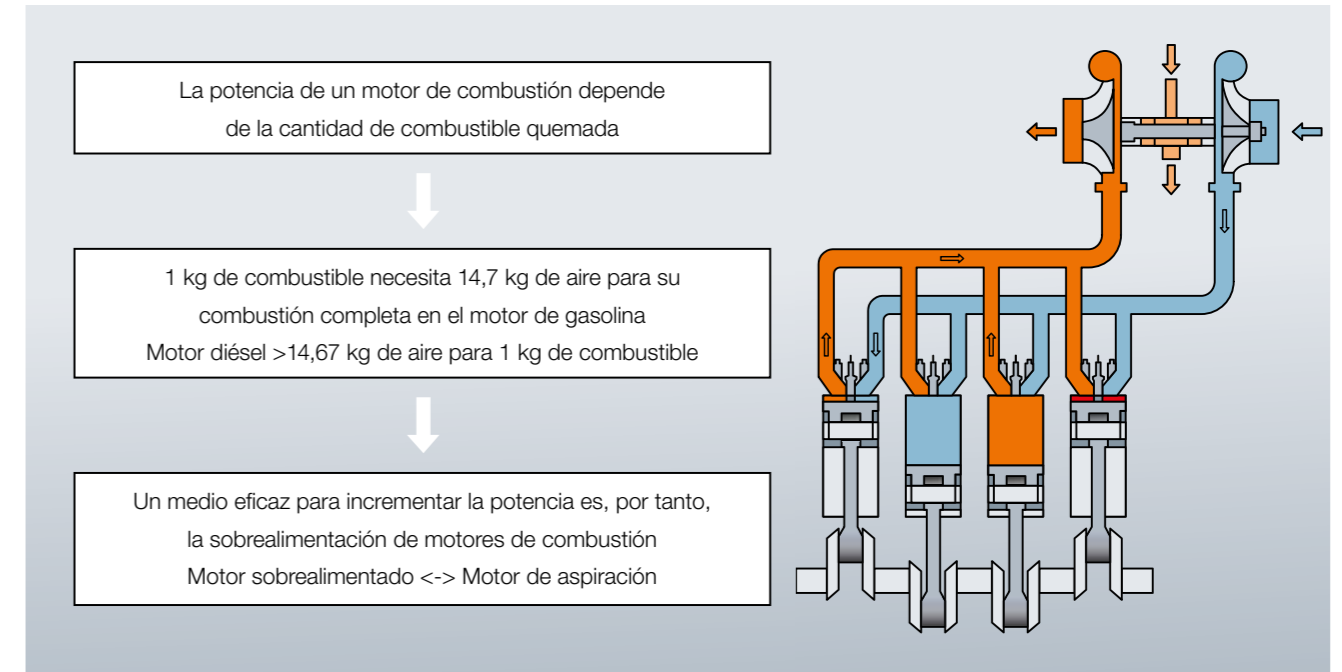
Refrigerado por aire y refrigerado por refrigerante, así como de forma directa e indirecta.

### Tarea:

Incremento de la potencia del motor mediante sobrealimentación (más aire de combustión, mayor proporción de oxígeno).

### Características:

- Aumento de la potencia frigorífica dinámica
- Mejora del grado de eficacia del motor gracias al incremento de la densidad del aire sobrealimentado
- Reducción de la temperatura de combustión, lo que se traduce en mejores valores de gases de escape
- Menos óxidos de nitrógeno de -40 °C a +160 °C
- Presión de ensayo de 20 bares con una presión de rotura de 50 bares



Turbocompresión de gases de escape

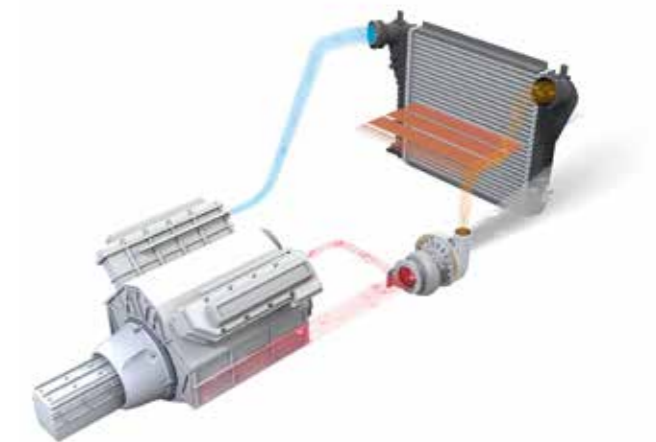
## Principios básicos: turbocompresión de gases de escape

La potencia de un motor de combustión depende de la cantidad de combustible quemada. 1 kg de combustible necesita 14,7 kg de aire para su combustión completa en el motor de gasolina, la relación denominada «estequiométrica». Un medio eficaz para incrementar la potencia es la sobrealimentación de motores de combustión.

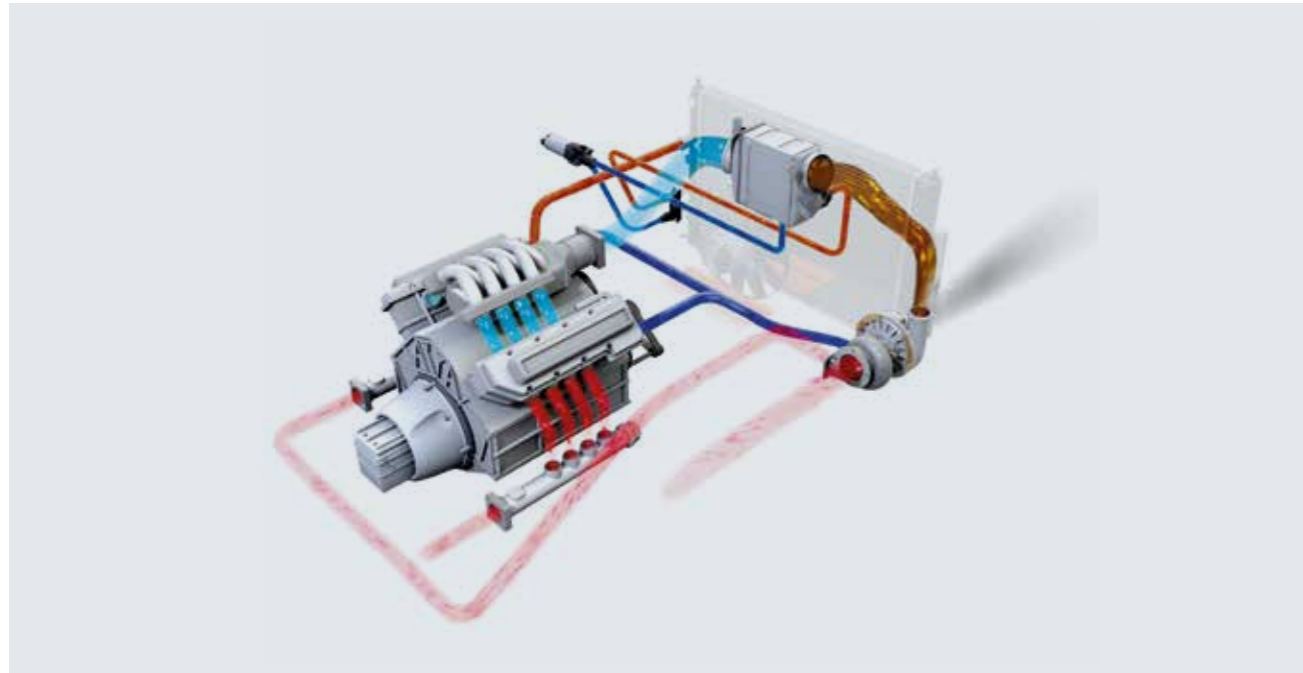
## Requisitos: incremento de la potencia frigorífica

En los turismos, la creciente demanda de potencia frigorífica se topa cada vez con más limitaciones del espacio constructivo en la parte frontal del vehículo. Hoy en día predominan aún los intercoolers compactos. Una solución al problema de la poca profundidad constructiva la ofrece la ampliación del intercooler compacto a un intercooler de gran superficie, montado delante del radiador de refrigerante, tal como es estándar en vehículos industriales pesados. En consecuencia, se está incrementando el uso de este diseño. Sin embargo, en muchos vehículos esto no es posible, ya que el espacio constructivo necesario ya está

asignado o no está disponible debido a otros requisitos, como por ejemplo la protección de peatones. El conflicto entre espacio constructivo y demanda de potencia se puede resolver con dos sistemas nuevos: la refrigeración preliminar del aire sobrealimentado y la refrigeración indirecta de aire sobrealimentado.



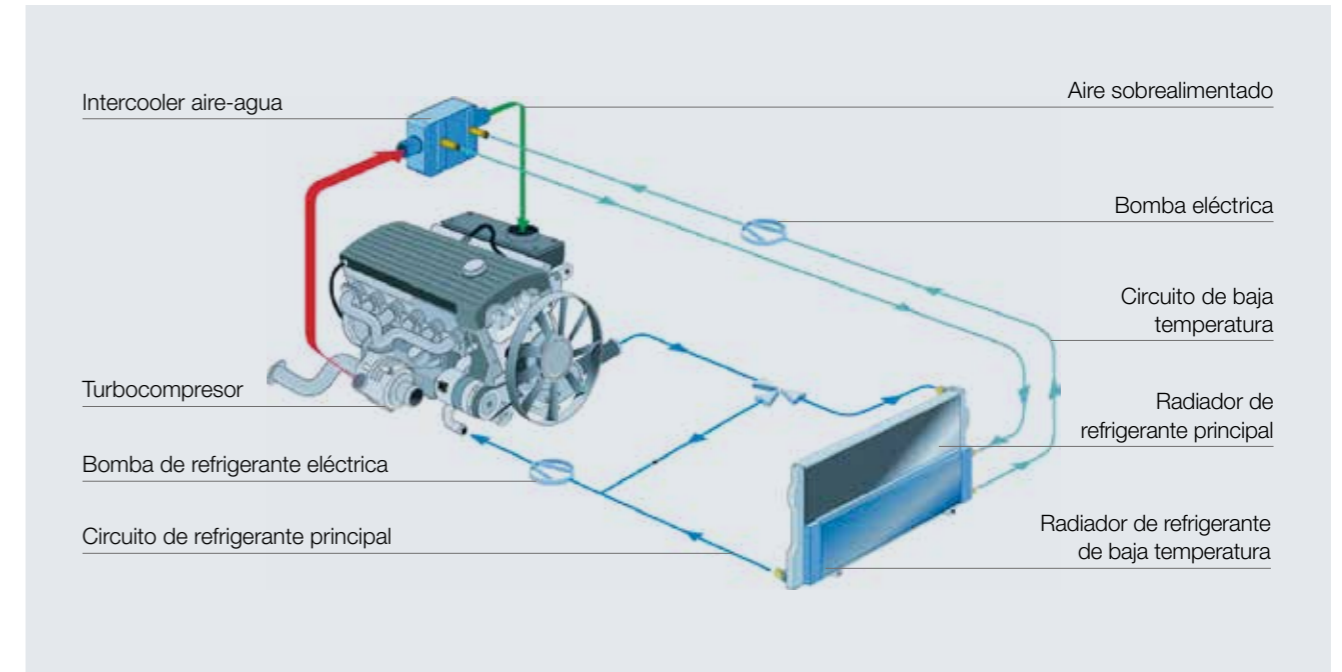
Recorrido del aire sobrealimentado con refrigeración directa aire-aire (ejemplo)



Recorrido del aire sobrealimentado con refrigeración directa aire-agua (ejemplo)

## Intercooler preliminar

Gracias al empleo del nuevo intercooler preliminar, alimentado con refrigerante del circuito del motor, una parte del calor disipado del aire sobrealimentado se desplaza del intercooler al radiador de refrigerante. Puesto que así el calor disipado adicional del aire sobrealimentado generado por el incremento de potencia se evacúa a través del intercooler preliminar, se puede mantener el concepto del intercooler en forma de bloque. El intercooler preliminar, que también es un radiador compacto, se coloca entre el turbocompresor y el intercooler aire-aire. Gracias a la refrigeración preliminar del aire sobrealimentado es posible incrementar claramente la potencia de un concepto ya existente. El volumen constructivo necesario de un intercooler aire-agua equivale al 40-60 % de un intercooler aire-aire.



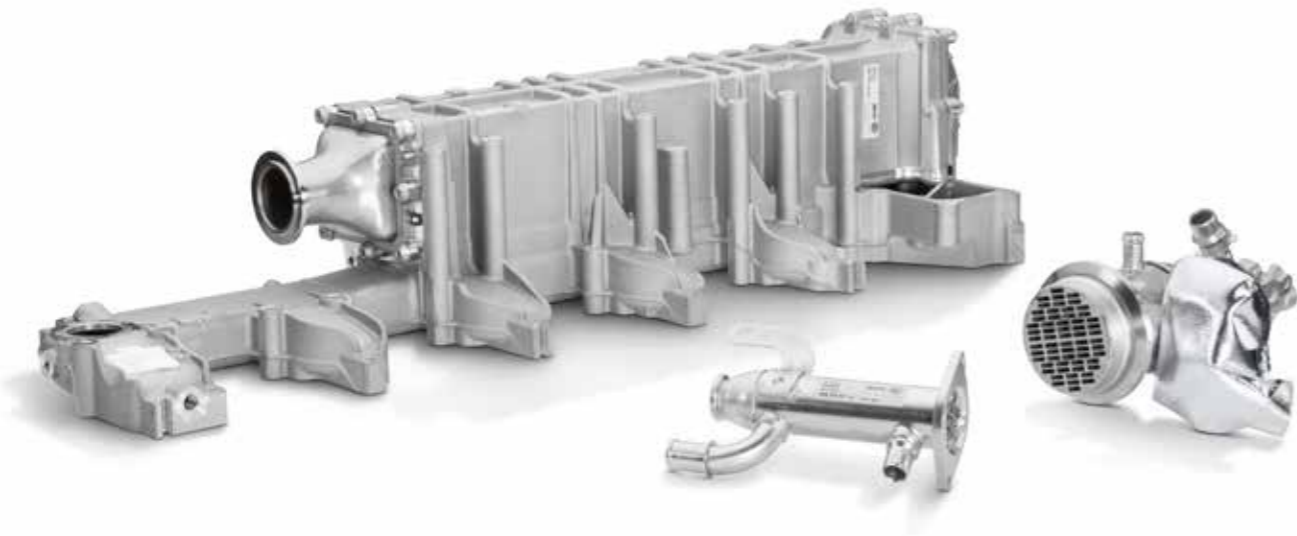
Circuito de refrigerante de la refrigeración indirecta

## Refrigeración indirecta de aire sobrealimentado

La segunda posibilidad de resolver el conflicto entre el espacio constructivo y la demanda de potencia es la refrigeración indirecta de aire sobrealimentado. En el turismo, este sistema de refrigeración se compone normalmente de un circuito de refrigerante independiente del circuito de refrigeración de motor. En este circuito están integrados un radiador de refrigerante de baja temperatura y un radiador de refrigerante de aire sobrealimentado. El calor disipado del aire sobrealimentado se transmite primero al refrigerante y posteriormente al aire ambiente a través del radiador de refrigerante de baja temperatura. Este radiador está instalado en el extremo frontal del vehículo, donde se encuentra el intercooler aire-aire en el caso de la refrigeración aire-aire convencional. Puesto que el radiador de baja temperatura requiere mucho menos espacio que un intercooler de aire-aire, se libera espacio en la parte frontal. Además se prescinde de los voluminosos conductos de admisión del frontal del vehículo al motor. En conjunto se simplifica considerablemente la disposición de los componentes en el extremo frontal, lo que mejora en consecuencia el flujo de aire frío a través del compartimento del motor.

**En comparación con la refrigeración preliminar de aire sobrealimentado (directa), la refrigeración indirecta aporta los siguientes efectos positivos:**

- Reducción clara de la caída de presión del aire sobrealimentado
- Mejora de la dinámica del motor debido a un menor volumen de aire sobrealimentado
- Aumento de la potencia frigorífica dinámica
- Mejora del grado de eficacia del motor gracias al incremento de la densidad de aire sobrealimentado



Radiador EGR: diferentes tipos

## Radiadores para la recuperación de los gases de escape (EGR)

Una opción para alcanzar los valores límite Euro 6 en lo referente a las emisiones de óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) es la recuperación de los gases de escape refrigerada (EGR por sus siglas en inglés). En ella se extrae una parte del flujo de gases de escape principal entre el tubo de escape acodado y el turbocompresor, se refrigera en un intercambiador de calor especial (radiador EGR) y se vuelve a incorporar al aire de admisión. De este modo baja la temperatura de combustión en el motor y se reduce la formación de óxidos de nitrógeno.

El radiador EGR se compone de acero inoxidable o aluminio y cuenta con varias tomas a través de las que penetran en el radiador gases de escape calientes y refrigerante. Después de que los gases de escape se hayan enfriado en el radiador, salen de él y se conducen de forma dosificada al sistema de admisión y, por tanto, a la cámara de combustión. De esta manera se reduce la emisión de óxido de nitrógeno ya antes del catalizador. En el radiador EGR hay instalados actuadores neumáticos y/o eléctricos. Estos se encargan del control.

Si bien el radiador EGR no es una pieza de desgaste clásica, se pueden producir fugas internas o externas causadas, por ejemplo, por variaciones extremas de temperatura, la falta de aditivos de refrigerante o aditivos agresivos. Además se puede producir una avería de los actuadores.



