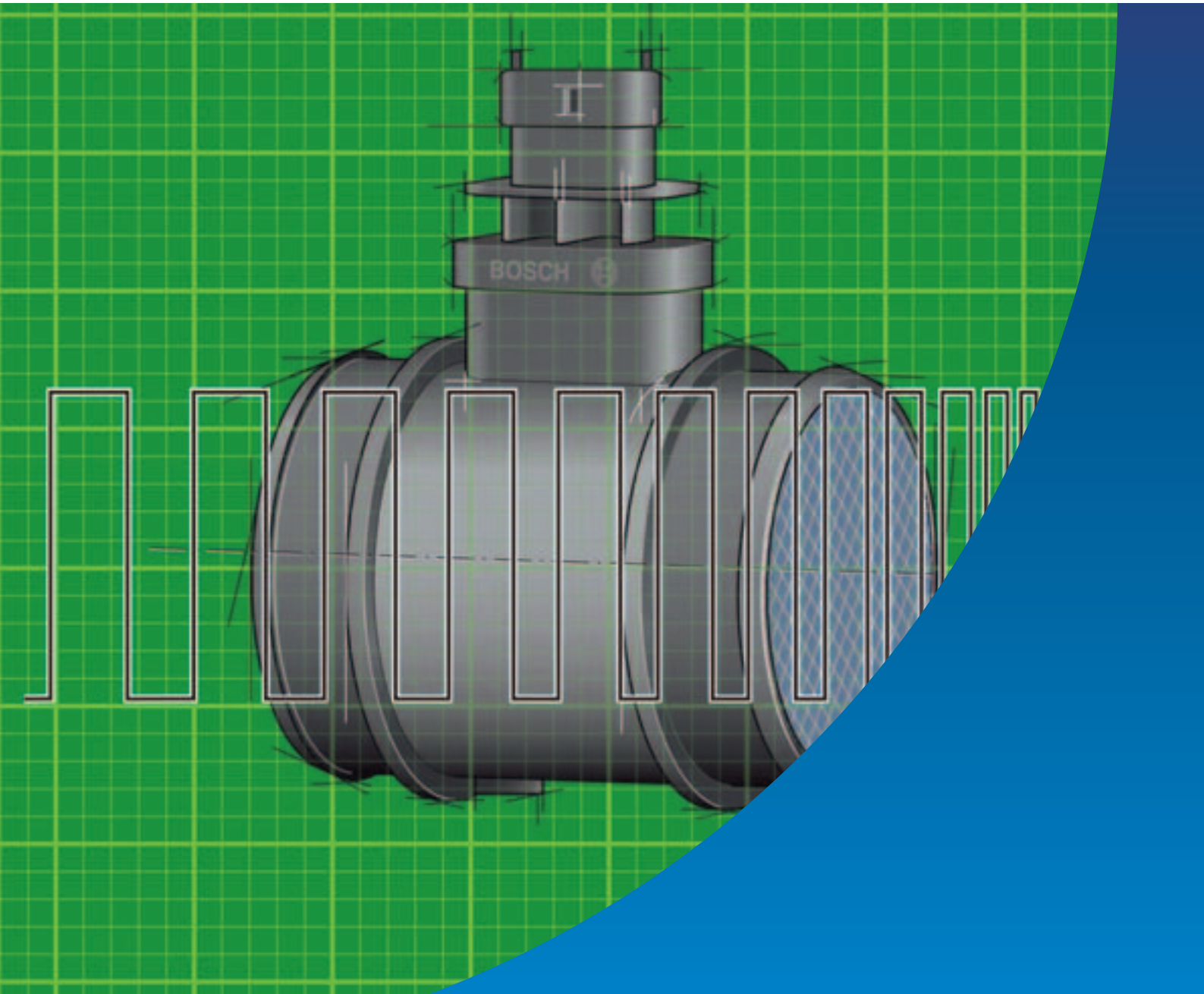
Service Training

Programa autodidáctico núm. 358

Medidor de masa de aire por película caliente HFM 6

Diseño y funcionamiento



El desarrollo de normas y leyes más severas sobre las emisiones de gases de escape de los vehículos a motor obliga a incorporar componentes capaces de realizar mediciones cada vez más precisas.
Por ello, en la gestión del motor se utiliza ahora una nueva generación de medidores de masa de aire por película caliente.

Para cumplir las leyes y normas no basta con transformar los gases de escape resultantes de la combustión, sino que también es necesario garantizar la eficacia de la combustión para conseguir generar la menor cantidad posible de gases.

A ello se suma el hecho de que los motores modernos son cada vez más potentes a la vez que mantienen o reducen el consumo de combustible.

Para poder satisfacer todas estas exigencias se utiliza, entre otras medidas, un medidor de masa de aire capaz de determinar con total precisión la cantidad de aire que aspira el motor.

Este programa autodidáctico le ayudará a conocer y a comprender los principios básicos utilizados para medir la cantidad de masa de aire aspirada y el funcionamiento del medidor de masa de aire por película caliente HFM 6.

S358_019

NUEVO

Atención
Nota

En el programa autodidáctico se describe el diseño y funcionamiento de los nuevos desarrollos. Su contenido no se actualiza.

Las instrucciones actualizadas relativas a los trabajos de verificación, ajuste y reparación se deberán consultar en la documentación correspondiente.

Referencia rápida

Principios básicos de medición de masa de aire 4
Temperatura y presión del aire 4

Influencia de la temperatura y la presión del aire sobre la masa de aire . 5

Principios básicos de la combustión 6
Relación aire-combustible 6

Normas de emisiones 7

Medidor de masa de aire por película caliente HFM 6 8
Función 8

Ubicación 8

Estructura 9

Elemento sensor 10
Estructura 10

Conducto bypass 11

Procedimiento de medición 12

Detección del flujo inverso 13

Transmisión de la señal de masa de aire a la unidad de control del motor 14

Sensor de temperatura del aire de admisión 15

Servicio 16
Diagnosis 16

Ponga a prueba sus conocimientos 18

Principios básicos de medición de masa de aire

Temperatura y presión del aire

Cuando oímos la palabra ”aire“, muchos pensamos inmediatamente en el medio que nos rodea, es decir, en el aire a una presión atmosférica normal y agradables temperaturas.
Pero como sabemos, tanto las temperaturas como la presión del aire van cambiando constantemente.

Las temperaturas y la presión atmosférica del aire varían mucho en todo el mundo, dependiendo del lugar en que nos encontremos.
(A medida que aumenta la altitud bajan la temperatura y la presión del aire.)

