

ANALISIS DE GASES

COMBUSTION

Combustible. Sustancia que reacciona con otra sustancia produciendo calor. Aporta toda la energía en la combustión. Gasolina o Diesel, formada por HC.

Comburente. Sustancia necesaria para que reaccione el combustible. Aire, O₂

energía de activación. Mínima cantidad de energía necesaria para que se produzca la reacción en cadena. Chispa

Los combustibles utilizados están principalmente compuestos de Carbono C e Hidrogeno H. Estos compuestos se unen formando cadenas largas llamadas de hidrocarburos. Según sea la cadena forma compuestos diferentes como el Gasoil, gasolina, GPL, etc. Estos compuestos por si mismos no pueden utilizarse en el motor ya que necesitan añadirles aditivos para evitar la detonación, la congelación, la lubricación, etc.

Al decir combustión nos referimos a una mezcla de Aire + Gasolina o Gasoil que han reaccionado al aplicarles una energía de activación. En este proceso el oxígeno necesario se encuentra en el aire.



Como resultado del funcionamiento del motor la reacción química anterior no se produce nunca tan perfecta resultando una serie de gases nocivos. Se dice que es una combustión completa. Casi siempre es incompleta

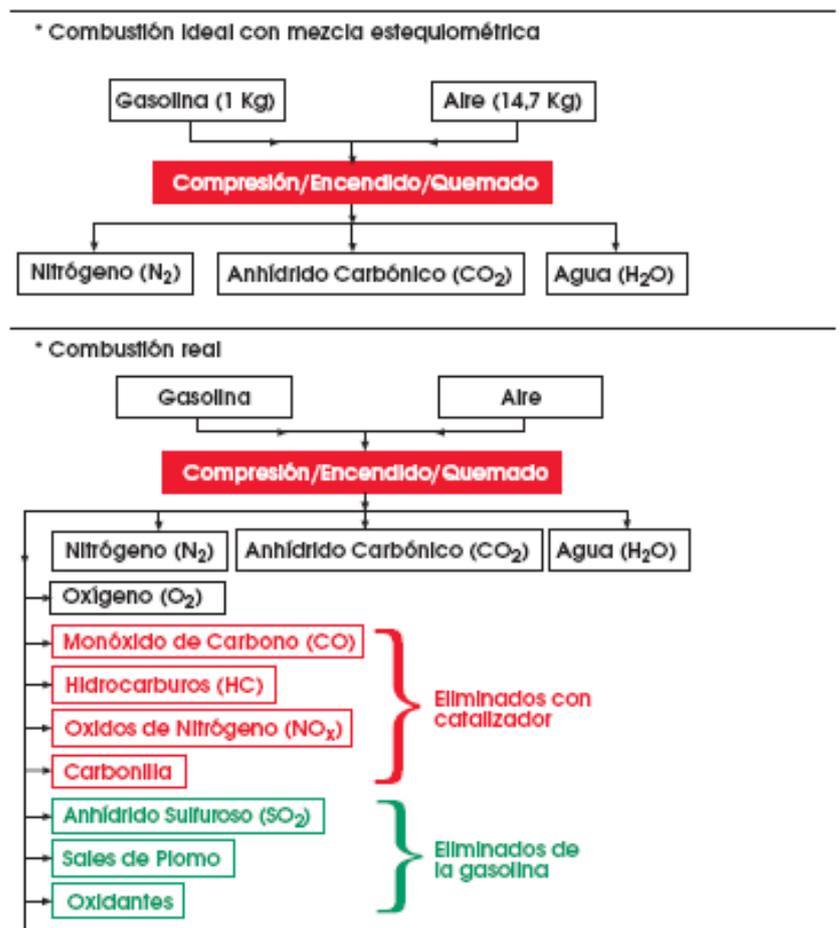
Componentes de los gases de escape.

En una combustión real nos podemos encontrar varios compuestos:

- Inofensivas: Nitrógeno, Oxígeno, CO₂, hidrogeno y vapor de agua.
- Nocivas: Monóxido de carbono CO, Hidrocarburos HC, Óxidos de Nitrógeno, Plomo y compuestos de plomo Pb, Dióxidos de azufre SO₂, hollín, etc.,

- Monóxido de carbono CO: Se produce cuando hay poco oxígeno disponible para la combustión y por tanto no llega para quemar todo el Carbono del combustible completamente quedando átomos de carbono unidos a solo un oxígeno formando el CO. Es letal para los seres vivos ya que por ejemplo en el hombre puede fijarse a la hemoglobina 5 veces mejor que el oxígeno. Se genera en el interior del motor. En concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la Hemoglobina, molécula encargada

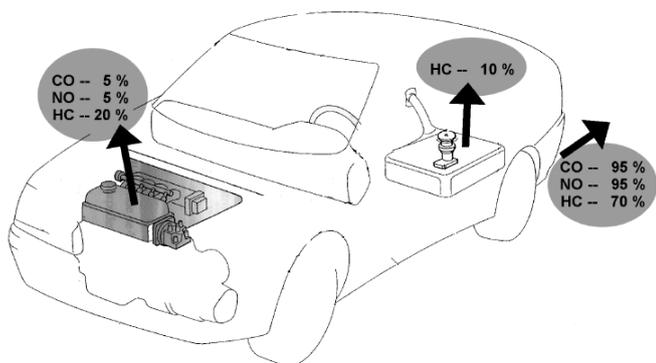
de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en Carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.



de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en Carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.

- **Hidrocarburos HC:** son los restos de hidrocarburos sin quemar que salen por el escape. Se producen por mezclas pobres en Oxígeno. Es nocivo, cancerígeno e irritante. Dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas, también causa cáncer.
- **Óxidos de Nitrógeno:** resulta al combinarse el oxígeno y el nitrógeno debido a las altas temperaturas que se alcanzan dentro del motor y a las altas presiones. En la cámara de combustión se forma el NO. Al abrirse la válvula de escape los gases pasan al conducto de escape donde se combinan con oxígeno para formar NO₂. Por tanto en el escape se encuentran NO y NO₂ de ahí que para aglutinarlos decimos que hay restos de NO_x. Irrita el aparato respiratorio pudiendo dañarlo gravemente.
- **Compuestos de Plomo:** Es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. El Plomo se usa en los motores para evitar la detonación y para lubricar las válvulas de admisión y escape. Es venenoso. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetraetilo de Plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas. En las gasolinas sin Plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano
- **Dióxido de Azufre:** Se encuentra en los combustibles como impureza. La emisión de SO₂ es pequeña en los motores de gasolina. En los Diesel es superior por el tipo de combustible utilizado. Al mezclarse con vapor de agua, es responsable de las lluvias ácidas.

EMISIONES CONTAMINANTES EN MOTORES DE GASOLINA



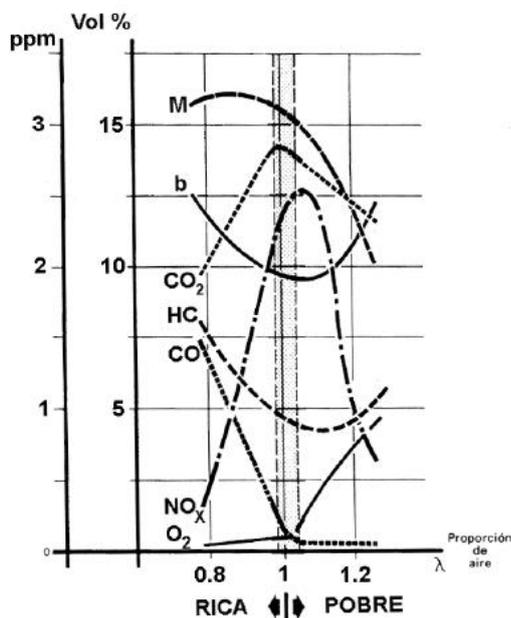
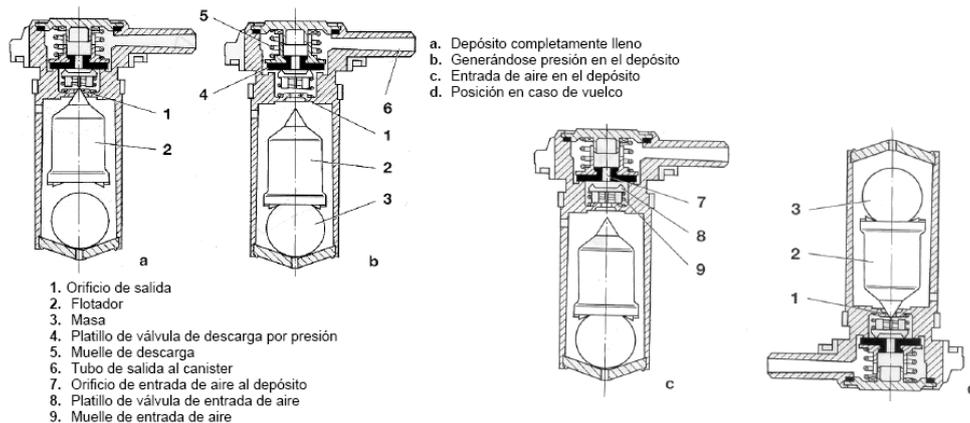
Estos motores contaminan por:

- El bloque: emitiendo vapores de aceite.
- Evaporación: procedente de la gasolina del depósito.
- Escape: todos los elementos de la combustión

MEDIOS PARA EVITAR CONTAMINACION EN MOTORES GASOLINA

- **Emisiones por el bloque:** Debido a que los aros de los pistones deben llevar ciertas holguras de ajuste, parte de los gases de la combustión pasan al carter. Estos gases deben ser evacuados del interior del carter ya que de no ser así se generaría una presión en el interior del carter que haría que tanto retenes como juntas quedarían destruidos. también se producirían pérdidas de aceite por el reten del cigüeñal. Este aceite caliente en contacto con el lo que se vaporizaría. La manera de evitar estos gases es enviarlos por medio de una desaireación del carter a la admisión para quemarlos.
- **Emisiones por evaporación:** se deben a que el combustible es muy volátil sobre todo la gasolina. Los puntos donde se produce son:
 - **el carburador** (en la cuba), actualmente este problema no existe ya que el sistema de inyectores es totalmente hermético.
 - **El depósito:** no se pueden evitar , la mejor manera de evitarlos era descargarlos al exterior. Actualmente no esta permitido por lo que se idean sistemas que vuelvan a consumir estos vapores . Estos vapores se forman con el motor parado ya que cuando el motor esta en marcha el consumo de gasolina impide que la presión interna del deposito aumente evitando gran parte de estos gases volátiles. Existen varias soluciones para el deposito.

- Válvula de respiración de dos direcciones :
 - Deja entrar aire al depósito a medida que se va consumiendo la gasolina.
 - Cuando los vapores de gasolina hacen que la presión dentro del depósito alcance un determinado valor esta válvula los evacua a un depósito llamado **canister**.
- Válvula o compuerta en la boca del depósito que impide que los vapores puedan salir por el tapón de llenado
- Válvula obturadora de vapores: puede ser de tipo neumática, se abre o cierra en función del vacío en el colector de admisión. Actualmente es de tipo eléctrico y comandada por la UEC. Con esta válvula, los vapores almacenados en el canister son consumidos por el motor cuando este se encuentre en funcionamiento y siempre que la UEC determine que quemar mas gasolina en ese momento no es perjudicial para el motor, como por ejemplo a plena carga, en aceleraciones bruscas o en frío.
- Filtro de carbón activo: esta compuesto de gránulos de carbón activo que retienen los vapores de gasolina. Tiene una entrada conectada directamente al depósito una entrada de aire exterior que sirve para ventilar el filtro cuando entra en funcionamiento el sistema y una salida que va conectada a la válvula del sistema por donde descargara al circuito.
- Válvula multifunción: tiene varias funciones:
 - Descarga los vapores de gasolina al canister
 - Permite que entre aire en el depósito a medida que se va gastando esta.
 - función de seguridad en el caso de que el depósito este muy lleno o bien vuelque el vehiculo evitando que la gasolina salga.



- Emisiones por el escape.

Son las mas importantes de controlar.

En la figura vemos la grafica tipo de composición de los gases de escape en función de su volumen y partes por millón en relación al valor lambda λ el cual nos define la riqueza de mezcla. también se incluyen dos curvas que dan idea del funcionamiento del motor, como son la curva del par (M) y la del consumo de gasolina (d).

$$\lambda = \frac{\text{Aire.rea.admitido}}{\text{Aire.teorico.necesario}}$$

$\lambda=1$ significa que estamos usando el aire teóricamente necesario, es decir 14,7 Kg. aire/ 1 Kg. de gasolina.

Si $\lambda > 1$ la mezcla es pobre

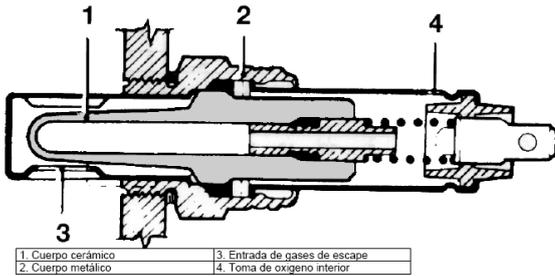
Si $\lambda < 1$ la mezcla es rica

En la grafica podemos ver que la menor cantidad de contaminantes se producen en las proximidades del valor $\lambda=1$

Supongamos que el motor esta funcionando con una mezcla un poco rica , por ejemplo con una relacion 13.8:1 , entonces la relacion lambda sera R. Lambda= 13.8/14.7 Vemos que este valor sera 0.9.

MEDIDAS ADOPTADAS PARA LA REDUCCION DE LAS EMISIONES DE ESCAPE

Sonda Lambda.



Es el elemento mas importante de un vehiculo en lo que se refiere al control sobre gases contaminantes junto con el catalizador. Cuando el valor de $\lambda=1$ se ha comprobado que la contaminación es la menor.

Funciona comprando la cantidad de oxigeno presente en los gases de escape con el oxigeno del aire exterior. La diferencia de concentración de oxigeno entre estas dos medidas se traduce en el sensor en una señal de voltaje proporcional a esa medida.

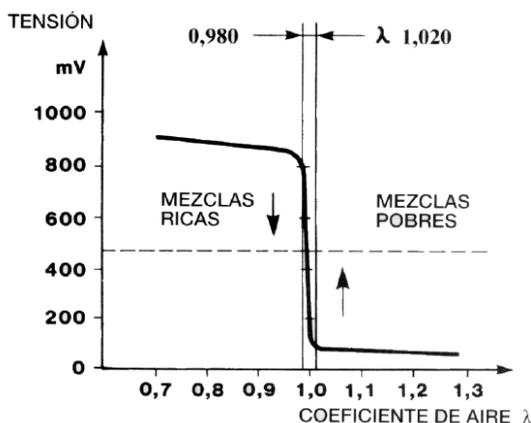
Esta compuesta por una capsula de óxido de circonio. Esta capsula por su parte exterior esta en contacto con los gases de escape y por su parte interior lo esta con el aire exterior y por su parte interior lo está con el aire exterior.