Radiador EGR

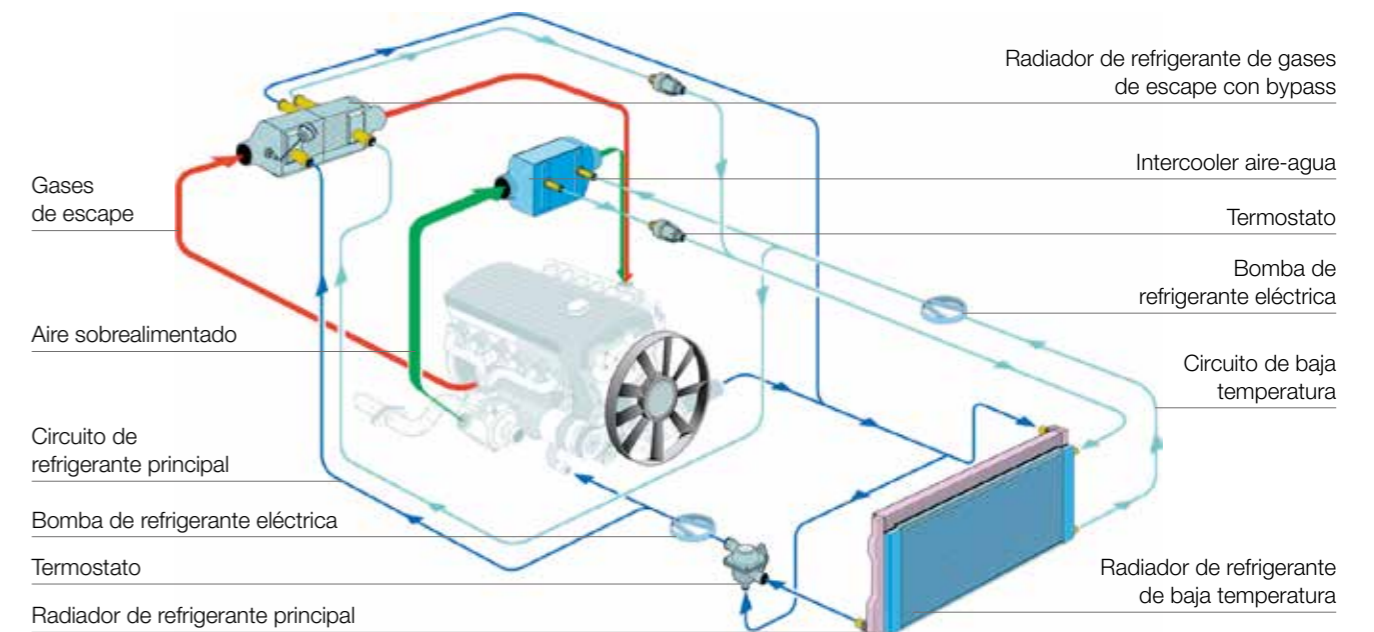
# Aire de admisión y gestión de la temperatura

## Atemperamiento del aire para el proceso de combustión del motor

Después de un arranque en frío y también en caso de temperaturas exteriores extremadamente bajas durante la conducción es conveniente detener la refrigeración del aire sobrealimentado. Así, el motor y el catalizador alcanzan más rápido su temperatura de funcionamiento óptima, con lo que se producirán menos emisiones de arranque en frío, principalmente de hidrocarburos (HC). En el caso del intercooler aire-aire, esto solo es posible con un gran coste mediante un bypass en el lado del aire sobrealimentado. Por el contrario, en la refrigeración indirecta no solo es posible parar la refrigeración del aire sobrealimentado mediante una sencilla regulación del caudal de refrigerante, sino que también se puede regular su temperatura. Gracias a una conexión del circuito de refrigerante para la refrigeración de aire sobrealimentado con el de la refrigeración del motor y una regulación inteligente de los caudales de refrigerante se puede desmontar

la refrigeración indirecta para el atemperamiento del aire sobrealimentado. Para ello puede fluir por el intercooler el refrigerante caliente del circuito del motor o el refrigerante relativamente más frío del circuito de baja temperatura.

La regulación de la temperatura de aire sobrealimentado es importante para el tratamiento de los gases de escape mediante partículas y catalizadores. Ambos necesitan una determinada temperatura de gases de escape mínima para un funcionamiento óptimo. En el catalizador, esta temperatura mínima es idéntica a su temperatura de arranque y en el filtro de partículas a la temperatura de regeneración, que es necesaria para la combustión del hollín sedimentado. En un vehículo funcionando a carga parcial (tráfico urbano, arranques y paradas) no siempre se alcanzan estas temperaturas de gases de escape. También en estos casos se pueden reducir las emisiones mediante la detención de la refrigeración o incluso el calentamiento del aire sobrealimentado, ya que así, en cualquier caso, se incrementa la temperatura de los gases de escape. Ambas opciones se realizan más sencillamente mediante la refrigeración indirecta.



## Subsistemas de la gestión de temperatura del aire de admisión

### Refrigeración indirecta de aire sobrealimentado

Con la refrigeración del aire sobrealimentado se incrementa la densidad del aire en el cilindro y se reduce la temperatura de combustión. En la gestión de temperatura, el aire sobrealimentado no se refrigera mediante aire como es habitual, sino mediante un líquido refrigerante, concretamente una mezcla de agua y glicol como la que se utiliza para la refrigeración del motor. El calor disipado del aire sobrealimentado se transmite primero al refrigerante y posteriormente al aire ambiente a través de un radiador de refrigerante de baja temperatura.

### Las ventajas de la refrigeración indirecta:

- Mayor potencia frigorífica que en la refrigeración aire-aire
- Mayor tasa de llenado del cilindro gracias a la menor pérdida de presión de aire sobrealimentado
- Tiempo de respuesta más corto de la refrigeración del aire sobrealimentado gracias a la ubicación del intercooler cerca del motor

### Recuperación de gases de escape refrigerada

La EGR da lugar a una reducción de la concentración de oxígeno en el cilindro, con lo que descienden la temperatura y la velocidad de la combustión. La gestión de la temperatura del aire de admisión (GTAA) es apropiada tanto para la recuperación de los gases de escape de alta presión como para la de baja presión. En la recuperación de los gases de escape de alta presión, los gases de escape se captan delante del turbocompresor, se enfrían en el radiador de gases de escape y después se mezclan con el aire sobrealimentado. Si la temperatura del aire de admisión se debe aumentar para mejorar el tratamiento de los gases de escape, se emplea un bypass para eludir el radiador de gases de escape. La recuperación de los gases de escape de baja presión es una opción para el futuro. En ella, los gases de escape no se captan delante del turbocompresor, como es el caso de la recuperación de los gases de escape de alta presión, sino después de este y también después del filtro de partículas. A continuación se enfrían y se mezclan con el aire sobrealimentado delante del compresor del turbocompresor.

### Calentamiento del aire sobrealimentado

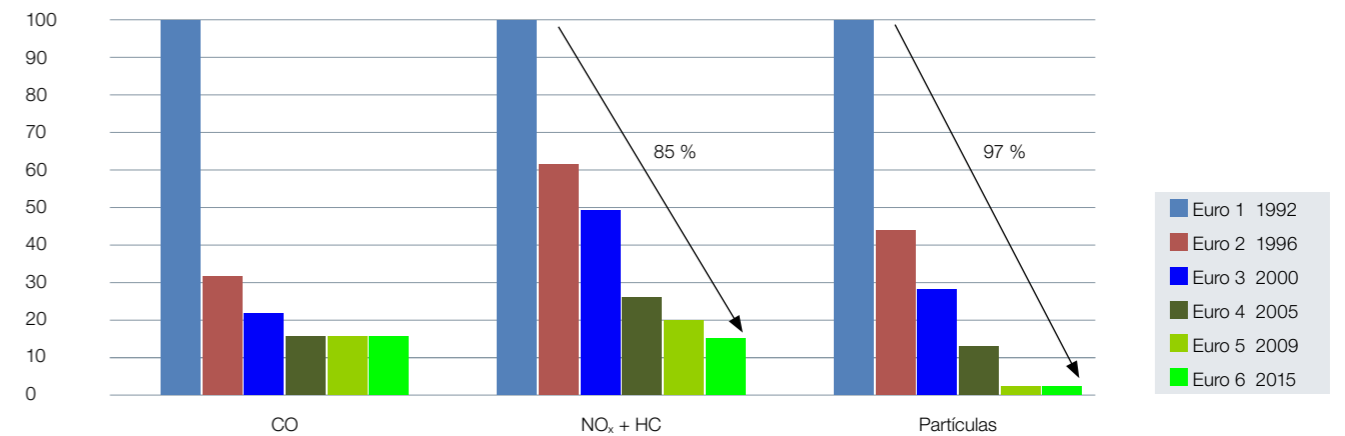
En la GTAA, la temperatura del aire de admisión se puede elevar de cuatro maneras: mediante la detención de la refrigeración del aire sobrealimentado o de la refrigeración de los gases de escape, mediante ambas, así como mediante una calefacción adicional del aire sobrealimentado. Para la calefacción se deriva un flujo parcial de refrigerante caliente del circuito de refrigeración del motor y se conduce al radiador. En pruebas con un motor diésel de 2 litros en un banco de ensayos a una presión media efectiva de 2 bares se midieron después de la turbina las temperaturas de los gases de escape que se produjeron por la variación de las temperaturas del aire de admisión en función de las condiciones anteriormente descritas. Con la detención de la refrigeración del aire sobrealimentado se obtuvo el incremento más reducido de la temperatura de los gases de escape: aprox. 6 °C. Si el aire se calentaba con refrigerante de motor caliente a unos 85 °C (temperatura del termostato), la temperatura de los gases de escape después de la turbina se elevaba en unos 16 °C. El potencial máximo mediante calefacción sería de unos 20 °C. El mayor incremento de aprox. 57 °C se obtuvo mediante la detención de la refrigeración de los gases de escape (desconexión del radiador de gases de escape). Si este método se combina con la calefacción del aire sobrealimentado, se puede elevar la temperatura de los gases de escape en más de 70 °C. A una presión media efectiva de 4 bares es posible incluso un incremento en aprox. 110 °C.

## Euro 6 y su importancia

Frente a Euro 4 y Euro 5, Euro 6 exige en los turismos diésel otra reducción considerable de las emisiones: en hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas. Para estos objetivos resulta cada vez más importante el atemperamiento del aire de admisión del motor. La gestión de la temperatura del aire de

admisión (GTAA) desarrollada por MAHLE reduce las emisiones en el lugar donde se originan, refuerza el tratamiento posterior de los gases de escape y facilita la regeneración del filtro de partículas. Además, gracias a las sinergias entre los subsistemas y la gestión de la temperatura de los gases de escape se requiere una potencia frigorífica instalada menor que en los sistemas actuales y, por tanto, se ahorra combustible y espacio.

### Emisión de gases de escape: turismo diésel



## Principio de funcionamiento de la gestión de la temperatura del aire de admisión (GTAA)

La GTAA se compone de tres subsistemas: la refrigeración indirecta de aire sobrealimentado, la recuperación de los gases de escape refrigerada y la refrigeración del motor. Estos subsistemas se conectan entre sí y se regulan de forma que se pueda refrigerar y calentar el aire de admisión y subir y bajar la temperatura de combustión. La temperatura se reduce mediante la refrigeración del aire sobrealimentado y los gases de escape, así como por el hecho de mezclar con el aire sobrealimentado el máximo volumen de gases de escape que permita el estado de carga, por lo que disminuye la concentración de oxígeno en el cilindro. Para incrementar la temperatura de combustión se detiene la refrigeración del aire sobrealimentado y de los gases de escape; además se puede calentar el aire sobrealimentado.

## Reducción de las emisiones

NO<sub>x</sub>: puesto que la formación de NO<sub>x</sub> depende exponencialmente de la temperatura de combustión, su reducción se traduce en una disminución notable de NO<sub>x</sub>: aprox. el 10 % por cada 10 °C de disminución de temperatura; el consumo de combustible baja un 0,5-1 %. HC y CO: en el arranque en frío, la temperatura de combustión aún suele ser baja y la combustión es incompleta, por lo que la formación de HC y CO es alta. El catalizador de oxidación aún no ha alcanzado su temperatura de funcionamiento en esta fase, por lo que se producen emisiones. En determinadas situaciones (tráfico urbano en invierno, arranques y paradas frecuentes), la temperatura de combustión y la del catalizador también pueden bajar durante la conducción normal hasta tal punto que se producen emisiones de HC y CO. En ambos casos, el rápido incremento de la temperatura de combustión y, por tanto, de la de los gases de escape gracias a la GTAA reduce la formación de HC y CO y fomenta su transformación en el catalizador. El incremento de la temperatura se realiza mediante la detención de la refrigeración de los gases de escape. A este efecto, el radiador de gases de escape está equipado con un bypass integrado y una compuerta conmutable. Mediante las mediciones de un motor diésel de 1,9 litros turboalimentado en un banco de ensayos con rodillos se calculó un descenso de aproximadamente el 30 % de las emisiones de HC y CO en el arranque en frío.

## Regeneración del filtro de partículas

Cuando el filtro de partículas está lleno, el hollín sedimentado debe quemarse. Para ello, la GTAA también eleva la temperatura de los gases de escape, que suele situarse por debajo de la temperatura de combustión del hollín de 550 °C. Sin embargo, la combustión del hollín también se puede inducir mediante

un descenso de la temperatura de combustión de hollín, p. ej. mediante un aditivo de combustible. Resulta ventajosa una combinación de ambos procedimientos, es decir, el incremento de la temperatura de gases de escape y la disminución de la temperatura de combustión del hollín: es posible reducir la cantidad de aditivo y simplificar el sistema de adición. No obstante, si el incremento de temperatura de la GTAA está asociado a una post-inyección, no suele ser necesario un sistema adicional para la regeneración del filtro.

## Ahorro de energía

En función de la carga del motor se producen diferentes volúmenes de calor en el intercooler y en el radiador de gases de escape. Con carga parcial, en la que la tasa de recuperación de gases de escape puede alcanzar más del 50 %, se requiere más refrigerante en el radiador de gases de escape que en el intercooler. En algunos puntos de carga parcial, p. ej. a 50 km/h en terreno

llano, es posible prescindir por completo de la refrigeración del aire sobrealimentado y proporcionar toda la potencia frigorífica al radiador de gases de escape. Con plena carga, en cambio, es necesario emplear toda la potencia frigorífica para la refrigeración del aire sobrealimentado. Esta distribución en función de la demanda permite reducir considerablemente la potencia frigorífica instalada, así como el espacio constructivo, que en el caso de la parte frontal del radiador sería hasta un 10 % menor.

## Gestión de temperatura de baterías en vehículos híbridos

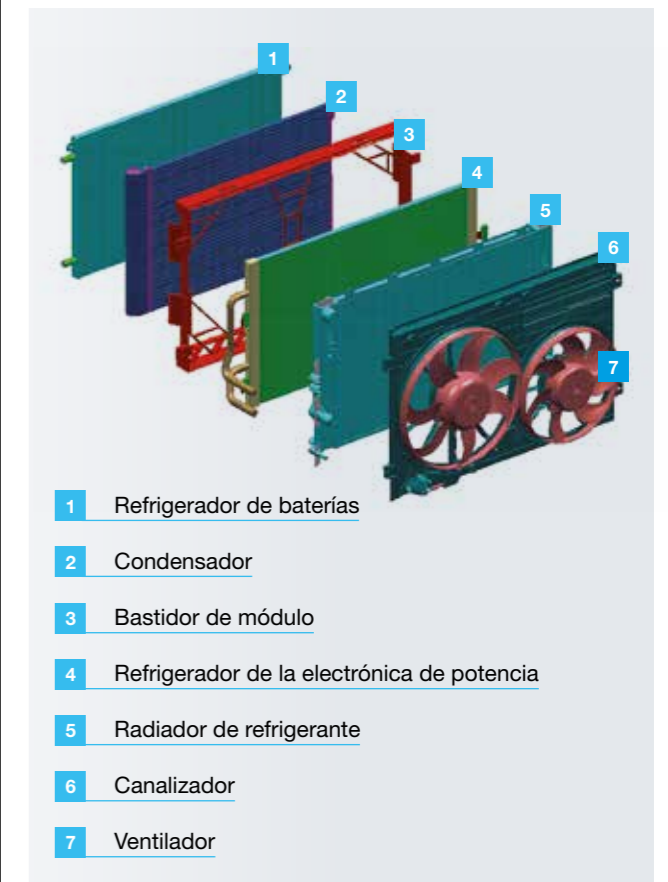
En el caso de las baterías de mayor capacidad, el atemperamiento correcto juega un papel fundamental. Por lo tanto, a temperaturas muy bajas, es necesario un calentamiento adicional de la batería para llevarla al rango de temperatura ideal. Solo en este rango se puede lograr una autonomía satisfactoria en el modo de «conducción eléctrica».

Para realizar este calentamiento adicional, la batería está integrada en un circuito secundario. Este circuito garantiza el mantenimiento permanente de la temperatura ideal de funcionamiento de 15-30 °C.

En el bloque de baterías, un medio refrigerante compuesto por agua y glicol (circuito verde) fluye a través de una placa de refrigeración integrada. A bajas temperaturas, el refrigerante puede ser calentado rápidamente por una calefacción para alcanzar la temperatura ideal. Si se produce un aumento de temperatura en la batería durante el uso de las funciones híbridas, la calefacción se apaga. El refrigerante puede ser enfriado por el refrigerador de baterías situado en la parte delantera del vehículo utilizando el aire ambiente.

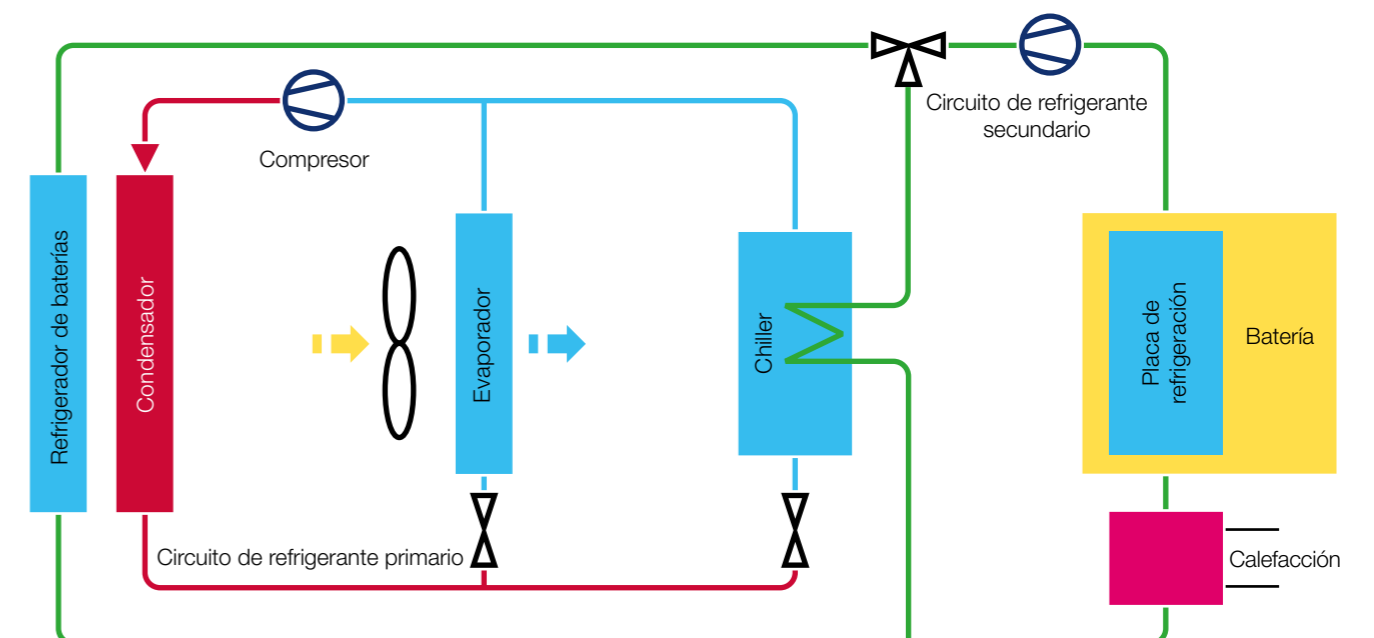
Si la refrigeración del refrigerador de baterías no es suficiente cuando las temperaturas exteriores son elevadas, el refrigerante fluye a través de un chiller o un intercambiador de calor especial. En este chiller se evapora el refrigerante del sistema de climatización del vehículo. Asimismo, el calor puede transmitirse de forma

muy compacta y con alta densidad de potencia desde el circuito secundario al refrigerante en evaporación. Se produce un enfriamiento adicional del refrigerante. Gracias al uso del chiller, la batería puede funcionar en una ventana de temperatura con un óptimo grado de eficacia.



