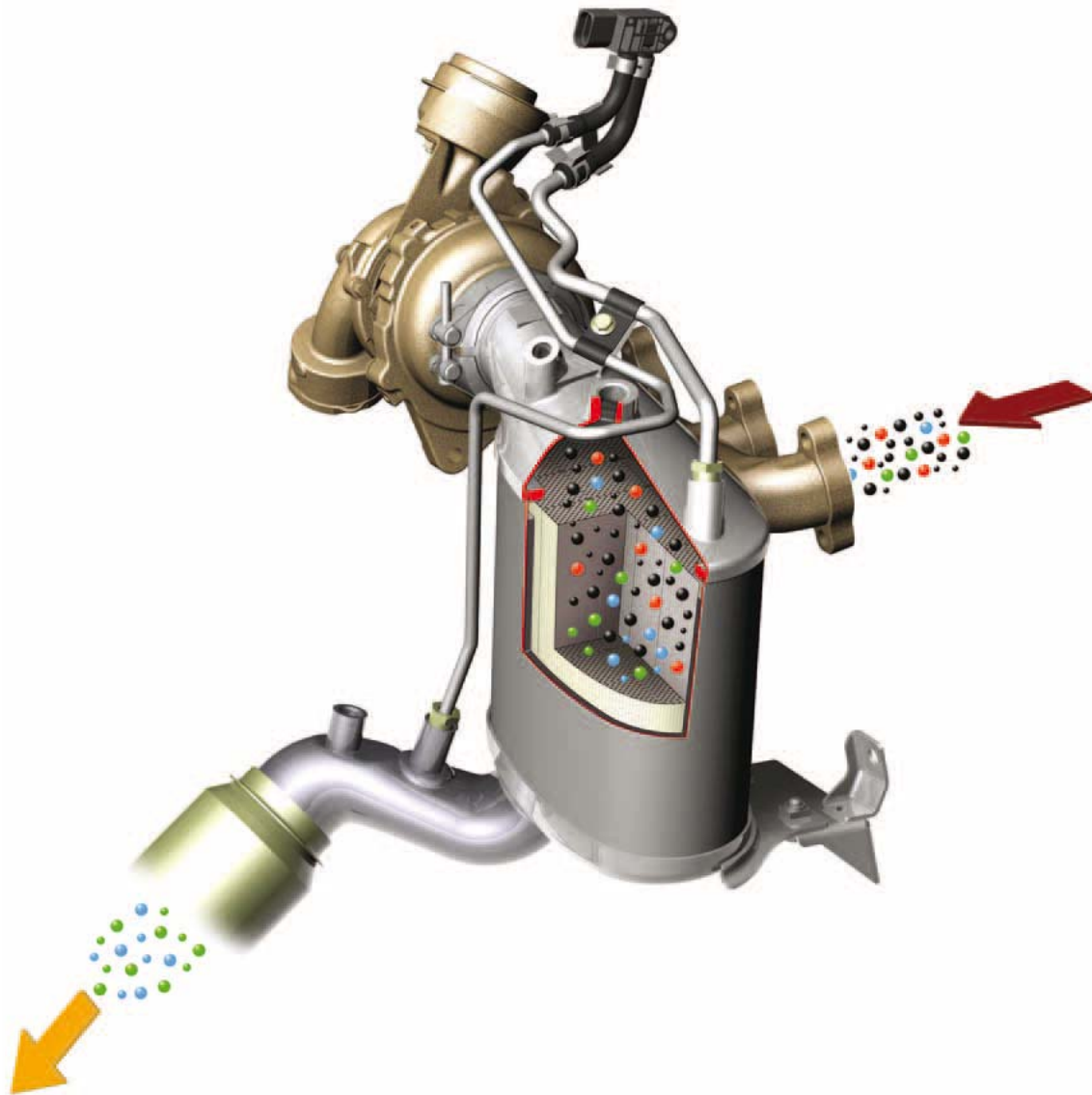


CONCURSO COMFORP JÓVENES TÉCNICOS EN AUTOMOCIÓN –  
ELECTROMECAÁNICA – EQUIPO A

**DISPOSITIVOS DE ANTICONTAMINACIÓN EMPLEADOS  
EN LOS MOTORES DE AUTOMÓVILES.**

**CENTRO SAGRADO CORAZÓN – JESUÍTAS – LOGROÑO**



Tutor : F. Javier Royo Alcázar

Participantes: Sergio Alonso Alegría

Fco. Javier Mateo Gonzalo

## POLUCIÓN ATMOSFÉRICA Y GASES CONTAMINANTES.

La polución es la acumulación de productos tóxicos en el aire que pueden provocar perjuicios graves en los seres humanos, los animales y la vegetación.

El motor de un automóvil desprende a la atmósfera una importante cantidad de compuestos, tales como hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono, que contribuyen a la formación de humos y neblinas peligrosos para la salud. Ello ha obligado a los fabricantes a adoptar medidas tendentes a reducir la polución, limitando el porcentaje de gases nocivos emitidos por el escape, introduciendo modificaciones en los sistemas de alimentación de combustible, encendido y escape. Por otra parte, los gobiernos de los diferentes países han dictado normas de obligado cumplimiento, que controlan las condiciones de funcionamiento del motor, la cantidad y la naturaleza de los gases nocivos emitidos por el escape.

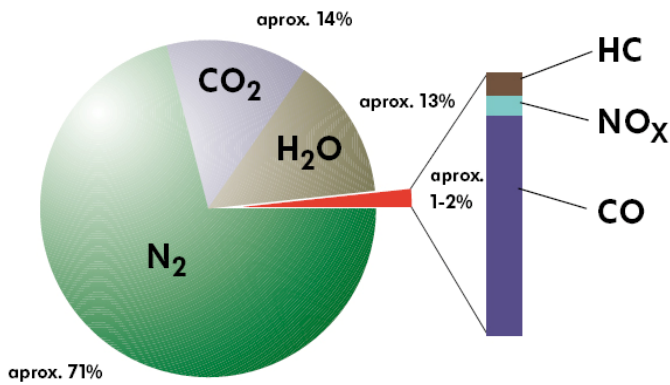
La polución producida por los motores Diesel es intrínsecamente menor que la de los motores de gasolina y proviene de dos fuentes distintas: vapores de aceite del cárter motor y gases de escape. La primera de ellas hace necesario establecer un circuito de recirculación, evitando la evacuación al exterior de los vapores que se producen en el cárter motor, con lo cual se elimina prácticamente este foco contaminante. La polución debida a los gases de escape (la más importante) requiere un tratamiento especial de estos gases antes de ser vertidos a la atmósfera y modificaciones importantes en la construcción del motor.

El contenido en productos contaminantes en los gases de escape depende de varios factores, de entre los cuales, el más importante es el proceso de combustión. Si el combustible se quema totalmente en cualquiera de las condiciones de funcionamiento del motor, el contenido de contaminantes es mínimo. Tanto las mezclas ricas como las pobres (aunque por distintas razones) hacen que el combustible no se queme totalmente, vertiéndose por el escape gran cantidad de productos contaminantes. La temperatura a la que se realiza la combustión, la presión, la homogeneidad de la mezcla, la turbulencia y la forma de la cámara de combustión, son factores que influyen notablemente en la calidad del proceso de combustión y, por consiguiente, en la emisión de contaminantes.

El proceso de combustión no se realiza de una manera completa prácticamente en ninguna de las condiciones de funcionamiento del motor.

Cuando se habla de la composición de los gases de escape de un vehículo se utilizan siempre los mismos términos: monóxido de carbono, óxido nítrico, partículas de hollín o hidrocarburos. En este contexto, sólo pocas veces se menciona que estas sustancias integrantes sólo representan una fracción de la total cantidad de gases de escape. Debido a ello, antes de describir las diferentes sustancias que integran los gases de escape, mostramos aquí la composición aproximada de los gases que despiden los motores diesel y de gasolina.

### GASOLINA



También los motores de gasolina pueden emitir dióxidos de azufre (anhídrido sulfuroso) SO<sub>2</sub> en pequeñas cantidades.

**N<sub>2</sub>** Nitrógeno

**O<sub>2</sub>** Oxígeno

**H<sub>2</sub>O** Agua

**CO<sub>2</sub>** Dióxido de carbono

**CO** Monóxido de carbono

**NO<sub>x</sub>** Óxidos nítricos

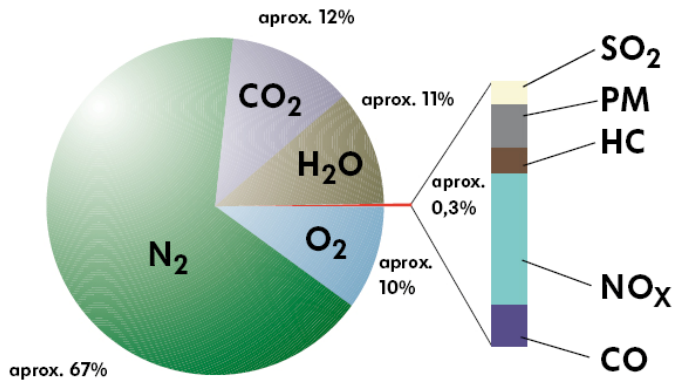
**SO<sub>2</sub>** Dióxido de azufre

**Pb** Plomo

**HC** Hidrocarburos

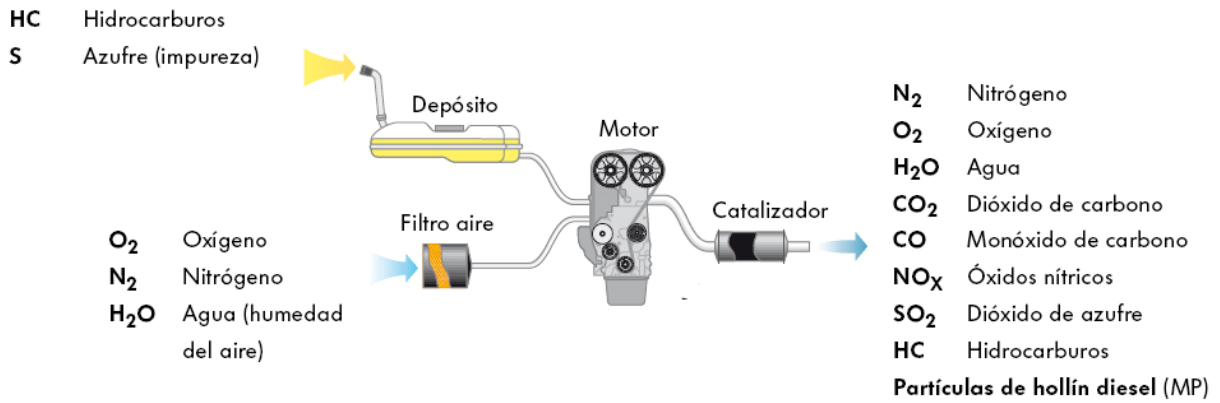
**PM** Partículas de hollín

### DIESEL



### Componentes de entrada y salida para la combustión [Video Composición Gases Escape.avi](#)

La siguiente representación gráfica se propone proporcionarle una idea general resumida sobre los componentes iniciales y finales de la combustión en el motor.



## Descripción de los componentes que integran los gases de escape

### N<sub>2</sub> . Nitrógeno

Es un gas no combustible, incoloro e inodoro. El nitrógeno es un componente elemental de nuestro aire respiratorio (78 % nitrógeno, 21 % oxígeno, 1 % otros gases) y se alimenta al proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape; sólo una pequeña parte se combina con el oxígeno O<sub>2</sub> (óxidos nítricos NO<sub>x</sub>).



### O<sub>2</sub> . Oxígeno



Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el componente más importante de nuestro aire respiratorio (21 %). Se aspira a través del filtro de aire, igual que el nitrógeno.

### H<sub>2</sub>O . Agua

Es aspirada en parte por el motor (humedad del aire) o se produce con motivo de la combustión .fría. (fase de calentamiento del motor). Es un componente inofensivo de los gases de escape.



### CO<sub>2</sub> . Dióxido de carbono



Es un gas incoloro, no combustible. Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (p. ej. gasolina, gasoil). El carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado. Las discusiones generales en torno a las alteraciones climatológicas (efecto .invernadero.), el tema de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha hecho consciente en la opinión pública. El dióxido de carbono CO<sub>2</sub> reduce el estrato de la atmósfera terrestre que suele servir de protección contra la penetración de los rayos UV (la tierra se calienta).