Influencia de la altitud en la temperatura y en la presión del aire

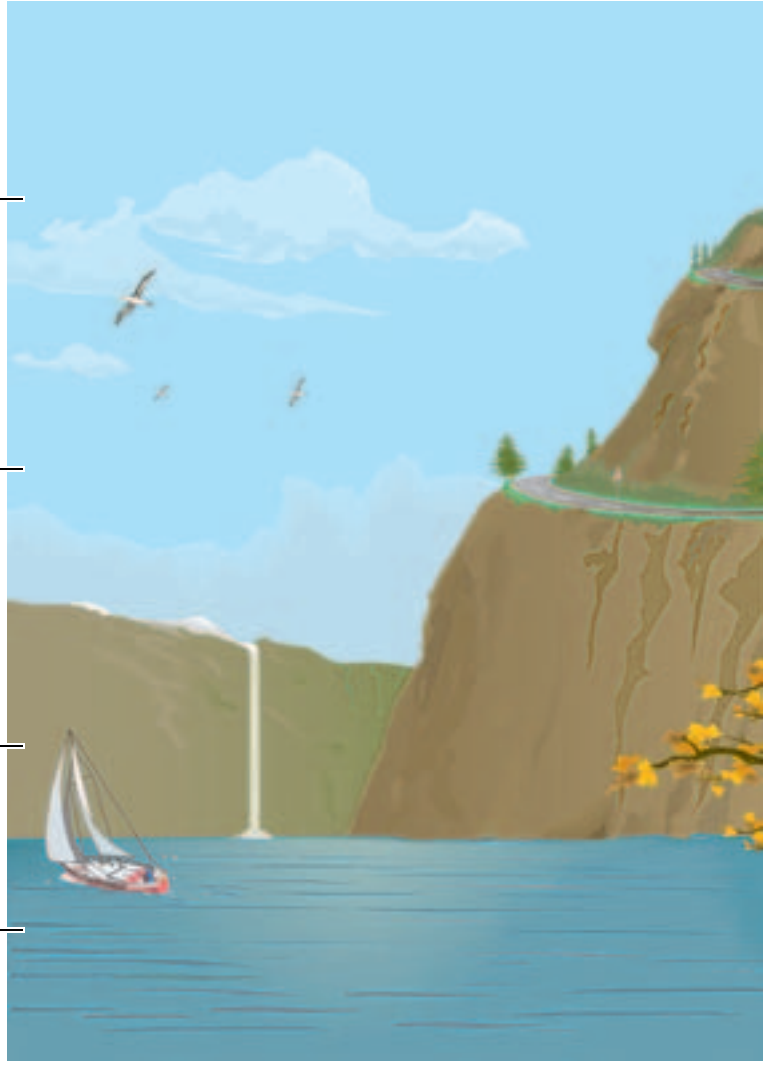
Ejemplo:

Altitud: 1000 metros
Presión del aire: 898 hPa (0,898 bares)
Temperatura: 13,5° C

Altitud: 500 metros
Presión del aire: 954 hPa (0,954 bares)
Temperatura: 16,75° C

Altitud: 100 metros
Presión del aire: 1001 hPa (1,001 bares)
Temperatura: 19,35° C

Altitud: 0 metros
Presión del aire: 1013 hPa (1,013 bares)
Temperatura: 20° C



S358_002

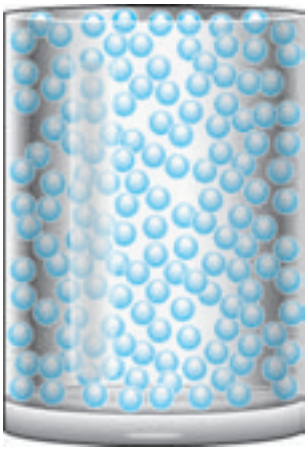
Influencia de la temperatura y de la presión del aire sobre la masa de aire

En un mismo volumen, la masa de aire varía en función de la temperatura y de la presión del aire.

Presión del aire baja, temperatura alta

En un recipiente cilíndrico con una superficie de 1 m^2 y una altura de 1 m tenemos 1 m^3 de aire.

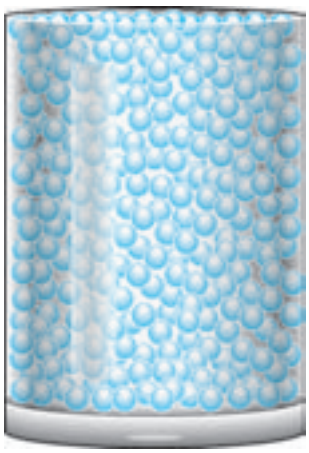
La presión del aire es baja y la temperatura elevada. Debido a ello, la densidad del aire es baja.
(Es decir, que la cantidad de masa de aire que hay en el recipiente es pequeña.)
La cantidad de masa de aire en el recipiente es pequeña.



S358_003

Presión del aire alta, temperatura baja

En un recipiente de igual tamaño tenemos aire sometido a una elevada presión y a baja temperatura.
Debido a ello, la densidad del aire es mucho más elevada.
(Es decir, que la cantidad de masa de aire que hay en el depósito es mucho mayor.)
La cantidad de masa de aire en el depósito es mucho mayor.

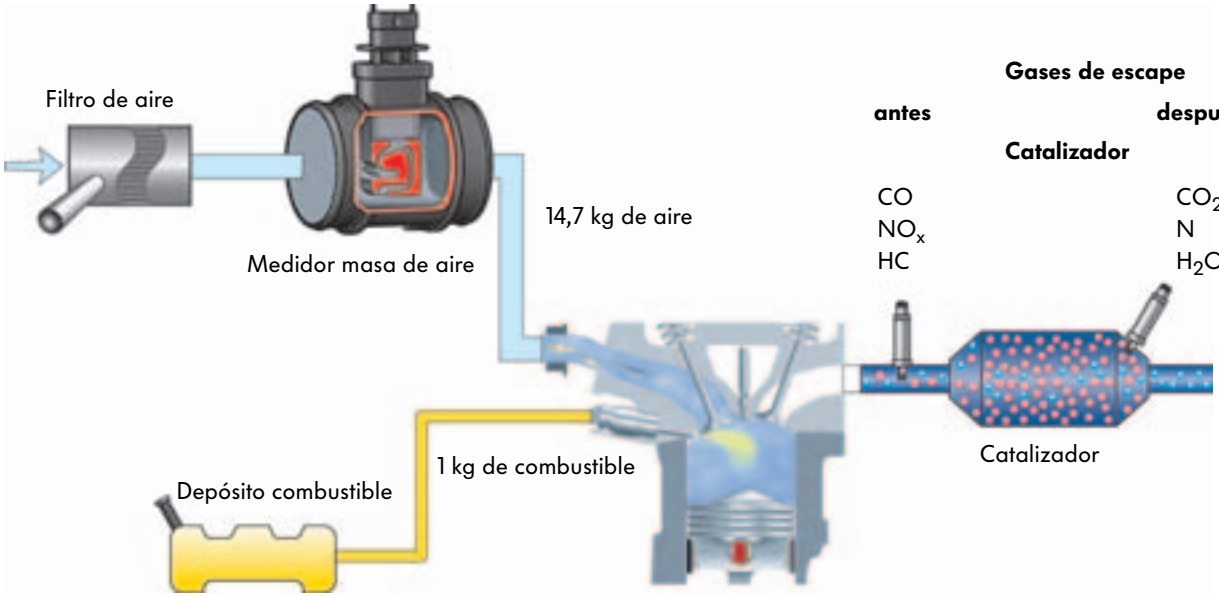


S358_004

Principios básicos de la combustión

Relación aire-combustible

Recorrido del aire



Recorrido del combustible

S358_005

Para que 1 kg de combustible pueda quemarse adecuadamente el motor de combustión necesita 14,7 kg de aire. Esta proporción de combustible y aire se denomina, en el lenguaje técnico, relación o mezcla estequiométrica.