Módulo de refrigeración de vehículo híbrido

### Circuito basado en refrigerante primario y secundario (o refrigeración indirecta de la batería)





# Calefacción auxiliar PTC



Debido al elevado grado de eficacia de los modernos motores de inyección directa, diésel y gasolina, el calor disipado del motor a menudo no basta para un rápido calentamiento del habitáculo ni para temperaturas confortables en los trayectos urbanos y con arranques y paradas frecuentes durante los días fríos. También se ve perjudicada la seguridad de la conducción, ya que las lunas pueden empañarse. Para solucionar el déficit de potencia calorífica, MAHLE ha desarrollado tres tipos de calefacción auxiliar: la calefacción auxiliar PTC y bombas de calor CO<sub>2</sub> para el calentamiento espontáneo del aire adicional, así como termo-transmisores de gases de escape para el calentamiento más rápido del refrigerante. Mediante el calentamiento del refrigerante se incrementan la potencia y la espontaneidad de la calefacción convencional y además se acorta la fase de arranque en frío del motor. Las bombas de calor funcionan sobre la base del nuevo sistema de climatización de CO<sub>2</sub>. Con las calefacciones

auxiliares indicadas se pueden cumplir entfällt las normas nacionales e internacionales. Los elementos PTC forman parte de las resistencias cerámicas no lineales. PTC significa «Positive Temperature Coefficient», es decir, que la resistencia eléctrica se incrementa con la temperatura del elemento. Aunque eso no es exactamente así, porque primero desciende con el aumento de la temperatura. La característica de resistencia presenta una característica de temperatura negativa en este intervalo. Solo cuando se alcanza la resistencia mínima, la característica de temperatura negativa cambia a positiva. Esto significa que con el aumento de la temperatura la resistencia primero desciende lentamente, pero a partir de unos 80 °C sube con fuerza, hasta que la piedra PTC prácticamente deja de absorber corriente adicional. En ese punto, la temperatura superficial de la piedra PTC es de aprox. 150 °C cuando deja de pasar aire por la calefacción PTC, la del bastidor metálico es de unos 110 °C.

## Estructura y funcionamiento

La calefacción PTC se compone de varios elementos calefactores, un bastidor fijador, un bastidor aislante y los relés o la electrónica de potencia. Los elementos calefactores constan de piedras cerámicas PTC, chapas de contacto, conexiones y aletas onduladas de aluminio. Las aletas onduladas aumentan la superficie emisora de calor de las chapas de contacto. Para incrementar la transmisión térmica en el lado de aire, las aletas onduladas están provistas de ranuras en forma de agallas. Gracias a la mejora de la transmisión térmica es posible reducir considerablemente el sobreincremento de la corriente de conexión frente a las calefacciones auxiliares con aletas onduladas sin paneles ranurados. Esto tiene la ventaja de que se pueden conectar con más frecuencia tramos PTC individuales. Por eso, esta calefacción puede funcionar en general con una potencia superior. El know-how de producción para el ranurado proviene de la fabricación de radiadores. Dentro del sistema de climatización, la calefacción auxiliar está situada en el flujo de aire directamente detrás del intercambiador de calor convencional, un intercambiador de calor aire-agua.

De esta manera se limita el espacio constructivo al mínimo. Con temperaturas exteriores bajas y motor frío, por la calefacción PTC primero solo pasa aire frío o levemente calentado por el intercambiador de calor. La temperatura y la resistencia de los elementos calefactores son bajas, mientras que la potencia calorífica es alta. Con el arranque de la calefacción convencional se incrementan la temperatura del aire y la resistencia, por lo que baja la potencia calorífica. En el caso de una temperatura superficial de una calefacción PTC, por la que pasa aire cálido a 25 °C, se alcanza un caudal de 480 kg de aire por hora. A esta temperatura del aire, la red de calefacción alcanza una temperatura media de 50 °C.

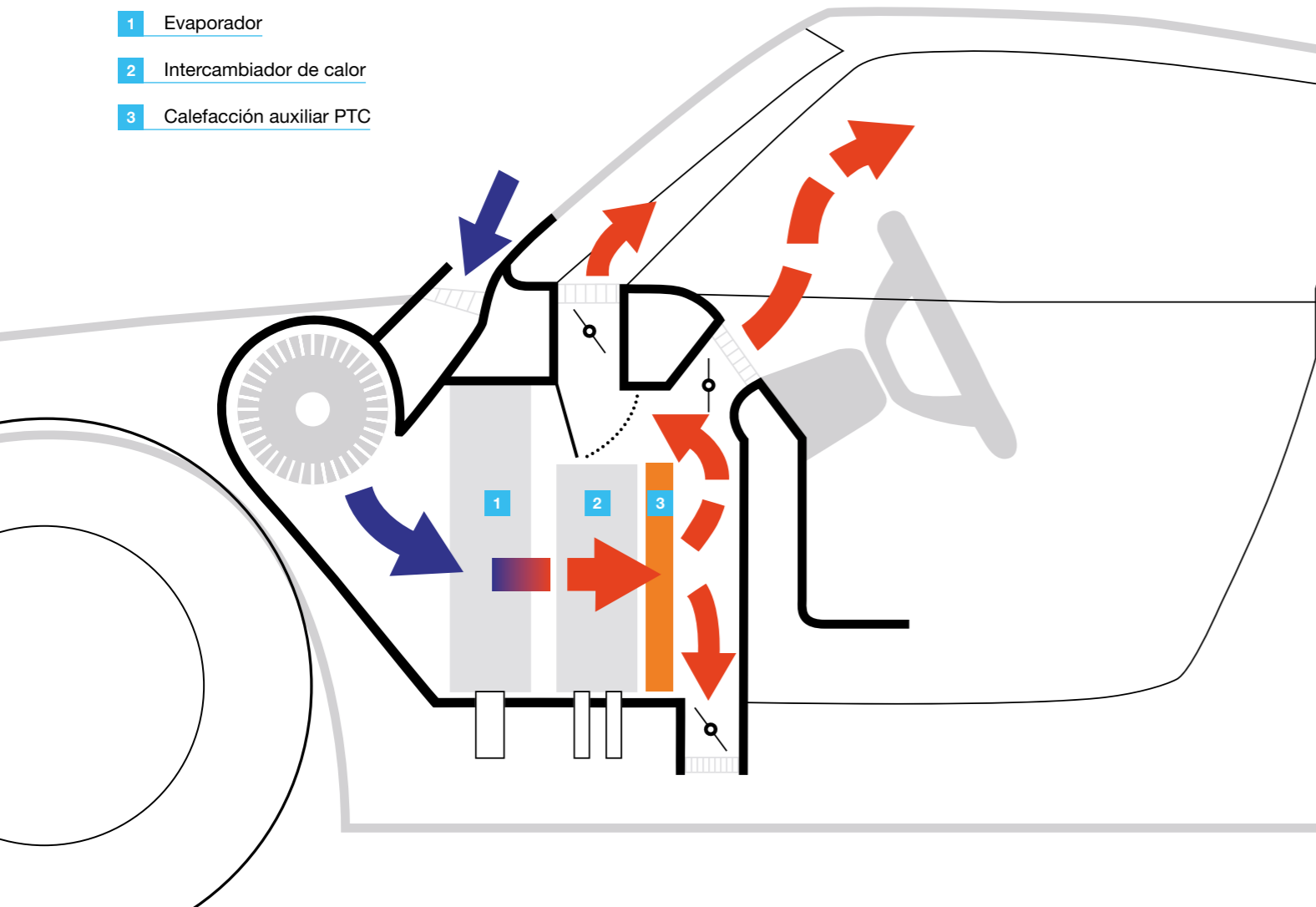
## Potencia y espontaneidad

Se pueden elegir diferentes resistencias nominales de la piedra PTC. El consumo de corriente y la potencia variarán en consecuencia. Una resistencia nominal baja permite una elevada potencia calorífica durante el funcionamiento. La potencia de las calefacciones PTC se sitúa entre 1 y 2 kW. Con 2 kW se alcanza el límite de potencia de la red de 12 V (150 A a 13 V). Una red de a bordo de 42 V permite potencias más elevadas. Debido a la masa reducida y a que el calor generado eléctricamente se transfiere al flujo de aire directamente, sin rodeos, la calefacción PTC reacciona prácticamente de inmediato. Esta elevada espontaneidad es la característica identificativa de la calefacción auxiliar PTC. Además, como el motor alcanza más rápido la temperatura de funcionamiento gracias a la carga adicional del alternador, la calefacción convencional también reacciona más rápido. Esta potencia calorífica adicional supone casi dos tercios de la potencia de la calefacción PTC. Esta potencia calorífica se puede atribuir prácticamente a la calefacción PTC. La potencia de la calefacción PTC del modelo 220 CDI de la Clase E es de 1,6 kW. La calefacción PTC está integrada directamente detrás del intercambiador de calor convencional en el módulo de calefacción-climatización.

## Ejemplo de ensayo

El vehículo se enfrió durante la noche a una temperatura del cárter de aceite de -20 °C. Después se condujo en el túnel aerodinámico-climático durante 30 minutos en tercera a una velocidad de 32 km/h, que es una velocidad media realista para el tráfico urbano. Después de 20 minutos, la temperatura media con calefacción PTC en la cabina alcanzó los 18 °C, mientras que sin esta solo fueron 10 °C. La «temperatura confort» de 24 °C se alcanzó con la calefacción PTC al cabo de 30 minutos y, sin esta, después de más de 50 minutos.

- 1 Evaporador
- 2 Intercambiador de calor
- 3 Calefacción auxiliar PTC



## Seguridad de funcionamiento

Gracias a la curva de resistencia característica de las piedras PTC se evita que se sobrecaliente la calefacción PTC. La temperatura de la superficie del bastidor metálico siempre se encuentra por debajo de 110 °C. Además, con temperaturas de expulsión

más altas del intercambiador de calor se recupera la potencia de la calefacción PTC. Mediante una electrónica de potencia, la calefacción de PTC se puede regular en varios niveles o de manera continua, de modo que se puede adaptar a la potencia calorífica o a la potencia eléctrica disponible.

## Control

El control de la calefacción PTC se realiza mediante un relé externo o mediante la regulación integrada con electrónica de potencia. En el control mediante relé, el fabricante automovilístico determina cuántos niveles se conectarán y cuáles. En la regulación integrada en la calefacción auxiliar se diferencia entre funcionalidad mínima y alta. En la funcionalidad mínima se conectan los diversos niveles uno a uno. La electrónica de potencia protege la calefacción auxiliar contra sobretensión, cortocircuito y polaridad inversa de las conexiones. En esta regulación no se prevé ninguna posibilidad de diagnóstico. La regulación escalonada permite hasta ocho niveles. En la calefacción PTC utilizada en la Clase E son hasta siete niveles. El control se realiza en función de la corriente existente y de la demanda de calefacción auxiliar, es decir, del confort térmico deseado. En la regulación con alta funcionalidad, el control de electrónica de potencia se realiza p. ej. de forma continua, gracias al bus CAN o LIN del vehículo.

De esta forma se puede aprovechar siempre óptimamente para la calefacción adicional la corriente que proporciona la red de a bordo en cada situación. Además de la seguridad contra la sobretensión, el cortocircuito y la polaridad inversa de las conexiones, la electrónica de potencia con alta funcionalidad incluye una protección contra sobrecorriente por nivel, una protección del circuito impreso contra sobrecalentamiento y una supervisión de tensión. La regulación con alta funcionalidad es apta para diagnóstico gracias a una EPROM y permite así la creación de las variantes (EPROM = Erasable Programmable Read Only Memory; una memoria programable solo de lectura cuyo contenido se puede volver a borrar).

## Nuevos desarrollos

La nueva generación de calefacciones auxiliares PTC se diferencia de la anterior por un peso más reducido, una caída de presión menor (reduce la potencia de soplado) y unos costes de fabricación más bajos.

### Características técnicas:

- Calefacción auxiliar eléctrica; potencia 1-2 kW
- Fuente de calor: piedras cerámicas PTC autorregulantes, temperatura máx. en la superficie de la cerámica 150 °C cuando no pasa aire por la red de calefacción
- Excelente transmisión térmica gracias a la tecnología de aletas onduladas con una pérdida de presión reducida en el aire adicional

- Control escalonado o lineal a través de relé o electrónica de control
- Alta espontaneidad y alto grado de eficacia
- La construcción modular permite una adaptación óptima al espacio existente en el vehículo
- Seguridad de funcionamiento total, sin riesgo para componentes adyacentes por una limitación de la temperatura inherente (característica PTC)
- Debido a la baja pérdida de presión, incremento reducido de la potencia de soplado necesaria

# Diagnóstico, mantenimiento y reparación



Refrigerante usado/nuevo

## Refrigerante, anticongelante y protección anticorrosiva

El término «refrigerante» como concepto genérico se refiere al fluido refrigerante que se encuentra dentro del sistema de refrigeración. El refrigerante sirve de protección frente a las heladas, la oxidación y el sobrecalentamiento, así como a modo de lubricante. Su misión es captar el calor del motor y liberarlo a través del radiador.

El refrigerante es una mezcla de agua y anticongelante (glicol/etanol) a la que se incorporan diversos aditivos (sustancias amargas, silicatos, antioxidantes, inhibidores de espuma) y que está teñida. Las sustancias amargas evitan que el refrigerante se ingiera por equivocación. Los silicatos forma una película protectora sobre superficies metálicas e impiden la sedimentación de cal, entre otras cosas. Los antioxidantes impiden la corrosión de los componentes. Los inhibidores de espuma impiden el espumado del refrigerante. El glicol mantiene elásticas las mangueras y juntas y eleva el punto de ebullición del refrigerante.

La relación de mezcla de agua y anticongelante debe ser entre 60:40 y 50:50. Por regla general, esto equivale a una protección anticongelante de -25 °C a -40 °C. La relación de mezcla mínima debería ser de 70:30 y la máxima, 40:60. Si se incrementa la proporción de anticongelante (p. ej. 30:70) ya no se consigue un descenso del punto de congelación. Al contrario, un anticongelante sin diluir se congela ya a unos -13 °C y, a temperaturas superiores a 0 °C, no deriva el suficiente calor del motor. Por tanto, el motor se sobrecalentaría. Dado que el glicol presenta un punto de ebullición muy elevado, con la relación de mezcla adecuada es posible elevar el punto de ebullición del refrigerante a hasta 135 °C. Por esta razón, la proporción suficiente de anticongelante también es importante en países

cálidos. Siempre se deberán seguir las instrucciones del fabricante. Una composición típica podría ser del 40/60 % o 50/50 % usando agua inhibida (calidad de agua potable).

El refrigerante y sus aditivos están sometidos a cierto desgaste, es decir, parte de los aditivos se consume con el paso del tiempo. Si se han consumido, por ejemplo, los aditivos anticorrosivos, el refrigerante se tiñe de marrón. Por esta razón, algunos fabricantes automovilísticos prescriben un intervalo de cambio del refrigerante. No obstante, los sistemas de refrigeración de los vehículos más nuevos se llenan con los refrigerantes denominados «Long Life» (p. ej. VW G12++/G13). En circunstancias normales (cuando no existen impurezas) ya no es necesario cambiar el refrigerante (VW) o el intervalo se extiende a 15 años o 250 000 km (nuevos modelos de Mercedes). Como regla general conviene cambiar el refrigerante en caso de impurezas (aceite, corrosión) y en vehículos que no llevan refrigerante Long Life. En cuanto a las especificaciones, el intervalo de cambio, la proporción de la mezcla y la miscibilidad de anticongelante, es imprescindible tener en cuenta las indicaciones de los fabricantes automovilísticos.

El refrigerante no debe ir a parar a las aguas subterráneas o eliminarse a través del separador de aceite. Se debe recoger y eliminar de manera específica.

## Mantenimiento del radiador

Es posible realizar una limpieza con chorro de vapor a baja presión (de dentro hacia fuera), como en los condensadores. También se puede usar para la limpieza desde el exterior aire comprimido reducido.

### Lavado del sistema de refrigeración

En caso de impurezas en el refrigerante es necesario evacuarlo y lavar el sistema de refrigeración.

#### Pueden ser impurezas:

- Aceite (junta de culata defectuosa)
- Óxido (corrosión interna del motor)
- Aluminio (corrosión interna del radiador)
- Sustancias extrañas (aditivos/sellantes)
- Partículas extrañas (bomba de refrigerante defectuosa)

En función del grado de suciedad, el sistema de refrigeración con agua templada o también con un líquido de aclarado especial. Dependiendo del fabricante automovilístico y los síntomas existen diferentes procedimientos para efectuar el lavado. Por ejemplo, en el caso de que el refrigerante haya adquirido un color marrón óxido y se perciba una potencia calorífica deficiente, Audi prescribe un líquido de lavado especial. Para efectuar varias veces el proceso de lavado es necesario desmontar el termostato y medir la potencia calorífica antes y después del lavado. En los modelos Corsa B, Vectra B y Omega B hasta el año de fabricación 1997, por ejemplo, Opel indica que la causa de una temperatura del motor demasiado elevada es posiblemente un radiador obstruido. En este caso se debe lavar con agua

templada (>50 °C) y, además del radiador, también se deberán sustituir todas las piezas en contacto con el refrigerante (intercambiador de calor, culata, etc.). Por tanto, el procedimiento y el producto de lavado vienen determinados por el grado de suciedad y las especificaciones del fabricante automovilístico. En cualquier caso conviene tener en cuenta que, por su diseño (p. ej. tubo plano), en los sistemas de refrigeración modernos ya no se pueden lavar todos los componentes, por lo que se deben sustituir.