Su funcionamiento optimo se produce cuando se encuentra a una temperatura de unos 300°C.

$$\lambda = \frac{\text{Peso real de aire consumido por Kg de gasolina}}{\text{Peso teórico de aire que se debería consumir por Kg. de gasolina}} = \frac{X}{14,7}$$

Casos según mezcla real (x)			
X	Aire	Mezcla	λ
<14,7	Defecto	Rica	<1
=14,7	Equilibrio	Estoquiometrica	=1
>14,7	Exceso	Pobre	>1

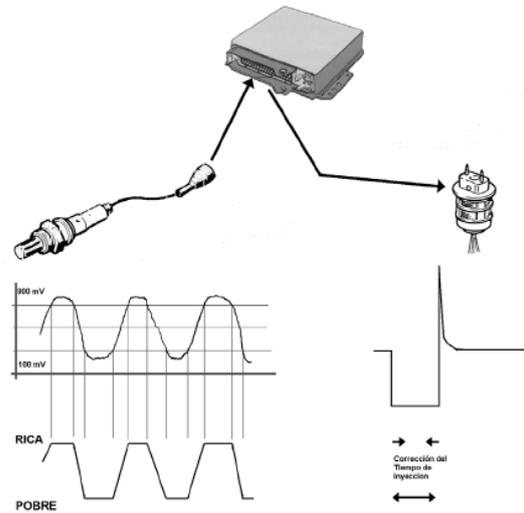
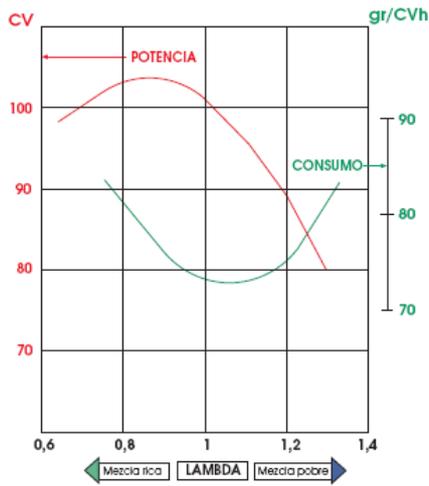
Mezcla	%	Consecuencias
Rica	<0,75 0,75 + 0,85 0,85 + 0,95	El motor se ahoga y la mezcla no inflama por lo que el motor deja de funcionar Mezcla demasiado rica, que en uso instantáneo, proporciona incrementos de potencia Potencia máxima en régimen continuo (pendiente, adelantamientos, etc.)
Normal	0,95 + 1,05	Conducción normal (régimen de crucero)
Pobre	1,05 + 1,15 1,15 + 1,30 >1,30	Mínimo consumo con ligera pérdida de potencia Disminución considerable de potencia con aumento de consumo por pérdida de rendimiento El motor no funciona, no se propaga la llama



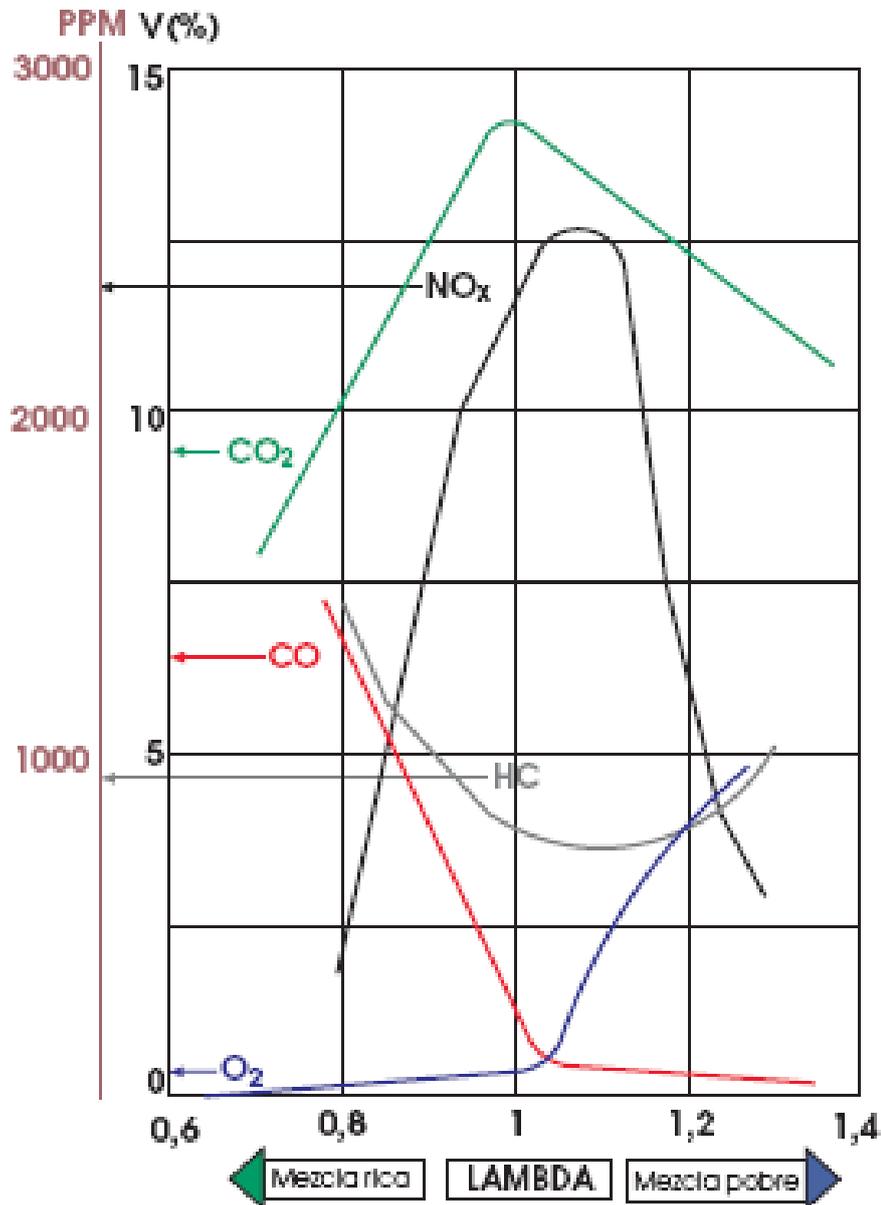
La tensión que genera varia de 100mV a 900mV dependiendo de la composición de los gases tal y como se ve en la figura.

Esta tensión se aplica a la UEC por su correspondiente pin . La UEC en función de este valor realiza un ajuste del tiempo de inyección para que la combustión se realice siempre en las proximidades de una $\lambda=1$.

En la curva inferior vemos la curva de potencia y consumo en función de Lambda para un motor genérico



Composición de los gases. Curva típica. Emisión gases en función de Lambda para un motor genérico antes del Catalizador



Tipos de sondas lambda.

- Con uno o dos cables

En este tipo de sonda , solo se emite la señal de voltaje.

- Con tres o cuatro cables

Se emite la señal y también incorpora una resistencia de calefacción.

1 Cuerpo cerámico.	4 Resistencia calefactora.
2 Tubo metálico de protección.	a Electrodo (+), contacto con el aire externo.
3 Cuerpo de la sonda.	b Electrodo (-), contacto con los gases de escape.

- De titanio



Esta sonda lleva un elemento a base de bióxido de titanio. Este elemento tiene una conductividad eléctrica que varía en función de la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape.

Un exceso de oxígeno en los gases (mezcla pobre) interactúa con el bióxido de titanio haciendo la sonda mas resistiva.

En caso de mezcla rica el compuesto se hace mas conductor.

En este tipo de sonda la UEC aplica un tensión constante a la sonda y debido a que la propia sonda tiene resistencia variable

según la concentración de oxígeno, esta resistencia actúa como un divisor de tensión variable según sea la composición de la mezcla.

- Sonda lambda de banda ancha o de 2º generación

Es una sonda que funciona en un margen mucho mas amplio que las anteriores. Este margen va desde mezclas de 11:1 a 22:1 (λ entre 0,9 a 2,2)

Su principio de medición es el mismo a las anteriores.

Existen diferencias entre el tipo anterior y este. Mientras que el tipo convencional genera una tensión precisa justo cuando $\lambda=1$ (con una pequeña tolerancia) y fuera de este valor la tensión que genera se comporta como una línea recta (ver grafico) en la sonda de banda ancha tiene una cámara interior llamada “ célula de oxígeno” que siempre se le hace trabajar en un valor de $\lambda=1$. Esto se consigue bien introduciendo oxígeno dentro de esa célula o bien extrayéndolo. La introducción o la extracción depende del sentido de la corriente que se le aplica a la célula.

Para determinar si el oxígeno debe entrar o salir de la cámara el sistema incorpora un amplificador operacional que dependiendo de la tensión de la célula de medida (según λ) se aplica una corriente eléctrica en un sentido o en otro.

Este amplificador operacional tiene aplicada en su entrada una tensión de referencia V_{ref1} en uno de sus terminales y en otro de sus terminales otra que es la **suma de la generada en la célula de medida mas una tensión de referencia V_{ref2} . La diferencia que hay entre V_{ref1} y V_{ref2} es la que debe generar la sonda lambda y será captada por la UEC.** Por ejemplo para $\lambda=1$ la señal es de unos 450mV.