Para que la unidad de control del motor pueda ajustar la proporción correcta de combustible en las distintas condiciones de carga necesita tener una información exacta sobre la cantidad de masa de aire que aspira el motor.

Cuando la mezcla es estequiométrica, la relación aire- combustible tiene el valor lambda 1.
Sólo cuando la mezcla es estequiométrica se consigue eliminar casi por completo, a través del catalizador, las sustancias contaminantes contenidas en los gases de escape.

Mezcla rica de aire y combustible

Cuando la mezcla es rica (lamba < 1), los gases de escape contienen demasiado monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos sin quemar (HC).

Ejemplo: $\frac{\text{1,2 kg combustible}}{\text{14,7 kg de aire}}$

Mezcla pobre de aire y combustible

Cuando la mezcla es pobre (lambda >1), los gases de escape contienen demasiado óxido de nitrógeno (NO_X).

Ejemplo: $\frac{\text{0,8 kg combustible}}{\text{14,7 kg de aire}}$

Una medición exacta de la cantidad de masa de aire que aspira el motor contribuye, por lo tanto, a mantener la mezcla en lambda 1 y a reducir o evitar las sustancias contaminantes en los gases de escape.

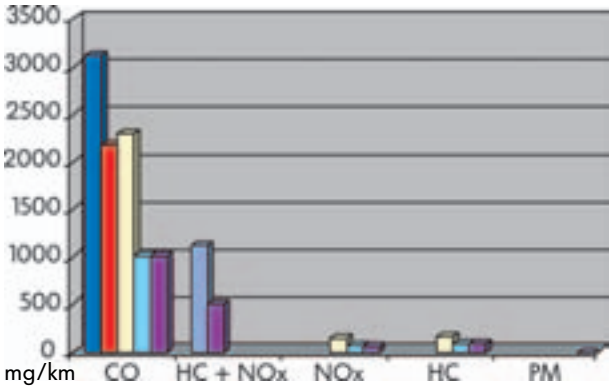
Normas de emisiones

El medidor de masa de aire por película caliente presenta unas tolerancias de medición inferiores a las de los modelos anteriores, lo que contribuye a cumplir las normas de emisiones, cada vez más severas, que rigen en Europa y en los Estados Unidos.

Al ser posible registrar con total precisión la cantidad de masa de aire que aspira el motor se consigue optimizar la composición de la mezcla y simplificar el tratamiento que reciben los gases de escape en los catalizadores.

Evolución de las emisiones en Europa

Motores de gasolina

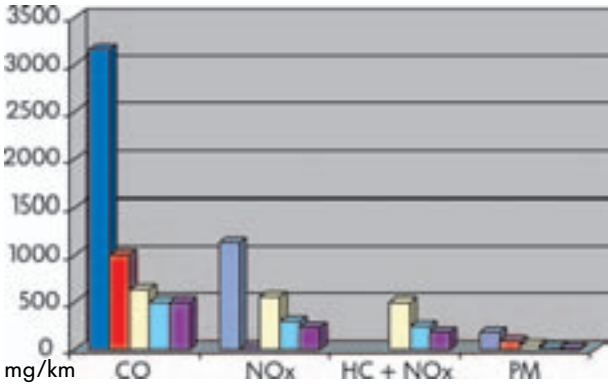


S358_010

Norma	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5**
vigente desde	01.07.92	01.01.96	01.01.00	01.01.05	01.09.09
CO	3160	2200	2300	1000	1000
HC + NOx	1130	500			
NOx			150	80	60
HC			200	100	100
PM				5*	5*

* Vehículos de inyección directa
** Valores según información recibida hasta la fecha
En la página 19 se explican las fórmulas químicas

Motores diésel



S358_011

Norma	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5**
vigente desde	01.07.92	01.01.96	01.01.00	01.01.05	01.09.09
CO	3160	1000	640	500	500
HC + NOx	1130	700/ 900*	560	300	230
NOx			500	250	180
PM	180	80/100*	50	25	5

* Vehículos de inyección directa
** Valores según información recibida hasta la fecha
En la página 19 se explican las fórmulas químicas

Leyenda

- EURO 1 a partir de 1992 también nivel 1 CEE (Comunidad Económica Europea)
- EURO 2 a partir de 1996 también nivel 2 CE (Comunidad Europea)
- EURO 3 a partir de 2000
- EURO 4 a partir de 2005
- EURO 5 a partir de 2009

Medidor de masa de aire por película caliente HFM 6

Función

El medidor de masa de aire por película caliente HFM 6 permite determinar la cantidad de masa de aire que aspira el motor. A partir de su señal, la unidad de control del motor puede conocer la cantidad exacta de masa de aire aspirada.

En los motores de gasolina, las señales se utilizan para calcular todas las funciones relacionadas con el régimen y la carga.

Las funciones relacionadas con el régimen y la carga son:

- el momento de encendido,
- el tiempo de inyección,
- la cantidad de inyección y
- el sistema de depósito de carbón activo.

Los siguientes motores ya incorporan este dispositivo:

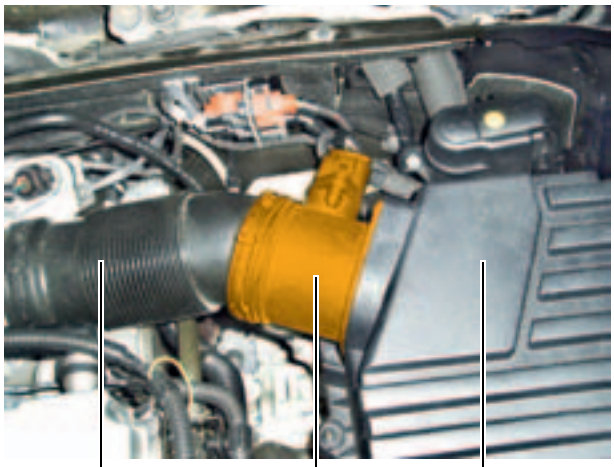
- motor V6 FSI de 3,2l
- motor V6 FSI de 3,6l
- motor R5 TDI de 2,5l

En el caso de los motores diésel, las señales se utilizan para controlar

- la cantidad de gases de escape a recircular y
- el tiempo de inyección.

Ubicación

El medidor de masa de aire por película caliente va montado en el sistema de admisión de aire del motor, entre el filtro de aire y la válvula de mariposa.