#### Esto se refiere en particular a los siguientes componentes:

- Termostato
- Radiador
- Válvulas eléctricas
- Tapa de cierre
- Intercambiador de calor

Si ya no es posible determinar el nivel de refrigerante en el depósito de compensación debido a la suciedad (aceite, óxido), también se deberá sustituir el depósito. El termostato y la tapa de cierre se deberán renovar siempre. Si se utilizan limpiadores de sistemas de refrigeración, se deberá tener en cuenta que estos no ataquen los materiales de sellado y no lleguen a las aguas subterráneas, es decir, que no se eliminen a través del separador de aceite. Estos productos de limpieza se deben recoger y eliminar de manera específica junto con el refrigerante. Después del lavado, el sistema se deberá rellenar con refrigerante de conformidad con la indicación del fabricante automovilístico (observar especificación, relación de mezcla), purgar y comprobar el funcionamiento y la estanquidad.

## Ventilación del sistema durante el llenado

En la actualidad, las bolsas de aire en el sistema de refrigeración son un problema ampliamente extendido. Estas «burbujas de aire» se originan debido al posicionamiento del radiador o del depósito de expansión al nivel del motor del vehículo o incluso debajo de este. Por tanto, la purga completa del sistema de refrigeración después de efectuar una reparación o al cambiar el refrigerante puede representar un problema serio. El aire que queda retenido en el sistema de refrigeración reduce claramente la circulación del refrigerante y puede dar lugar al sobrecalentamiento del motor y a importantes daños resultantes. Este problema se resuelve con una herramienta de llenado y purga de aire.

### Con ella se puede:

- Eliminar burbujas de aire
- Buscar fugas
- Realizar un relleno rápido del sistema de refrigeración

El Airlift se conecta al radiador o al depósito de expansión mediante el adaptador adjunto. Después se conecta la manguera de aire comprimido que se utiliza normalmente para las herramientas de aire comprimido. A continuación se evacúa el sistema de refrigeración a través de una válvula especial y se genera una elevada presión negativa. Después se conecta la manguera de aspiración y se rellena la mezcla nueva de agua y anticongelante mediante un recipiente de refrigerante limpio (cubo, garrafa). Con ayuda de un manómetro que mide la presión negativa en el Airlift se puede comprobar al mismo tiempo la estanquidad de todo el sistema.

## Comprobación del sistema de refrigeración mediante el ensayo de presión y caída de presión

Para comprobar si el sistema de refrigeración presenta fugas se recomienda el uso de un equipo comprobador de presión. Con la ayuda de una bomba manual se somete a presión el sistema de refrigeración. Si en el manómetro se observa una caída de presión, se puede deducir que existe una fuga en el sistema de refrigeración. Con adaptadores universales o específicos de vehículo, la bomba se puede adaptar mediante un cierre rápido a todos los vehículos industriales, turismos y maquinaria agrícola y de construcción. Para fugas de difícil localización, el sistema de refrigeración se puede llenar previamente con un medio de contraste.



Corrosión debido a un refrigerante erróneo o envejecido



Sedimentos de cal por el uso de agua pura (sin refrigerante)



Intercambiador de calor calcificado

## Daños típicos

Las imágenes muestran daños típicos que se producen por diversas causas.

### Radiador de refrigerante

Todos los fallos causan una reducción del rendimiento del radiador. En los modernos radiadores de refrigerante no se suelen efectuar reparaciones, ya que la soldadura de aluminio resulta en este caso bastante difícil y es probable que cause obstrucciones en los pequeños canales. No se puede usar sellante, porque puede originar obstrucciones y reducir el rendimiento.

### Intercambiador de calor de habitáculo

Al igual que en el radiador, los sedimentos de cal y el uso de sellantes pueden producir obstrucciones en el intercambiador de calor de habitáculo. Parte de estas obstrucciones se pueden eliminar mediante el lavado con determinados limpiadores. En este sentido, se deben tener en cuenta las instrucciones de los fabricantes de los vehículos.

## Inspección del sistema de refrigeración y diagnóstico

En caso de fallos en el sistema de refrigeración, como por ejemplo una potencia calorífica insuficiente o un motor que no alcanza la temperatura de funcionamiento, es posible averiguar la causa del defecto con medios simples. En primer lugar conviene comprobar si el sistema de refrigeración presenta un nivel de líquido refrigerante suficiente, impurezas, anticongelante o fugas. También se deberá comprobar la suficiente tensión de la correa trapezoidal o correa trapezoidal con dentado interior.

Después se puede proseguir con la búsqueda de fallos como se indica a continuación, en función de los síntomas, mediante la observación de componentes o la medición de las temperaturas:

### Motor sobrecalentado:

- **¿Es realista la temperatura indicada?**  
(en su caso, comprobar la sonda térmica del refrigerante y el instrumento indicador)
- **¿Están el radiador de refrigerante y los componentes conectados previamente (condensador de A/C) libres de impurezas para garantizar un caudal de aire sin obstáculos?**  
(en su caso, limpiar los componentes)
- **¿Funciona el ventilador del radiador y el ventilador auxiliar?**  
(revisar punto de conmutación, fusible, conmutador térmico, unidad de mando del ventilador, comprobar que no presenten desperfectos mecánicos)
- **¿Se abre el termostato?**  
(medir la temperatura delante y detrás del termostato y, en su caso, desmontar el termostato y comprobar en baño de agua)
- **¿Está obstruido el radiador de refrigerante?**  
(comprobar la temperatura en la entrada y salida del radiador, comprobar el caudal)
- **¿Funciona la bomba de refrigerante?**  
(comprobar que la rueda de la bomba no esté floja sobre el eje motriz)
- **¿Funciona la válvula de sobrepresión y de presión negativa de la tapa de cierre del radiador o del depósito de expansión?**  
(en su caso usar una bomba de ensayo, comprobar la estanquidad de la tapa de cierre, si está dañada o su ausencia)

### El motor no se calienta:

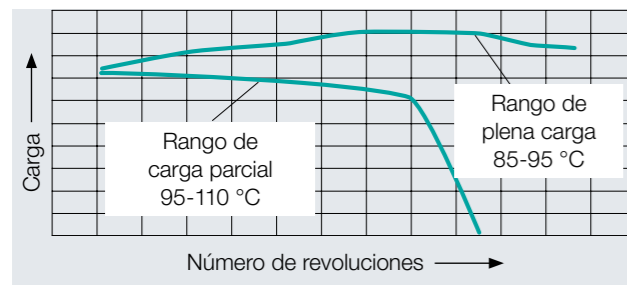
- **¿Es realista la temperatura indicada?**  
(en su caso, comprobar la sonda térmica del refrigerant y el instrumento indicador)
- **¿Está permanentemente abierto el termostato?**  
(medir la temperatura delante y detrás del termostato; en su caso, desmontar el termostato y comprobar en baño de agua)
- **¿Funciona de forma permanente el ventilador del radiador o el ventilador auxiliar?**  
(comprobar punto de conmutación, conmutador térmico, unidad de mando del ventilador)

### La calefacción no se calienta lo suficiente:

- **¿Alcanza el motor la temperatura de funcionamiento y se calienta el refrigerante?**  
(en su caso, realizar primero los pasos de comprobación que figuran en «El motor no se calienta»)
- **¿Se abre la válvula de calefacción?**  
(comprobar el control eléctrico o el cable tipo bowden así como la válvula)
- **¿Está obstruido el radiador de calefacción (intercambiador de calor de habitáculo)?**  
(comprobar la temperatura en la entrada y salida del intercambiador de calor, comprobar el caudal)
- **¿Funciona el control de trampillas?**  
(comprobar la posición de las trampillas y topes, la función de aire exterior-aire circulante, las toberas de salida de aire)
- **¿Funciona el soplador de habitáculo?**  
(ruidos, niveles de ventilador)
- **¿Está sucio el filtro de habitáculo y el caudal de aire es correcto?**  
(revisar el filtro de habitáculo, comprobar si los canales de ventilación presentan aire secundario)

# Refrigeración con regulación electrónica\*

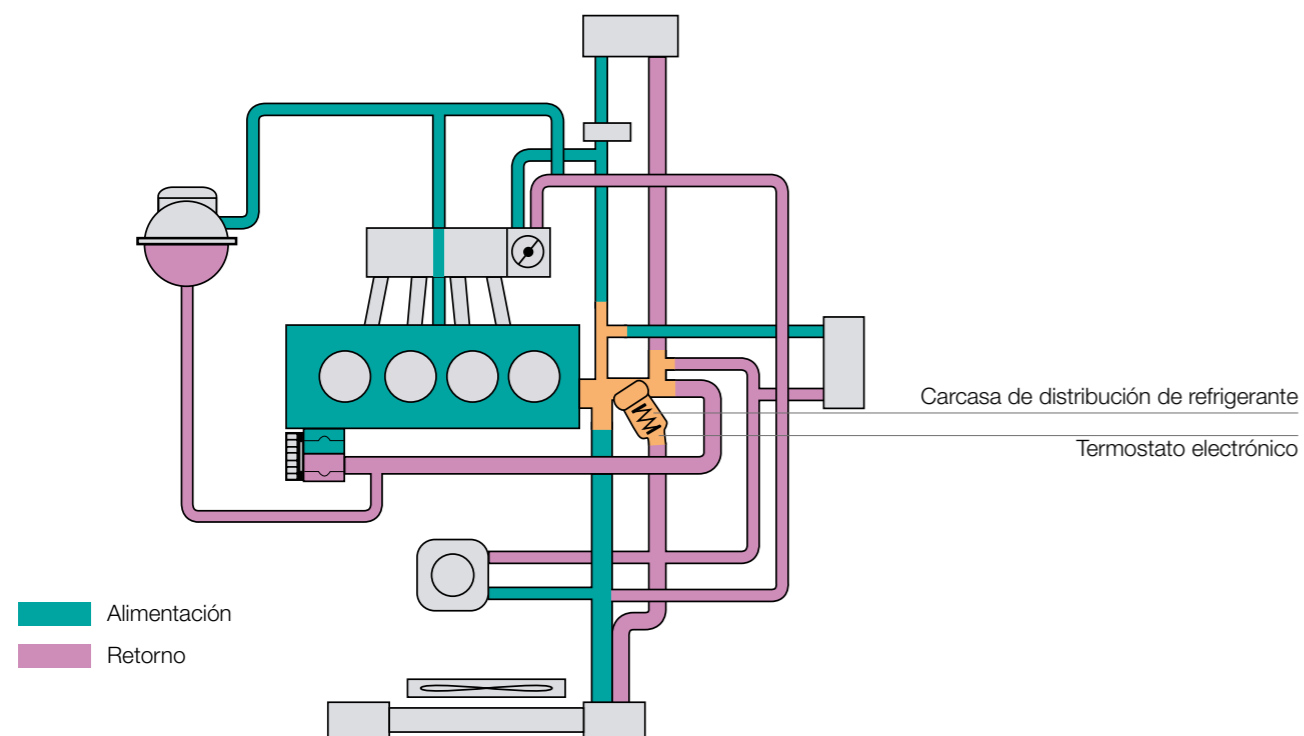
(Ejemplo VW 1,6 I motor APF)



## El nivel de temperatura del refrigerante

La funcionalidad del motor también depende de su perfecta refrigeración. En la refrigeración regulada por termostato, las temperaturas de refrigerante en el rango de carga parcial oscilan a 95-110 °C y en el rango de plena carga a 85-95 °C. Unas temperaturas más elevadas en el rango de carga parcial se traducen en un nivel de potencia más apropiado, lo que a su vez tiene un efecto positivo en el consumo y en las sustancias nocivas de los gases de escape. Unas temperaturas más bajas en el rango de plena carga incrementan la potencia. El aire aspirado se calienta menos, lo que da lugar a un incremento de la potencia.

## Esquema de la refrigeración con regulación electrónica



\* Fuente: VW Audi/Programa de autoestudio 222/Sistema de refrigeración de regulación electrónica

El desarrollo de una refrigeración de regulación electrónica tenía como objetivo regular la temperatura de funcionamiento del motor a un valor de consigna en función de la situación de carga. La temperatura de funcionamiento óptima se regula a través del termostato de calefacción eléctrica y los niveles del ventilador del radiador en función de diagramas operativos almacenados en el mando del motor. Así, la refrigeración se puede adaptar a cualquier situación de carga y potencia del motor.

### Las ventajas que aporta la adaptación de la temperatura del refrigerante a la condición de funcionamiento momentánea del motor son:

- Reducción del consumo en el rango de carga parcial
- Reducción de las emisiones de CO y HC

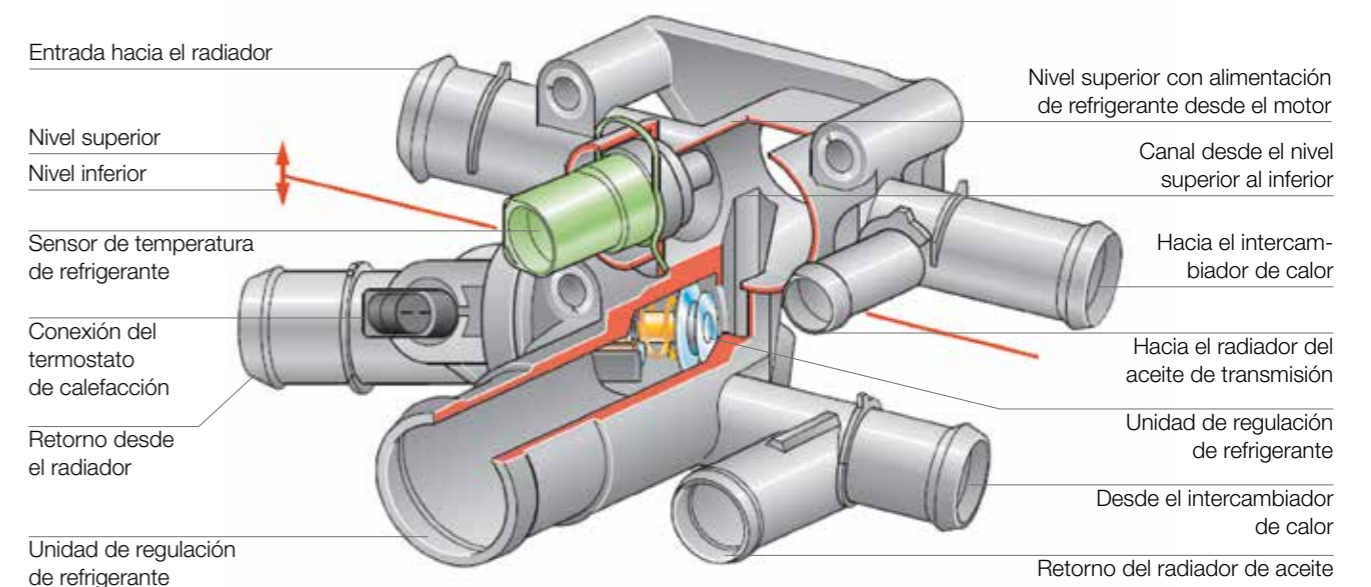
### Modificaciones respecto al circuito de refrigeración convencional:

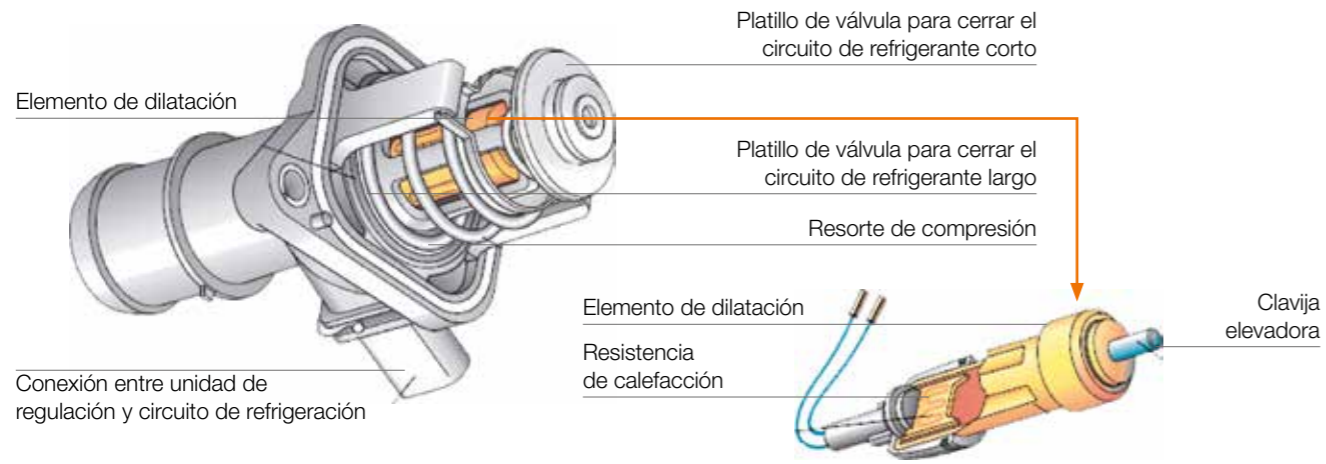
- Integración en el circuito de refrigeración mediante modificaciones constructivas mínimas
- La carcasa de distribución del refrigerante y el termostato constituyen una unidad constructiva
- Se prescinde del regulador de refrigerante (termostato) en el bloque motor
- El mando del motor contiene adicionalmente los diagramas operativos del sistema de refrigeración de regulación electrónica

## Carcasa de distribución de refrigerante

La carcasa de distribución de refrigerante está montada directamente en la culata, en lugar del racor de empalme. Se debería contemplar en dos niveles. Desde el nivel superior se suministra refrigerante a los diversos componentes, excepto la alimentación a la bomba de refrigerante. En el nivel inferior de la carcasa de distribución está conectado el retorno de refrigerante desde los distintos componentes. Un canal vertical une el nivel superior y el inferior.

El termostato abre/cierra el canal vertical con su pequeño platillo de válvula. La carcasa de distribución de refrigerante es prácticamente la estación de distribución del refrigerante hacia el circuito de refrigeración grande o pequeño.





## Unidad de regulación de refrigerante

### Componentes funcionales

- Termostato de material de dilatación (con elemento de cera)
- Calefacción de resistencia en el elemento de cera
- Resortes de compresión para el cierre mecánico de los canales de refrigerante, 1 platillo de válvula grande y 1 platillo de válvula pequeño

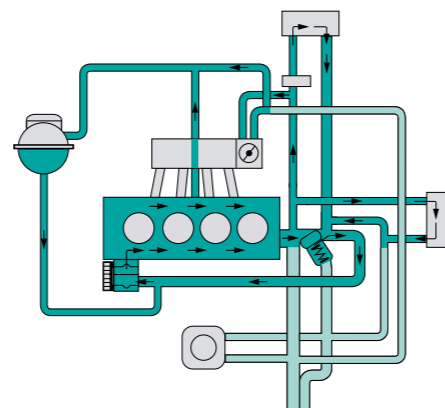
### Funcionamiento

El termostato de material de dilatación en la carcasa de distribución de refrigerante está permanentemente inmerso en refrigerante. El elemento de cera regula sin calentar igual que antes, pero está diseñado para otra temperatura. Mediante la temperatura del refrigerante, la cera se fluidifica y se dilata.