Cuando la medida es inferior a 450 mV (mezcla pobre) el amplificador aplica una intensidad con un sentido a la célula de oxígeno. En esta situación en la cámara de medida se extrae oxígeno haciendo que la mezcla sea mas rica que la real, en este momento la tensión de la célula de medida crece.

Cuando la célula de medida genera un voltaje mayor de 450mV (mezcla rica) el amplificador aplica una intensidad en sentido contrario al anterior a la célula de oxígeno, en este momento se introduce oxígeno en la cámara de medida por lo que la célula tiende a medir una mezcla mas pobre que la que realmente tiene.

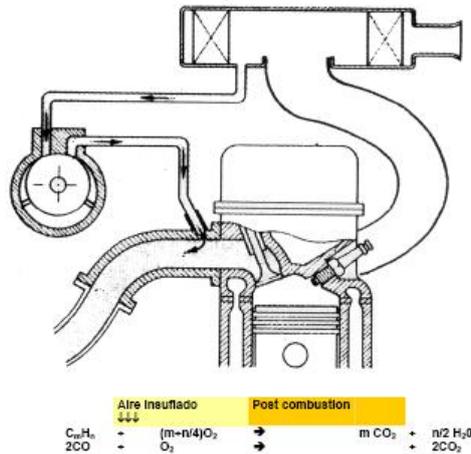
Por tanto el amplificador da una corriente de valor y sentido proporcional a la mezcla que tiene como misión compensar el oxígeno par que en la célula la mezcla tenga una $\lambda=1$ y por tanto una señal de 450mV.

Insuflación de aire.

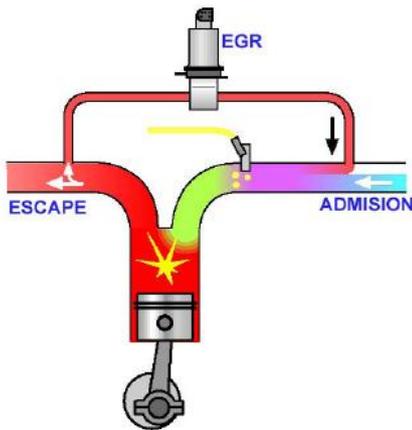
El insuflar aire en el escape sirve para producir una post-combustión de los gases de escape mediante oxidación. Si en los gases de escape hay restos de HC y CO el oxígeno que introducimos sirve para que se combinen entre ellos para formar H₂O y CO₂.

Hay varios tipos de sistemas.

- Mediante válvula que se abre por la depresión en el colector de escape.
- Por una válvula controlada por la UEC y una bomba que insufla aire a presión.



Válvula EGR.



Se utiliza para reducir los óxidos de nitrógeno NO_x.

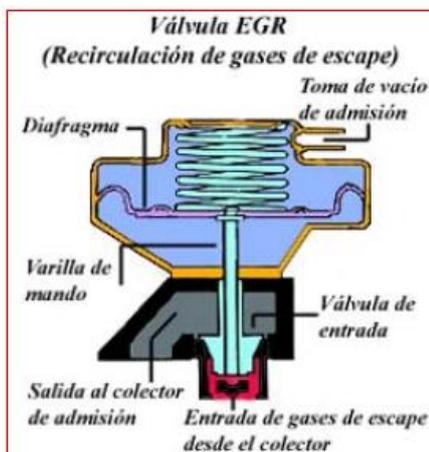
Los NO_x se generan en presencia de exceso de aire ($\lambda < 1$) de la combustión y de las altas temperaturas de la misma. Son inevitables sobre todo en motores Diesel.

La EGR trabaja para:

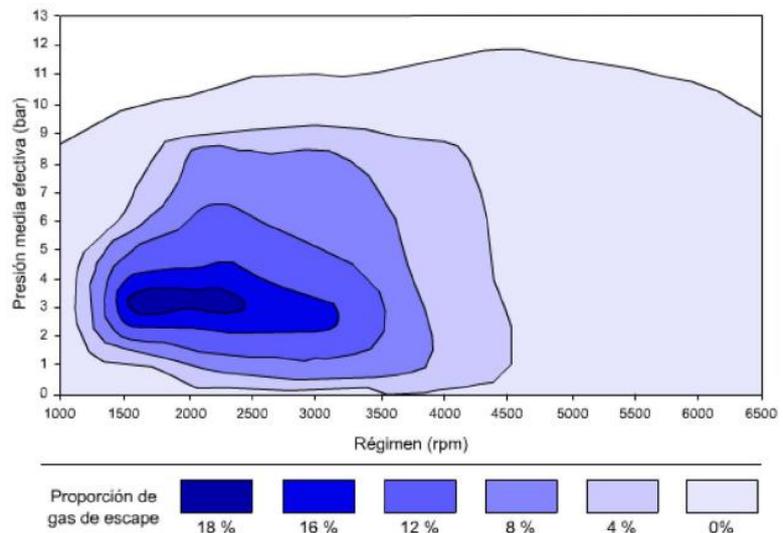
- **Empobrecer considerablemente la mezcla.**
- **Disminución la t° de la combustión.**

En su fase de funcionamiento introduce gases de escape en la admisión mezclándose con los propios gases de la admisión. Al ocurrir esto, se reduce la relación de compresión y el rendimiento de la combustión.

Dependiendo de cada vehículo, la EGR esta controlada para que entre en funcionamiento a ralenti y mientras no se superen un numero determinado de revoluciones (3000) o en demanda de carga.

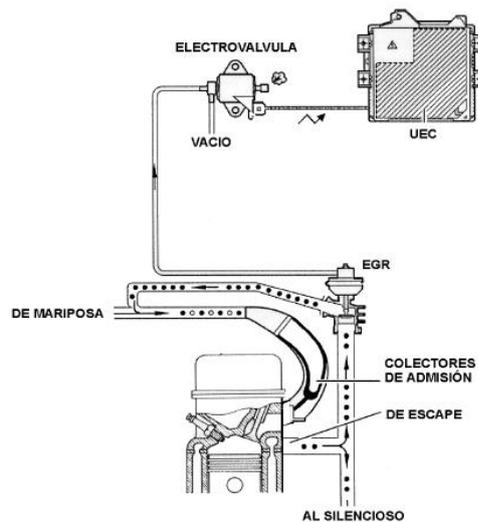


En el siguiente grafico podemos ver la zona de trabajo de la EGR en función de las revoluciones del motor. Es decir % de gases de escape a introducir.



Mando de la EGR.

La UEC aplica una señal de mando a la electroválvula EGR modulando la depresión que aplica a la membrana de la válvula y por tanto abriendo o cerrando la cantidad de gases a recircular.



Electroválvula neumática con interruptor (Diesel con bomba inyectora sin gestión)

según vemos en la figura, un interruptor situado en la bba inyectora Diesel, se activa por la palanca de acelerador de forma que al alcanzar el motor una determinada velocidad, la EGR se desconecta para evitar una perdida de potencia.

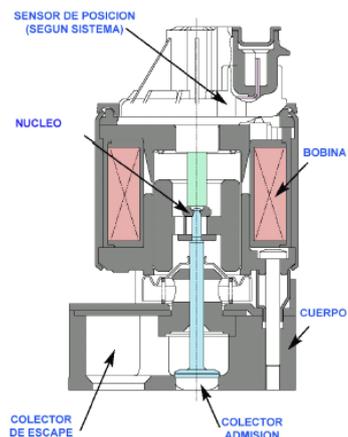
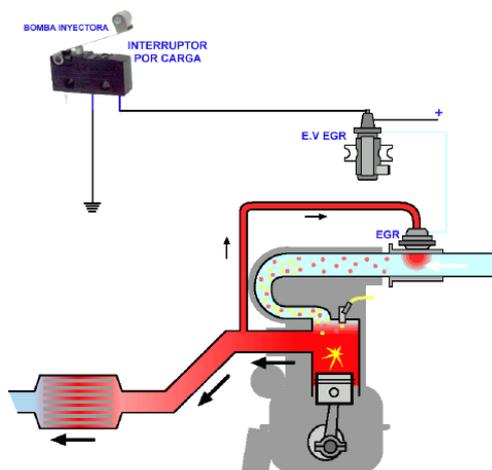
La EGR se abre o cierra por vacío. La apertura es todo o nada.