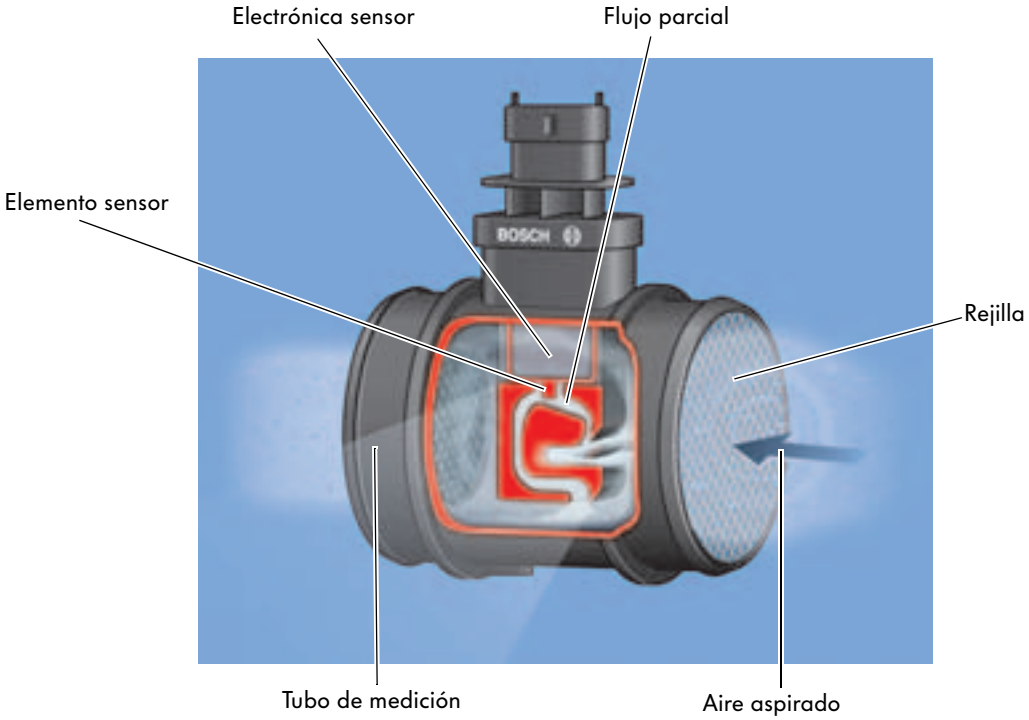
S358_016

Estructura

El medidor de masa de aire por película caliente HFM 6 consta de:

- un tubo de medición
- la electrónica del sensor con elemento sensor.

La masa de aire se mide en un conducto bypass (flujo parcial). Gracias a su especial diseño, el medidor de masa de aire puede determinar la cantidad de masa de aire aspirada y la cantidad que fluye en el sentido inverso.



S358_006

Si llegaran a entrar partículas de suciedad, vapor de aceite de motor o humedad hasta el elemento sensor, el resultado de la medición se vería falseado. Por esta razón se ha puesto especial hincapié en diseñar el tubo de medición y la rejilla de tal forma que estas impurezas no puedan llegar hasta la electrónica del sensor.

Elemento sensor

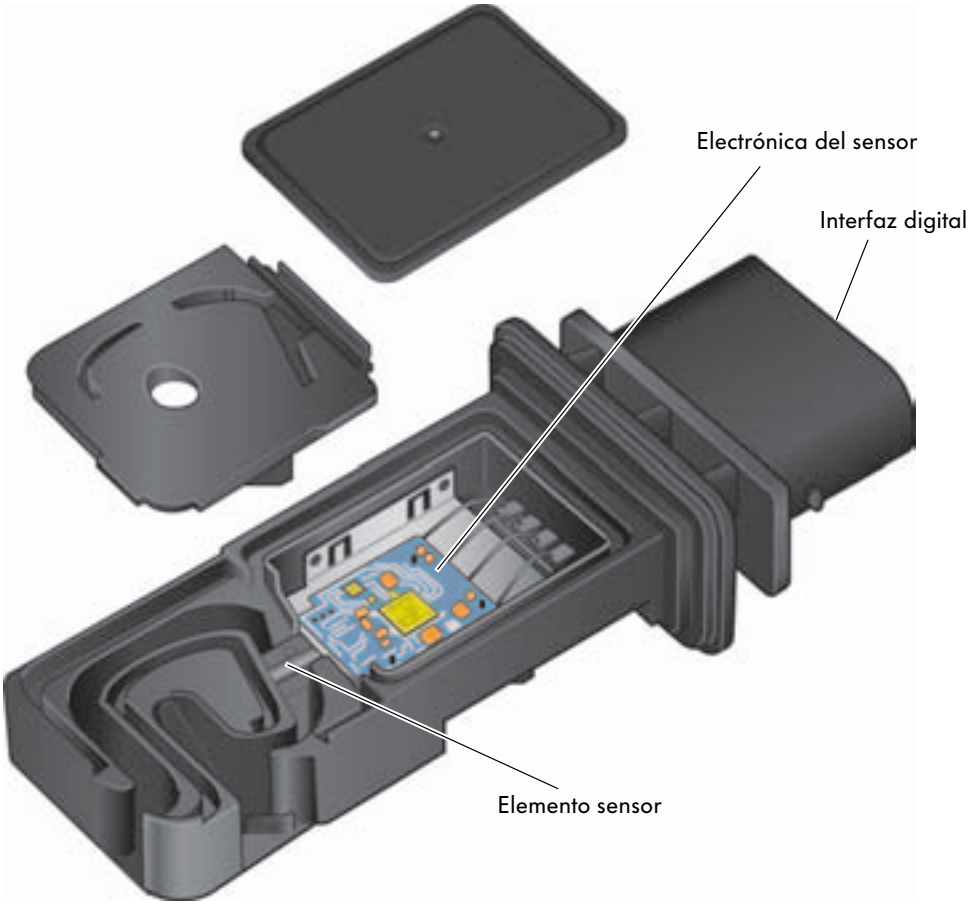
Estructura

El nuevo medidor de masa de aire funciona, al igual que los anteriores modelos, basándose en un principio de medición térmica.

Consta de los siguientes componentes principales:

- el elemento sensor micromecánico con detección del flujo inverso y sensor de temperatura del aire de admisión;
- una electrónica del sensor que realiza un procesamiento digital de las señales
- y un interfaz digital.

En comparación con los medidores de masa de aire utilizados hasta ahora, con esta nueva generación se consigue que el análisis de la señal en la unidad de control del motor sea más exacto y seguro gracias al uso de un interfaz digital.



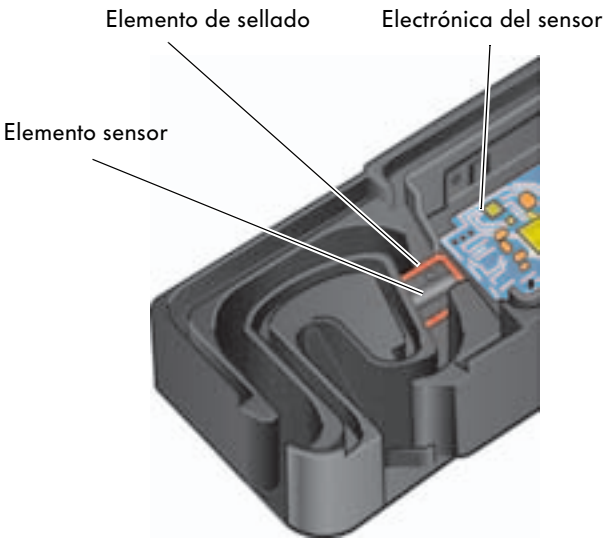
S358_001

Procesamiento digital de las señales

A diferencia de los modelos anteriores, el medidor de masa de aire HFM 6 envía una señal digital a la unidad de control del motor. Hasta ahora, la señal que recibía la unidad de control del motor era analógica y por lo tanto, con el paso del tiempo, las resistencias de contacto llegaban a falsear la señal.