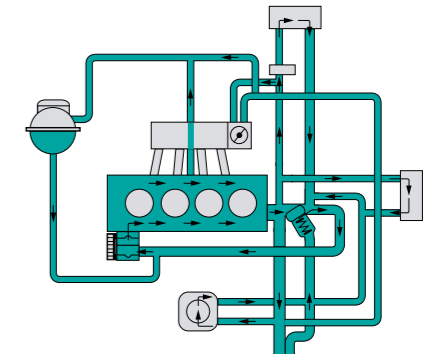
Esta dilatación hace que se eleve la clavija elevadora. Por regla general (sin aplicación de corriente) se produce conforme al nuevo perfil de temperatura de 110 °C de la temperatura de refrigerante en la salida del motor. En el elemento de cera hay alojada una resistencia de calefacción. Si a esta se le aplica corriente, el elemento de cera se calienta adicionalmente y la elevación o regulación no solo se produce en función de la temperatura del refrigerante, sino tal como lo especifica el mando del motor según el diagrama operativo.

## Circuito de refrigerante largo y corto

Igual que en los circuitos anteriores, existen dos circuitos que en este caso están regulados. En caso de arranque en frío y carga parcial del motor, el circuito corto sirve para que el motor se caliente más rápido. La refrigeración del motor controlada por diagrama operativo aún no actúa. El termostato en la carcasa de distribución de refrigerante ha bloqueado el retorno desde el radiador de refrigerante y ha abierto el recorrido corto hacia la bomba de refrigerante. El radiador no está incluido en la circulación del refrigerante.



El circuito de refrigerante largo se abre mediante el termostato en el regulador de refrigerante al alcanzar aprox. 110 °C o en función de la carga según el diagrama operativo. Ahora el radiador está incluido en la circulación del refrigerante. Como refuerzo para la refrigeración mediante el aire ambiente o al ralentí se conectan ventiladores eléctricos según sea necesario.



## Control electrónico: sinopsis

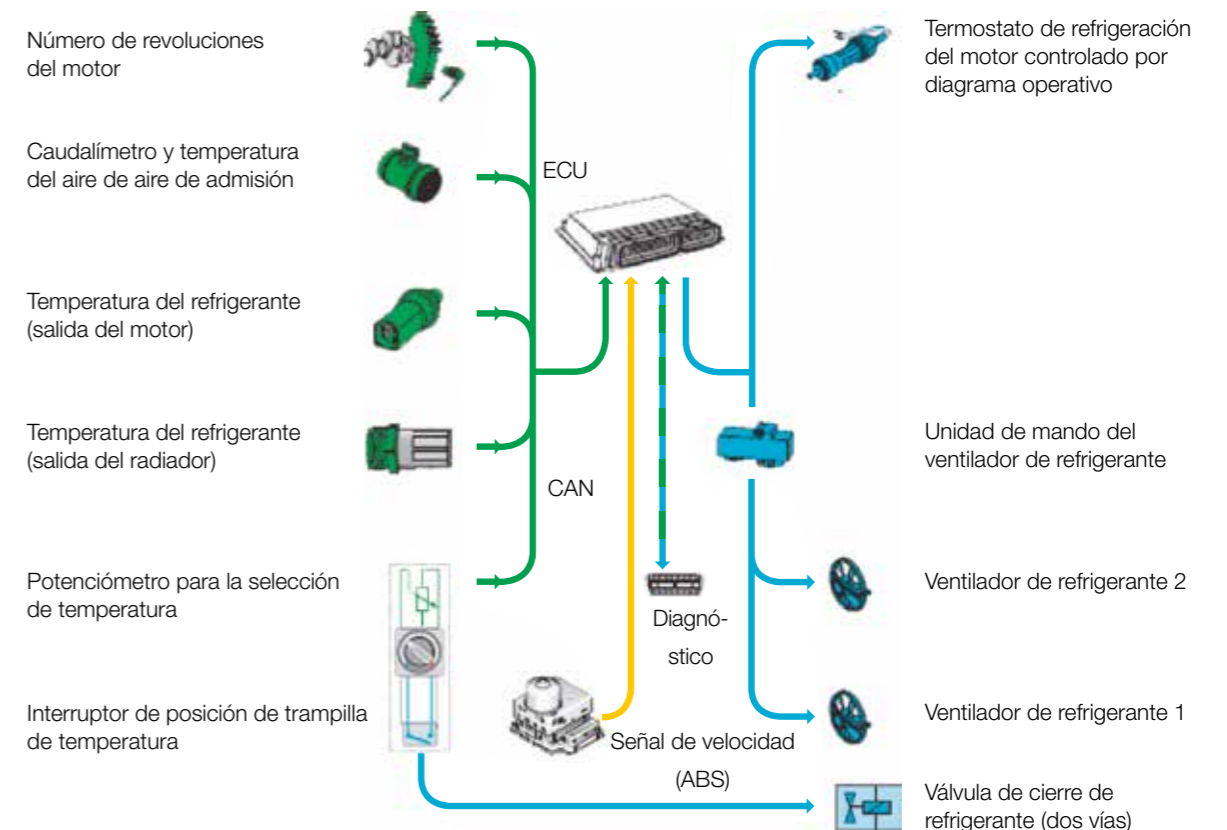
El mando del motor se ha ampliado con las conexiones para los sensores y actuadores del sistema de refrigeración de regulación electrónica:

- Aplicación de corriente al termostato (salida)
- Temperatura de retorno del radiador (entrada)
- Control de ventilador del radiador (2 salidas)
- Potenciómetro en el regulador de calefacción (entrada)

El cálculo de las funciones a la temperatura de diagrama operativo tiene lugar cada segundo. Como resultado de los cálculos de funciones se inicia la regulación del sistema:

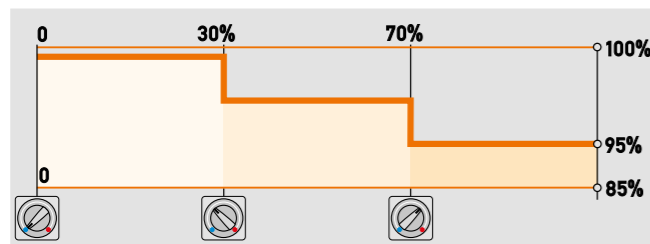
- Activación (aplicación de corriente) de la resistencia de calefacción en el termostato para la refrigeración del motor con control por diagrama operativo para abrir el circuito de refrigerante largo (regulación de la temperatura de refrigerante)
- Activación del ventilador del radiador para reforzar el rápido descenso de la temperatura del refrigerante

Para toda la demás información se utilizan los sensores del mando del motor.



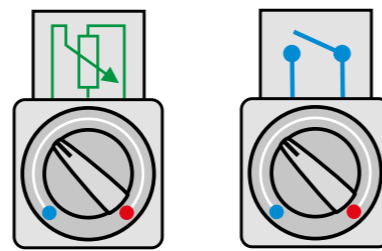
## Regulación de la temperatura del refrigerante si se requiere calefacción

La temperatura del refrigerante al conducir alternamente con carga parcial y plena carga puede oscilar entre 110-85 °C. Una diferencia de temperatura de 25 °C con la calefacción encendida se percibiría con desagrado en el habitáculo del vehículo. El conductor tendría que ir regulando continuamente para solu-



cionarlo. A través del potenciómetro, la electrónica del sistema de refrigeración detecta la solicitud de calefacción del conductor y regula convenientemente la temperatura del refrigerante p. ej. a partir de la posición del botón giratorio del 70 % = 95 °C de temperatura del refrigerante. Un microinterruptor en el botón giratorio para la selección de temperatura abre en cuanto se abandona la posición «Calefacción apagada». De este modo se activa una válvula distribuidora neumática de dos vías que a su vez abre la válvula de desconexión de refrigerante para el intercambiador de calor de la calefacción mediante presión negativa.

Carga parcial  
Carga parcial  
Plena carga



Potenciómetro

Microinterruptor

## Diagrama operativo: valores de consigna

La activación del termostato para la refrigeración del motor mediante control por diagrama operativo (circuito grande o pequeño) se regula mediante diagramas operativos. En ellos están almacenados los valores de consigna de temperatura. La carga del motor es determinante. A partir de la carga (masa de aire) y el número de revoluciones se obtiene una temperatura de refrigerante que se debe ajustar.

En un segundo diagrama operativo hay almacenados valores de consigna de temperatura dependientes de la velocidad y la temperatura del aire de admisión. A partir de ahí se obtiene una temperatura de refrigerante que se debe ajustar. De la comparación de los diagramas operativos 1 y 2 se usa el valor respectivo más bajo como valor de consigna y se ajusta el termostato en consecuencia. El termostato no se activa hasta que no se haya sobrepasado el umbral de temperatura y la temperatura del refrigerante esté justo por debajo del valor de consigna.

## Sensor de temperatura del refrigerante

Los sensores de temperatura funcionan como sensor NTC. Los valores de consigna de temperatura de refrigerante están almacenados en el mando del motor como diagramas operativos. Los valores reales de la temperatura de refrigerante se recogen en dos puntos distintos del circuito de refrigeración y se comunican al mando en forma de señales de tensión.

Valor real refrigerante 1: directamente en la salida del refrigerante en el motor en el distribuidor de refrigerante.

Valor real de refrigerante 2: en el radiador antes de la salida del refrigerante del radiador.

Uso de las señales: La comparación entre las temperaturas de consigna almacenadas en los diagramas operativos con la temperatura real 1 da como resultado el ciclo de trabajo para la aplicación de corriente de la resistencia de calefacción en el termostato. La comparación entre los valores reales de refrigerante 1 y 2 es la base para la activación de los ventiladores eléctricos para el refrigerante.

Función sustitutoria: En caso de avería del sensor (salida del motor) para la temperatura de refrigerante, la regulación de la temperatura del refrigerante continúa con un valor sustitutivo fijado de 95 °C y se activa permanentemente el nivel de ventilador 1.

En caso de avería del sensor (salida del radiador) de temperatura del refrigerante, la regulación permanece activa y se activa permanentemente el nivel de ventilador 1. Cuando se sobrepasa un determinado umbral de temperatura se activa el nivel de ventilador 2. En caso de avería de ambos sensores, se aplica la máxima tensión a la resistencia de calefacción y se activa permanentemente el nivel de ventilador 2.



Sensor de temperatura del refrigerante



## Termostato controlado por diagrama operativo

En el elemento de cera del termostato de material de dilatación hay alojada una resistencia de calefacción. Esta calienta adicionalmente la cera, que se dilata y genera la elevación «x» de la clavija elevadora según el diagrama operativo. A través de la elevación «x» se produce el ajuste mecánico del termostato. La calefacción se activa desde el mando del motor en función del diagrama operativo a través de una señal modulada por amplitud de impulsos. En función de la amplitud de los impulsos y el tiempo, el calentamiento será distinto.

### Regla:

- PWM low (sin tensión) = temperatura de refrigerante alta
- PWM high (con tensión) = temperatura de refrigerante baja

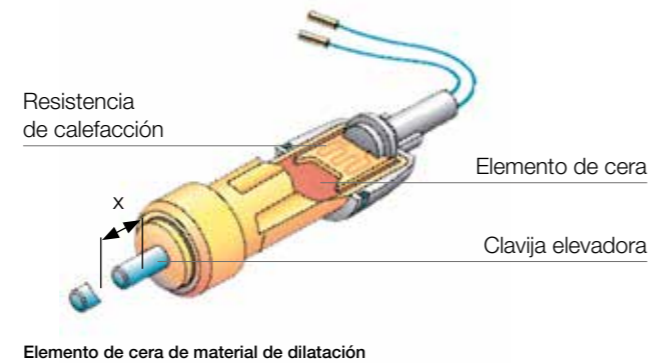
## Resumen

Los modernos sistemas de refrigeración son mucho más técnicos, igual que todos los demás sistemas que albergan los automóviles hoy en día. Para comprender y diagnosticar los modernos sistemas de gestión térmica actuales ya no basta con los conocimientos básicos. Se requiere competencia en sistemas, documentación técnica y la capacidad de pensar con lógica.

### Falta de tensión de funcionamiento:

- La regulación solo se realiza con el elemento de dilatación
- El nivel de ventilador 1 está permanentemente activado

La calefacción de termostato no sirve para calentar el refrigerante, calienta de manera selectiva o regula el termostato para abrir el circuito de refrigerante grande. En caso de parada o proceso de arranque del motor no se aplica tensión.



Antes era refrigeración del motor, ahora es gestión térmica



Componentes de gestión térmica

# Información técnica

## Radiador de refrigerante

### Cuestiones generales

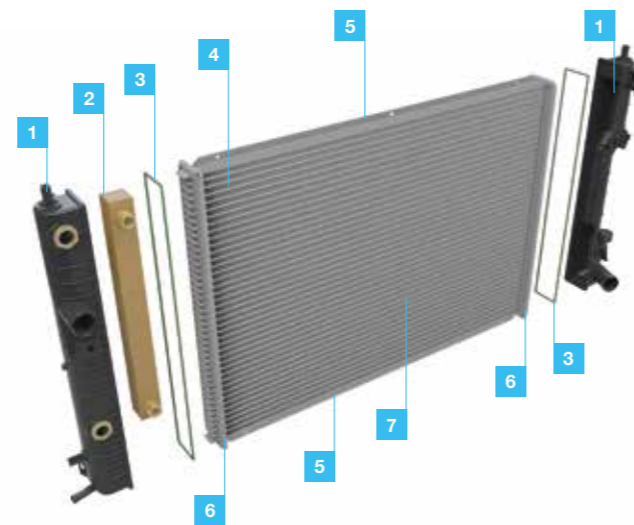
Los radiadores de refrigerante se instalan en el flujo de aire en la parte frontal del vehículo y se diferencian entre sí por su diseño. Su tarea es liberar al aire exterior el calor generado por la combustión en el motor y que capta el refrigerante. Dentro del radiador de refrigerante o junto a él pueden disponerse otros radiadores, p. ej. para el cambio automático.



Radiador de refrigerante

### Estructura/funcionamiento

El componente más importante de un módulo de refrigeración es el radiador de refrigerante. Se compone del bloque de radiador y el depósito de agua, con todas las conexiones y elementos de fijación necesarios. El propio bloque de radiador se compone de la rejilla del radiador (un sistema de tubos y aletas), los fondos de tubo y los soportes laterales. Los radiadores de refrigerante convencionales cuentan con un depósito de refrigerante de poliamida reforzado con fibra de vidrio al que se aplica una junta y se rebordea antes de colocarlo sobre el fondo de tubo. La tendencia actual está marcada por radiadores íntegramente de aluminio que se caracterizan por un menor peso y una reducida profundidad de construcción. Además son 100 % reciclables. El enfriamiento del refrigerante se realiza a través de las aletas (rejilla). El aire exterior que fluye a través de la rejilla del radiador absorbe calor del refrigerante. Respecto al diseño se diferencia entre radiador de flujo descendente y radiador de flujo transversal. En el radiador de flujo descendente, el agua penetra en el radiador desde arriba y vuelve a salir por abajo. En el radiador de flujo transversal, el líquido refrigerante entra en el radiador por un lado y sale por el otro. Si en el radiador transversal la entrada y salida están en el mismo lado, el depósito de agua estará dividido. Entonces el refrigerante circula por el radiador en la parte superior y la inferior en sentidos contrarios. Por su diseño, los radiadores de flujo transversal son más bajos y se emplean en particular en turismos.



- 1 Depósito de agua
- 2 Radiador de aceite
- 3 Juntas
- 4 Aletas (rejilla)
- 5 Chapas laterales
- 6 Fondo
- 7 Tubo refrigerante

### Consecuencias en caso de avería

Un radiador defectuoso se puede detectar por los siguientes indicios:

- Déficit de potencia frigorífica
- Incremento de temperatura del motor
- Ventiladores de radiador en funcionamiento permanente
- Déficit de potencia del sistema de climatización

### Las posibles causas a considerar son:

- Pérdida de refrigerante por daños en el radiador (impacto de gravilla, accidente)
- Pérdida de refrigerante por corrosión o fugas en las conexiones
- Intercambiador de calor defectuoso por suciedad interna o externa (suciedad, insectos, sedimentos de cal)
- Líquido refrigerante sucio o muy viejo

### Búsqueda de fallos

#### Pasos de comprobación para la detección del fallo:

- Comprobar si el radiador de refrigerante presenta suciedad exterior, en su caso limpiar con aire comprimido a baja presión o un chorro de agua; no aproximarse demasiado a las aletas del radiador
- Comprobar si el radiador presenta desperfectos externos (acoplamiento de mangueras, rebordecados, aletas carcasa de plástico)
- Comprobar si el refrigerante presenta decoloración/impurezas (p. ej. aceite, o por una junta de culata defectuosa) y comprobar el contenido de anticongelante
- Comprobar el caudal de refrigerante (obstrucción por partículas extrañas, sellante, sedimentos de cal)
- Medir la temperatura de entrada y salida del refrigerante con la ayuda de un termómetro de infrarrojos



Sedimentos de cal en el radiador



Sedimentos de corrosión en el radiador

## Tapa de cierre del radiador

### Cuestiones generales

Pasa desapercibida, pero es importante: la tapa de cierre del radiador. Además de la tarea de cerrar de manera estanca al gas el orificio de llenado en el radiador o el depósito de compensación, es necesario asegurar que en el sistema de refrigeración no se genera una sobrepresión excesiva ni presión negativa. Para ello, el cierre de llenado está equipado con una válvula de sobrepresión y otra de presión negativa. La misión de la válvula de sobrepresión es incrementar la presión en aprox. 0,3-1,4 bares. Dependiendo de esta, la temperatura de ebullición del líquido refrigerante se incrementa a 104-110 °C y se mejora el rendimiento del sistema de refrigeración. Durante el enfriamiento, en los sistemas herméticamente cerrados se generaría una presión negativa. Impedirlo es tarea de la válvula de presión negativa.