### CO . Monóxido de carbono



Se produce con motivo de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire respiratorio. En una concentración normal en el aire ambiental se oxida al corto tiempo,

formando dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.

### NOX . Óxidos nítricos

Son combinaciones de nitrógeno N<sub>2</sub> y oxígeno O<sub>2</sub> (p. ej. NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, ...). Los óxidos de nitrógeno se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la combustión en el motor. Ciertos óxidos nítricos son nocivos para la salud.

Las medidas destinadas a reducir el consumo de combustible suelen conducir lamentablemente a un ascenso de las concentraciones de óxidos nítricos en los gases de escape, porque una combustión más eficaz produce temperaturas más altas. Estas altas temperaturas generan a su vez una mayor emisión de óxidos nítricos.



### SO<sub>2</sub> . Dióxido de azufre

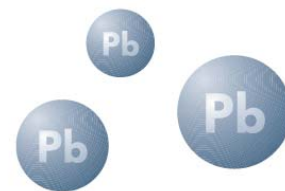


Es un gas incoloro, de olor penetrante, no combustible. El dióxido de azufre propicia las enfermedades de las vías respiratorias, pero interviene sólo en una medida muy reducida en los gases de escape. Si se reduce el contenido de azufre en el combustible es posible disminuir las emisiones de dióxido de azufre.

### Pb . Plomo

Ha desaparecido por completo en los gases de escape de los vehículos. En 1985 se emitían todavía a la atmósfera 3.000 t, debidas a la combustión de combustibles con plomo.

El plomo en el combustible impedía la combustión detonante debida a la autoignición y actuaba como una sustancia amortiguadora en los asientos de las válvulas. Con el empleo de aditivos ecológicos en el combustible sin plomo se han podido mantener casi idénticas las características antidetonantes.



## HC . Hidrocarburos



Son componentes inquemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta. Los hidrocarburos HC se manifiestan en diferentes combinaciones (p. ej.  $C_6H_6$ ,  $C_8H_{18}$ ) y actúan de diverso modo en el organismo. Algunos de ellos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos (p. ej. El benceno).

## MP Partículas de Hollín

Las partículas de hollín MP (masa de partículas) son generadas en su mayor parte por los motores diesel. Los efectos que ejercen sobre el organismo humano todavía no están aclarados por completo.



Hoy en día ya no basta con desarrollar tecnologías específicas para vehículos, destinadas a reducir determinados componentes en los gases de escape y el consumo. Por ese motivo se procede a contemplar al vehículo entero y a ajustar entre sí todos sus componentes. En virtud de este desarrollo integral de los vehículos se pueden describir tres estrategias básicas para la reducción de los gases de escape:

- Reducción del consumo
- Depuración de los gases de escape
- Control de funcionamiento

## Reducción del consumo

### Aerodinámica



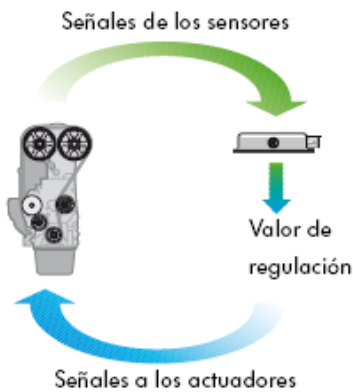
Las formas aerodinámicas del vehículo ofrecen una baja resistencia al aire. Esto se traduce en un menor consumo de combustible. Esto representa un gran avance, si se considera que a una velocidad de 100 km/h se consume aproximadamente un 70 % de la energía de la propulsión para superar la resistencia del viento.

## Reducciones de peso

Es necesario reducir el peso de las estructuras de los automóviles mediante el empleo de materiales ligeros para la carrocería (aluminio, magnesio) para poder disminuir el consumo.



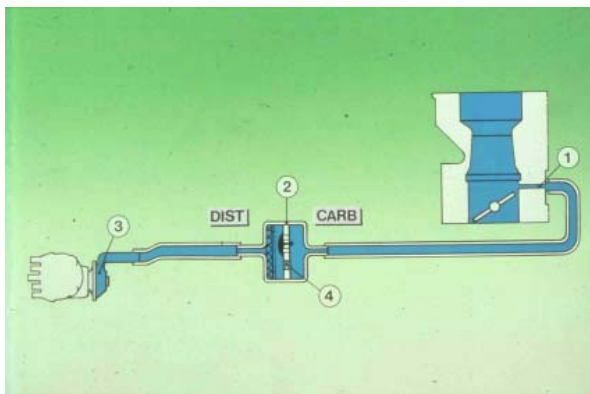
## Sistemas de gestión de motores



Los sistemas de gestión de motores influyen sobre todos los componentes regulables (actuadores) de un motor. Eso significa, que todas las señales de los sensores se analizan en la unidad de control del motor y se transforman en señales de regulación para los componentes regulables (por ejemplo: cantidad y momento de la inyección, ángulo de encendido). De ese modo es posible gestionar el motor en función de la carga y optimizar la combustión.

## Variación del ángulo de encendido en deceleración.

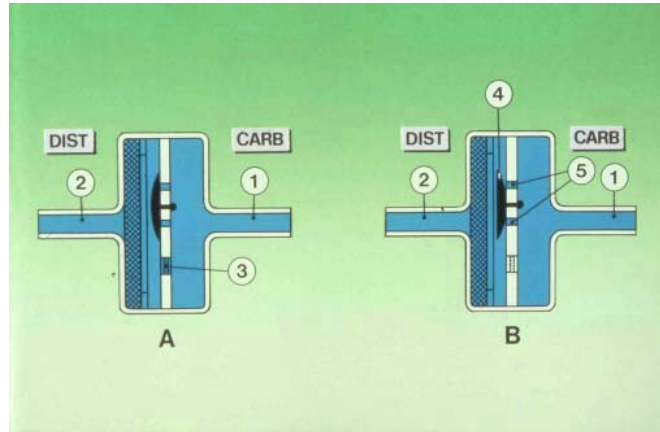
En algunos encendidos dotados de avance suplementario, la señal (1) de depresión (detectada por encima de la mariposa del carburador) es interceptada por una válvula (2) de retraso (delay) unidireccional, antes de entrar en la cápsula neumática (3) del distribuidor. Antes de actuar en la cápsula neumática (3) del distribuidor del encendido, la señal de depresión (1) en los transistores de aceleración, sufre un retraso teniendo que pasar a través de estrechamientos (4) en material sinterizado de la válvula de retraso (delay).



De esta manera se obtiene un retraso de los avances del encendido en las aceleraciones y, por consiguiente, una disminución de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos no quemados (NOx y HC). La válvula delay (2), siendo unidireccional, tiene que ser conectada correctamente, es decir posicionando el

lado de color verde (con sigla DIST) hacia la cápsula neumática del distribuidor y la válvula negra (con sigla CARB) hacia la toma de depresión encima del carburador.

Durante la aceleración (detalle A) la depresión, tomada del carburador (1) emplea un cierto tiempo para manifestar su presencia en la cápsula neumática (2) del distribuidor de encendido, ya que tiene que pasar a través de dos estrechamientos realizados con



pequeños discos en material sinterizado (3). Durante la deceleración (detalle B), la señal de depresión en el lado del carburador (1) desaparece instantáneamente. En estas condiciones, la señal de vacío (2) en el lado del distribuidor que atrae la válvula de paraguas (4) se descarga rápidamente por medio de los tres orificios (5) (sobre la válvula de mariposa) volviendo al avance del encendido normal.

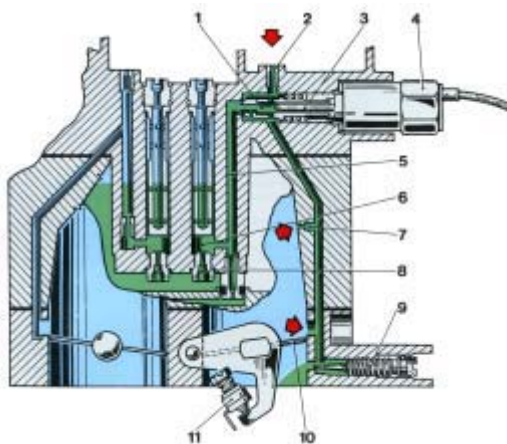
## DISPOSITIVO DE CUT-OFF

### Carburación

En algunos de los carburadores se ha introducido una electro-válvula de interceptación (obturadora) del circuito del ralentí Su función es interrumpir la alimentación en fase de deceleración (cut-off).

El dispositivo de cut-off está compuesto por los siguientes elementos:

- Una centralita electrónica de mando.
- Un interceptador del ralentí, situado cerca del conducto de alimentación del ralentí, compuesto por un electroimán y por una válvula de aguja.
- Un interruptor de mariposa cerrada, situado en el tornillo de tope mariposa.



1. Surtidor del ralentí.
2. Surtidor aire ralentí.
3. Pasador.
4. Electro-válvula.
5. Canalización.
6. Cámara principal.
7. Orificio de irreversibilidad.
8. Surtidor principal.
9. Tornillo de reglaje de la mezcla.
10. Mariposa.
11. Interruptor de mariposa cerrada.



## **Inyección**

Durante la deceleración, el sistema de regulación ofrece la posibilidad de anular completamente los impulsos de inyección, eliminando de este modo la emisión de hidrocarburos no quemados, particularmente crítica cuando se suelta el pedal del acelerador, permitiendo, asimismo, un discreto ahorro de combustible.

Utilizando la información obtenida por el sensor posición válvula de mariposa ( contacto o potenciómetro ) la centralita anula los impulsos de inyección, hasta que, con la mariposa completamente cerrada, el régimen del motor se mantiene superior al valor prefijado.

La reactivación de la inyección se efectuará a diferentes regímenes según la deceleración del motor, para evitar que este último se apague. Además, la reactivación de la inyección se efectuará a regímenes inversamente proporcionales a la temperatura del refrigerante.

## **Optimización de motores y transmisiones**

El diseño de motores y transmisiones ejerce una gran influencia sobre el consumo de un vehículo. En el caso de los motores, por ejemplo, los sistemas de inyección de vanguardia son factores importantes para establecer una combustión con consumos mínimos.

En el caso de los cambios es preciso adaptar las relaciones de las marchas al tamaño y peso del vehículo. Aparte de ello se implantan mientras tanto también transmisiones de 6 marchas. De esa forma se puede utilizar el motor predominantemente en el régimen de revoluciones que representa el consumo más adecuado.

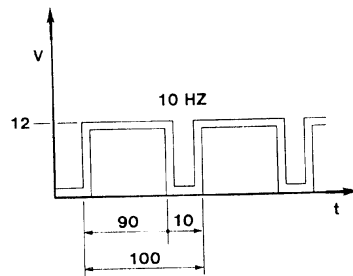
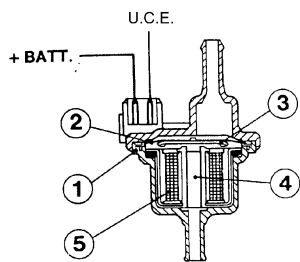
## **Dispositivos para el control de las Emisiones por Evaporación (Canister).**

[Video Canister.avi](#)

Su misión es la de impedir que se propaguen en la atmósfera los hidrocarburos provenientes del depósito y del sistema de alimentación. El método más sencillo para impedir que se difundan en la atmósfera los vapores de gasolina es quemarlos en el motor. Así pues, durante la marcha del vehículo no hay ningún problema, los problemas surgen cuando el vehículo está parado con el motor apagado. En este caso, los vapores deben retenerse. Para ello se utilizan los filtros de carbones activos. Un filtro de carbones activos funciona como una esponja, almacenando los vapores de gasolina que llegan hasta el filtro a través de tubos específicos. Naturalmente, el filtro no puede absorber los vapores indefinidamente, porque después de un cierto tiempo se satura y pierde eficacia. El filtro se regenera, con el vehículo en marcha, al ser atravesado por una fracción del aire aspirado por el motor. Durante este lavado también se aspiran los hidrocarburos que estaban almacenados y que son enviados en aspiración al motor para ser quemados en la cámara de

combustión. La válvula obturadora de los vapores gasolina, que permite que los vapores sean aspirados por el motor, puede ser de mando neumático o eléctrico; en ambos casos sólo se permite el paso de los vapores a través de la válvula en determinadas condiciones de funcionamiento del motor, para evitar que la mezcla se enriquezca demasiado.

