

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. POLUCIÓN ATMOSFÉRICA	3
3. FUENTES DE POLUCIÓN EN EL AUTOMÓVIL	3
Gases de Escape	4
Gases de Combustibles	5
Gases del Carter	6
4. DISPOSITIVOS ANTICONTAMINACIÓN EN MOTORES DE EXPLOSIÓN	6
Encendido	7
Carburación	8
Inyección Electrónica	9
Sondas Lambda	9
4.3.2. Sensor Óxidos de Nitrógeno	11
4.3.3. Sistema de Aire Secundario	12
4.3.4. Convertidores Catalíticos	12
4.3.5. Distribución y Accionamiento de Válvulas Variable	14
4.3.6. Inyección Directa	15
5. FORMACIÓN DE GASES DE ESCAPE EN MOTORES DIESEL	16
6. DISPOSITIVOS ANTICONTAMINACIÓN EN MOTORES DIESEL	17
6.1. Sistemas de Pre-post Calentamiento	19
6.2. Recirculación de Gases de Escape (EGR)	19
6.3. Sobrealimentación	20
6.4. Catalizador de Oxidación	22
6.3. Filtro de Partículas (FAP)	23
6.4. Sondeas Línea del Escape	24
7. OTROS DISPOSITIVOS PARA REDUCIR EL MONOXIDO DE CARBONO	25
8. DIAGNÓSTICO DE ABORDO EUROPEO	27
9. RESUMEN	29
10. BIBLIOGRAFÍA	30

1. INTRODUCCIÓN.

Desde que Etienne Lenoir, a mediados de 1860, desarrollara el motor de combustión interna, hasta nuestros días, se han dado pasos agigantados en la reducción de los gases contaminantes que emiten los automóviles a la atmósfera.

Los comienzos de la automoción estuvieron marcados por una aureola de humos de distintos colores que acompañaban al vehículo allí donde fuese; sus motores eran toscos, devoraban combustible en exceso, su rendimiento era bajo y no se tenían en cuenta las consecuencias nocivas de los gases que emitían, aunque eran pocos y sus efectos apenas se notaban.

Con el paso de los años, el desarrollo tecnológico junto con el gran aumento del parque automovilístico y, sobre todo, la preocupación por el efecto adverso que producen los



automóviles sobre la calidad del aire que respiramos y el cambio climático resultante, ha producido, que los gobiernos de diferentes países se preocupen por dictar normas que tienden a la reducción de estos contaminantes.

Para reducir las emisiones de contaminantes y a la vez cumplir con las normativas adoptadas por los países miembros de la Comunidad Europea, que cada vez son más restrictivas, los fabricantes de automóviles han tenido que ingeniárselas para optimizar sus motores y, a la vez, implantar sistemas auxiliares que, por un lado, hagan que el gasto de combustible disminuya en éstos, y por otro, que estos sistemas realicen un trato ulterior de los gases contaminantes que emiten al medio ambiente, reduciendo los vertidos de una forma considerable a la atmósfera

Los profesionales de la automoción, deben adaptarse a los continuos cambios que van surgiendo en materia antipolución incorporada por los automóviles.

[Más información Normativa I.T.V.](#)