Actuador electromagnético.

El mando de la EGR se realiza por medio de una bobina integrada en la propia válvula.

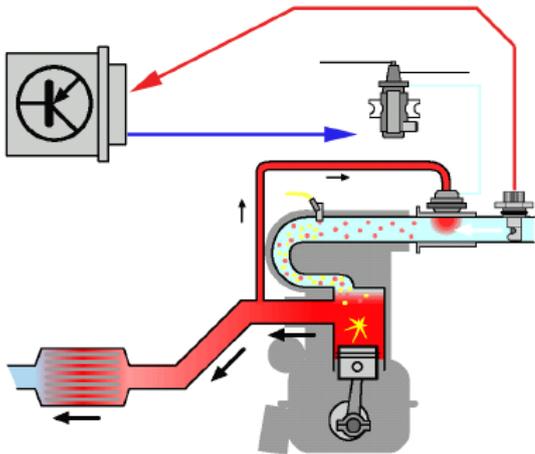
Al aplicarle una señal eléctrica a la bobina esta abrirá la EGR proporcionalmente a esa señal.

Estas válvulas incorporan un sensor de posición de la válvula que sirve para detectar movimiento en la misma, de tal manera que si no detecta movimiento en la misma iluminara en el cuadro el testigo de avería correspondiente



CONTROL FUNCIONAMIENTO EGR.

Control por aire aspirado.



La UEC modula una señal adecuada a la cantidad de gases a recircular para que abra o cierre la EGR.

Para saber si es correcta la cantidad de gases que recircula.

El motor cuando aspira aire limpio introduce una cantidad dependiendo del volumen de la cámara y de la presión de sobrealimentación. Esta cantidad es medida por el caudalímetro.

Para ver si la cantidad de gases recirculados es correcta, el motor sigue admitiendo la misma cantidad de volumen de gas pero ahora en vez de ser aire limpio es una mezcla de gases de escape + aire. Esta diferencia la mide el caudalímetro y le sirve a la UEC para determinar la apertura de la EGR.

La UEC tiene memorizada de fábrica distintos valores de tensión del caudalímetro para cada una de las condiciones de funcionamiento del motor. En función de esto compara las recibidas con las que tiene memorizadas y confirma el funcionamiento de la EGR.

Este sistema detecta averías en la EGR como: falta de vacío, rotura de tubo, obstrucción, etc.

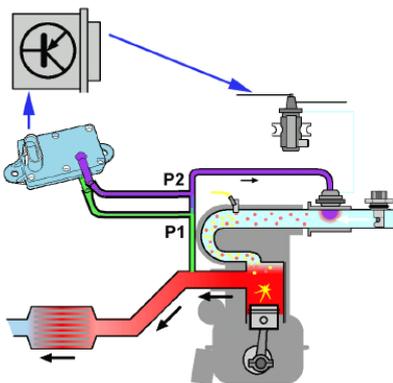
Control de posición de la válvula EGR.

Para saber la posición de la válvula en cada instante, el núcleo de la válvula lleva incorporado un potenciómetro lineal que reconoce cada desplazamiento de la válvula. Para cada posición, el potenciómetro da una salida de tensión variable. Esta tensión es interpretada por la UEC como una posición determinada de la válvula y sabe cuantos gases están pasando a la admisión.

Suele ir en EGR de membrana o electromagnéticas.

Si la UEC no detecta movimiento indicara fallo en el cuadro. Si la UEC ordena un desplazamiento y no es detectado ese mismo desplazamiento enviado por el potenciómetro, indicara fallo también.

Control por sensor de presión.



Para que la UEC sepa que lo que ordenó que se abriese la EGR realmente ha sido abierto algunos sistemas incorporan un sensor de presión.

Este sensor de presión mide la cantidad de gases de escape recirculados al hacerlos pasar a través de un estrechamiento.

Al pasar por el estrechamiento los gases pasan de una presión y una velocidad determinadas antes del estrechamiento a una presión menor y una velocidad mayor después del estrechamiento. Esta diferencia de presión es captada por el sensor que determina en función de esa diferencia el caudal de gases de escape recirculados.

Normativa de emisiones.

ANALISIS DE GASES.

Siempre debe realizarse a la temperatura de servicio del motor, es decir el aceite motor debe estar al menos a 60°C.

En motores gasolina debe hacerse una prueba a ralentí y otra prueba a unas rpm entre 2000 y 3000 rpm.

El equipo estará homologado y debe al menos analizar 4 ó 5 gases: CO, HC, CO₂, O₂, factor λ (para motores gasolina) y opacímetro (para diesel).

Esta prueba nos dará indicación de funcionamiento del motor
La normativa es:

Forma de medición de la opacidad de los gases en vehículos diesel:

Emissiones permitidas en Grs/Km según las diferentes normativas en la UE.

	CO		HC		NOx		HC+NOx		Partículas
	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	DIESEL
EURO 1	2.72	-	-	-	-	-	0.97	-	-
EURO 2	2.2	-	-	-	-	-	0.5	-	-
EURO 3	2.30	0.64	0.20	-	0.15	0.50	-	0.56	0.050
EURO 4	1.00	0.50	0.10	-	0.08	0.25	-	0.30	0.025

Se debe acelerar el motor en vacío (desembragado y pasando de la velocidad de ralenti a la velocidad de corte).
No se deben superar los valores máximos registrados en la placa del vehículo. Vehículos anteriores a 1980 estarán exentos de esta prueba.

El tubo de escape deberá estar purgado durante un mínimo de 3 ciclos de aceleración en vacío. Inspección del sistema de escape para chequear fugas.

Cada ciclo de aceleración empieza accionando el acelerador completamente de forma rápida y continua (en menos de 1 segundo) pero no violentamente para obtener el máximo caudal de la bba de inyección.

En cada ciclo el vehículo debe alcanzar la velocidad de corte y si es de transmisión automática al menos 2/3 partes de esa velocidad.

El vehículo será rechazado si la media aritmética de 3 pruebas consecutivas supera los valores límite.

Normativa E-OBD

Establece normas de los vehículos en diagnóstico de gases. Incluso de los conectores utilizados y su conexión a entre el equipo de diagnóstico y los modernos sistemas de multiplexado.

La normativa obliga al fabricante a que en sus vehículos las UCE controlen los componentes y sistemas anticontaminantes a fin de detectar posibles averías (que superen en 1,5 veces el valor establecido).

Debe avisar al conductor con indicación en el cuadro y además de debe de incorporar funcionamiento de emergencia del vehículo así como memorización de fallos.

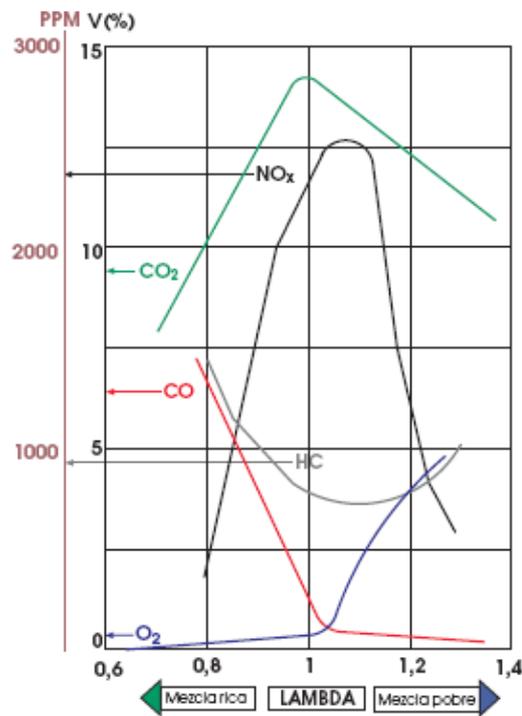
La normativa E-OBD obliga a supervisar los siguientes sistemas:

- Catalizador
- Calefacción del catalizador
- Detección de fallos de encendido.
- Sistema de combustible.
- Sensores de agua
- Sistema de aire secundario
- Sistemas de evaporación

Verificación y diagnóstico de los gases de escape.