Conducto bypass

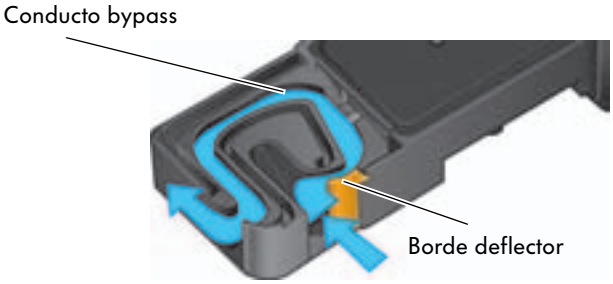
El diseño del conducto bypass se ha optimizado en comparación con el del modelo anterior HFM 5.
El flujo parcial que se necesita para medir la cantidad de masa de aire es aspirado, por detrás del borde deflector, hasta el conducto bypass.



S358_013

Estabilidad del sensor

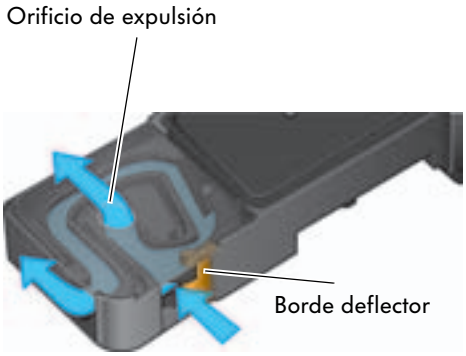
El conducto bypass va completamente separado de la electrónica del sensor mediante los elementos de sellado del sensor. Se ha reforzado, además, el material con el que se fabrica el elemento sensor.
De esta manera se consigue incrementar la robustez del sensor.



S358_008

Así funciona:

El borde deflector está diseñado de tal forma que se genera un vacío por detrás de dicho borde.
Este vacío hace que se aspire, hasta el conducto bypass, el flujo parcial de aire necesario para poder medir la cantidad de masa de aire. Las lentas partículas de suciedad no pueden seguir este rápido movimiento y son devueltas al aire de admisión a través del orificio de expulsión.
De esta forma, las partículas de suciedad no podrán falsear el resultado de la medición ni dañar el elemento sensor.



S358_012

Elemento sensor

Procedimiento de medición

Junto a la electrónica del sensor se encuentra el elemento sensor.
Este elemento sensor penetra en el flujo parcial de aire que se extrae para medir la masa de aire.

En el elemento sensor tenemos:

- una resistencia de calentamiento,
- dos resistencias dependientes de la temperatura (R1 y R2) y
- un sensor de temperatura del aire de admisión .

Así funciona:

La resistencia de calentamiento calienta el elemento sensor por el centro hasta 120 ° centígrados por encima de la temperatura del aire de admisión.

Ejemplo de funcionamiento:

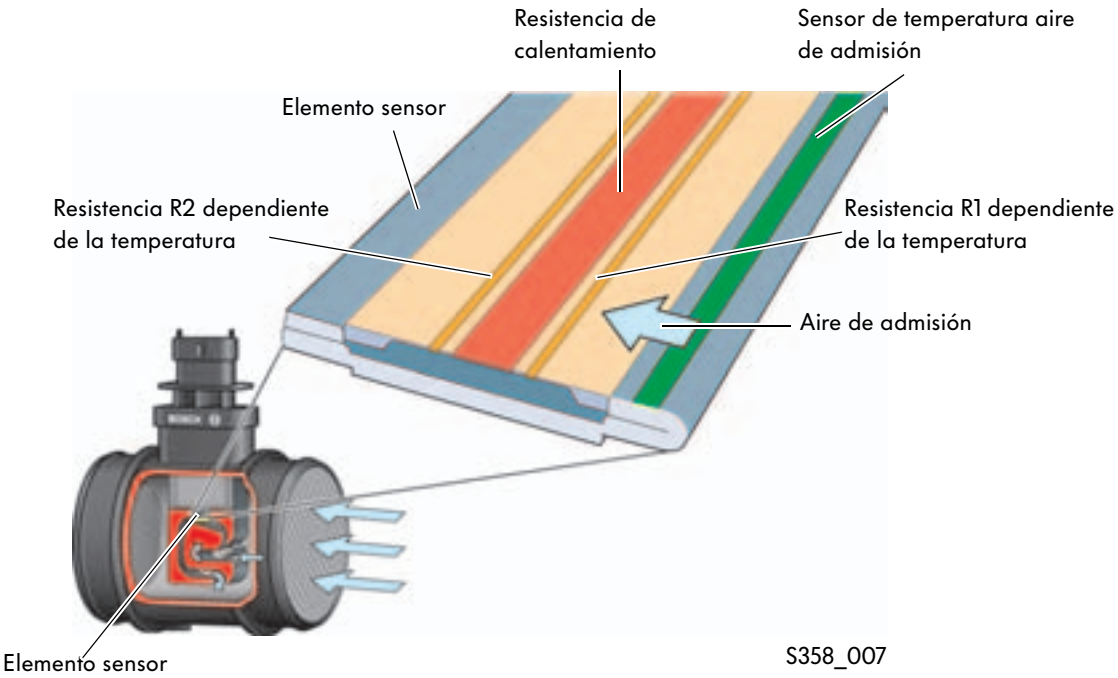
Temperatura del aire de admisión 30 °C
Resistencia de calentamiento se calienta hasta 120 °C
Temperatura medida 120 °C + 30 °C = 150 °C

Debido a la distancia con respecto a la resistencia de calentamiento, la temperatura del elemento sensor es más baja por la zona del borde.

Ejemplo de medición:

Temperatura del aire de admisión:	30 °C
Temperatura en el borde del elemento sensor:	30 °C
Resistencia de calentamiento:	150 °C
Temperatura en R1 y R2 sin flujo de aire de admisión:	90 °C
Temperatura en R1 con flujo de aire de admisión:	50 °C
Temperatura en R2 con flujo de aire de admisión:	se mantiene en unos 90 °C

A partir de la diferencia de temperatura en R1 y R2, el módulo electrónico podrá detectar la masa de aire que entra al motor y el sentido en que circula el aire.



Detección del flujo inverso

Cuando las válvulas de admisión están cerradas, el aire aspirado choca contra ellas y retorna hacia el medidor de masa de aire. Si no se detecta que fluye en sentido inverso se verá falseado el resultado de la medición.