2. POLUCIÓN ATMOSFÉRICA.

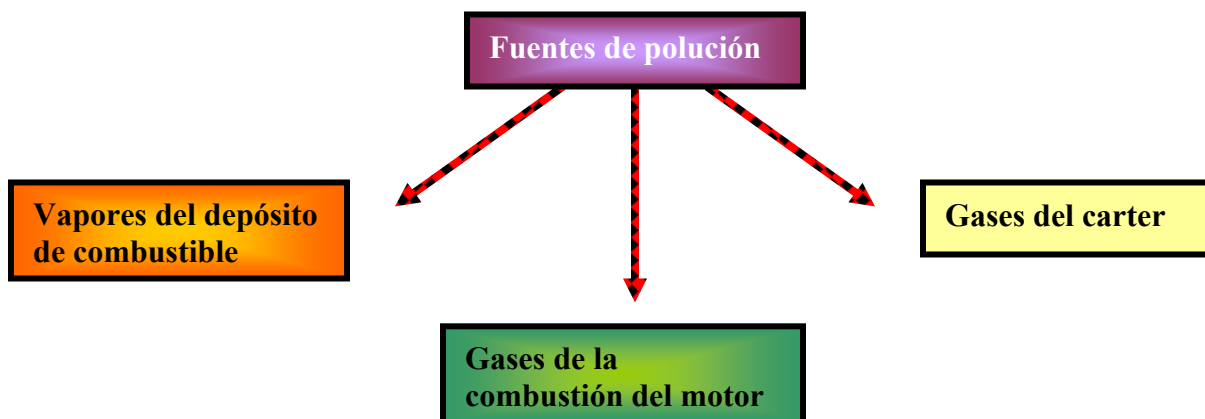
El ser humano, en estos últimos siglos, está haciendo un uso indiscriminado de los recursos que da el planeta y con ello alteramos su frágil equilibrio. Las enfermedades, la lluvia ácida, el cambio climático, son consecuencia directa del mal uso que hacemos de los recursos. No toda la culpa la tienen los automóviles, pero si cabe decir que repercuten en ello.

La contribución del automóvil es importante en los ámbitos principales de contaminación a la atmósfera procedentes de la actividad humana:

- **El cambio climático:** el *dióxido de carbono* (**CO₂**), principal responsable del efecto invernadero que está cambiando el sistema climático, junto con ácidos, como los (**NO_x**) y partículas sólidas en suspensión que provocan la llamada lluvia ácida.
- **La calidad del aire urbano:** los *óxidos de nitrógeno* (**NO_x**), el *monóxido de carbono* (**CO**), los *hidrocarburos no quemados* (**HC**), los *óxidos de azufre* (**SO₂**), las *partículas sólidas en suspensión* (**PSS**), el plomo (**PB**) contenido en las gasolinas etc... que producen en el ser humano enfermedades, algunas irreversibles.

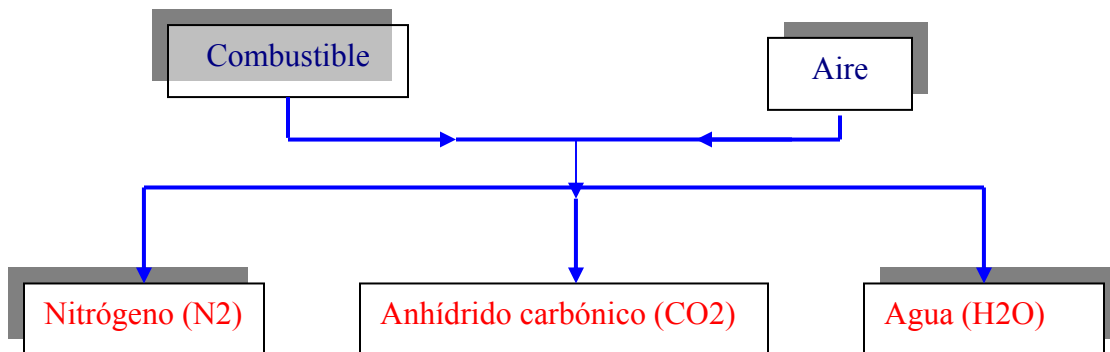
3.- FUENTES DE POLUCIÓN EN EL AUTOMÓVIL.

El contenido de los gases contaminantes que un automóvil emite a la atmósfera proviene fundamentalmente de tres fuentes diferentes:



3.1. Gases de escape

Si el combustible se quemara totalmente en cualquiera de las condiciones de funcionamiento del motor, el contenido de contaminantes sería mínimo.