En caso de motorizaciones sobrealimentadas, la válvula obturadora, naturalmente, sólo podrá abrirse cuando la presión en el interior del colector de admisión sea inferior a la



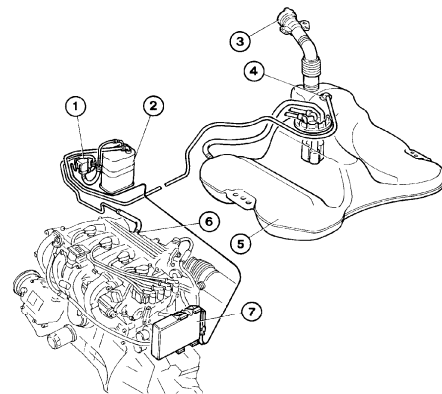
presión atmosférica (régimen aspirado).

Para poder regular este flujo de aire, se ha colocado una válvula accionada por el calculador, en

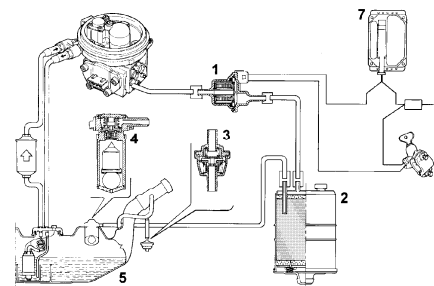
el circuito de aspiración de los vapores de gasolina. Los gases purgados pueden crear una diferencia de riqueza. La apertura de la válvula debe ser adaptada a las condiciones de funcionamiento del motor. Todos los vehículos que incorporan estos sistemas están dotados de un

depósito de gasolina presurizado. La válvula encerrada en el cuerpo (1) está compuesta por una parte móvil u obturador (2) vinculado a un muelle laminar (3), la parte fija está formada por un cilindro de metal (4) perforado en su interior en el que se

enrolla la bobina (5). El conjunto, por tanto, está estructurado para que, cuando se alimente la bobina, el obturador es atraído por el cilindro que constituye la parte fija de la válvula, cerrándola. La apertura y cierre de la válvula se obtiene mediante una determinada señal producida por la electrónica de la centralita de inyección. La señal está compuesta por una onda cuadrada con frecuencia fija de 10 Hz, la centralita varía la relación de la señal relacionada con un ciclo, (periodo). Esta relación se establece considerando el ángulo de apertura de mariposa y se activa sólo con una temperatura motor establecida.



- 1. Válvula obturadora de los vapores de gasolina
- 2. Filtro de carbones activos
- 3. Válvula de seguridad y ventilación
- 4. Válvula multifuncional
- 5. Depósito
- 6. Toma de aspiración de los vapores de combustible en el colector de admisión
- 7. Centralita de inyección - encendido



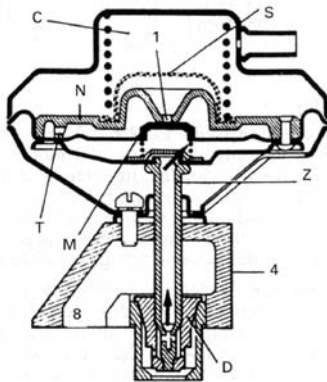
## Recirculación de gases de escape ( EGR ) [Video EGR.avi](#)

Debido a las altas temperaturas de la combustión a la que trabajan los motores modernos y grandes contenidos de oxígeno, promueven la producción de óxidos nítricos (NOx). Los óxidos nítricos generados no se pueden reducir con el catalizador de oxidación, en virtud de lo cual, se los tiene que limitar desde el momento de su generación, a base de aplicar una recirculación de gases de escape (EGR).

Introduciendo una determinada cantidad de gases de escape en la mezcla de combustible y aire se reduce la temperatura de la combustión, bajando así el contenido de oxígeno en la cámara y reduciéndose las emisiones de NOx . Sin embargo, el ascenso de la concentración de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y partículas sólidas marca los límites para la cantidad de gases de escape recirculables.

Los valores de riqueza límites para un funcionamiento regular del motor aumentan con la tasa de gases de escape reciclados, por lo cual, para no penalizar las prestaciones en plena carga y la estabilidad de giro en ralentí, la recirculación solamente se realiza en cargas parciales. También se impide la recirculación en las fases de funcionamiento en frío del motor.

### VÁLVULA E.G.R



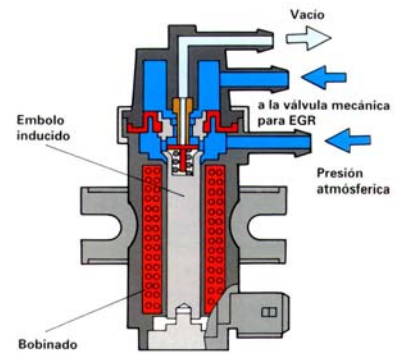
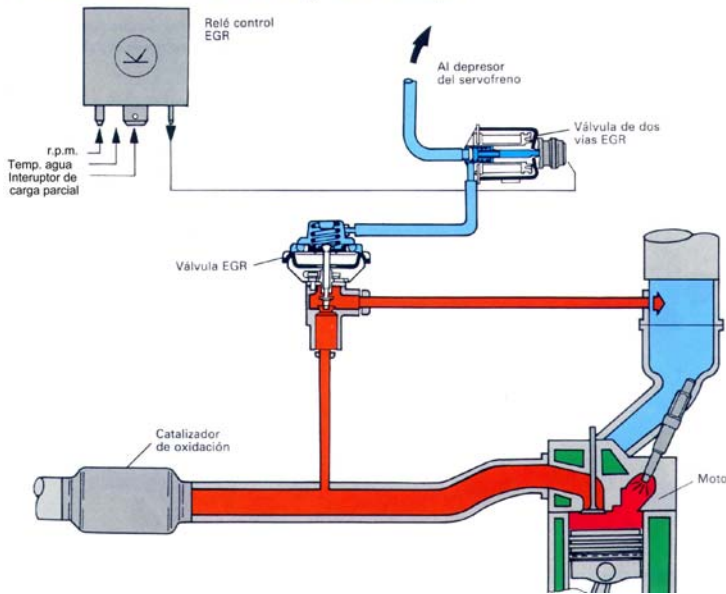
La Figura muestra la estructura de una válvula EGR, constituida por dos cámaras separadas por la placa N, la cual está provista en su parte central de un orificio 1 que es tapado por la membrana M en la posición de reposo de ésta. Por encima de la placa separadora N se forma la cámara superior C, que está sometida a la acción del vacío creado por el motor en su funcionamiento, o en otros casos, el generado por una bomba de vacío. Entre la membrana M y la placa N se forma la segunda cámara, comunicada

permanentemente con el exterior a través de los orificios T.

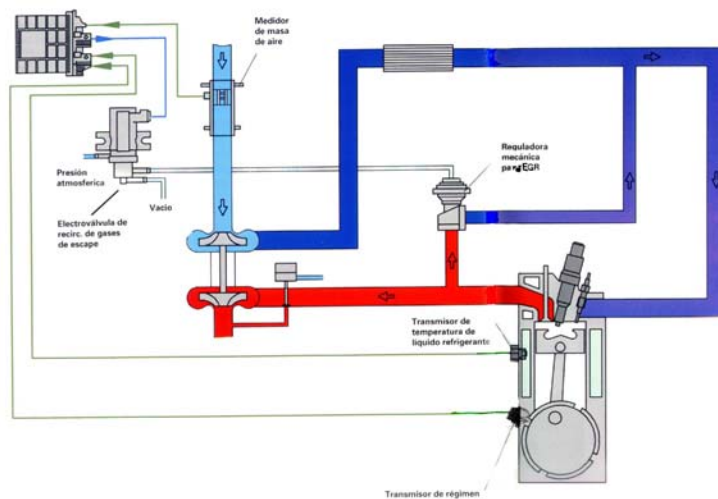
En el funcionamiento del motor, la presión generada por los gases de escape está aplicada a la válvula de reciclado D, tendiendo a abrirla para dejar pasar el gas reciclado hacia el lado de la admisión por el conducto 8. Cuando los valores de presión son elevados, como ocurre con las grandes cargas, la válvula D y su vástago Z se desplazan hacia arriba y el orificio 1 de la placa N queda cerrado, pues la presión se transmite a la membrana a través del conducto del eje de válvula Z, lo que permite que se aplique a la membrana toda la

depresión reinante en la cámara C, que tira fuertemente de la válvula de reciclado para dejar un gran paso a los gases de escape hacia la admisión. Sin embargo, con cargas ligeras, el empuje a que se ve sometida la válvula de reciclado es menor y, por ello, el orificio 1 de la placa N se abre a intervalos de tiempo propiciando una fuga de la depresión reinante en la cámara C (por los orificios T) que limita el movimiento hacia arriba del conjunto de membrana y placa manteniendo la válvula de reciclado menos abierta.

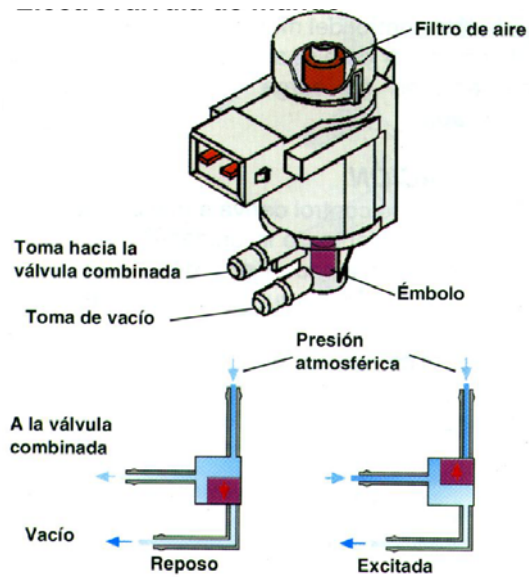
**El sistema de recirculación de gases de escape**



La activación de la electroválvula de mando del sistema de reciclado de los gases de escape está pilotada por la unidad electrónica de control, que envía impulsos de corriente a la electroválvula en magnitud dependiente de las condiciones de funcionamiento del motor, las cuales son captadas por los diversos sensores. Las señales que llegan a la unidad de control desde todos estos sensores son analizadas y transformadas en una corriente de mando que se envía a la electroválvula de control para autorizar el reciclado de los gases de escape en determinadas circunstancias grabadas en la memoria de la unidad de control.



Con ello se obtiene un control preciso de las condiciones de funcionamiento del motor en las que se produce el reciclado de gases y la duración del mismo para conseguir emisiones escasas de productos contaminantes sin penalizar las prestaciones del motor.



Las estrategias de mando de los sistemas de recirculación de gases de escape suelen adaptarse a las características del motor, de manera que se efectúe el reciclado en determinadas condiciones de marcha. Por ejemplo, para regímenes del motor inferiores a 3.500 r.p.m. se activa el reciclado, siempre que la carga del motor no sobrepase un determinado valor, a partir del cual, se considera que es necesaria toda la potencia del motor para impulsar al vehículo. Por otro lado, la desconexión del reciclado se produce cuando hay

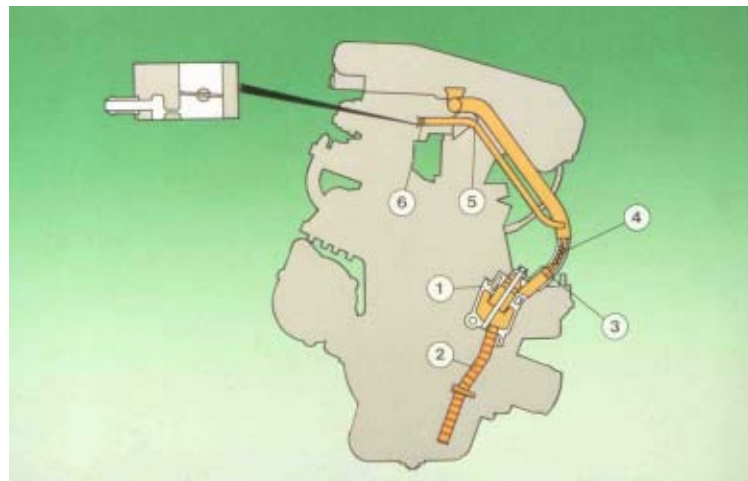
una variación de carga importante, en cuyo caso la unidad de control interpreta que se está produciendo una aceleración y corta el reciclado, como también lo hace para valores de presiones y temperaturas inferiores a 915 mbar y 50° C, respectivamente.