Tapa de cierre metálica



Tapa de cierre de plástico



Depósito de compensación

### Estructura/funcionamiento

La temperatura elevada del refrigerante produce el incremento de la presión en el sistema de refrigeración, ya que el refrigerante se dilata. El refrigerante entra a presión en el depósito. Se incrementa la presión en el depósito. La válvula de sobrepresión en la tapa de cierre se abre y permite que salga aire. Cuando se normaliza la temperatura del refrigerante se genera en el sistema de refrigeración una presión negativa. El refrigerante se aspira desde el depósito. De este modo se genera presión negativa en el depósito. En consecuencia se abre la válvula de compensación de presión negativa situada en la tapa de cierre del depósito. En el depósito entra aire hasta que se ha alcanzado una compensación de la presión.

### Reglas de comportamiento al abrir la tapa de cierre del radiador:

- Dejar enfriar el sistema de refrigeración a una temperatura del refrigerante inferior a 90 °C
- Con el motor caliente, el sistema de refrigeración está sometido a presión
- ¡Al abrir repentinamente el sistema de refrigeración existe peligro de quemaduras!
- Desenroscar la tapa de cierre de refrigerante hasta el prebloqueo y, en caso de modelos atornillados, desatornillar ½ vuelta y purgar la sobrepresión
- ¡Llevar guantes, gafas y ropa de protección!



Tapa de cierre con adaptador de inspección



Manómetro para la comprobación de la presión

### Prueba funcional:

- El funcionamiento correcto (de conformidad con las indicaciones del fabricante) de la válvula de la tapa de cierre del radiador se puede comprobar con un equipo de ensayo apropiado
  1. Determinar la presión de apertura mediante incremento de presión
  2. La válvula de presión negativa debe estar apoyada en la junta de caucho, debe poder levantarse levemente y, al soltar, volver a su posición
- MAHLE recomienda sustituir también la tapa de cierre cada vez que se cambie el radiador



Tapa de cierre metálica con válvula de presión negativa

## Lavado del sistema de refrigeración

En caso de impurezas en el sistema de refrigeración es necesario evacuar el refrigerante y lavar el sistema de refrigeración.

### Pueden ser impurezas:

- Aceite (junta de culata defectuosa)
- Óxido (corrosión interna del motor)
- Aluminio (corrosión interna del radiador)

## Limpieza

En función del grado de suciedad, el sistema de refrigeración con agua templada o también con un líquido de aclarado especial. Dependiendo del fabricante automovilístico y los síntomas existen diferentes procedimientos para efectuar el lavado. Por ejemplo, en el caso de que el refrigerante haya adquirido un color marrón óxido y se perciba una potencia calorífica deficiente, p. ej. en el A6, Audi prescribe un líquido de lavado especial. Para efectuar varias veces el proceso de lavado es necesario desmontar el termostato y medir la potencia calorífica antes y después del lavado.

### Volkswagen prescribe un limpiador con efecto desengrasante y el siguiente procedimiento:

- Llevar el motor hasta la temperatura de funcionamiento
- Vaciar el refrigerante
- En los motores de 4 cilindros, llenar con 3 litros de producto de limpieza y completar con agua

- Sustancias extrañas (aditivos/sellantes)
- Partículas extrañas (bomba de refrigerante defectuosa)

Los análisis de radiadores averiados han mostrado que la suciedad más frecuente son los lodos de óxido. Estos se producen debido a la falta de limpieza o una limpieza insuficiente durante una reparación en el sistema de refrigeración o al llenado de anticongelantes erróneos, así como a la reutilización del refrigerante evacuado. Los lodos de óxido se pueden sedimentar y obstruir canales estrechos, aceleran la corrosión si cubren superficies metálicas pulidas (efecto anódico con picaduras por corrosión) y actúan como abrasivo en el circuito de refrigerante, especialmente en los puntos donde se desvía el flujo.

- En los motores de 8 cilindros, llenar con 4 litros de producto de limpieza y completar con agua
- Dejar el motor en marcha durante 20 minutos con el termostato abierto
- Vaciar el limpiador
- Repetir el proceso hasta que el líquido limpiador salga claro
- Repetir el proceso dos veces con agua limpia
- Llenar con anticongelante

En diversos modelos, Opel indica que la causa de una temperatura del motor demasiado elevada es un radiador obstruido. En este caso se debe lavar con agua templada (>50 °C) y, además del radiador, también se deberán sustituir todas las piezas en contacto con el refrigerante (intercambiador de calor, culata, etc.). La mayoría de limpiadores se basan en componentes de ácido fórmico, oxálico o ácido clorhídrico de los que nunca deben quedar residuos en el sistema de refrigeración. ¡Aclarar a fondo después!



Sedimentos emulsionados en el intercambiador de calor con suplementos de turbulencia

Después de la limpieza aparecen en ocasiones fugas que antes no eran visibles. Con frecuencia, estas se atribuyen a la agresividad del producto de limpieza. Sin embargo, la causa real se debe a un defecto ya existente hace tiempo, y la estanquidad ya solo estaba garantizada debido a los sedimentos de suciedad. MAHLE recomienda efectuar una limpieza antes de montar cualquier componente nuevo en el circuito de refrigeración.

El grado de suciedad y las especificaciones del fabricante automovilístico determinarán el procedimiento y el producto de lavado a emplear.

Es necesario tener en cuenta que, debido a su diseño (por ejemplo, con tubo plano), no todos los componentes de los sistemas de refrigeración modernos pueden lavarse, y por tanto, se deben sustituir.

### Esto se refiere en particular a los siguientes componentes:

- Termostato
- Radiador de refrigerante
- Válvulas eléctricas
- Tapa de cierre
- Intercambiador de calor de habitáculo

Si ya no es posible determinar el nivel de refrigerante en el depósito de compensación debido a la suciedad (aceite, óxido), también se deberá sustituir el depósito.

El termostato y la tapa de cierre se deberán renovar siempre.

Si se utilizan productos de limpieza de sistemas de refrigeración, se deberá tener en cuenta que estos no ataquen los materiales de sellado y no lleguen a las aguas subterráneas, es decir, que no se eliminen a través del separador de aceite. Estos productos de limpieza se deben recoger y eliminar de manera específica junto con el refrigerante. Después del lavado, el sistema se deberá rellenar con refrigerante de conformidad con la indicación del fabricante automovilístico (observar especificación y relación de mezcla), purgar y comprobar el funcionamiento y la estanquidad.

¡Anticongelante = antioxidante!



Componentes del sistema de refrigeración sucios

## Bombas de refrigerante

### Cuestiones generales

Las bombas de refrigerante suelen ser de accionamiento mecánico a través de una correa dentada o correa trapezoidal con dentado interior y transportan el refrigerante por el circuito de refrigerante del motor. Las bombas pueden estar directamente unidas al motor mediante brida o también montadas en el exterior. Los diseños pueden ser muy diversos. Las bombas de refrigerante deben resistir enormes oscilaciones de temperatura (de -40 °C a +120 °C). La variabilidad del número de revoluciones (500-8000 rpm) y unas presiones de hasta 3 bares exigen una alta resistencia de cojinetes y juntas.

A fin de ahorrar combustible, en el futuro se emplearán cada vez más bombas de refrigerante de accionamiento eléctrico y regulación electrónica.



Bomba de refrigerante

### Estructura/funcionamiento

La bomba de refrigerante mecánica se compone de los siguientes cinco grupos:

1. Carcasa
2. Polea motriz
3. Rodamiento
4. Retén frontal
5. Rotor

La polea motriz y el rotor están instalados sobre un árbol de alojamiento conjunto. Un retén frontal sella el árbol de la bomba hacia el exterior. El refrigerante se transporta a través del sistema de refrigeración con el movimiento giratorio del rotor. Los rotores se componen generalmente de plástico o metal. La sollicitación de los rodamientos es menor en los rotores de plástico. Al mismo tiempo no son tan propensos a la cavitación.

Sin embargo, con el tiempo los rotores de plástico se vuelven frágiles. El refrigerante lubrica y enfría constantemente el retén. Debido al diseño es posible que cantidades mínimas de refrigerante salgan al exterior por detrás del retén y se derramen por el orificio de descarga de la bomba. Los posibles rastros de refrigerante visibles no son un indicio claro de una bomba defectuosa.

### Consecuencias en caso de avería

La avería de una bomba de refrigerante se puede detectar por los siguientes indicios:

- Ruidos
- Pérdida de refrigerante
- Refrigeración deficiente/motor sobrecalentado

### Búsqueda de fallos

Salida de refrigerante en la bomba, por ejemplo debido a:

- Aplicación excesiva de sellante: los restos de la pasta sellante pueden penetrar en el circuito de refrigeración y dañar el retén frontal, por ejemplo

Corrosión en todo el sistema de refrigeración:

- Junta de culata defectuosa: los gases de escape del motor entran en el sistema de refrigeración; variación negativa del valor del pH

### Indicaciones para el desmontaje y montaje

Al cambiar la bomba de refrigerante siempre se deberán observar las instrucciones que figuran en el folleto del producto y las instrucciones de montaje especiales del fabricante automovilístico. Si el sistema de refrigeración presenta impurezas, se deberá lavar. El sistema de refrigeración se deberá llenar exclusivamente con un refrigerante que se corresponda con la especificación del fabricante del vehículo. El sistema se deberá llenar o purgar de

Las causas a considerar son:

- Daños mecánicos:
  - Rotor suelto/roto
  - Cojinete o junta defectuosos
  - Polea motriz dañada
- Estrangulamientos de sección por corrosión o sellante
- Cavitación:
  - Daños en el rotor debido a la formación y la descomposición de burbujas de vapor en el refrigerante
  - Fallo eléctrico (cortocircuito/interrupción)

Piezas de la bomba como el rotor, la carcasa, el retén frontal y el árbol fuertemente dañados por picaduras de corrosión:

- Refrigerante usado/demasiado antiguo con una elevada proporción de cloruros (compuestos salinos) en combinación con altas temperaturas

Salida excesiva de refrigerante por el orificio de descarga:

- Causada por corrosión en el sistema de refrigeración

conformidad con las instrucciones del fabricante automovilístico. Un montaje erróneo puede causar el sobrecalentamiento del motor, daños en el accionamiento de la correa y/o desperfectos en el motor.

En la información técnica «Medios refrigerantes» encontrará información sobre el uso, las especificaciones y los intervalos de cambio de refrigerantes.

## Depósito de compensación

### Cuestiones generales

El depósito de compensación del sistema de refrigeración suele ser de plástico y su misión es recoger el refrigerante expandido. Por regla general está montado de forma que constituye el punto más alto en el sistema de refrigeración. Para poder controlar el nivel de refrigerante, es transparente y está provisto de las marcas «Mín» y «Máx». Además, el sistema puede estar equipado con un sensor de nivel electrónico. A través de la válvula en la tapa de cierre del depósito de compensación se realiza la compensación de presión en el sistema de refrigeración.

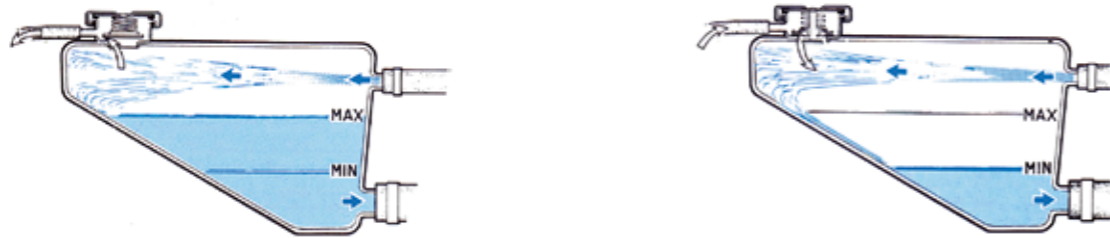


Depósito de compensación

### Estructura/funcionamiento

Un incremento de la temperatura del refrigerante da lugar a un aumento de la presión en el sistema de refrigeración, ya que el refrigerante se dilata. Esto hace que suba la presión en el depósito de compensación y la válvula de sobrepresión de la tapa de cierre se abra y permita escapar aire.

Cuando se normaliza la temperatura del refrigerante se genera en el sistema de refrigeración una presión negativa. El refrigerante se reaspira desde el depósito. De este modo también se genera presión negativa en el depósito. En consecuencia se abre la válvula de compensación de presión negativa situada en la tapa de cierre del depósito. En el depósito entra aire hasta que se ha alcanzado una compensación de la presión.



Funcionamiento del depósito de compensación

### Consecuencias en caso de avería

**Un depósito de compensación defectuoso o una tapa de cierre defectuosa se puede detectar por los siguientes indicios:**

- Pérdida de refrigerante (fuga) en diversos componentes del sistema o en el propio depósito de compensación
- Temperatura excesiva de refrigerante o motor
- Depósito de compensación u otros componentes del sistema agrietados/rotos

### Las posibles causas a considerar son:

- Sobrepresión en el sistema de refrigeración debido a una válvula defectuosa en la tapa de cierre
- Fatiga del material

### Búsqueda de fallos

#### Pasos de comprobación para la detección del fallo:

- Comprobar el nivel de refrigerante y el contenido de anticongelante
- Comprobar el color del refrigerante o si presenta impurezas (aceite, sellante, sedimentos de cal)

- Comprobar el funcionamiento del termostato, el radiador, el intercambiador de calor, las mangueras y el acoplamiento de mangueras y si presentan fugas
- Si es necesario, despresurizar el sistema de refrigeración (prueba de presión)
- Comprobar si el sistema de refrigeración presenta burbujas de aire y, en su caso, purgar el sistema de refrigeración siguiendo las instrucciones del fabricante automovilístico

Después de efectuar todos los puntos descritos sin fallos es conveniente sustituir la tapa de cierre del depósito de compensación. La comprobación de la válvula de la tapa de cierre sería difícil de efectuar.

## Intercambiador de calor de habitáculo

### Cuestiones generales

El intercambiador de calor está instalado en la carcasa de calefacción del habitáculo del vehículo, y por él fluye el refrigerante. El aire para el habitáculo se conduce a través del intercambiador de calor, donde se calienta.

### Estructura/funcionamiento

El intercambiador de calor del habitáculo, al igual que el radiador de refrigerante, se compone de un sistema de tubos y aletas unido por medios mecánicos. También en este ámbito, la tendencia se encamina hacia la construcción íntegramente de aluminio. El refrigerante fluye por el intercambiador de calor del habitáculo. El caudal suele ser regulado por válvulas de control mecánico o eléctrico. El calentamiento del aire del habitáculo se realiza a través de las aletas (rejilla) del intercambiador de calor. El flujo de aire que genera el soplador del habitáculo o el aire ambiente se conduce a través del intercambiador de calor del habitáculo por el que fluye el líquido refrigerante caliente. Así el aire se calienta y sigue para acceder al habitáculo del vehículo.



Intercambiador de calor

### Consecuencias en caso de avería

**Un intercambiador de calor de habitáculo defectuoso o que no funcione correctamente se detecta por los siguientes indicios:**

- Déficit de potencia calorífica
- Pérdida de líquido refrigerante
- Formación de olores (dulzones)
- Lunas empañadas
- Caudal de aire deficiente

### Búsqueda de fallos

**Pasos de comprobación para la detección del fallo:**

- Comprobar si se generan olores y se empañan las lunas
- Revisar el filtro de habitáculo
- Comprobar si el intercambiador de calor del habitáculo presenta fugas (acoplamientos de mangueras, rebordeados, rejilla)

**Las posibles causas a considerar son:**

- Intercambio de calor deficiente por suciedad interna o externa (corrosión, aditivos de refrigerante, lodo, sedimentos de cal)
  - Pérdida de refrigerante por corrosión
  - Pérdida de refrigerante por conexiones no estancas
  - Filtro de habitáculo sucio
  - Impurezas/bloqueo en el sistema de ventilación (hojarasca)
  - Control de trampilla defectuoso
- 
- Comprobar el color del refrigerante y si presenta impurezas
  - Comprobar el caudal de refrigerante (obstrucción por partículas extrañas, sedimentos de cal, corrosión)
  - Medir la temperatura de entrada y salida del refrigerante
  - Comprobar si el sistema de ventilación presenta bloqueos/partículas extrañas
  - Revisar el control de las trampillas (aire circulante/aire exterior)



Intercambiador de calor íntegramente de aluminio

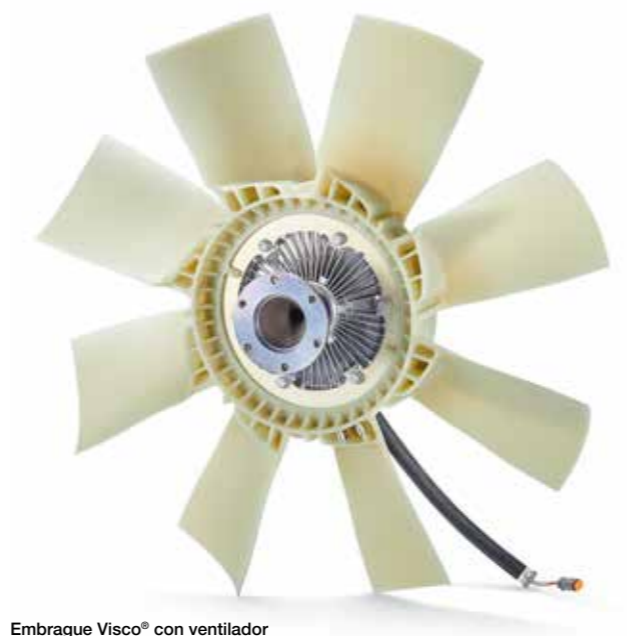
## Ventilador Visco®

### Cuestiones generales

Para la disipación del calor en motores de vehículos industriales y motores potentes de turismos se necesitan, además de radiadores eficaces, también ventiladores y accionamientos de ventilador que proporcionen aire refrigerante de manera especialmente eficiente. Los ventiladores Visco® se componen de una hélice y un embrague Visco®. Se emplean en motores instalados longitudinalmente, se posicionan delante del radiador (sentido de la marcha) y están accionados directamente por el motor a través de una correa trapezoidal.

### Estructura/funcionamiento

La hélice suele estar fabricada de plástico y está atornillada al embrague Visco®. La cantidad y la posición de las paletas del ventilador varían en función del diseño. La carcasa del embrague Visco® está fabricada de aluminio y cuenta con numerosas aletas. La regulación del ventilador Visco® se puede realizar a través de un embrague bimetálico autorregulador dependiente de la temperatura. Para ello, la magnitud de regulación es la temperatura ambiente del radiador de refrigerante. El embrague Visco® de control eléctrico es otra variante. Su regulación es electrónica y su accionamiento electromagnético. Para la regulación se captan las magnitudes de entrada de diferentes sensores. Encontrará más información en la Información técnica del embrague Visco®.