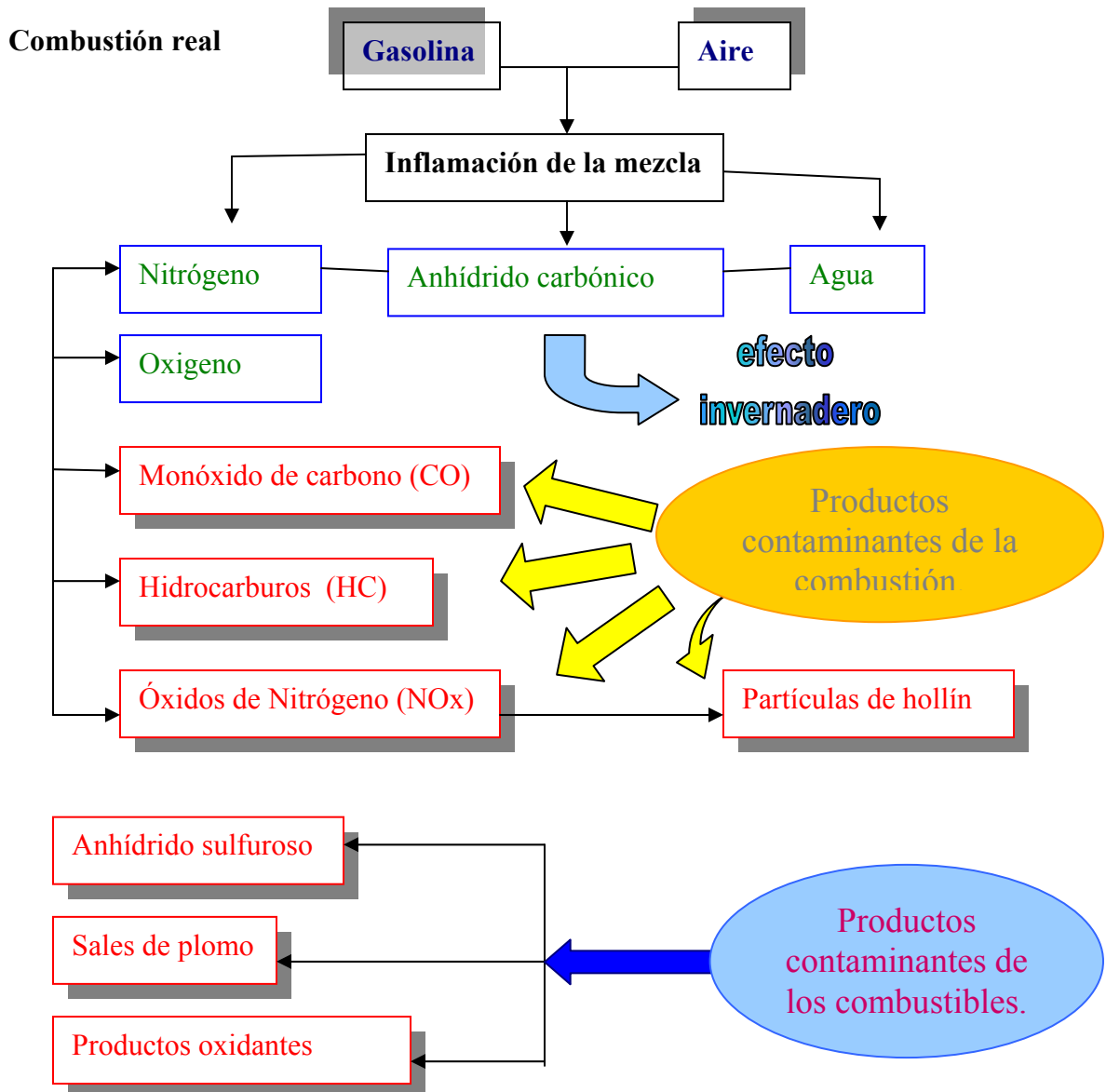


Tanto las mezclas ricas, como las pobres, aunque por distintas razones, hacen que el combustible no se quemara totalmente, vertiéndose por el escape gran cantidad de productos contaminantes. La temperatura a que se realiza la combustión, la presión, la homogeneidad de la mezcla, la turbulencia y la forma de la cámara de combustión, son factores que influyen notablemente en la calidad del proceso de combustión, y, por consiguiente, en las emisiones de contaminantes.