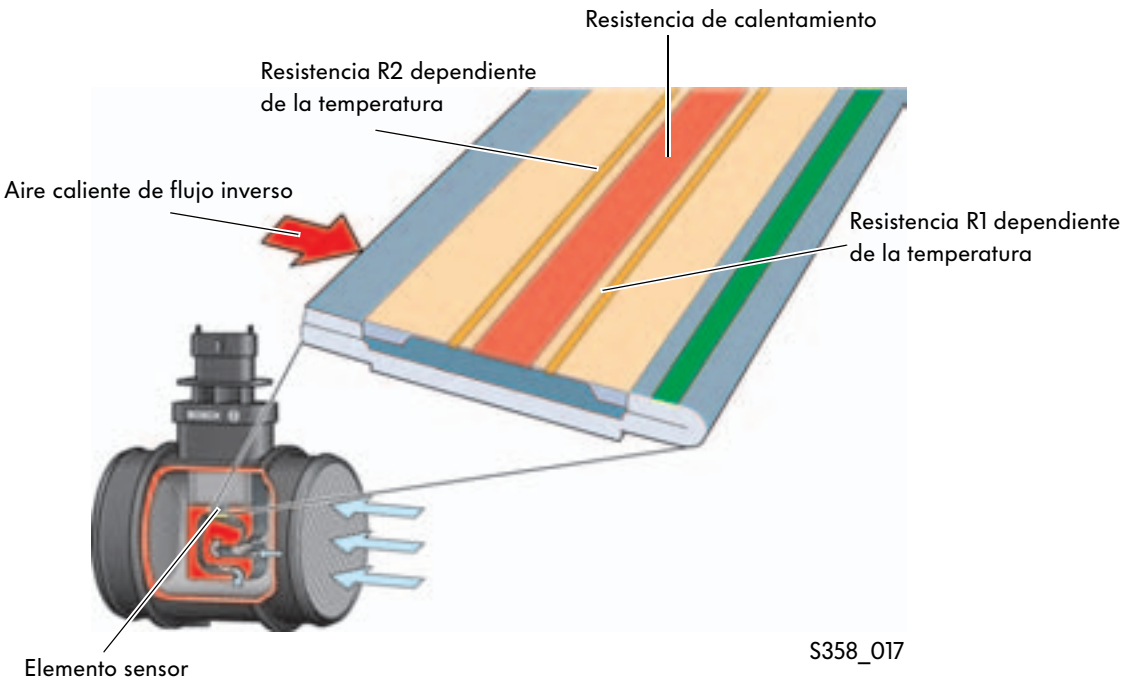
Así funciona:

El aire que fluye en sentido inverso llega al elemento sensor y pasa primero sobre la resistencia R2 dependiente de la temperatura, luego sobre la resistencia de calentamiento y, por último, sobre la resistencia R1 dependiente de la temperatura.

Ejemplo:

Temperatura del aire de admisión:	30 °C
Resistencia de calentamiento:	150 °C
Temperatura en R2:	50 °C
Temperatura en R1:	90 °C

A partir de la diferencia de temperatura en R1 y R2, el módulo electrónico podrá detectar la masa de aire que fluye en sentido inverso y el sentido en que circula el aire.

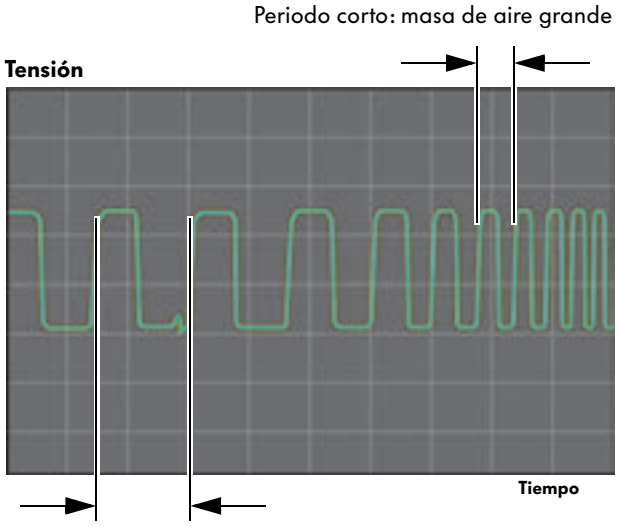


Elemento sensor

Transmisión de la señal de masa de aire a la unidad de control de motor

El medidor de masa de aire envía una señal digital de la masa de aire medida, en forma de frecuencia, a la unidad de control del motor. A partir de la longitud del periodo, la unidad de control del motor podrá conocer la cantidad de masa de aire medida.

Señal de frecuencia



S358_018

Ventaja:

Las señales digitales son más seguras que las transmitidas a través de conexiones analógicas.

Aplicación de la señal

Motor de gasolina

La unidad de control del motor necesita conocer la cantidad de masa de aire aspirada para poder calcular con exactitud las funciones relacionadas con el régimen y la carga.

Motor diésel

La unidad de control del motor necesita los valores medidos para poder calcular la cantidad de gases de escape a recircular y la cantidad de inyección.

Consecuencias en caso de ausentarse la señal

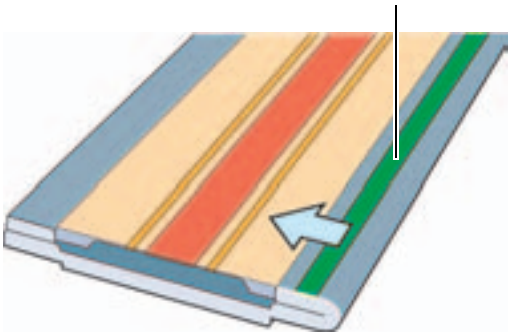
Motores de gasolina y diésel

Cuando falla el medidor de masa de aire, la unidad de control del motor utiliza un valor supletorio que va programado para este fin en la unidad de control del motor.

Sensor de temperatura del aire de admisión en el elemento sensor

El sensor de temperatura del aire de admisión se halla sobre el elemento sensor. Gracias a él, el elemento sensor puede conocer la temperatura actual del aire de admisión.

Sensor de temperatura de aire de admisión



S358_009

Aplicación de la señal

El sensor de temperatura del aire de admisión sirve para conocer las temperaturas dentro del medidor de masa de aire.

Notas:

La gestión del motor cuenta con un sensor independiente propio para conocer la temperatura del aire de admisión.

Los motores V6 FSI de 3,2l y de 3,6l llevan un sensor G42 para conocer la temperatura del aire de admisión.

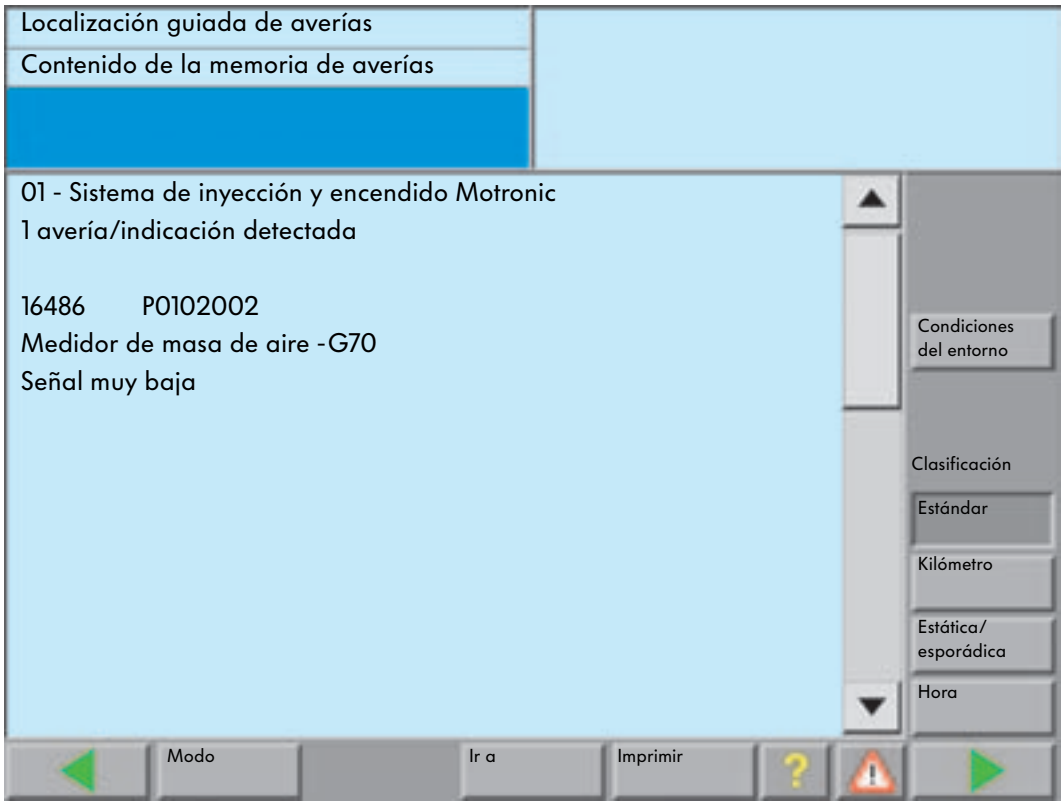
En el caso del motor R5 TDI de 2,5l, para conocer la temperatura del aire de admisión se utiliza el transmisor G42, el cual va alojado en una pieza junto con el transmisor de presión de sobrealimentación G31.