VALORES DENTRO DE UN MARGEN CORRECTO.

	CARBURACIÓN	INYECCIÓN SIN catalizar	INYECCIÓN antes del catalizador	INYECCIÓN después del catalizador
CO	Entre 1% y 2%	1 +- 0.5%	Entre 0.4% y 0.8%	Menor de 0.2%
CO2	Mayor que 11%	Mayor que 12%	Mayor que 13%	Mayor que 13.5%
HC	Menor de 400 ppm	Menor que 300 ppm	Menor de 250 ppm	Menor de 100 ppm
O2	Menor de 3.5%	Menor de 2.5%	Menor de 1.5%	Menor de 0.2%
λ			Entre 0.99 y 1.02	Entre 0.99 y 1.01
RPM			Ralenti	2000 RPM



INTERPRETACION DE AVERIAS.

Caso n°1. Funcionamiento correcto

HC	300 ppm	150 ppm	80 ppm
CO	2%	1%	0,8%
CO2	12,5%	13%	13%
O2	1,2%	0,8%	0,7%
RPM	900	2000	3000

La tabla es de un vehículo en perfecto estado, el CO y el HC descienden sus valores a medida que subimos las rpm, indicando que economiza correctamente el sistema de alimentación, ya sea un carburador o sistema de inyección.

El CO2 tiende a subir algo conforme va subiendo de revoluciones. Y el O2 baja porque a mayor número de vueltas quema mejor.

Caso n°2 . Caudalímetro

HC	300 ppm	250 ppm	200 ppm
CO	2%	3,5%	4%
CO2	13%	12,5%	12%
O2	1,2%	0,5%	0,3%
RPM	900	2000	3000

Si aumenta sus valores de CO y HC, como vemos en el gráfico N° 2, quiere decir que no economiza correctamente, deberemos comprobar el elemento que nos mide la cantidad de aire, ya sea por caudal (caudalímetro), por masa (hilo caliente o película) o por presión de aire en el colector.

Las variaciones de O2 y CO2 son inapreciables. (MAP o medidor de presión absoluta.)

Caso N°3 Tubo de escape Roto

HC	300 ppm
CO	1.5%
CO2	9%
O2	6%
λ	fuera de escala

RPM	ralentí
------------	---------

sistema de escape.

El CO junto con los HC prácticamente no varían. Sin embargo el O₂ aumenta de forma considerable dependiendo de las dimensiones de la toma de aire, y el CO₂ disminuye sus valores indicando que la mezcla no es del todo óptima.

En este caso los valores nos indican una toma de aire en el

Caso N°4 Fallo de encendido

HC	1500 ppm
CO	1%
CO₂	11%
O₂	6%
λ	fuera de escala
RPM	ralentí

En este caso los valores nos están indicando un fallo de encendido, achacable a una bujía en cortocircuito, un cable de bujía cortado ó tapa de distribuidor comunicada.

Siempre que aparezca un fallo de encendido, aparece una cantidad elevada de gasolina sin quemar, reflejada en HC y O₂. El CO₂ tiende a ser algo más bajo de lo normal.

El fallo de encendido se observa a todos los regímenes de vueltas, no variando prácticamente los HC a diferentes rpm.

Caso N° 5 Mezcla rica

HC	390 ppm
CO	5%
CO₂	12%
O₂	0,2%
λ	0,92
RPM	ralentí

En este caso los valores nos indican, que hay un exceso de CO. Cuando el CO es muy alto siempre existe una deficiencia de O₂. Este problema se subsana regulando con el tornillo de la mezcla, si no es catalizado. Si fuese catalizado deberemos comprobar el funcionamiento de la sonda lambda, ya que aquellos que la lleven no tienen regulación de CO.

Respecto al CO₂, casi no varía. Y los HC suelen estar algo más elevados de los normales.

Caso N° 6 Mezcla pobre

HC	250 ppm
CO	0,3%
CO₂	11%
O₂	3%
λ	1,2
RPM	ralentí

En este caso nos indica, que hay muy poco CO y una cantidad elevada de O₂, indicándonos una mezcla pobre. Sin embargo no se observa ningún otro fallo, porque tanto los HC como el CO₂ no varían prácticamente.

En este caso, regulando desde el tornillo de riqueza, subsanamos el problema, a excepción de los vehículos que lleven sonda lambda.

Caso N° 7 Avería en válvula de escape (pisada)

HC	2000 ppm
CO	2%
CO₂	9,5%
O₂	5,5%
λ	1,1
RPM	ralentí

En este caso la avería que nos indica es un fallo en una válvula de escape. Se refleja en la cantidad de HC que salen sin quemar, y el O₂ sobrante tan elevado.

Además en este caso, que nos puede engañar y no saber si es una avería de válvula de escape o de encendido, la forma de descartar el fallo de encendido, es subiendo a

diferentes regímenes de vueltas de motor, viendo en el analizador como a mayor revoluciones por minuto, descienden rápidamente los HC y el O₂. Por lo que el fallo es de la válvula de escape.

Si fuera un fallo de encendido se mantendrían los HC y O₂ a distintas rpm.

Caso N° 8 Toma de aire en colector de admision

HC	600 ppm
CO	0.5%
CO ₂	10.5%
O ₂	5%
λ	1,3
RPM	ralentí

La cantidad de O₂ es muy elevada en relación a CO en este caso.

Esta cantidad elevada de O₂, es debida a una entrada de aire por el colector de admisión, no medida por el caudalímetro, hilo caliente ó sensor de presión de la admisión. Provocando un fallo de motor y

una elevada cantidad de HC.

AVERIAS DE UN VEHÍCULO CATALIZADO.

Para verificar un vehículo catalizado se tiene que comprobar el estado del motor y después el del catalizador. Si no lo hacemos así nos puede dar lecturas erróneas y creer que no funciona el catalizador.

La lectura leida **antes del catalizador** debe ser:

HC	Menor de 250ppm
CO	Entre 0.4 a 0.8%
CO ₂	Mayor de 13%
O ₂	Menor de 1.5%
λ	Entre 0.99 a 1.02
RPM	ralentí

Si el vehículo no tiene toma de gases antes del catalizador, se puede medir de la siguiente forma:

Mantener el vehiculo al ralenti, ya que aunque el motor esté caliente e incluso haya saltado el electroventilador, el catalizador no funciona estando al ralenti porque no hay suficientes gases para que adquiriera la t^a de trabajo

(menos en aquellos que sean muy nuevos, menos de 10.000 km.)

Para verificar el estado del catalizador poner el motor a 2.000 rpm. durante unos minutos, y los valores deben ser estos:

Gases **después del catalizador**

HC	Menor de 100ppm
CO	Menor de 0.2%
CO ₂	Mayor de 13,5%
O ₂	Menor del 0,2%
λ	Entre 0.99 a 1.01
RPM	2000

Caso N° 1 Fallo sonda λ

Cuando el CO oscila al ralenti y no se nota las fluctuaciones del motor y al comprobar la sonda λ con el polímetro la medida de tension es correcta, pero sin embargo la fluctuación de dicha variación es excesivamete lenta. Para saber con seguridad que la averia es de la sonda λ se desconecta la sonda lambda, siempre que el sistema lo permita y veremos como el CO no fluctúa. Con lo cual debemos cambiar la sonda lambda. (suele estar garantizado su funcionamiento para unos 170000 Km).

Caso N° 2 Toma de aire en colector de escape

Si existe una entrada de aire en el colector escape, antes de la sonda lambda, ésta captará mucho oxígeno y enriquecerá la mezcla instantáneamente. Esto, provocara un consumo elevado y un obstruccion prematura del catalizador.