Fundamentalmente, la mezcla comprimida en la cámara de combustión se transforma en vapor de agua (**H₂O**), bióxido de carbono (**CO₂**) y nitrógeno (**N₂**), ninguno de los cuales es nocivo para el ser humano; pero entre los gases de escape emitidos al exterior por un motor se encuentran, además de los citados, pequeñas porciones de otros productos como el monóxido de carbono (**CO**), óxidos de nitrógeno (**NO_x**), hidrocarburos (**HC**) y plomo; además, en los motores diesel se emiten partículas de hollín.

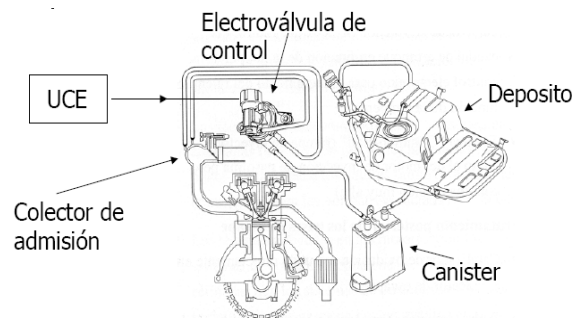
Es importante decir que el (CO₂) se emite en cualquier combustión de combustibles fósiles, éste no se puede transformar y su reducción solo se consigue con la disminución del combustible en el proceso de combustión.

[Más información](#)



3.2. Gases de combustibles.

Los combustibles utilizados en los automóviles tienen la cualidad de vaporizarse fácilmente. Estos combustibles contenidos en los depósitos de los vehículos, sometidos a cambios de temperatura y constante movimiento, y considerando, por otra parte, que el depósito debe tener una puesta en atmósfera, provocan



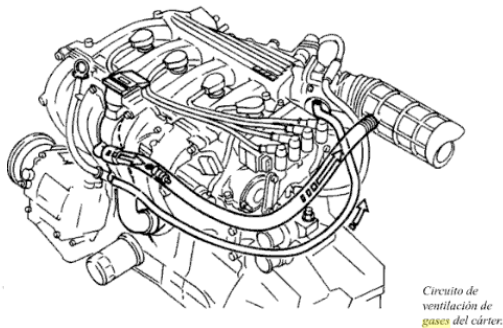
un alto foco de nivel de contaminantes en forma de hidrocarburos que son lanzados a la atmósfera.

La normativa vigente obliga a los vehículos a disponer de un sistema que impida que los vapores de combustible, que se forman en el depósito salgan al exterior. Estos se recogen en un acumulador (cánister) y en el momento adecuado de funcionamiento del motor la Gestión Electrónica activa una electroválvula y los gases son conducidos al colector de admisión, estos se mezclarán con la masa de aire y serán quemados en el interior del motor.

[Más información](#)

3.3. Gases del carter

El movimiento de los pistones por su parte inferior produce en el carter presiones y depresiones. Las altas temperaturas a que se somete el aceite de lubricación, junto con la pérdida a través de los segmentos de gases procedentes de la compresión (sin quemar) y de la combustión (quemados y parciamente quemados), producen en el carter una serie de



Circuito de ventilación de gases del cárter.

gases altamente nocivos para el ser humano, que deben ser reconducidos a la cámara de combustión para su total procesamiento.

Se enlaza un canal de comunicación entre el carter y el colector de admisión, los gases formados son transferidos al interior de los cilindros donde se procesan en la combustión.