## Dispositivos para el control de las emisiones del bloque motor.

[Video Vapores Cártter.avi](#)

### Motor Atmosférico.

Los gases de "escape" que salen del bloque atraviesan el separador de ciclón (1) y pierden parte del aceite motor que está disuelto en ellos, y que, en forma de gotas, vuelve al cárter a través de la tubería (2). Con la mariposa del acelerador abierta, los gases



residuales llegan al filtro del aire mediante la tubería (3) que contiene en el interior un parachispas (4). Con este sistema se impide la combustión de los gases que proceden del bloque en caso de retorno de la llama desde la torreta porta-electroinyector (o del colector de aspiración). Con la mariposa cerrada (motor al ralentí), la depresión aspira los gases (en cantidad limitada) directamente en el colector de admisión por medio de un pequeño tubo (5) y del orificio calibrado (6).

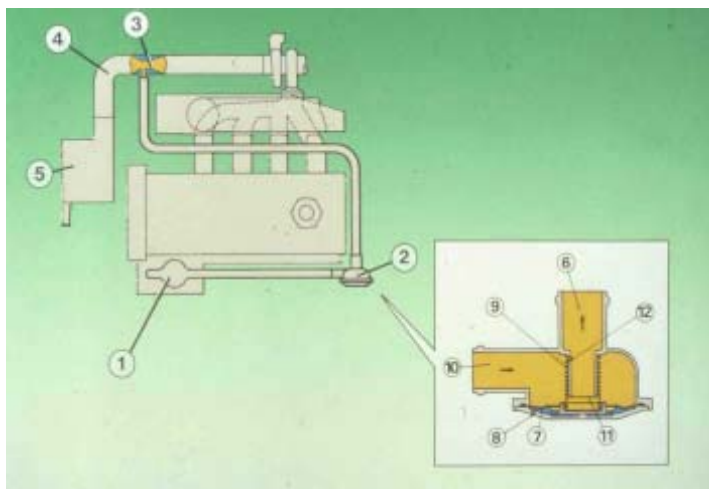
### **Motor Turboalimentado.**

Este sistema permite reducir el valor de presión en el bloque, evitando así pérdidas de rendimiento pero sin poner en comunicación con la atmósfera el contenido de gas del mismo bloque. Los gases de que proceden del separador de ciclón (1) se reciclan en una cámara de combustión mediante: la válvula limitadora de flujo (2) y la sección restringida del tubo Venturi (3), situado en el conducto de admisión (4) después del filtro de aire (5).

### **Válvula limitadora.**

Dicha válvula se encuentra en la instalación de recirculación de los gases del bloque y su funcionamiento aprovecha la depresión respecto a la atmósfera presente en el conducto (6) de envío. La superficie inferior de la membrana (7) está sometida a la presión atmosférica mediante el orificio (8), mientras que la superior está sometida a la depresión presente en el conducto (6).

En condiciones de reposo, la membrana se mantiene adherente a la tapa mediante un muelle (9), el conducto de admisión (10) está conectado así con el envío tanto mediante el



extremo inferior del manguito (11) como mediante el orificio (12) efectuado en la pared del mismo. La depresión tendrá lugar conectando el envío de la válvula con la sección restringida del tubo Venturi acoplada en el conducto de admisión, después del filtro.

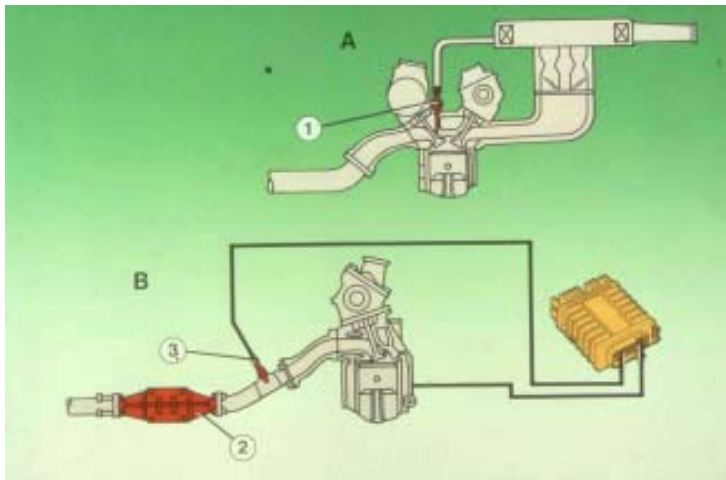
Al aumentar el régimen de rotación del motor, y por lo tanto el caudal de aire aspirado, se incrementa el valor de la depresión. La membrana, venciendo la resistencia del muelle, tiene tendencia a acercarse a la extremidad inferior del manguito (11), cerrándolo a valores más altos de depresión. En estas condiciones es posible obtener el flujo de gases sólo mediante el orificio (12) y está aún más limitado a causa del obstáculo representado por el muelle compactado.

## Depuración de gases de escape.

### Tratamiento de los gases de escape

Al fin de reducir más el porcentaje de los contaminantes, los gases de escape pueden ser tratados, tras haber sido expulsados desde la cámara de combustión, de dos maneras distintas:

1. La primera (detalle A) es la que realiza una post-combustión en el colector de escape mediante la introducción de aire suplementario, para favorecer una oxidación de los hidrocarburos quemados (HC), y del óxido de carbono (CO), presentes en los gases de escape. La instalación denominada "inducción de aire" (air induction system) se realiza mediante válvulas automáticas (1) de laminilla (reed valves) fijadas en la cabeza de



los cilindros y conectadas mediante canalizaciones detrás de las válvulas de escape. 2. La segunda manera (detalle B) prevé las reacciones químicas de oxidación del óxido de carbono (CO) y de los hidrocarburos no quemados (HC) y la reducción de los

óxidos de nitrógeno (NOx). Con estas reacciones el óxido de carbono (CO), los hidrocarburos no quemados (HC) y los óxidos de nitrógeno (NOx) presentes en los gases de escape se transforman en compuestos no contaminantes es decir en anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), vapor de agua y nitrógeno (N<sub>2</sub>).

La instalación puede ser utilizada tanto en equipamientos con carburador pilotado electrónicamente como en equipamientos con inyección electrónica mono-inyector (single point) o pluri-inyectores (multipoint), consiste en un reactor catalítico (2) trivalente (Three-way catalytic converter) y en una sonda (LAMBDA -3) con relativo circuito de regulación.

### INDUCCIÓN DEL AIRE EN EL COLECTOR DE ESCAPE

Se utilizan 2 versiones diferentes:

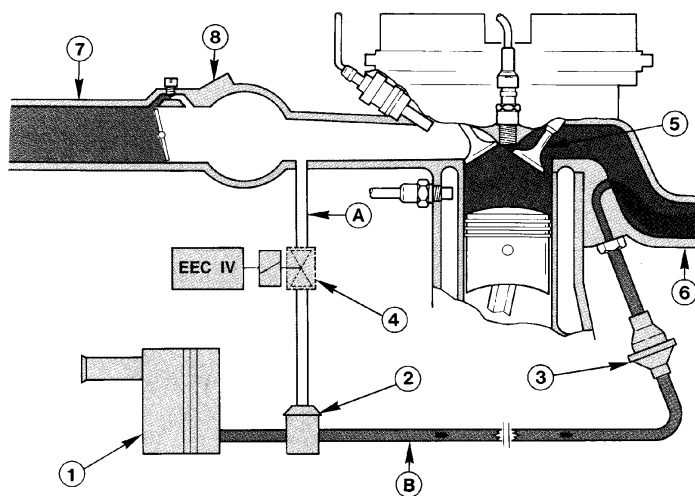
- . Sistema de aire Pulse [aire por impulsos] (motores de inyección y de carburador).
- . Sistema de inyección de aire (sólo motor de inyección)

Los dos sistemas son muy similares. La diferencia estriba en que en un caso el aire es aspirado por las fluctuaciones de presión del sistema de escape. y en el otro el aire es inyectado mediante un dispositivo especial. El tiempo que los sistemas están en funcionamiento, es definido por el sistema de control del motor correspondiente, en base a variables de control como la temperatura, la carga, la velocidad del motor, etc.

Debido al enriquecimiento excesivo de la mezcla de combustible y aire durante la fase de arranque en frío se producen mayores concentraciones de hidrocarburos sin quemar en los gases de escape. Durante ese periodo, el sistema de aire secundario inyecta aire detrás de las válvulas de escape. El gas de escape se enriquece de esa forma con oxígeno y se produce una recombustión. Aparte, con el calor producido en la recombustión se alcanza más rápido la temperatura de servicio del catalizador. El sistema de aire secundario reduce así las emisiones de escape en la fase de arranque en frío.

El sistema para la inyección de aire secundario actúa en la fase de calentamiento del motor. La inyección de aire secundario se pone en funcionamiento al arrancar el motor en frío, desconectándose al entrar en funcionamiento la regulación Lambda. Tras arrancar en frío, el motor trabaja con mezcla rica ( $\text{Lambda} < 1$ ). En esta fase es cuando el sistema se activa. El oxígeno contenido en el aire secundario reacciona con los gases de escape calientes que se hallan en el interior del colector de escape justo detrás de las válvulas de escape. A través de esta oxidación, las materias nocivas CO y HC son transformadas en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . La temperatura de los gases de escape aumenta. De esta forma, tanto la sonda Lambda como el catalizador alcanzan más rápidamente su temperatura de servicio y, consiguientemente, la regulación Lambda entra antes en funcionamiento.

### SISTEMA DE AIRE DE IMPULSOS [PULSE]



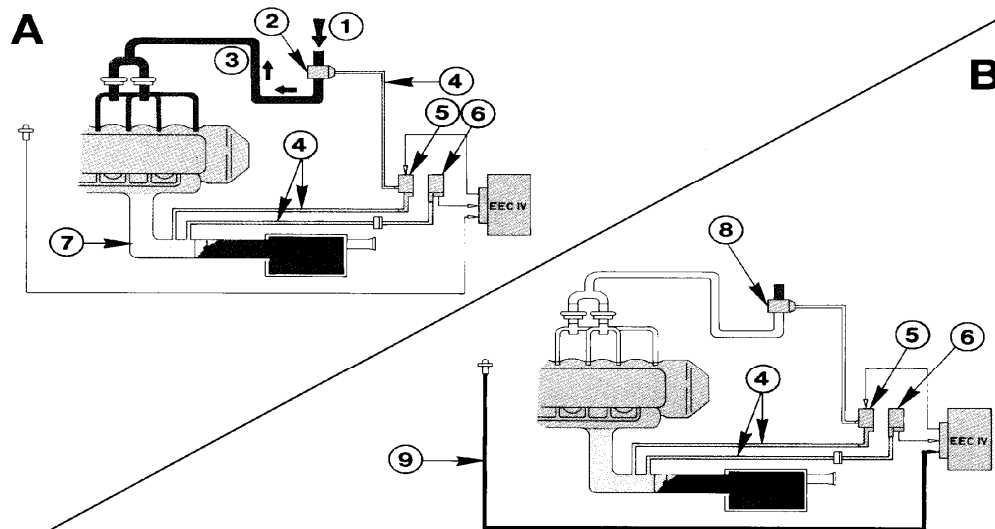
[Video Sistema Air Pulse.avi](#)

En el colector de escape se produce temporalmente un vacío relativo, motivado por la acción pulsante de los gases. Como resultado de esta diferencia de presión, el aire primario es aspirado a través de un filtro de aire que lo impulsa a la válvula que está directamente detrás de las válvulas de salida del colector de escape.



- 1 Filtro de aire/silenciador de impulsos [Pulse].
  - 2 Válvula de control de aire.
  - 3 Válvula de aire Pulse (válvula antiretorno, 1 o 2 válvulas, dependiendo del tipo de motor).
  - 4 Solenoide secundario de vacío del aire.
  - 5 Válvula de escape.
  - 6 Colector de escape.
  - 7 Colector de admisión
  - 8 Alojamiento de la mariposa.
- A Vacío del colector de admisión.  
B Aire primario.