Diagnosis

Memoria de averías

El funcionamiento del medidor de masa de aire es supervisado por medio de una memoria de averías que va integrada en la unidad de control del motor J623.

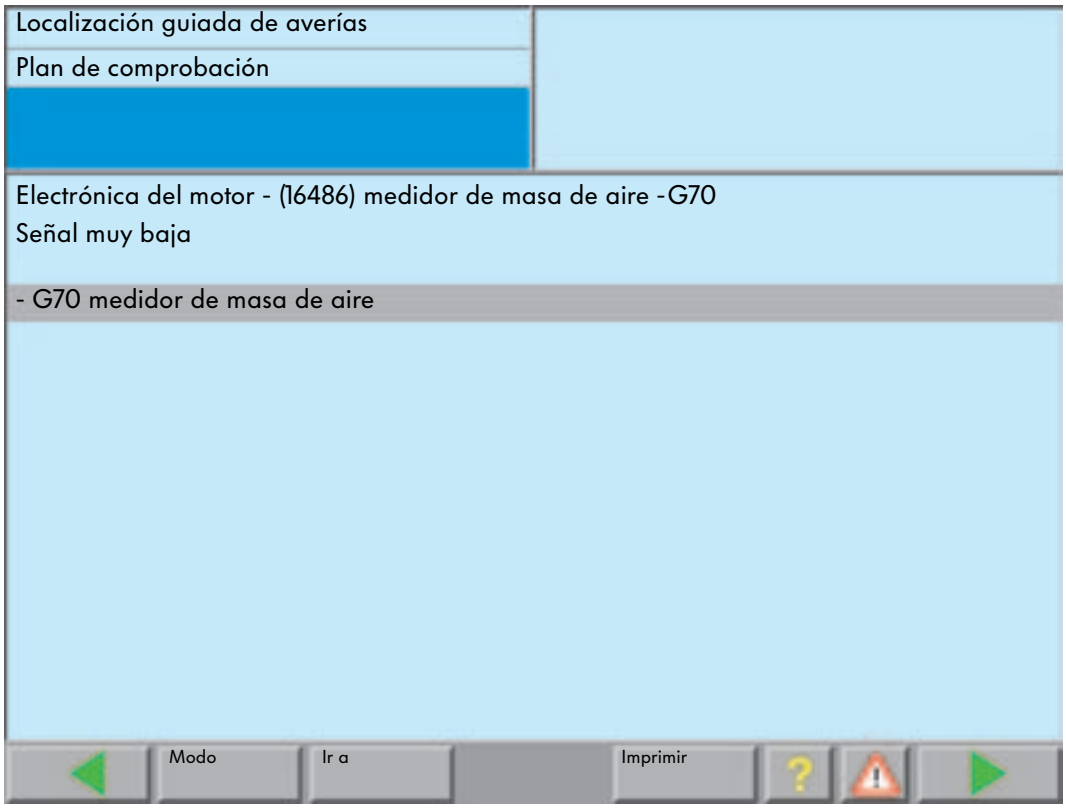
Si durante la marcha se produce un fallo en su funcionamiento, éste quedará registrado en la memoria de averías.



S358_014

Plan de comprobación

En función de lo que se haya registrado en la memoria de averías se accederá a un plan de comprobación del sistema donde se describe cada uno de los pasos que hay que ejecutar para realizar la diagnosis.



S358_015

El medidor de masa de aire no precisa ningún tipo de mantenimiento.
En caso de producirse un fallo en su funcionamiento se deberán consultar las medidas de reparación pertinentes en la Localización guiada de averías.

Ponga a prueba sus conocimientos

1. ¿Cuál de estos enunciados sobre la densidad del aire es correcto?

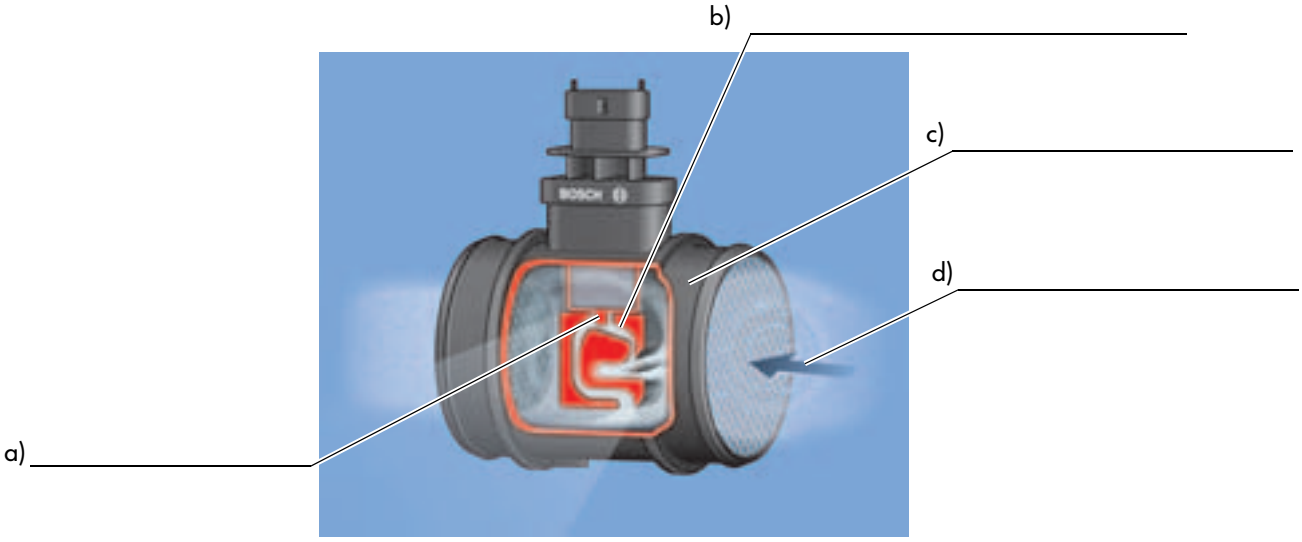
- ☐ a) Si la densidad del aire es baja, la masa de aire es pequeña.
- ☐ b) Si la densidad del aire es elevada, la masa de aire es elevada.
- ☐ c) Si la densidad del aire es baja, la masa de aire es elevada.
- ☐ d) La densidad del aire y la masa de aire son valores que no guardan relación entre sí.