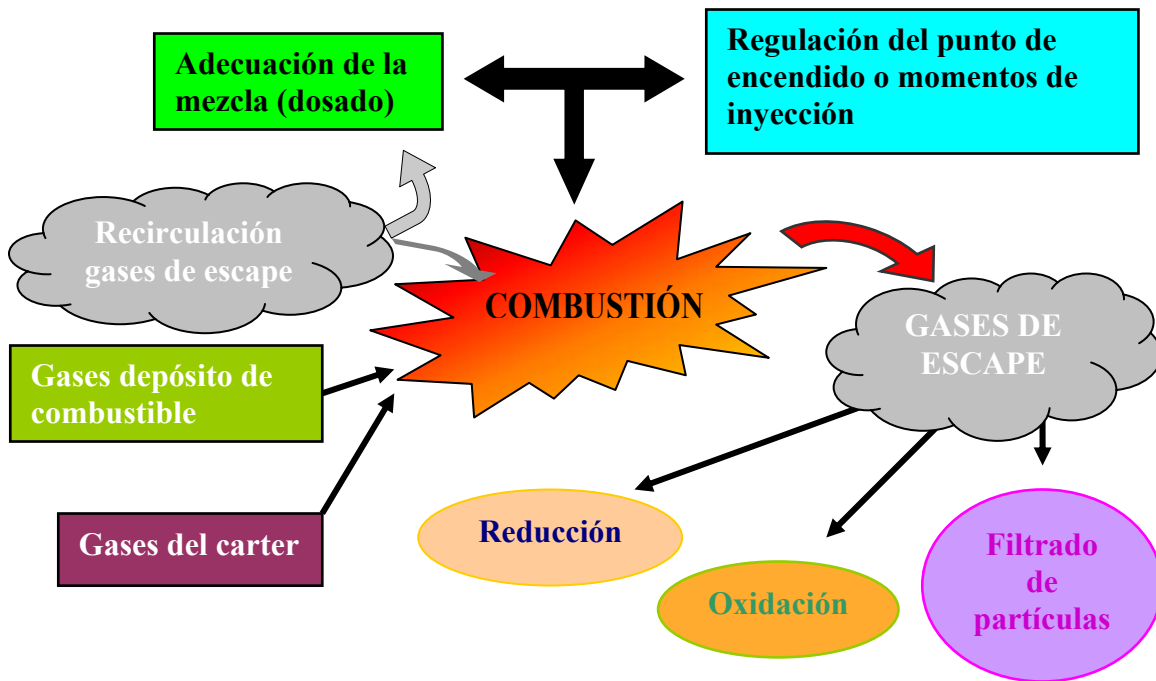
[Más información](#)

4. DISPOSITIVOS ANTICONTAMINACIÓN EN MOTORES DE EXPLOSIÓN.

La contaminación producida por un motor depende fundamentalmente de los sistemas de encendido y alimentación, aunque existen otros parámetros como: el estado de desgaste de sus componentes, la relación de compresión, el reglaje de balancines, etc... que afectan al proceso de combustión de la mezcla y, en consecuencia, al nivel de contaminación que puede producir un motor. Por ello, los fabricantes han introducido modificaciones sustanciales en muchos de los componentes de los motores actuales y han adaptado

sistemas auxiliares, que minimizan en gran medida la expulsión de gases contaminantes, haciéndolo que la combustión sea lo más perfecta posible, empleando para ello el mínimo de carburante, tratando anteriormente la mezcla y ulteriormente los gases quemados por medio de la catalización y reducción de dichos contaminantes.

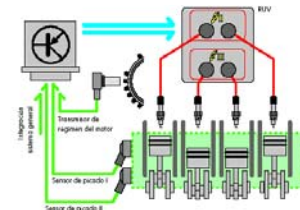
► **Proceso de reducción de los contaminantes que intervienen en la combustión.**