### MOTORES DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE CON SISTEMA DE AIRE POR IMPULSOS [PULSE]



- |   |  |
|---|--|
| <b>A</b> Sistema en funcionamiento (circuito abierto) | <b>5</b> Solenoide de vacío de aire secundario |
| <b>B</b> Sistema parado (circuito cerrado)            | <b>6</b> Sensor MAP                            |
| <b>1</b> Aire atmosférico                             | <b>7</b> Colector de admisión                  |
| <b>2</b> Válvula de control de aire abierta           | <b>8</b> Válvula de control de aire cerrada    |
| <b>3</b> Aire atmosférico al escape                   | <b>9</b> Señal del sensor de oxígeno           |
| <b>4</b> Vacío  |  |

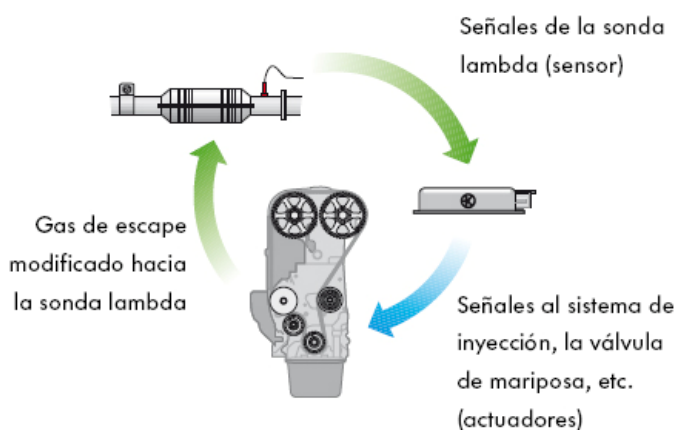
En los motores de inyección de combustible, el sistema de aire por impulsos [Pulse] sólo funciona en modo de circuito abierto durante la fase de calentamiento, sin control de emisiones. Los niveles de HC y CO en los gases de escape se reducen y el convertidor catalítico de 3 vías se calienta a un ritmo más rápido. El sistema de aire por impulsos [Pulse] no está en funcionamiento durante el control en circuito cerrado del sensor de oxígeno (HEGO). El sistema no se activa cuando el motor está desembragado.

. El solenoide de vacío de aire secundario es simplemente una válvula de 2 posiciones (ON/OFF) controlada por la UCE y suministra el vacío a la válvula de control de aire. La válvula de control de aire se abre cuando se aplica el vacío del colector de admisión.

## CONVERTIDORES CATALÍTICOS.

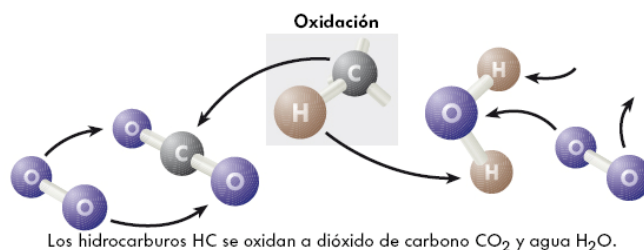
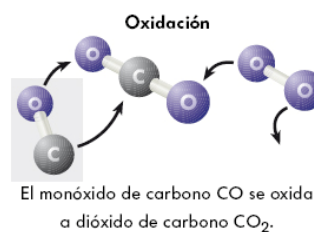
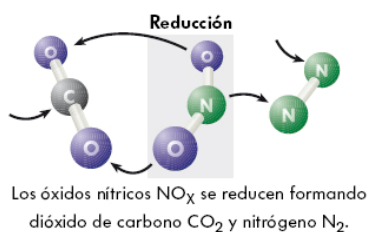
[Video Catalizadores v Sondas Lambda.avi](#)

La emisión de productos contaminantes vertidos por el motor puede reducirse eficazmente mediante un tratamiento catalítico ulterior, que sumado a la acción sobre el proceso de combustión y el tratamiento térmico de los gases de escape, da como resultado una emisión limpia de contaminantes. Con este proceso se trata de acabar de quemar el combustible no consumido en la cámara de combustión y que sale por el colector de escape junto a los gases quemados. El tratamiento catalítico ulterior de estos gases es notablemente más efectivo que la mera postcombustión térmica y, mediante el catalizador, pueden transformarse más del 90% de los elementos contaminantes en otros componentes totalmente inofensivos.



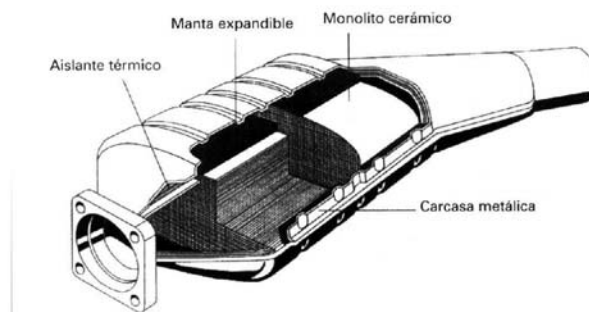
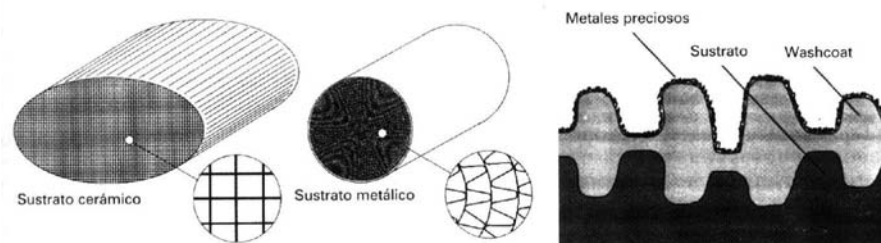
Con el tratamiento catalítico de los gases de escape se consigue aumentar considerablemente la velocidad de las reacciones químicas de oxidación y reducción que se dan de forma natural en el sistema de escape, empleando un producto (catalizador) que sin participar en la reacción la acelera enormemente, es decir, en su presencia, las reacciones de oxidación y reducción se producen con mucha más rapidez que si el catalizador no estuviera presente y los productos reaccionantes no se mezclan con la sustancia catalizadora, que permanece inalterable para seguir propiciando las sucesivas reacciones.

Los óxidos nítricos  $\text{NO}_x$  se reducen formando dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  y nitrógeno  $\text{N}_2$ .



Las sustancias catalizadoras utilizadas para el tratamiento de los gases de escape de los automóviles son metales preciosos, como el rodio y el platino, que se ubican en una carcasa metálica con forma de silenciador, situada a la salida del colector de escape para mantener una elevada temperatura. A este elemento se le llama catalizador, o mejor aún, convertidor catalítico. Al circular los gases de escape a través del recinto catalizador, las diferentes moléculas del gas, en presencia del rodio y el platino, se ponen en contacto con mayor facilidad para formar otros compuestos. Así, el CH, CO y NOx presentes en los gases de escape, se transforman en productos inactivos. Bajo la acción catalizadora del rodio, los óxidos de nitrógeno NOx se descomponen en oxígeno y nitrógeno, de los cuales, este último es vertido directamente al exterior, mientras que las moléculas de oxígeno pasan a combinarse con los CH y CO. Por la acción catalizadora del platino el CH se convierte en dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y agua H<sub>2</sub>O; y el monóxido de carbono CO se transforma en dióxido CO<sub>2</sub>, ninguno de los cuales es nocivo.

En general, los convertidores catalíticos utilizan un sustrato de tipo cerámico (monolito cerámico) dadas sus altas prestaciones y fiabilidad, aunque en pequeños catalizadores se emplea el sustrato metálico, más resistente que el anterior a las altas temperaturas, aunque tiene el inconveniente de su elevado precio.



Cualquiera que sea el tipo de sustrato, su estructura de panal de abeja está formada por pequeñas canaletas cuadradas (aproximadamente 70 de ellas por cm<sup>2</sup>), que han sido

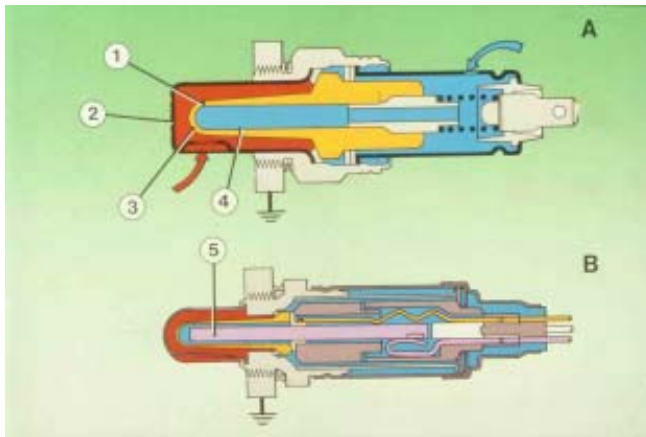
recubiertas con un producto llamado "washcoat", en donde se han incorporado los metales nobles platino y rodio (entre 1 y 7,5 g, dependiendo de las dimensiones del sustrato). Con esta estructura de panal de abeja se consigue una gran superficie catalizadora, que en un convertidor catalítico promedio supone una superficie total correspondiente a dos campos de fútbol. El monolito cerámico se aloja en la carcasa metálica rodeado por un elemento intermedio llamado manta expandible, cuya función es la de fijar firmemente el monolito a la carcasa, al tiempo que absorbe las diferencias de dilatación entre estos dos elementos, de los cuales, el acero se dilata con el aumento de temperatura, mientras que la cerámica no sufre prácticamente ninguna variación dimensional. La manta expandible presenta una gran capacidad de aumentar su espesor con la temperatura, absorbiendo sin dificultad las diferencias de dilatación entre el acero y la cerámica, al tiempo que realiza una función de aislante térmico, manteniendo el monolito a una temperatura mayor, con la que se mejora la eficacia del catalizador. La carcasa metálica del convertidor catalítico se fabrica de acero inoxidable con el fin de lograr la mayor vida útil, asegurando unas buenas características mecánicas a alta temperatura y elevada resistencia a la corrosión. En su superficie dispone de unas nervaduras que dan rigidez al conjunto y evitan deformaciones no deseadas. Las aberturas de admisión y expulsión tienen forma de cono para facilitar la distribución del gas en el monolito cerámico. En algunos casos, se disponen en la superficie externa de la carcasa unas protecciones anticorrosivas que protegen los elementos próximos del vehículo y externos. La máxima eficacia de los convertidores catalíticos se logra a una temperatura de entre 400 y 800°C, que debe ser alcanzada lo más rápidamente posible después del arranque del motor. Atendiendo a la función que realizan, los convertidores catalíticos pueden ser de dos o de tres vías. El número de vías de un catalizador hace referencia a la cantidad de compuestos que puede transformar. En cualquier caso, todos ellos son iguales exteriormente y se diferencian realmente en el tipo de metales preciosos que utilizan.

### **Sonda Lambda $\lambda$**

El control del título de la mezcla de circuito cerrado (CLOSED LOOP) queda asegurado por un sensor sonda  $\lambda$  (LAMBDA) que mide el contenido residual de oxígeno presente en los gases de escape.

Las mediciones de la sonda sobre la composición de los gases de escape permiten que la centralita electrónica efectúe una corrección continua y en tiempo real, del título de la mezcla (empobrecimiento - enriquecimiento), para mantenerla muy cercana al título estequiométrico, es decir en un intervalo muy corto, de valores cercanos al mismo. De

la exacta composición de la mezcla depende el funcionamiento eficaz del catalizador y



la reducción de la toxicidad de los gases de escape.

La sonda (detalle A) está compuesta por un cuerpo cerámico (1) a base de bióxido de circonio, cerrado en su extremo y contenido en un cuerpo (2) que lo protege y permite el montaje del colector de escape.

La parte exterior (3) de la sonda se encuentra expuesta al flujo de los gases de escape mientras que la parte interior (4) se encuentra en comunicación con el aire exterior.