Embrague Visco® con ventilador

### Consecuencias en caso de avería

Un embrague Visco® defectuoso se puede detectar por los siguientes indicios:

- Ruido fuerte
- Incremento de la temperatura del motor o del refrigerante

### Búsqueda de fallos

Pasos de comprobación para la detección del fallo:

- Comprobar el nivel de refrigerante
- Verificar si la hélice presenta desperfectos
- Comprobar si hay derrame de aceite
- Verificar si los cojinetes hacen ruido o presentan holgura
- Comprobar la fijación de la hélice y el embrague Visco®
- Comprobar la presencia y el asiento firme de los deflectores de aire/tomas de aire

Las posibles causas a considerar son:

- Hélice dañada
- Pérdida de aceite/fugas
- Suciedad en la superficie de refrigeración o en el bimetálico
- Daños en los cojinetes



Embrague Visco®



## Embrague Visco®

### Cuestiones generales

El embrague Visco® es una parte del ventilador Visco®. Su tarea es establecer una conexión por fricción entre el accionamiento y la hélice e influir en el número de revoluciones de esta. En el embrague hay montado un ventilador de plástico que genera el flujo de aire en función de la demanda. Los ventiladores Visco® se emplean mayoritariamente en turismos de gran cilindrada de instalación longitudinal y en vehículos industriales.

### Estructura/funcionamiento

El embrague Visco® suele estar accionado directamente por el motor a través de un árbol (ilustración 1). Si no se requiere aire de refrigeración, el embrague Visco® se desconecta y funciona a un número de revoluciones bajo. Al aumentar la demanda, fluye aceite de silicona desde el compartimento de reserva al de trabajo. Allí se transmite el par de accionamiento al ventilador a través de la fricción del líquido sin generar desgaste. El número de revoluciones del ventilador se ajusta de manera continua en función de las condiciones de funcionamiento.



Ilustración 1

El punto de conexión está situado a aprox. 80 °C. En el embrague Visco® convencional, el aire de escape del radiador se topa con bimetálico (ilustración 2), cuya deformación térmica provoca la apertura y el cierre de una válvula a través de un pasador y una palanca de válvula. Dependiendo de la posición de la válvula y, por tanto, de la cantidad de aceite en el compartimento de trabajo, se ajustan los pares motor y las revoluciones del ventilador transmisibles. La cantidad de llenado de aceite es de 30-50 ml (turismo).



Ilustración 2

Incluso con el compartimento de trabajo completamente lleno, existe una diferencia entre el número de revoluciones del accionamiento y el del ventilador (resbalamiento). El calor que se genera de esta forma se libera al aire ambiente a través de las aletas. En el embrague Visco® de control electrónico, la regulación se realiza a través de sensores. Un regulador procesa los valores y una corriente de mando sincronizada los envía a un electroimán integrado. Un campo magnético dirigido de manera definida regula la válvula a través de un anclaje para controlar el flujo de aceite interno. Un sensor adicional para el número de revoluciones del ventilador cierra el circuito de regulación.

### Consecuencias en caso de avería

Un embrague Visco® defectuoso se puede detectar por los siguientes indicios:

- Incremento de temperatura del motor o del refrigerante
- Ruido fuerte
- La hélice funciona a pleno rendimiento en todas las condiciones de funcionamiento

### Las posibles causas a considerar son:

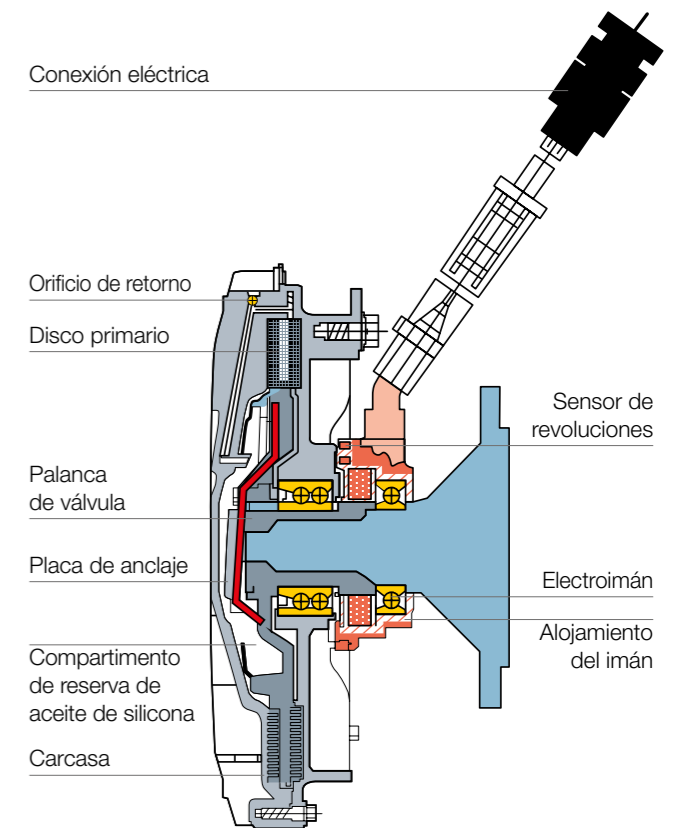
- Conexión por fricción deficiente debido a derrame de aceite
- Pérdida de aceite por fugas
- Suciedad en la superficie de refrigeración o en el bimetálico
- Daños internos (p. ej. válvula reguladora)
- Daños en los cojinetes
- Hélice dañada
- Conexión por fricción plena permanente debido a embrague defectuoso

### Búsqueda de fallos

#### Pasos de comprobación para la detección del fallo:

- Comprobar el nivel de refrigerante y el contenido de anticongelante
- Comprobar si el ventilador Visco® presenta suciedad y desperfectos exteriores
- Verificar si los cojinetes hacen ruido o presentan holgura
- Comprobar si hay derrame de aceite
- Probar el embrague Visco® girándolo a mano con el motor apagado; con el motor frío, la hélice debería poder girarse con facilidad y en caliente con dificultad
- Si es posible, verificar el resbalamiento del embrague mediante la comparación del número de revoluciones del ventilador con el del árbol de accionamiento; con plena conexión por fricción, la diferencia (con ventiladores de accionamiento directo) debe ser de máx. el 5 %; para ello se usa un cuentarrevoluciones óptico con tira reflectante

Conexión eléctrica



Embrague Visco® de regulación electrónica

- Comprobar la conexión eléctrica (embrague Visco® de regulación electrónica)
- Revisar las tomas de aire/los deflectores de aire
- Comprobar el suficiente caudal de aire de los radiadores



Cuentarrevoluciones óptico

## Radiador de aceite

### Cuestiones generales

La refrigeración de aceites sujetos a elevadas cargas térmicas (motor, caja de cambios, dirección asistida) mediante radiadores de aceite o el aseguramiento

### Estructura/funcionamiento

Hoy en día, en motores de vehículo sujetos a grandes cargas, la refrigeración convencional ya no basta. Por ejemplo, la refrigeración del aceite de motor es muy irregular, ya que depende de la temperatura exterior y del aire ambiente. Los radiadores de aceite refrigerados por aire que están situados en el flujo de aire del frontal del vehículo contribuyen a un enfriamiento suficiente de la temperatura del aceite. Los radiadores de aceite refrigerados por líquido refrigerante están conectados al circuito de refrigerante del motor y ofrecen una regulación de temperatura óptima. Para ello, en el radiador de aceite circula refrigerante. Con el motor caliente, el refrigerante capta el calor del aceite y lo enfría. Con el motor frío, el refrigerante se calienta antes que el aceite y transmite calor al aceite.

### Consecuencias en caso de avería

Un radiador de aceite por aire defectuoso se puede detectar por los siguientes indicios:

- Déficit de potencia frigorífica
- Incremento de la temperatura del aceite

### Búsqueda de fallos

Pasos de comprobación para la detección del fallo:

- Comprobar el nivel de aceite y el de refrigerante

de una temperatura casi constante aportan ventajas considerables. Se alargan los intervalos de cambio de aceite y se incrementa la vida útil de diversos componentes. En función de los requisitos, los radiadores de aceite están instalados

De este modo, el aceite alcanza su temperatura de funcionamiento más rápido. El hecho de que se alcance rápidamente la temperatura de funcionamiento o de que la temperatura de funcionamiento se mantenga constante es especialmente significativo para los cambios automáticos y la dirección asistida. De lo contrario existe el peligro, por ejemplo, de que la dirección vaya demasiado dura o suave. Los radiadores de tubos se están sustituyendo cada vez más por radiadores de discos apilables compactos íntegramente de aluminio. Estos ofrecen una mayor refrigeración superficial con menos necesidad de espacio y se pueden instalar en diferentes lugares del compartimento del motor.

- Pérdida de aceite
- Refrigerante sucio

Las posibles causas a considerar son:

- Intercambio de calor deficiente por contaminación interna o externa (insectos, suciedad, lodo de aceite, corrosión)
- Inspeccionar el radiador de aceite por si presenta suciedad, desperfectos (fisuras capilares) externos
- Comprobar el contenido de anticongelante y si el refrigerante ha cambiado de color o presenta impurezas

en el radiador del motor o junto a este, o también directamente junto al bloque motor. En general se distingue entre radiadores de aceite refrigerados por aire y los refrigerados por refrigerante.



Radiador de aceite para dirección asistida



Radiador de aceite para retarder



Radiador de aceite de motor

- Pérdida de aceite por desperfectos (accidente)
- Entrada de aceite en el sistema de refrigeración (fuga interna)
- Pérdida de aceite por conexiones no estancas

- Comprobar si existen fugas externas (conexiones)
- Comprobar el caudal (obstrucciones por partículas extrañas, corrosión, lodos de aceite, etc.)

## Radiador de aceite para retarders hidrodinámicos

### Cuestiones generales

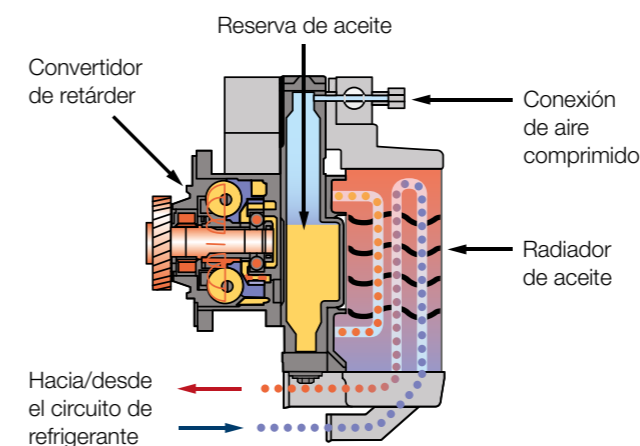
Los retarders hidrodinámicos (que funcionan con líquido) se emplean en vehículos industriales para reforzar el sistema de freno a modo de freno auxiliar casi exento de desgaste. La energía cinética transformada en calor que se genera por el retardo

### Estructura/funcionamiento

Además del freno de servicio de un vehículo industrial, que suele ser un freno por fricción con desgaste, los fabricantes automovilísticos emplean cada vez más dispositivos adicionales de ralentización libres de desgaste. Uno de los tipos es el retarder hidrodinámico, cuya instalación o montaje varían. En este sentido se distingue entre retarders externos e internos. Los retarders externos se pueden colocar libremente en la zona de la cadena cinemática, mientras que los internos están integrados en parte o en su totalidad en la caja de cambios. Existen las variantes de retarder «inline» (integrado en la cadena cinemática) y «offline» (abridado en el lateral de la caja de cambios).

Todas las variantes tienen varios objetivos en común:

- Reducir la velocidad del vehículo
- Mantener constante la velocidad en pendientes
- Minimizar el desgaste del freno de servicio
- Proteger el freno de servicio contra la sobrecarga

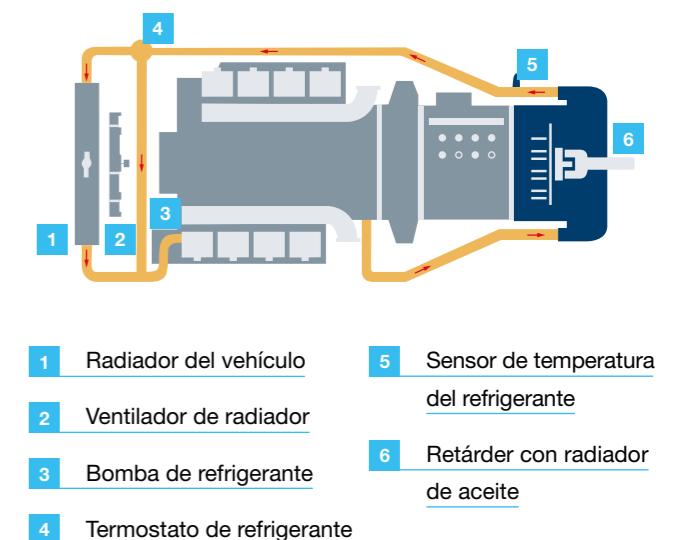


Retarder con radiador de aceite montado en el exterior

de la velocidad del flujo del aceite debe ser transmitida de nuevo al sistema de refrigeración a través de un intercambiador de calor. El uso del retarder puede ser activado por el conductor o se produce de forma automática. La potencia de frenado es de varios cientos de kW.

Los retarders hidrodinámicos (véase la ilustración 2 en la siguiente página) suelen funcionar con aceite (en parte también con agua) y disponen de una reserva de aceite interna o externa que se impulsa durante el proceso de frenado hacia una carcasa de convertidor con la ayuda de aire comprimido. La carcasa se compone de dos ruedas de paletas opuestas, un rotor que está unido con la cadena cinemática del vehículo y un estátor fijo. El rotor acelera el aceite alimentado. Debido a la forma de las paletas del rotor y a la fuerza centrífuga, el aceite es conducido al estátor, con lo que este frena el rotor y, en consecuencia, el árbol de accionamiento. La energía térmica generada de esta forma en el retarder calienta el aceite, que se vuelve a enfriar mediante un radiador de aceite (véase la ilustración 4 en la siguiente página).

El radiador de aceite compuesto íntegramente de aluminio o de acero está abridado en el retarder y transmite el calor captado al circuito de refrigerante del vehículo. Para que no se sobrepase la temperatura límite especificada, en la proximidad del radiador de aceite hay montado un sensor de temperatura para controlar la temperatura del refrigerante. Este sensor se encarga de que se reduzca el efecto del retarder o este se desconecte cuando se sobrepasa la temperatura límite.



Circuito de refrigerante con retarder

### Consecuencias en caso de avería

Una avería o defecto del retárder se puede detectar por los siguientes indicios:

- Pérdida de refrigerante
- Pérdida de aceite
- El aceite y el agua se mezclan
- Avería total de la función de frenado

Las posibles causas a considerar son:

- Sobrecalentamiento del sistema de refrigeración por falta de refrigerante, refrigerante erróneo o mezcla de refrigerante errónea

### Búsqueda de fallos

Para la búsqueda de fallos conviene efectuar los siguientes pasos:

- Comprobar si el refrigerante cumple las especificaciones del fabricante automovilístico (tipo de refrigerante, relación de mezcla)
- Comprobación del nivel de refrigerante
- Verificar que en el sistema de refrigeración no haya fugas e impurezas (aceite, cal, óxido, sellante)
- Controlar si la entrada/salida de refrigerante presenta estrangulamientos de sección

- Sobrecalentamiento del refrigerante por un manejo erróneo (frenado completo del vehículo a bajas revoluciones del motor, selección de la marcha incorrecta) y la cavitación resultante (formación de burbujas en el refrigerante debido a elevadas cargas térmicas); véase la ilustración 3
- Daños en juntas/empalmes de mangueras
- Estrangulamientos de sección debido a suciedad dentro del intercambiador de calor o el sistema de refrigeración
- Cargas térmicas elevadas o bruscas (temperatura/presión)
- Fugas internas del intercambiador de calor
- Avería del sensor de temperatura (ilustración 1)

- Comprobar que el intercambiador de calor esté firmemente asentado y no presente grietas
- Revisar los componentes eléctricos (sensor)
- Comprobar el funcionamiento de los demás componentes del sistema de refrigeración (ventilador, termostato, bomba de agua, tapa de cierre)

Con ocasión de la sustitución del radiador de aceite es necesario lavar el sistema de refrigeración y cambiar el aceite del retárder y el refrigerante. Para el lavado se puede usar p. ej. un limpiador de sistemas de refrigeración. Siempre se deberán observar las instrucciones especiales y específicas del fabricante del vehículo.



Ilustración 1



Ilustración 2

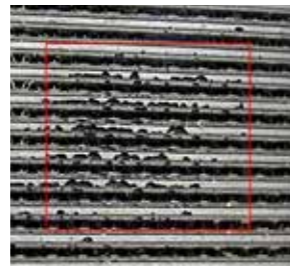


Ilustración 3



Ilustración 4

## Intercooler

### Cuestiones generales

Incremento de la potencia en todo el rango de revoluciones, menor consumo de combustible, grado de eficacia del motor mejorado, reducción de los valores de gases de escape, descarga térmica del motor: hay multitud de razones para refrigerar el aire de combustión de motores sobrealimentados con intercoolers. En general se distingue entre dos tipos de refrigeración: la refrigeración directa de aire sobrealimentado, en la que el intercooler está instalado en la parte frontal del vehículo y se refrigera con el aire ambiente, y la refrigeración indirecta de aire sobrealimentado, en la que el refrigerante que circula por el intercooler disipa el calor.

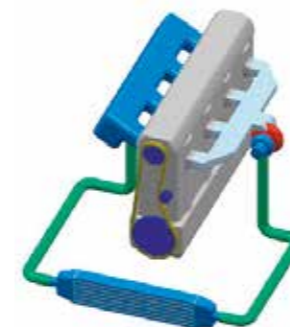


Intercooler

### Estructura/funcionamiento

Por su estructura, el intercooler es similar al radiador de refrigerante. El medio a enfriar en el intercooler no es refrigerante, sino el aire caliente (hasta 150 °C) comprimido que procede del turbocompresor. En principio, el calor del aire sobrealimentado puede ser captado por el aire exterior o el refrigerante del motor. El aire sobrealimentado entra en el intercooler y, en la refrigeración directa, es atravesado por el aire ambiente y pasa al sistema de admisión del motor una vez enfriado. En el intercooler aire-agua, la posición de montaje del intercooler es casi de libre elección, con lo que el reducido volumen constructivo también representa una ventaja. Por ejemplo, en la refrigeración indirecta el intercooler aire-agua y el sistema de admisión pueden formar una unidad. Sin embargo, sin un circuito de refrigerante adicional, el aire sobrealimentado solo puede reducirse hasta cerca de la temperatura del refrigerante. Con la ayuda de un circuito de refrigerante de intercooler independiente del circuito de refrigerante del motor el grado de eficacia del motor se puede incrementar aún más gracias al aumento de la densidad del aire.