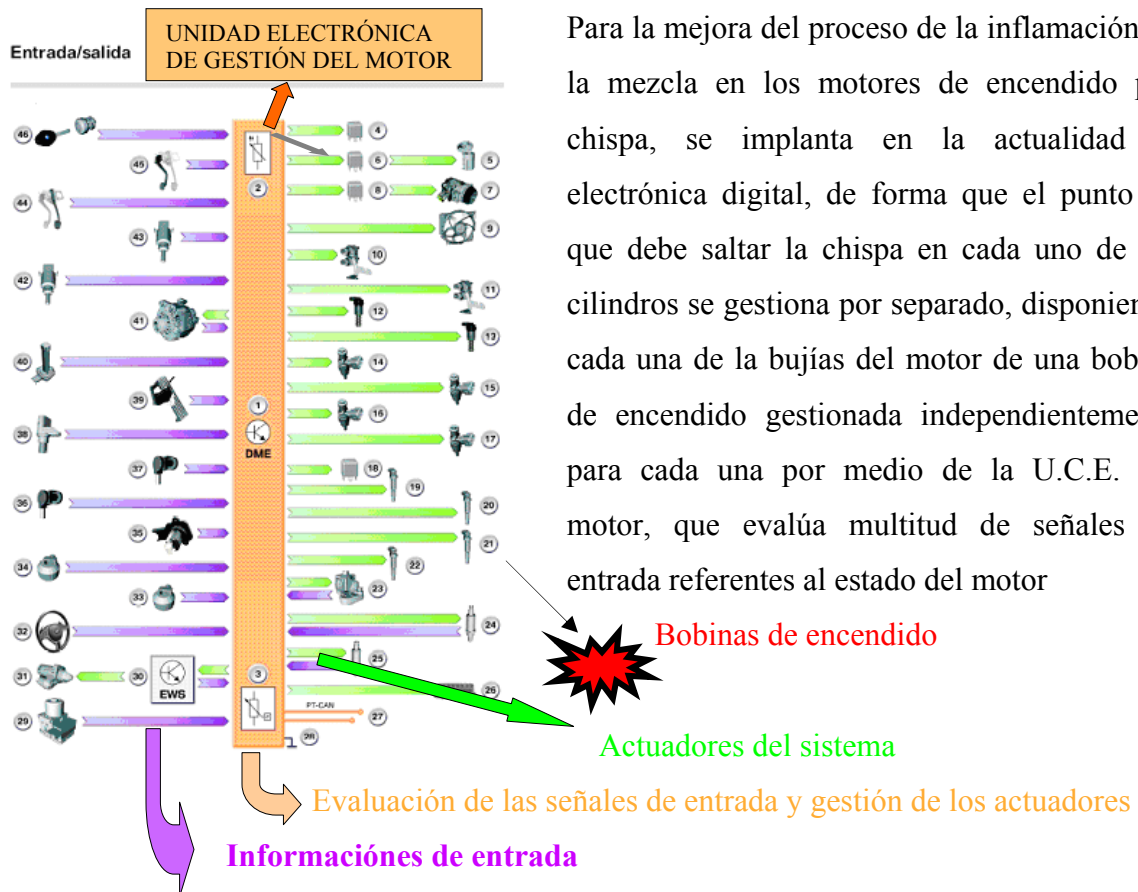


4.1. Encendido

En lo referente a los sistemas de encendido, el reglaje preciso del encendido es esencial para obtener una correcta combustión de la mezcla. Para una determinada carga y régimen de giro del motor, el avance al encendido determina el consumo específico y el nivel de contaminantes de los gases de escape.

Los encendidos han evolucionando. Desde los primeros encendidos por platinos, hasta los actuales encendidos digitales. Los encendidos digitales controlan el punto exacto en el cual debe saltar la chispa en cada uno de los cilindros, evaluando para ello los diferentes parámetros de funcionamiento del motor, mejorando el rendimiento y reduciendo los contaminantes.





[Más información](#)

4.2. Carburación.

Los carburadores durante muchas décadas han realizado la mezcla en los motores de explosión, aunque en los últimos años, los dotaron de sistemas de corrección de la mezcla para adaptarlos a las normativas impuestas, pero éstos, no dejaban de ser sistemas mecánicos incapaces de satisfacer las demandas de la evolución y los procesos para reducir los gases contaminantes que emiten los motores de combustión interna.

A partir de la **Directiva de 1993 de la U.E.** los sistemas de preparación de la mezcla por carburador fueron sustituidos por sistemas auxiliares de preparación y formación de la mezcla del tipo electrónico (inyección electrónica), capaces de evaluar los diferentes estados del motor en todo momento y corregir instantáneamente la mezcla para que esta se encuentre siempre en el punto de dosificación exacto y a la vez, integrar los sistemas de tratamiento de los gases de escape.

4.3. Inyección de gasolina (*GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR*)

Para que la polución emitida por el motor se sitúe en los valores más bajos posibles, es necesario que la relación de la mezcla sea estequiométrica, es decir, para que se quemé completamente en la cámara de combustión **1 gramo de gasolina se precisan 14,7 gramos de aire**.