Gases	Sin catalizar		Gases	Catalizado	
	Motor frío	Caliente		Motor frío	Caliente
Co	3%	1.5%	Co	1.2%	0.04%
CO2	12%	13%	CO2	13%	14%
Hc	390 Ppm.	170 Ppm.	Hc	180 Ppm.	5 a 50 Ppm.
O2	1.5%	0.8%	O2	0.4%	0.2%
Lambda	930	998	Lambda	960	1020
	Motor frío	Caliente		Motor frío	Caliente

Comparación de gases en un vehículo catalizado y sin catalizar tanto en motor frío como caliente

MEZCLA	LAMBDA	INTERPRETACIÓN
RICA	Menos de 0.75	El motor se ahoga. La mezcla es poco inflamable. Si se enriquece más la mezcla, el motor llegará a pararse por exceso de combustible.
	Entre 0.75 y 0.85	Mezcla muy rica. Este factor lambda proporciona un aumento de potencia si es en intervalos muy breves. Por esto, en las aceleraciones se enriquece la mezcla durante un tiempo muy corto para obtener este pico de potencia
	Entre 0.85 y 0.95	Mezcla rica. Entre estos valores de Lambda es donde el motor entrega más potencia de forma continua, pero este tipo de mezcla tiene efectos secundarios por lo que no debe usarse para conducción normal
IDEAL	Entre 0.95 y 1.05	Mezcla correcta. Este es el factor lambda con el que debe funcionar un motor tanto al ralenti como en régimen estacionario
POBRE	Entre 1.05 y 1.15	Mezcla pobre. El motor pierde potencia, pero se consigue el consumo mínimo
	Entre 1.15 y 1.30	Mezcla muy pobre. El motor pierde mucha potencia y el consumo aumenta. Se producen problemas de autoencendido y falsas explosiones.
	Más de 1.30	La mezcla no es inflamable. El motor no funciona

7 >> Filtro de partículas

Los motores diésel llevan en su sistema de escape un subsistema específico denominado FAP (filtro antipartículas) acoplado después del catalizador. Tiene como objetivo atrapar las partículas de hollín existentes en los gases de escape permitiendo el paso de los componentes gaseosos al exterior (figura 5.84).

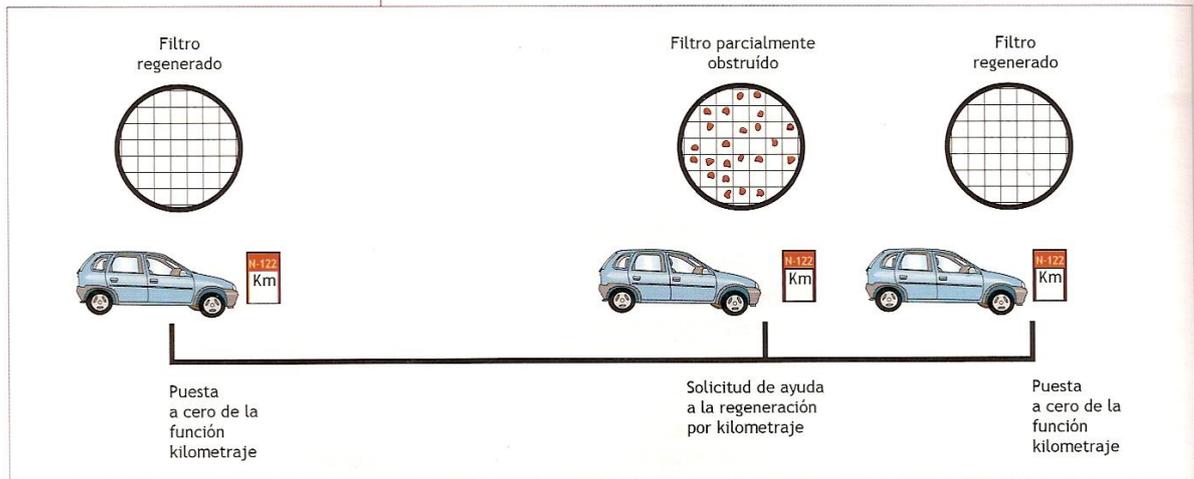


Los FAP se diferencian de los catalizadores tradicionales en la posibilidad de regeneración, es decir, durante el funcionamiento del motor se va llenando el filtro de partículas y para evitar la saturación del mismo se dispone del **proceso de regeneración del filtro**. Esto consiste en realizar inyecciones de combustible posteriores a la inyección principal con el fin de facilitar la eliminación del hollín mediante su combustión en el filtro de partículas y así permitir nuevamente el flujo de gases de escape sin mermas y retener nuevas partículas de hollín. Pero con el paso del tiempo llegan a saturarse, reduciéndose su capacidad filtrante y la facilidad de salida de los gases al exterior.

Para que la regeneración se lleve a cabo, se necesitan altas temperaturas. Por este motivo se ha acercado el filtro al motor, situándolo justo a la salida de los gases de escape, en el turbocompresor.

A su vez, la regeneración puede ser de dos tipos:

- **Natural.** Se produce cuando se supera de forma espontánea los 550 °C. Esta temperatura se alcanza cuando se producen fuertes cargas en el motor.
- **Forzada.** La unidad de control interviene en caso de que reciba señal de obstrucción del filtro de partículas y no se haya alcanzado una temperatura que ayude a la regeneración. Los parámetros principales que se tienen en cuenta para llevar a cabo esta regeneración son los de presión diferencial por obstrucción del filtro de partículas y el de kilómetros realizados desde la última regeneración (figura 5.85).

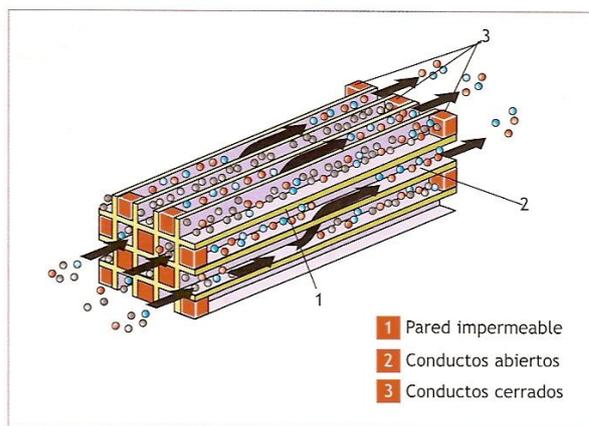


7.1 > Componentes del sistema FAP

El sistema FAP se compone de los siguientes elementos:

- **Cámara.** Consta de un precatizador y un soporte filtrante. El primero está recubierto de una capa de óxido de aluminio y óxido de cerio que se encarga de la oxidación de los gases de escape. El sustrato se recubre a su vez con una capa de platino, que constituye el catalizador de las reacciones de oxidación.

El soporte filtrante (filtro de partículas) es de estructura porosa y hecho a base de carburo de silicio (SiC) estructurado en tubos paralelos, pero abiertos solo por un extremo de manera alternativa, de forma que obliga a los gases a pasar por las paredes, donde queda retenido el hollín (figura 5.86).

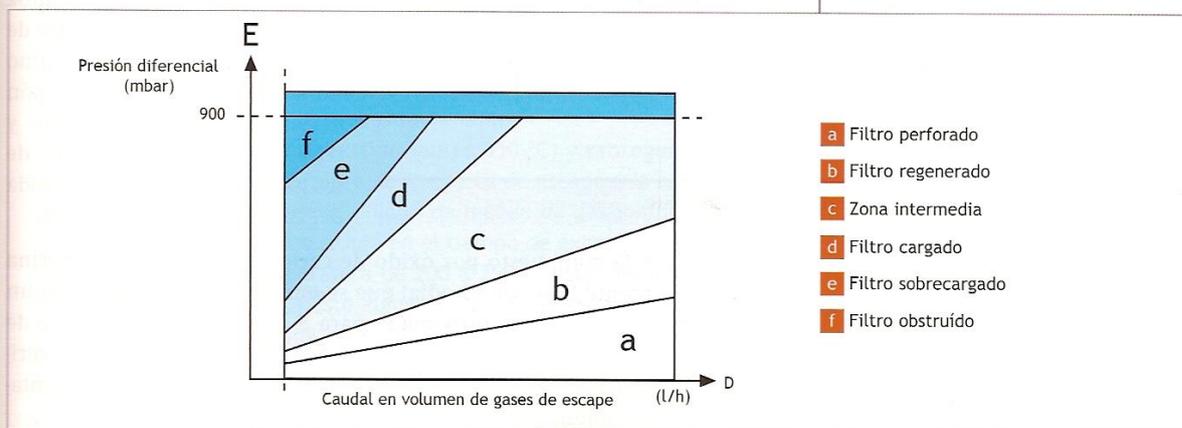


5.86. Soporte filtrante del FAP.

Esta estructura de fabricación permite, por un lado, el filtrado de las partículas de hollín y, por otro, la reducción de los hidrocarburos no quemados presentes en los gases de escape.