En este circuito están integrados un radiador de refrigerante de baja temperatura y un radiador de refrigerante de aire sobrealimentado. El calor disipado del aire sobrealimentado se transmite primero al refrigerante y posteriormente al aire ambiente a través del radiador de refrigerante de baja temperatura. El radiador de baja temperatura está instalado en el extremo frontal del vehículo. Puesto que el radiador de baja temperatura requiere mucho menos espacio que un intercooler aire-aire convencional, se libera espacio en la parte frontal. Además se prescinde de los voluminosos conductos de admisión.



Refrigeración directa

Representación esquemática



Refrigeración indirecta/tubo de admisión acodado con intercooler integrado

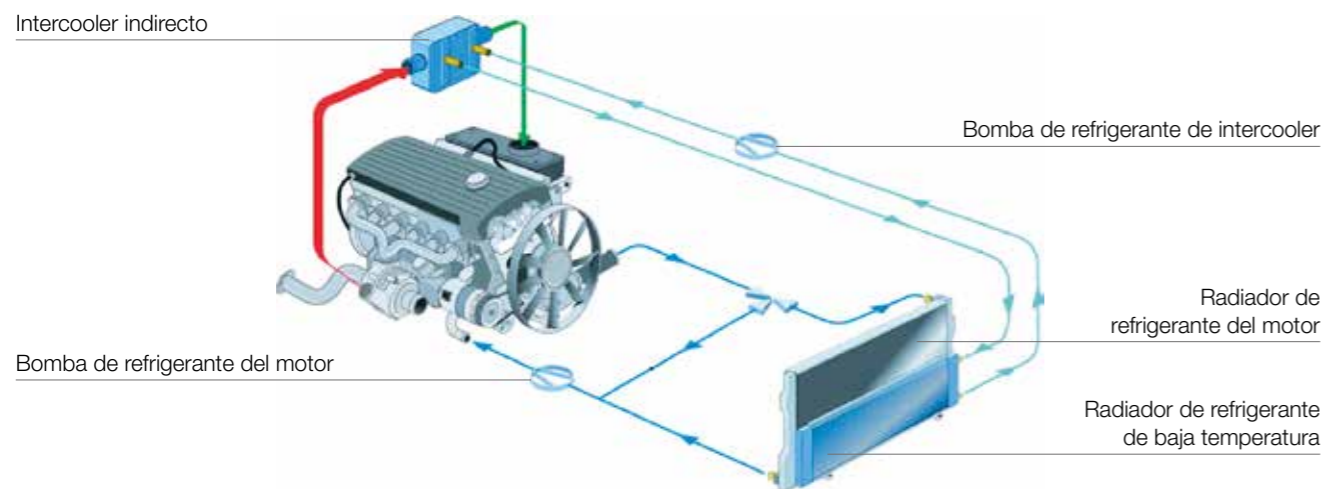
### Consecuencias en caso de avería

#### Un intercooler defectuoso se puede detectar por los siguientes indicios:

- Potencia del motor deficiente
- Pérdida de refrigerante (en el intercooler aire-agua)
- Incremento de emisiones nocivas
- Mayor consumo de combustible

#### Las posibles causas a considerar son:

- Mangueras o conexiones de refrigerante dañadas o bloqueadas
- Pérdida de refrigerante o aire secundario debido a fugas
- Desperfectos externos (impacto de gravilla, accidente)
- Caudal de aire reducido (suciedad)
- Intercambio de calor deficiente por suciedad interna (corrosión, sellante, sedimentos del cal)
- Avería de la bomba de refrigerante (en radiador de refrigerante de baja temperatura)



### Búsqueda de fallos

#### Pasos de comprobación para la detección del fallo:

- Comprobar el nivel de refrigerante
- Comprobar el contenido de anticongelante y si el refrigerante ha cambiado de color o presenta impurezas
- Comprobar la presencia de desperfectos y suciedad externos
- Comprobar si los componentes del sistema y los elementos de unión (acoplamientos de mangueras) presentan fugas
- Revisar la bomba de refrigerante
- Comprobar los ventiladores principales y adicionales
- Comprobar el caudal (obstrucciones por partículas extrañas, corrosión)

## Radiadores para la recuperación de los gases de escape (EGR)

### Cuestiones generales

Una opción para alcanzar los estrictos valores límite Euro 6 en lo referente a las emisiones de óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) es la recuperación de los gases de escape refrigerada (EGR por sus siglas en inglés). En ella se extrae una parte del flujo de gases de escape principal entre el tubo de escape acodado y el turbocompresor, se refrigera en un intercambiador de calor especial (radiador EGR) y se vuelve a incorporar al aire de admisión. De este modo baja la temperatura de combustión en el motor y se reduce la formación de óxidos de nitrógeno.



Radiador EGR desmontado

### Estructura/funcionamiento

El radiador EGR instalado en la proximidad del motor se compone de acero inoxidable o aluminio. Cuenta con varias tomas a través de las que penetran en el radiador gases de escape calientes y refrigerante. Después de que los gases de escape se

hayan enfriado en el radiador, salen de él y se conducen de forma dosificada al sistema de admisión y, por tanto, a la cámara de combustión. De esta manera se reduce la emisión de óxido de nitrógeno ya antes del catalizador. En el radiador EGR hay instalados actuadores neumáticos y/o eléctricos. Estos se encargan del control de la tasa de recuperación de los gases de escape.

### Causas de avería y consecuencias

Si bien el radiador EGR no es una pieza de desgaste clásica, se pueden producir fugas internas o externas causadas, por ejemplo, por variaciones extremas de temperatura, la falta de aditivos de refrigerante o aditivos agresivos. Además se puede producir una avería de los actuadores. Pueden ser indicio de un radiador EGR la pérdida gradual del refrigerante, a menudo asociada a un incremento de la temperatura del motor.

Al principio, la pérdida pasa desapercibida ya que, cuando el motor está en marcha, la contrapresión de los gases de escape es mayor que la presión del refrigerante. Con el motor apagado, la presión se reduce y el refrigerante se escapa por el sistema de admisión o de escape del motor. Si el radiador está situado más alto que las válvulas de entrada y salida, esto puede dar lugar a una acumulación de refrigerante en la cámara de combustión.

Al arrancar de nuevo, debido a un «golpe de agua» se pueden producir desperfectos mecánicos en los componentes del motor.

En el caso de un radiador EGR agrietado, la presión de los gases de escape puede escapar de manera descontrolada y ya no queda suficiente para el turbocompresor. Como consecuencia se produce un déficit de presión de sobrealimentación o de potencia del motor. Los actuadores instalados en el radiador EGR pueden averiarse, por ejemplo debido a fugas, desgarros de las membranas (neumáticos), fallos eléctricos (activación, contacto) o fallos mecánicos (accionamiento difícil o roto).

Otra causa de avería a tomar en consideración es la carbonización interna del radiador EGR. La unidad de mando detecta muchos de los fallos citados, que se indican mediante el piloto luminoso del motor que se enciende.

## Búsqueda de fallos

Debido a la ubicación en la que está montado el radiador EGR, con frecuencia resulta difícil buscar el fallo. Sin embargo, existen numerosas posibilidades de comprobar los componentes y determinar la causa del fallo:

### 1. Leer la memoria de fallos

- La lectura de la memoria de fallos proporciona indicaciones sobre el área en la que se encuentra el defecto

### 2. Observar los bloques de valores de medición

- Mediante la comparación de valores de consigna y reales se obtienen conclusiones sobre el funcionamiento y la situación de los componentes

### 3. Comprobación óptica y acústica

- Una comprobación óptica y acústica permitirá encontrar fugas (refrigerante, gas de escape, presión/presión negativa) y suciedad

### 4. Comprobación mecánica

- En los accionamientos mecánicos (micromotor) deberían revisarse su funcionamiento y marcha suave



Radiador EGR con accionamiento mecánico

### 5. Comprobación de presión/presión negativa

- Con una bomba de presión/presión negativa se pueden comprobar componentes neumáticos (actuador de presión negativa/válvulas/transductor de presión) y las mangueras

### 6. Uso del multímetro

- El multímetro permite comprobar la alimentación de tensión de componentes eléctricos

### 7. Comprobación con el osciloscopio

- Se recomienda el uso del osciloscopio especialmente a la hora de comprobar la activación de componentes (señal de modulación de pulsos ampliada)

Antes de comenzar el diagnóstico conviene adquirir una visión general del sistema y de los componentes instalados con la ayuda de la documentación específica del vehículo (esquema de conexiones, valores de ensayo). De este modo no queda ningún impedimento para efectuar una búsqueda de fallos metódica.



Radiador EGR con micromotor y actuador de presión negativa

## Calefacción auxiliar PTC

### Cuestiones generales

Debido al elevado grado de eficacia de los modernos motores de inyección directa (p. ej. TDI), el calor disipado ya no basta para un calentamiento rápido del habitáculo del vehículo en los días fríos. Las calefacciones auxiliares PTC que están instaladas en el sentido de la marcha delante del intercambiador de calor permiten calentar rápidamente el habitáculo. Estas calefacciones se componen de varias resistencias eléctricas que dependen de la temperatura. De la red eléctrica de a bordo se capta energía sin retardo y se transmite directamente al habitáculo del vehículo en forma de calor a través del flujo de aire del ventilador.



Calefacción auxiliar PTC

### Estructura/funcionamiento

Los elementos PTC forman parte de las resistencias cerámicas no lineales. PTC significa «Positive Temperature Coefficient», es decir, que la resistencia eléctrica se incrementa con la temperatura del elemento. Aunque eso no es exactamente así, porque primero desciende con el aumento de la temperatura. La característica de resistencia presenta una característica de temperatura negativa en este intervalo. Solo cuando se alcanza la resistencia mínima, la característica de temperatura negativa cambia a positiva: es decir, con el aumento de la temperatura, la resistencia primero desciende lentamente, pero a partir de unos 80 °C sube con fuerza, hasta que los elementos de PTC prácticamente dejan de absorber corriente adicional. En ese punto, la temperatura superficial es de aprox. 150 °C cuando deja de pasar aire por la calefacción PTC, mientras que la del bastidor metálico es de unos 110 °C. La calefacción PTC se compone de varios elementos calefactores, un bastidor fijador, un bastidor aislante y los relés o la electrónica de potencia.

Los elementos calefactores constan de piedras cerámicas PTC, chapas de contacto, conexiones y aletas onduladas de aluminio. Las aletas onduladas aumentan la superficie emisora de calor de las chapas de contacto. Para incrementar la transmisión térmica en el lado de aire, las aletas onduladas están provistas de ranuras en forma de agallas. Gracias a la mejora de la transmisión térmica es posible reducir considerablemente el sobreincremento de la corriente de conexión en comparación con las calefacciones auxiliares sin aletas onduladas con paneles ranurados. Esto tiene la ventaja de que se pueden conectar con más frecuencia tramos PTC individuales. Por eso, la calefacción puede funcionar en general con una potencia superior. El know-how de producción para el ranurado proviene de la fabricación de radiadores. Dentro de la unidad de climatización/calefacción,

la calefacción auxiliar está situada en el flujo de aire directamente detrás del intercambiador de calor convencional, con lo que el espacio requerido se reduce a un mínimo. Con temperaturas exteriores bajas y motor frío, por la calefacción PTC primero solo pasa aire frío o levemente calentado por el intercambiador de calor. La temperatura y la resistencia de los elementos calefactores son bajas, mientras que la potencia calorífica es alta. Con el arranque de la calefacción convencional se incrementan la temperatura del aire y la resistencia, por lo que baja la potencia calorífica. En el caso de una temperatura superficial de una calefacción PTC por la que pasa aire cálido a 25 °C, se alcanza un caudal de 480 kg de aire por hora. A esta temperatura del aire, la red de calefacción alcanza una temperatura media de 50 °C. Se pueden elegir distintas resistencias nominales de los elementos PTC, el consumo de corriente y la potencia variarán en consecuencia. Una resistencia nominal baja permite una elevada potencia calorífica durante el funcionamiento. Las potencias de las calefacciones PTC se sitúan entre 1 y 2 kW. Con 2 kW se alcanza el límite de potencia de la red de 12 V (150 A a 13 V). Una red de a bordo de 42 V permite potencias más elevadas. Debido a la masa reducida y a que el calor generado eléctricamente se transfiere al flujo de aire directamente, sin rodeos, la calefacción PTC reacciona prácticamente de inmediato. Esta elevada espontaneidad es la característica identificativa de la calefacción auxiliar PTC. Además, como el motor alcanza más rápido la temperatura de funcionamiento gracias a la carga adicional del alternador, la calefacción convencional también reacciona más rápido. Esta potencia calorífica adicional supone casi dos tercios de la potencia de la calefacción PTC. Esta potencia calorífica se puede atribuir prácticamente a la calefacción PTC. Gracias a la curva de resistencia característica de los elementos PTC se evita que se sobrecaliente la calefacción PTC. La temperatura de la superficie del bastidor metálico siempre se encuentra por debajo de 110 °C. Además, con temperaturas de expulsión más

altas del intercambiador de calor se recupera la potencia de la calefacción PTC. Mediante una electrónica de potencia, la calefacción de PTC se puede regular en varios niveles o de manera continua, de modo que se puede adaptar a la potencia calorífica o a la potencia eléctrica disponible. El control de la calefacción PTC se realiza mediante un relé externo o mediante la regulación integrada con electrónica de potencia. En el control mediante relé, el fabricante automovilístico determina cuántos niveles se conectarán y cuáles. En la regulación integrada en la calefacción auxiliar se diferencia entre funcionalidad mínima y alta. En la funcionalidad mínima se conectan los diversos niveles uno a uno.

La electrónica de potencia protege la calefacción auxiliar contra sobretensión, cortocircuito y polaridad inversa de las conexiones. En esta regulación no se prevé ninguna posibilidad de diag-

nóstico. La regulación escalonada permite hasta ocho niveles. El control se realiza en función de la corriente existente y de la demanda de calefacción auxiliar, es decir, del confort térmico deseado. En la regulación con alta funcionalidad, el control de electrónica de potencia se realiza p. ej. de forma continua, gracias al bus CAN o LIN del vehículo. De esta forma se puede aprovechar siempre óptimamente para la calefacción adicional la corriente que proporciona la red de a bordo en cada situación. Además de la seguridad contra la sobretensión, el cortocircuito y la polaridad inversa de las conexiones, la electrónica de potencia con alta funcionalidad incluye una protección contra sobrecorriente por nivel, una protección del circuito impreso contra sobrecalentamiento y una supervisión de tensión. La regulación con alta funcionalidad es apta para diagnóstico.

### Consecuencias en caso de avería

#### Una calefacción auxiliar PTC defectuosa se puede detectar por los siguientes indicios:

- Reducción de la potencia de la calefacción con el motor frío
- Almacenamiento de un código de fallo en la memoria de fallos

### Búsqueda de fallos

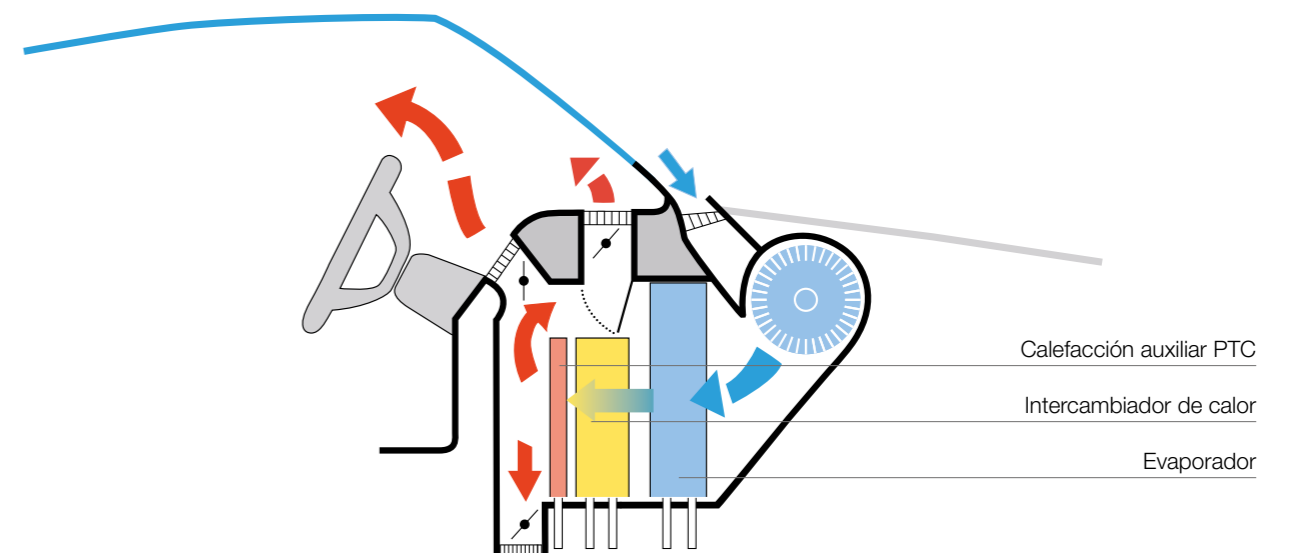
#### Pasos de comprobación para la detección del fallo:

- Comprobar el fusible
- Leer la memoria de fallos
- Leer los bloques de valores de medición
- Verificar la activación eléctrica (relé)
- Revisar las conexiones eléctricas

#### Las posibles causas a considerar son:

- Activación eléctrica o conexiones eléctricas de la calefacción auxiliar PTC defectuosas
- Calefacción auxiliar PTC defectuosa (electrónica de potencia, resistencias)

La unidad de mando de la red de a bordo de muchos vehículos regula la calefacción auxiliar PTC a través de la denominada «gestión de carga» y la desconecta en caso de sobrecarga de la red de a bordo. El estado de la gestión de carga se puede consultar a menudo a través de los bloques de valores de medición. Así, en caso de que la potencia calorífica sea deficiente, mediante la lectura de la memoria de fallos y de los bloques de valores de medición se puede determinar si una sobrecarga de la red de a bordo ha provocado la desconexión de la calefacción auxiliar. Una sobrecarga también puede estar causada por una calefacción auxiliar defectuosa.



Disposición de intercambiador de calor/calefacción auxiliar en el habitáculo del vehículo

MAHLE Aftermarket GmbH  
Pragstraße 26 - 46  
70376 Stuttgart/Alemania  
Teléfono: +49 711 501-0

[www.mahle-aftermarket.com](http://www.mahle-aftermarket.com)  
[www.mpulse.mahle.com](http://www.mpulse.mahle.com)