Esto se consigue con un sistema electrónico que, por un lado, evalúa multitud de informaciones del proceso de funcionamiento del motor y, por otro, gestiona la cantidad de gasolina precisa que debe llegar a los cilindros.

Dentro de los sistemas de inyección de gasolina, todos sus componentes forman parte, en mayor o menor medida, de la reducción de los gases nocivos emitidos a la atmósfera. Aunque aquí nos vamos a centrar en aquellos subsistemas cuya función es la de reducir o modificar dichos gases contaminantes que proceden de la combustión en un motor de explosión.

Subsistemas:

- ▶ Sondas lambda.
- ▶ Sensor de Óxidos de Nitrógeno.
- ▶ Inyección de aire en el escape.
- ▶ Catalizadores.
- ▶ Distribución variable y alzado de válvulas variable.
- ▶ Inyección Directa.



4.3.1. Sondas lambda

La sonda Lambda o sonda de Oxígeno se utiliza en los motores de gasolina con una relación de mezcla equivalente a $\lambda = 1$. Se ubica en el colector de escape o en la entrada del catalizador y mide el contenido de oxígeno residual en el flujo de los gases de escape.

La sonda está compuesta por un cuerpo cerámico impermeable al gas, que está abierto por el lado del aire exterior y que cuenta con dos electrodos uno interior y otro exterior. Con estos dos electrodos reacciona a las diferentes concentraciones de oxígeno en el gas de

escape y el aire exterior.

Puesto que, funcionando el motor, la concentración de oxígeno en el aire exterior es superior a la existente en el gas de escape, se produce una tensión eléctrica entre ambos electrodos. La gestión electrónica del motor calcula, a su vez, a través de este valor de tensión, el contenido de oxígeno residual que contiene el gas de escape.

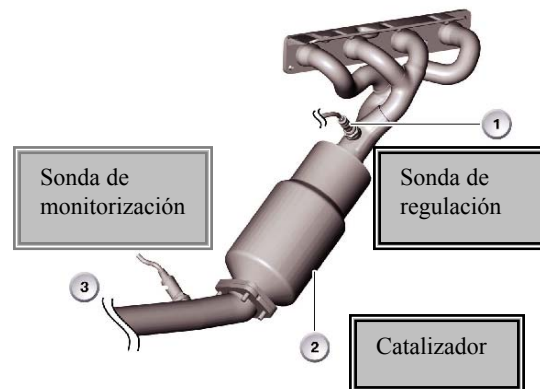
[Más información sondas convencionales](#)

Tipos de sonda:

- **Sondas binarias calefactadas:** Una calefacción integrada en el interior de la sonda permite que esta coja su temperatura de trabajo lo antes posible, a la vez que puede estar colocada a mayor distancia del colector de escape, con lo que repercute en su vida útil.
- **Sondas binarias no calefactadas:** El control de los gases se establece cuando esta coge su temperatura de funcionamiento, por lo que su implantación se produce en los colectores de escape. El tiempo de respuesta es menor que la sonda calefactada.
- **Sondas de banda ancha:** Esta es una nueva generación de sondas lambda, que se implanta antes del catalizador. El valor lambda ya no se mide en forma de una curva de tensión ascendente a saltos, sino que se mide en forma de curva de intensidad de corriente con incrementos casi lineales. De esa forma es posible medir el valor lambda en una gama más amplia y con mayor exactitud que con una sonda convencional. [Más información](#)

• **Disposición y funciones de las sondas de oxígeno:**

La sonda de oxígeno (1) antepuesta al catalizador (2) sirve para la regulación Lambda (**sonda de banda ancha**); con la señal de la sonda pospuesta al catalizador (3) se vigila la eficacia del catalizador y de la sonda anterior (**sonda de monitorización**).



Con el catalizador en buen estado de funcionamiento, la señal de la sonda pospuesta al catalizador presenta una oscilación menor a la de la señal de la sonda antepuesta al catalizador.