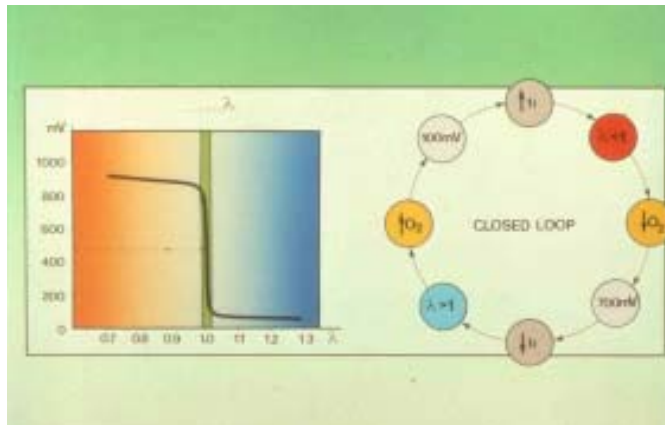
El funcionamiento de la sonda se basa en el hecho de que con temperaturas superiores a 300° C el material cerámico utilizado se vuelve conductor de iones de oxígeno.

Por lo tanto si a dichas temperaturas, la cantidad de oxígeno a ambos lados del sensor se encuentra en porcentajes diferentes, se genera entre los dos polos extremos, debido a las características del material cerámico utilizado, una variación de la tensión. En definitiva, la sensibilidad particular del sensor (LAMBDA), mediante la señal de tensión de salida dirigida a la centralita electrónica, avisa a ésta última que los residuos de oxígeno en los gases de escape no están en el porcentaje necesario para poder garantizar el funcionamiento eficaz del catalizador. Para superar la desventaja que por debajo de los 300° C el material cerámico no es conductor, BOSCH ha fabricado una sonda (detalle B) que presenta la particularidad de ser eléctricamente calentada mediante la resistencia (5), introducida en su parte interior, siempre alimentada por un positivo bajo llave .

Esto permite acelerar el tiempo de calentamiento inicial durante la puesta en marcha en frío, y por lo tanto conservar la eficiencia del sensor en caso de que el motor gire al ralentí por un largo periodo de tiempo.

Las dos sondas ya mencionadas también se conocen como estequiométricas ya que trabajan con mezclas de aire/ gasolina, cuya dosificación se acerca a la estequiométrica ( $\lambda = 1$ ); además sus características constructivas no permiten la utilización de gasolina con etilo (con plomo). También existe un tipo de sonda  $\lambda$  (LAMBDA) denominada delgada ( $> 1$ ) que respecto a las tradicionales ( $\lambda = 1$ ), presenta la peculiaridad de poder trabajar con coeficientes de aire ( $\lambda$ ) comprendidos entre 1 y 1,5 y de ser resistente al plomo de la gasolina con etilo (máx. Pb 0,15 ÷ 0,4 g/l).

La señal de tensión generada por la sonda  $\lambda$  (LAMBDA), en relación a la concentración de oxígeno en los gases de escape, llega a 600 ÷ 900 mV con mezclas de aire/gasolina ricas ( $\lambda < 1$ ) y aproximadamente 100 mV con mezclas pobres ( $\lambda > 1$ ).



El paso del título rico al título pobre y viceversa, es detectado por la centralita electrónica de la instalación de la inyección, cuando la señal de alta tensión generada por la sonda  $\lambda$  (lambda) es inferior o superior a 440 ÷ 500mV.

El control de circuito cerrado (CLOSED LOOP) determinado por la centralita electrónica, en función de la sonda  $\lambda$ . (LAMBDA) para mantener el título de la mezcla en un intervalo limitado de valores cercanos al estequiométrico, se desarrolla de la siguiente manera:

- Aumento del tiempo de la inyección ( $t_i$ ), por lo tanto es inyectada más gasolina.
- El título de la mezcla de aire/gasolina se enriquece ( $LAMBDA < 1$ ).
- Los gases de escape, a raíz de la combustión de una mezcla rica contienen poco oxígeno ( $O_2$ ).
- La sonda  $\lambda$  (LAMBDA) produce y envía a la centralita electrónica una señal (700 mV aproximadamente) relativa a una falta de oxígeno en los gases de escape, típica de la combustión de una mezcla rica.
- La centralita electrónica del sistema de inyección en un tiempo real reduce el tiempo de inyección ( $t_i$ ), por lo tanto es inyectada menos gasolina.
- El título de la mezcla aire/gasolina se empobrece ( $\lambda > 1$ ).
- Los gases de escape, a raíz de la combustión de una mezcla pobre, contienen mucho oxígeno ( $O_2$ ).
- La sonda  $\lambda$  (LAMBDA) genera y envía a la centralita electrónica una señal (100 mV aproximadamente) relativa a un excedente de oxígeno en los gases de escape, típica de la combustión de una mezcla pobre.
- Empieza un nuevo circuito (LOOP), por consiguiente la centralita electrónica del sistema de inyección en tiempo real, aumenta el tiempo de inyección ( $t_i$ ).

Con este sistema se asegura la variación del título de la mezcla en un campo (ventana  $\lambda$ ) muy restringido, que garantiza el funcionamiento eficaz del catalizador (silencioso catalítico).

La regulación desarrollada por la centralita electrónica automáticamente también tiene automáticamente en cuenta condiciones particulares de funcionamiento del motor

Durante dichas fases, la variación de los tiempos de inyección efectuada por la centralita en función de la señal de la sonda  $\lambda$  (LAMBDA) no se produce puesto que resultaría contrastante con las condiciones de conducción predeterminadas; el motor funciona entonces en circuito abierto (OPEN LOOP).

### **Sonda Lambda de Banda Ancha.**

La sonda lambda de banda ancha es utilizada para poder determinar con una cierta precisión mezclas con un abanico de trabajo amplio, que oscilan entre 11:1 a 22:1, o factores lambda de 0.9 (rica) a 2.2 (pobre).

Para realizar el trabajo correctamente, utiliza una estructura diferente a una sonda lambda convencional, aunque su principio de medida es el mismo.

Para el correcto funcionamiento de un sonda lambda de banda ancha, el sistema consta de dos etapas, una de medida y otra generadora de oxígeno. Con un circuito de control se determina el factor lambda resultante de los gases de escape. Este tipo de sonda puede utilizarse para hacer análisis de gases de escape en motores de Gasolina, Alcohol, Gasoil y Propano.

En la actualidad nos podemos encontrar 2 tipos, BOSCH y NGK, diferenciándose una de otra en la presencia del amplificador operacional, una integrado en el conector lado sonda lambda y otra integrado en la unidad de motor.

### **FUNCIONAMIENTO**

El funcionamiento de esta sonda lambda, es similar a la sonda de oxido de circonio convencional, pero con una variante importante y es un dispositivo para cambiar la característica de la cámara de medida en función de la información ofrecida.

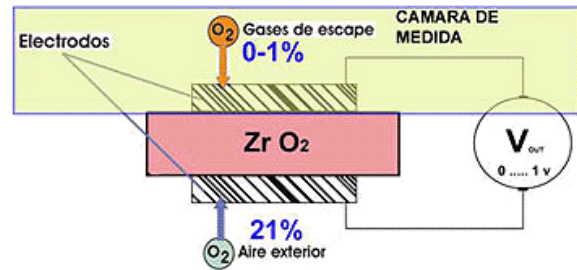
La base de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, hace que la zona de funcionamiento de la célula de medida trabaje siempre en una zona de lambda 1. Para ello utiliza la célula de oxígeno, que se encarga de hacer variar el oxígeno medido para mantener la condición anterior. La unidad de control determina el valor lambda en función



del trabajo de la célula de oxígeno para mantener el valor lambda 1 en la cámara de medida. Para ver mas claro su funcionamiento, vamos a dividir la sonda lambda en dos etapas, una la CELULA DE MEDIDA y otra la CELULA DE oxígeno.

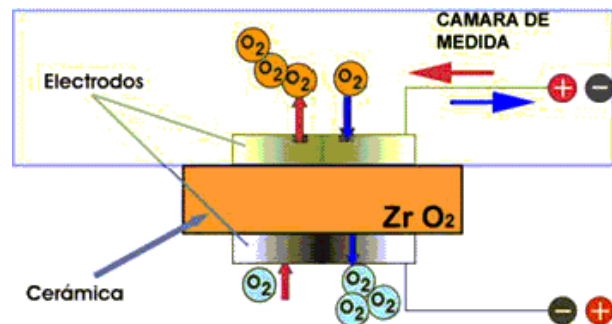
### Célula de medida

Esta parte es la encargada de medir el porcentaje de oxígeno que contiene los gases de escape. Ofrece una tensión de 0 a 1 voltios en función del oxígeno. La tensión es mas elevada cuando aumenta la diferencia de oxígeno entre el contenido en los gases de escape y el que hay en el exterior.



### Célula de oxígeno

Esta etapa es la encargada de modificar la cantidad de oxígeno que tiene los gases de escape en la cámara de medida de la sonda lambda. Para realizar esta modificación de oxígeno, desvía el mismo desde el exterior (aire de referencia) hacia la cámara de medida o a la inversa, en función de una corriente eléctrica que se le hace atravesar a la célula. La intensidad y el sentido de la corriente, determina la cantidad de oxígeno y si se extrae o añade a la cámara de medida.



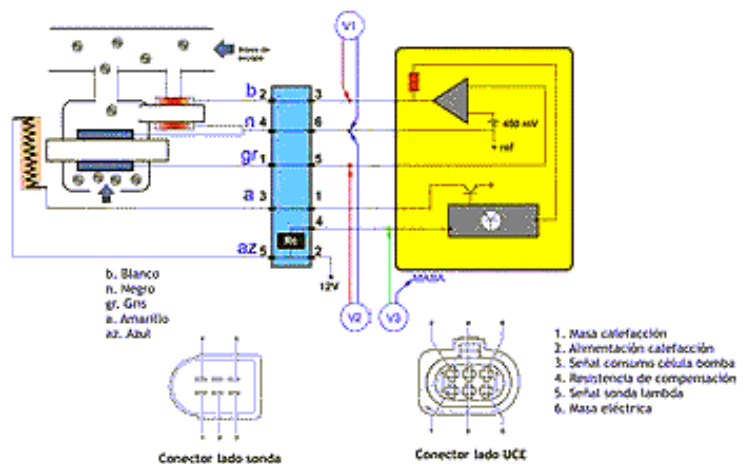
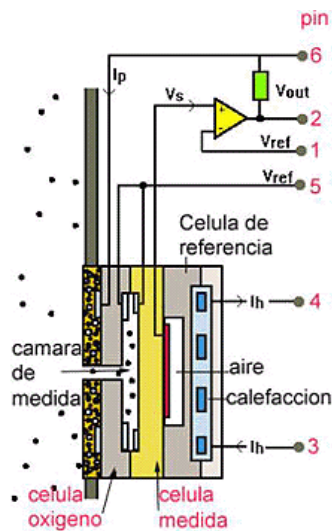
Con esta modificación del porcentaje de oxígeno en la cámara de medida, se consigue modificar también el valor lambda de la misma. Con el circuito electrónico, controla la intensidad de la célula de oxígeno hasta que se obtiene en la cámara de medida un valor lambda 1, evidentemente esto indica que el valor lambda real de los gases de escape puede ser diferente de 1, como se verá justificado mas adelante.

Para determinar exactamente el valor lambda de los gases de escape, la unidad procesa el valor de tensión recibido por la célula de medida (en condiciones normales constante) y el valor de intensidad que le aplica a la célula de oxígeno (en condiciones normales variable).

### El funcionamiento en conjunto

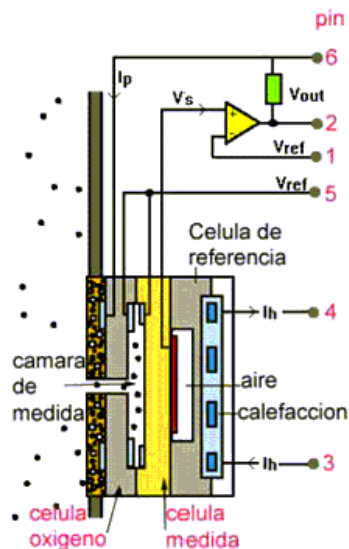
La sonda lambda de banda ancha, se compone de la unión de la célula de MEDIDA y la célula de oxígeno y está controlada por un amplificador operacional que dependiendo del tipo de sonda (marca o modelo), éste se encuentra integrado en el conector o en la unidad de control de motor.