2. ¿Qué enunciado es correcto?

Para conseguir quemar adecuadamente 1 kg de combustible, un motor de combustión necesita

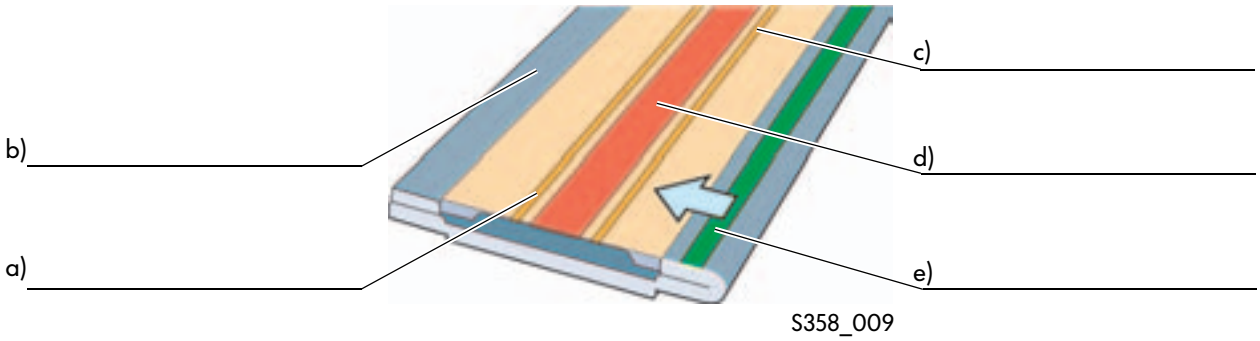
- ☐ a) 1 kg de aire
- ☐ b) 7,4 kg de aire
- ☐ c) 14,7 kg de aire
- ☐ d) 17,4 kg de aire

3. Indique el nombre de los componentes.



S358_006

4. Indique el nombre de los componentes.



5. ¿Por medio de qué componentes puede detectar el medidor de masa el aire que fluye en sentido inverso?

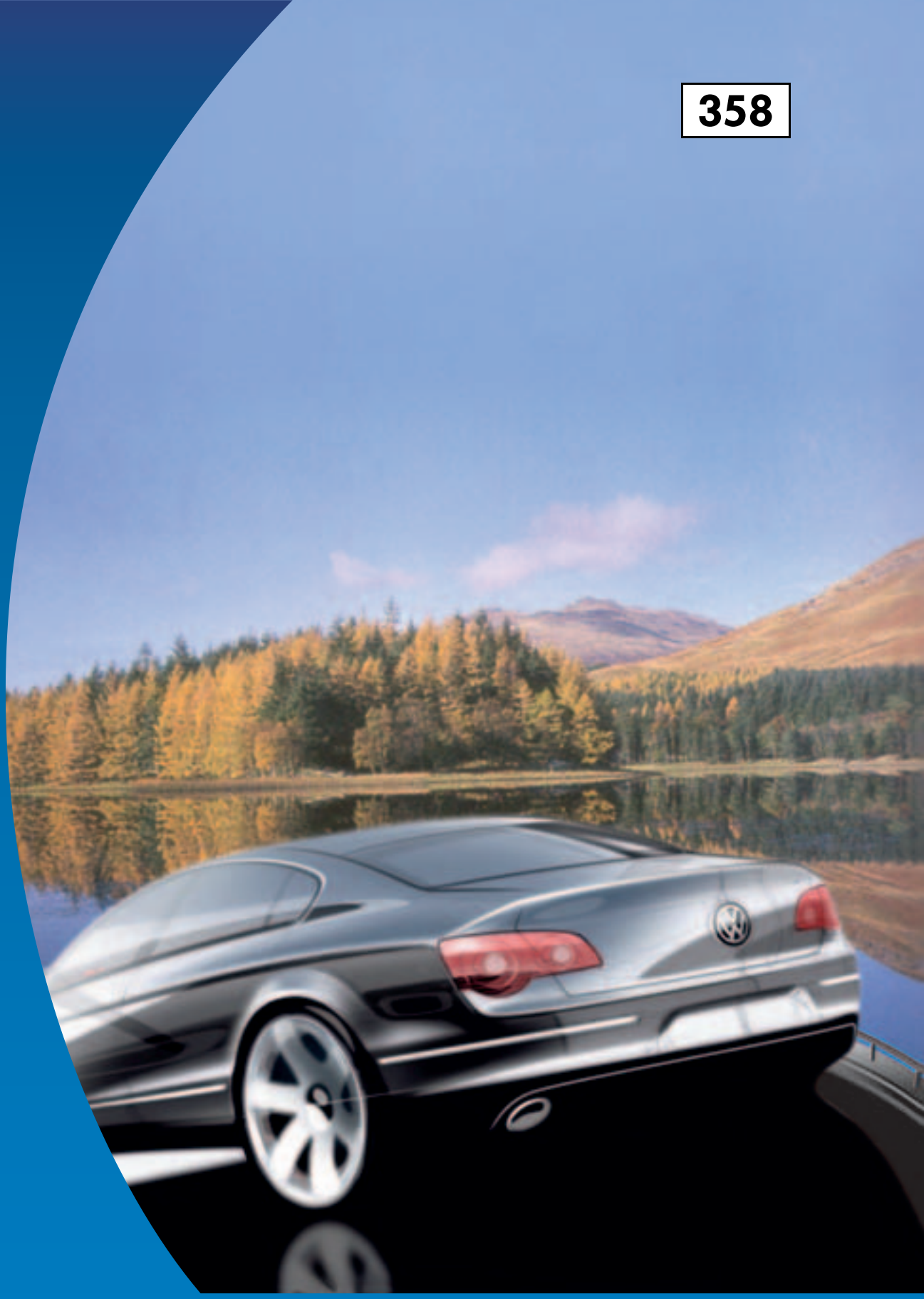
- ☐ a) por medio de la resistencia R2 dependiente de la temperatura
- ☐ b) por medio de la resistencia de calentamiento
- ☐ c) por medio del sensor de temperatura de aire de admisión G42
- ☐ d) por medio de la resistencia R1 dependiente de la temperatura

Glosario

Explicación de las fórmulas químicas

- CO monóxido de carbono
- HC hidrocarburos
- NOx óxido de nitrógeno
- PM partículas

Soluciones:
1 a, b; 2 c; 3 a: elemento sensor, b: flujo parcial de aire c: tubo de medición d: aire aspirado;
4 a: resistencia dependiente de la temperatura R2, b: elemento sensor, c: resistencia dependiente de la temperatura R1, d: resistencia de calentamiento, e: sensor de temperatura del aire de admisión ; 5 a, d



358

© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Reservados todos los derechos. Sujeto a modificaciones técnicas.
000.2811.72.60 Fecha de edición 02/2007

Volkswagen AG
Service Training VSQ-1
Brieffach 1995
38436 Wolfsburg

` Este papel ha sido fabricado con celulosa blanqueada sin cloro.