Suelen tener una caducidad de unos 80 000 km aproximadamente, tras los cuales debe ser sustituido.

- **Sensor de presión diferencial.** Comprueba el estado de saturación del filtro de partículas del sistema indicando la diferencia de presión a la entrada y salida de la cámara (catalizador + filtro antipartículas). La diferencia de presiones obtenida es convertida en una señal eléctrica que aumenta a medida que crece el grado de obstrucción del filtro. Cuanto mayor sea la variación de presión, mayor será la saturación del filtro.



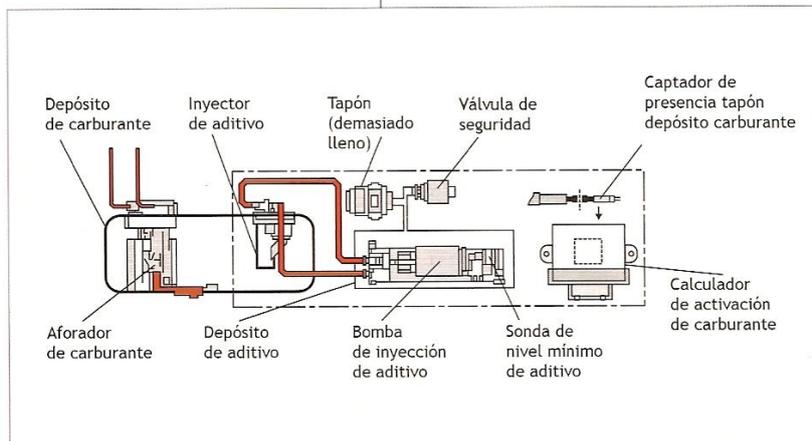
5.87. Niveles de carga del FAP obtenidos por el sensor de presión diferencial.

Como se aprecia en la figura 5.87, la unidad de mando de inyección, a partir del cálculo de gases de escape, gestiona 6 niveles de funcionamiento para el acondicionamiento del nivel de carga de partículas. La gráfica muestra los diferentes grados de obstrucción a los que puede verse sometido el FAP.

La unidad de mando velará por mantener el nivel de carga de filtro entre las zonas b y c.

- Zona a: existe una presión diferencial muy reducida que puede ser debida a un error del captador de presión diferencial, fugas en la línea de escape o que el filtro se encuentre perforado.
- Zona b: es el nivel de carga natural del filtro.
- Zona c: el nivel de obstrucción del filtro es relativamente pequeño.
- Zona d: la unidad estima que el FAP necesita la ayuda a la regeneración.
- Zona e: el filtro está sobrecargado y se efectúa la ayuda a la regeneración.
- Zona f: el calculador bloquea la ayuda a la regeneración señalando un fallo mediante la puesta en funcionamiento del testigo de diagnóstico. Este fallo puede ser motivado por un error del captador de presión diferencial, que el filtro se encuentre obstruido por la cerina o por una regeneración ineficaz.

- **Dispositivo de aditivación del carburante.** Existe un programa integrado dentro del calculador que se encarga de gestionar la inyección de aditivo al combustible. Una parte importante de la gestión consiste en acumular en su memoria la cantidad total de aditivo inyectado desde el principio de la vida útil del filtro. Para la gestión de esta y otras funciones, la unidad de mando de aditivación interviene sobre los siguientes elementos: bomba inyección de aditivo, inyector de aditivo, sonda de nivel mínimo de aditivo, captador del tapón del depósito de carburante y transmisor de temperatura de los gases de escape (a la entrada del catalizador) (figura 5.88).



5.88. Componentes del dispositivo de aditivación del carburante.

El aditivo está compuesto por óxido de cerio, también llamado **cerina** (comercialmente Eolys de Rhodia) que se encuentra almacenado en un depósito con capacidad aproximada para 5 litros junto al depósito de combustible. Cuando se alcanza el nivel de reserva del depósito de cerina, aproximadamente 0,3 litros, se enciende una luz testigo en la pantalla de visualización.

- **Unidad de control del motor.** Recibe información de presión a la entrada y salida del filtro, registrada por el sensor de presión, y determina el grado de saturación y cuándo es necesaria una regeneración.
- **Sensor de temperatura de gases.** Se sitúan a la entrada y salida del catalizador para corroborar el buen funcionamiento del sistema. En condiciones normales la temperatura de los gases de escape a la entrada del catalizador es superior a la temperatura de este a la salida del mismo.

7.2 > Regeneración del filtro de partículas

La regeneración se realiza de forma periódica y automática durante el funcionamiento normal del vehículo sin que el conductor lo advierta. Aproximadamente, se realiza cada 400 ó 1 000 kilómetros, y dura unos 3 minutos.

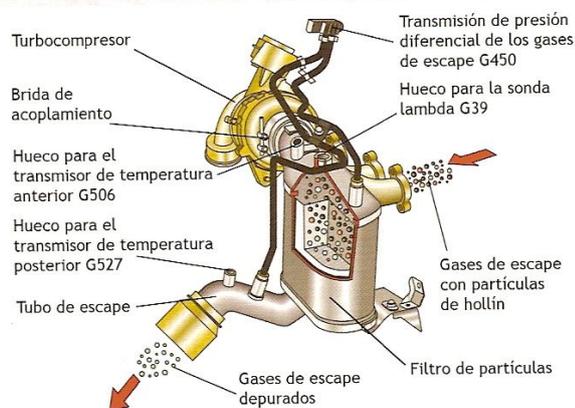
El sistema necesita saber en todo momento el grado de obstrucción del filtro para, en caso necesario, proceder a solicitar la activación de ayuda a la regeneración. La función de control de nivel de carga de filtro se lleva a cabo a partir de una serie de informaciones entre las que cabe destacar los kilómetros recorridos, la temperatura de los gases de escape tanto a la entrada como a la salida del catalizador, la presión diferencial entre la entrada y salida del filtro de partículas y el caudal de aire de admisión.

◆ Técnica

La limpieza del FAP o eliminación del hollín

•• En un sistema que requiere aditivación y mantenimiento, se puede conseguir de la siguiente forma. Puesto que la combustión normal de las partículas de hollín tiene lugar a 550 °C y los gases de escape llegan al filtro de partículas a 150 °C, se plantea una diferencia de temperaturas que se debe salvar en varias etapas para conseguir la regeneración.

- Hay que tener en cuenta que reduce la temperatura de combustión de las partículas de hollín a 450 °C mediante la aditivación del combustible con cerina al combustible con el objetivo de rebajar la temperatura de combustión (antes 550 °C) y proteger al catalizador y alargar su vida útil.
- Aumento de la temperatura de los gases de escape a la salida del catalizador mediante la generación de una señal por parte de la unidad de mando de gestión de motor que proporciona una inyección extra o postinyección de combustible en el tiempo de expansión que provoca una postcombustión en el cilindro y un aumento de temperatura de 200 a 250 °C (que sumados a los 150 de los gases de escape, resulta un total de 350 a 400 °C). Este aumento de temperatura a la salida del catalizador se produce porque la postcombustión producida en el tiempo de expansión (20 a 120° después del PMS de compresión) genera hidrocarburos (HC) sin quemar que producen un gran rendimiento térmico.
- Aumento de temperatura en unos 100 °C por la postcombustión complementaria, generada por un catalizador de oxidación situado por delante del filtro de partículas, que provoca la combustión de hidrocarburos no quemados durante la postinyección. Se alcanzan así los 450 ó 500 °C necesarios para regenerar el filtro de partículas.
- Algunos sistemas cuentan con un recurso dentro del sistema de regeneración para garantizar suficiente temperatura durante el proceso. El recurso activa ciertos consumidores eléctricos del vehículo tales como luna térmica, electroventiladores o bujías de precalentamiento, con el objetivo de incrementar el par resistente del alternador y forzar un aumento de carga del motor y la subida de temperatura de los gases de escape.



5.89. Esquema de limpieza de un FAP.