### Amplificador incorporado en el conector

### Amplificador incorporado en la UCE



V1: Tensión aplicada a la CELULA DE oxígeno. Oscilando +/- 40 mV. Cuando es + la mezcla es pobre y cuando es la mezcla es rica.

V2: Tensión de la sonda lambda (CELULA DE MEDIDA). Su valor está comprendido entre 425 y 475 mV.

V3: Tensión de la resistencia de compensación. Su valor depende de la construcción de la sonda y le sirve a la unidad para compensar sus tolerancias. El funcionamiento que se describe corresponde al sistema que tiene integrado el amplificador operacional en el conector. La cámara de MEDIDA se encuentra alojada entre la célula de oxígeno y la célula de MEDIDA. Cuando los gases de escape entran en la cámara de medida, la diferencia de oxígeno que presenta con respecto al oxígeno exterior hace que se genere una corriente en bornes de la CELULA DE MEDIDA. Eléctricamente, la CELULA DE MEDIDA está sobre una tensión de referencia Vref (5), 2,5 voltios, esto supone que la tensión que genera la CELULA DE MEDIDA se le suma a este terminal (Vs).

El valor de tensión que nos encontramos en Vs es  $2,5 + V\text{-lambda}$ , podría adquirir entre 2,5 y 3,5 V si trabajara en los dos extremos. El amplificador operacional, tiene un terminal de referencia (-), a un voltaje Vref(1), de 3V. El circuito de control lo realiza el amplificador operacional cuando Vs cambia y es mayor o menor que Vref(1).

(RICA) Si  $V_s > V_{ref}(1)$ , la salida del operacional es mas pequeña que Vref(5), haciendo pasar una intensidad por la CELULA DE oxígeno con un sentido de forma que aumenta el % de oxígeno en la cámara de medida.

(RICA) Si  $V_s > V_{ref}(1)$ , la salida del operacional es mas pequeña que Vref(5), haciendo pasar una intensidad por la CELULA DE oxígeno con un sentido de forma que aumenta el % de oxígeno en la cámara de medida.

**(POBRE)** Si  $V_s < V_{ref}$  (1), la salida del operacional es mas grande que  $V_{ref}$ (5), haciendo pasar una intensidad por la CELULA DE oxígeno con un sentido de forma que disminuye el % de oxígeno en la cámara de medida. Con esta corrección, la mezcla en la CAMARA DE MEDIDA va modificando para que su valor lambda sea 1, que es el valor de tensión en el que la CELULA DE MEDIDA

ofrece una tensión de 450 mV, valor que se mantendrá constante durante la fase de funcionamiento.

**Mezcla con tendencia rica**

Al tender el valor lambda por debajo de 1, la mezcla resultante rica, en la

cámara de medida se obtiene una tensión que tiene tendencia a subir su tensión de 450 mV.

Este efecto hace que el amplificador haga pasar una intensidad en un sentido determinado (como el representado en la imagen) a través de la célula de oxígeno. De esta forma se hace que circule el oxígeno y se aumente el porcentaje en la cámara de medida, hasta que el valor es igual a 450 mV. A

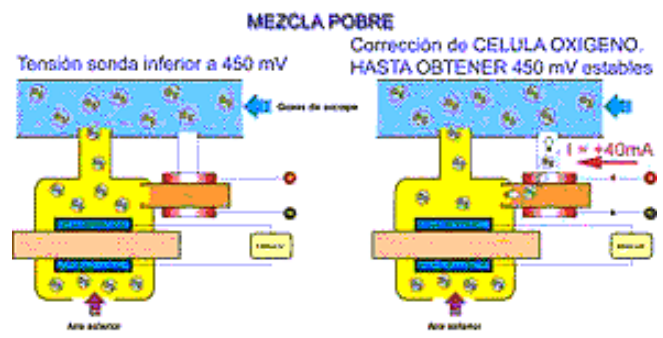
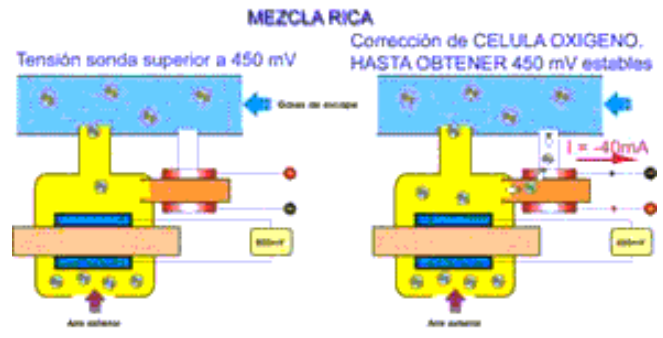
medida que se va aproximando a los 450 mV, el valor de intensidad va disminuyendo.

**Mezcla con tendencia pobre**

Cuando la mezcla tiende a ser pobre, el valor lambda de la cámara de

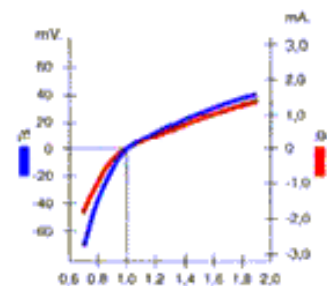
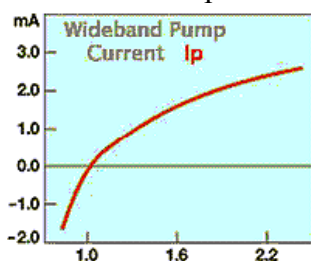
medida, tiende a aumentar, con la consecuente disminución de la tensión de la misma.

Cuando ésta disminuye por debajo de los 450 mV, el circuito del amplificador se encarga de aplicar una intensidad a la célula de oxígeno en sentido opuesto al anterior (según está indicado), para disminuir el oxígeno de la cámara de medida y poder obtener un valor lambda 1 de nuevo.



**Curva de intensidad**

La intensidad aplicada a la célula de oxígeno, está relacionada con el valor lambda tal y como indica en la gráfica.



Por tanto el amplificador ofrece una intensidad de valor y sentido proporcional a la mezcla que tiene como misión compensar el oxígeno en la cámara de medida para que ésta sea lambda 1, es decir, conseguir que la célula de medida ofrezca una tensión constante de 450 mV, obteniendo una franja de medida estable. En la gráfica se observa que cuando mayor sea la intensidad en sentido positivo, mayor lambda corresponde a los gases (no a la CAMARA DE MEDIDA, que será constante).

Vref Pin 1 (3V) (entrada amplificador)

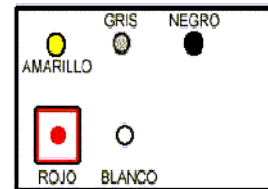
Vref Pin 5 (2,5V) (cámara de medida)

Vout Pin 6 (Valor proporcional a la intensidad)

Vout Pin 2 (Valor directo amplificador)

Ih Pin 3 Tensión 12v

Ih Pin 4 Señal modulada

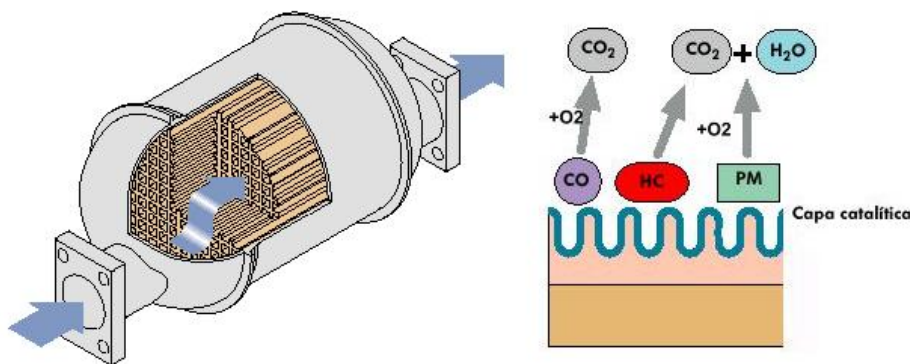


Conector lado instalación

Las medidas son realizadas en los terminales del conector lado instalación ( conectado ).

### LOS CATALIZADORES EN LOS MOTORES DIESEL

Para los motores diesel no es posible utilizar un catalizador de 3 vías como el que se monta para los motores de gasolina. La causa reside en el exceso de aire que se necesita para la combustión del gasoil. Los gases de escape contienen una mayor concentración de oxígeno, lo cual impide el uso de los catalizadores de 3 vías.

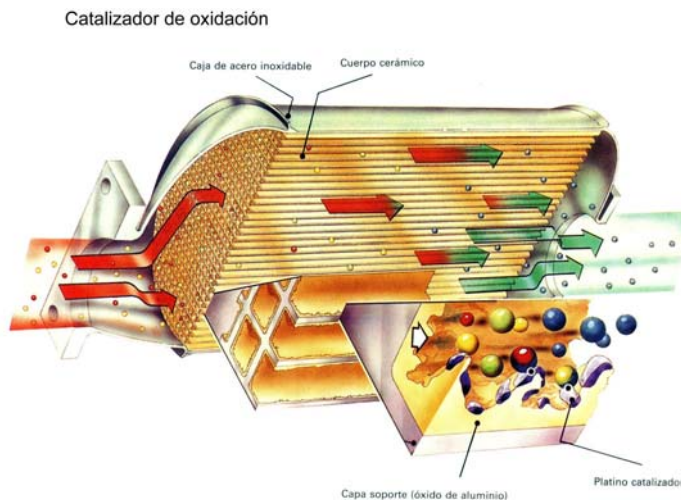


Los convertidores catalíticos de dos vías se conocen también con el nombre de catalizadores de oxidación, pues realizan solamente procesos de oxidación (transformación de CO y HC) y no la reacción de reducción (transformación de NOx), puesto que en ellos no se incorpora el metal noble rodio. Este tipo de catalizador se utiliza en los Diesel, en los que las emisiones de CO y HC son relativamente bajas. Para limitar a pesar de ello las emisiones de óxidos nítricos se ha implantado la recirculación de gases de escape.

Los catalizadores empleados en los motores Diesel operan de forma distinta a los usados con los motores de gasolina, dadas las diferentes temperaturas de trabajo de unos y otros, sensiblemente más bajas en los Diesel, en los cuales, los gases de escape salen a

temperaturas comprendidas entre 150 y 450°C. Los óxidos de azufre que se producen en la combustión son reducidos en el catalizador Diesel utilizando la alúmina como catalizador. Dado que los motores Diesel emiten una cantidad importante de partículas, se hace necesario disponer en el sistema de escape de unos filtros de partículas.

En resumen, la función principal de un catalizador Diesel es la de reducir las emisiones de partículas, es decir, la fracción orgánica soluble, ya que la fracción sólida es esencialmente carbón y la temperatura de trabajo del catalizador Diesel no permite su oxidación. No obstante, el catalizador reduce las emisiones de CO y HC, así como las emisiones olorosas características de los motores Diesel.



El catalizador del motor Diesel catalizado funciona por oxidación. En su estructura fundamental es idéntico al catalizador de 3 vías conocido del motor Otto, únicamente se distingue por la composición de su recubrimiento de metales nobles.

### **Estructura**

El cuerpo cerámico en forma de panal, alojado en una caja de acero inoxidable, va recubierto con óxido de aluminio. El óxido de aluminio sirve como sustrato para el catalizador; por la aspereza de la superficie se aumenta la extensión eficaz a razón del factor 7000. Una superficie de gran tamaño se traduce en un buen efecto catalítico.

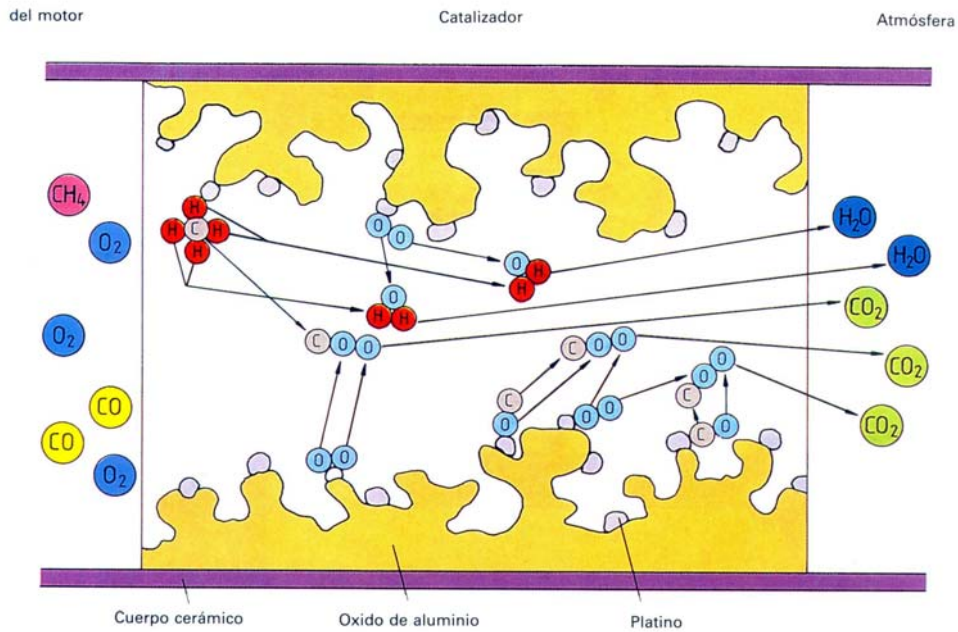
El sustrato lleva una capa de recubrimiento de platino de aprox. 0,8 gramos, aplicada por vaporización, la cual sirve de catalizador para CO y HC.

Entiéndase por catalizador una materia (p. ej. platino) que, sin sufrir alteración, fomenta o inhibe una reacción química. Esta transformación de la materia se denomina catálisis.

### **DEPURACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE EN EL CATALIZADOR DE OXIDACIÓN**

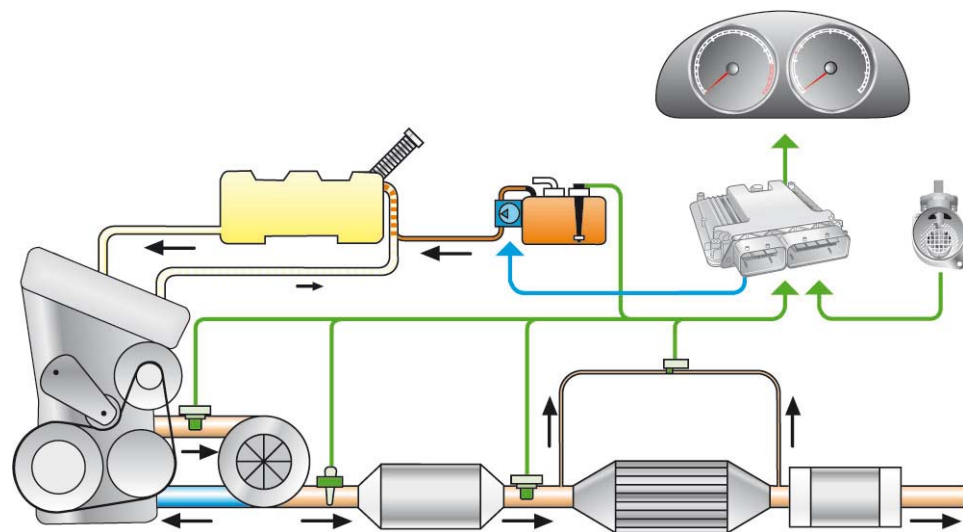
El catalizador de oxidación depura en un 90 % el monóxido de carbono, altamente tóxico, y en un 65 % las combinaciones de hidrocarburos catalogadas como nocivas para la salud. Para mejor comprensión de las reacciones químicas se representa aquí un solo canal del catalizador. En representación del gran número de compuestos se ha elegido aquí el metano (CH<sub>4</sub>).

\* Los compuestos de hidrocarburos adheridos a las partículas sólidas no pueden ser transformados en el catalizador de oxidación; por ello baja el porcentaje de hidrocarburos depurados.



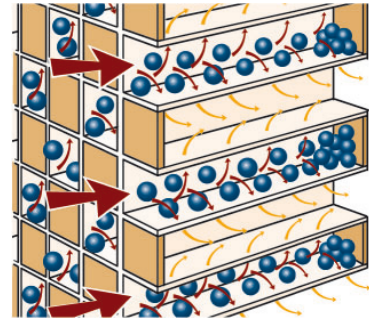
El elemento reactivo del catalizador (Platino) fomenta la disociación de los compuestos tóxicos  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}$ , así como la del oxígeno residual de los gases de escape ( $\text{O}_2$ ).

## Sistema de filtración de partículas diésel con aditivo [Video Filtro Partículas.avi](#)



- |   |   |    |  |
|---|---|----|--|
| 1 | Unidad de control en el cuadro de instrumentos J285 | 9  | Turbocompresor                                       |
| 2 | Unidad de control del motor                         | 10 | Sonda lambda G39                                     |
| 3 | Depósito de aditivo                                 | 11 | Catalizador de oxidación                             |
| 4 | Sensor de falta de aditivo para el combustible G504 | 12 | Sensor de temperatura ante filtro de partículas G506 |
| 5 | Bomba para aditivo del filtro de partículas V135    | 13 | Filtro de partículas                                 |
| 6 | Depósito de combustible                             | 14 | Sensor de presión 1 para gases de escape G450        |
| 7 | Motor diésel  | 15 | Silenciador  |
| 8 | Sensor de temperatura ante turbocompresor G507      | 16 | Medidor de la masa de aire                           |

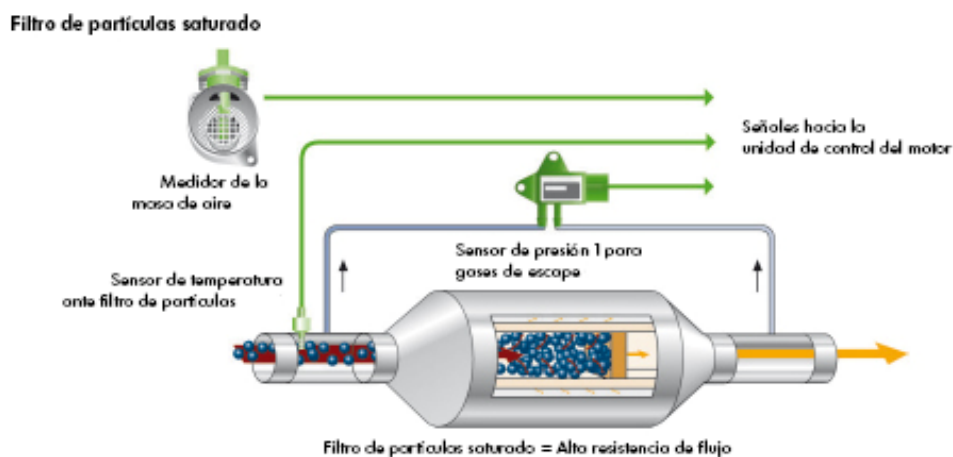
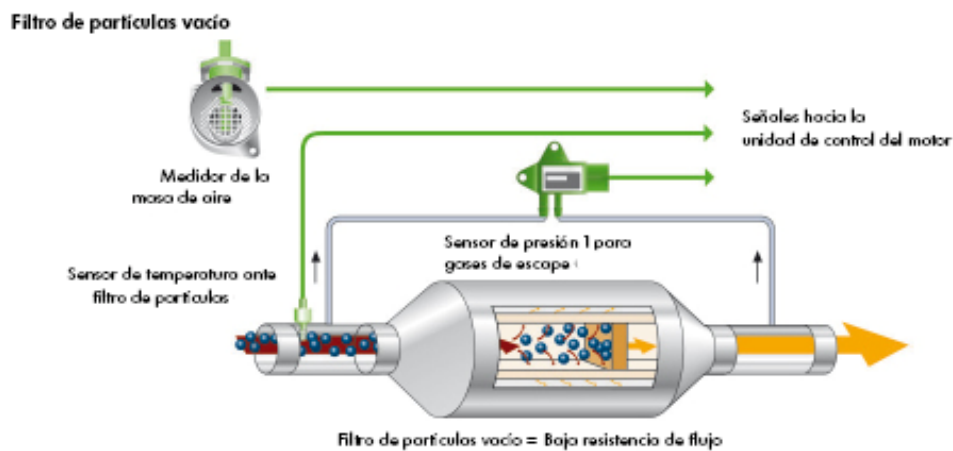
El filtro de partículas diésel consta de un cuerpo cerámico de carburo de silicio en diseño alveolar, alojado en una carcasa de metal. El cuerpo cerámico está dividido en múltiples canales microscópicos paralelos, cerrados alternadamente.



Al pasar los gases por el filtro se retienen las partículas de hollín en los conductos de entrada, mientras que los componentes gaseosos del escape pueden atravesar las paredes porosas del filtro cerámico.

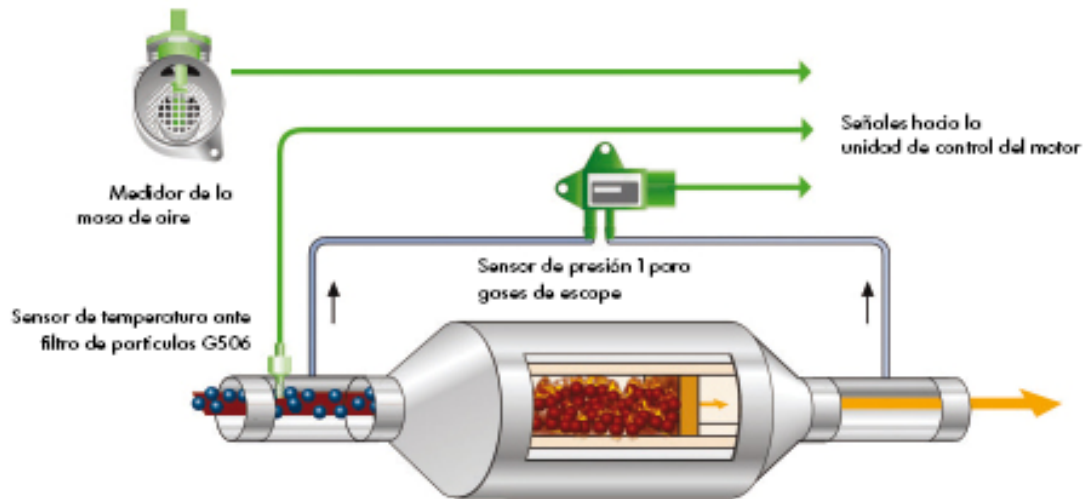
## Regeneración

El filtro de partículas diésel tiene que ser despejado de forma sistemática, eliminándose las partículas de hollín, para evitar que se obstruya y se afecte su funcionamiento. Durante el ciclo de regeneración, las partículas de hollín retenidas en el filtro se someten a combustión, a una temperatura de 500 °C, aproximadamente. La temperatura propiamente dicha para el encendido del hollín es de unos 600-650 °C. Esta temperatura de los gases de escape únicamente se puede alcanzar a plena carga en el motor diésel



Durante el ciclo de regeneración se queman las partículas retenidas en el filtro. Según la forma de conducir, el ciclo interviene cada 500-700 kilómetros y tarda unos 5 a 10 minutos. El ciclo de regeneración no es perceptible para el conductor.

### Regeneración



El aditivo es un activador de contenido férrico, que se disuelve en una mezcla de hidrocarburos.

El aditivo asume la función de reducir la temperatura de combustión de las partículas de hollín, con objeto de posibilitar el ciclo de regeneración para el filtro de partículas, también a régimen de carga parcial. La temperatura de ignición del hollín es de unos 600-650 °C. Los gases de escape del motor diésel sólo alcanzan estas temperaturas al funcionar a plena carga. Con el aditivo se reduce la temperatura de ignición del hollín a unos 500 °C.

El aditivo entra automáticamente en el depósito de combustible a través de la tubería de retorno después de cada repostaje. Esto sucede por medio de una bomba para aditivo del filtro de partículas, gestionada por la unidad de control del motor. La cantidad repostada se determina analizando en la unidad de control del motor las señales procedentes del sensor de nivel de combustible. Después de cada ciclo de dosificación concluido viene dada una concentración de 10 ppm (partes por millón) de moléculas de hierro en el combustible. Esto equivale a una relación de mezcla de aprox. 1 litro de aditivo sobre 2.800 litros de combustible.