Las leyes actuales obligan a los fabricantes a implantar dos sondas de oxígeno, una antes del catalizador y otra después del catalizador. Las señales de estas dos sondas son

analizadas por la gestión del motor, de forma que el mal funcionamiento del catalizador o de una de las dos sondas, pone en fase de emergencia el funcionamiento del motor a la vez que se enciende el testigo (MIL) del cuadro de instrumentos, advirtiendo al conductor del mal funcionamiento del sistema antipolución.

- **Regulación Lambda:** Para mantener la mezcla en los valores óptimos es necesario mantener la relación aire/combustible dentro de un umbral determinado llamado umbral Lambda, cuyo valor es $\lambda=1$, que corresponde con la mezcla estequiométrica. Por eso la gestión del motor mide con la ayuda de una sonda de oxígeno el contenido residual de oxígeno en el gas de escape y reajusta la mezcla oportunamente:

- Si el contenido de oxígeno residual es demasiado alto, la mezcla es enriquecida.
- Si el contenido de oxígeno residual es demasiado bajo, la mezcla es empobrecida.

La señal de la sonda de oxígeno que reacciona al oxígeno residual contenido en los gases de escape oscila constantemente en la ventana lambda entre **mezcla rica/mezcla pobre** debido a estas **correcciones en la mezcla**.

Umbral lambda: oscilación de la mezcla se sitúa entre 0'9 y 1'1

[Más información factor Lambda](#)

4.3.2. Sensor de Óxidos de Nitrógeno

El sensor de Óxido de Nitrógeno se encuentra en la salida del catalizador acumulador de NOx; a través de una unidad de gestión propia informa a la unidad de gestión del motor sobre la concentración de óxido nitrógeno existente en el gas de escape para que esta pueda detectar cuando se ha agotado la capacidad acumulador para realizar la regeneración de éste.

Funciona como una sonda de banda ancha.

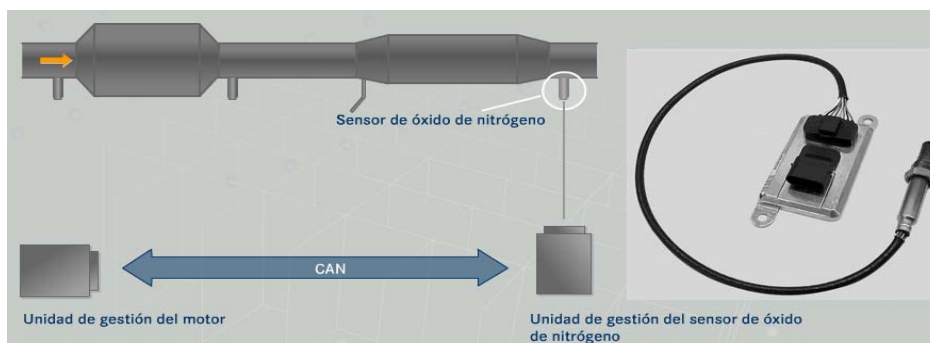


Imagen del sensor de Óxidos de Nitrógeno ubicado en el Acumulador de NOx

4.3.3. Sistema de aire secundario

Debido al enriquecimiento excesivo de la mezcla durante la fase de arranque en frío, los gases de escape presentan una mayor concentración de hidrocarburos sin quemar. Mediante la insuflación de aire adicional (aire secundario) en el conducto del colector de escape en la fase de calentamiento, tiene

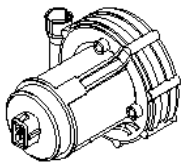
lugar una recombustión térmica que ocasiona una reducción de los hidrocarburos HC y del monóxido de carbono CO no quemado, contenido en los gases de escape.

La energía que entonces se genera, caldea más aprisa el catalizador en la fase de calentamiento e incrementa su cuota de conversión de gases contaminantes.

• *Componentes del sistema:*

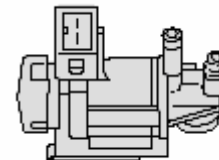
En los primeros sistemas se utilizaban válvulas mecánicas llamadas **Air-Pulsair**.

Los sistemas actuales son gestionados por la **U.E.C** que acciona en el arranque en frío los siguientes elementos:



Bomba de aire secundario: proporciona la cantidad de aire necesaria para producir la oxidación de los hidrocarburos sin quemar.

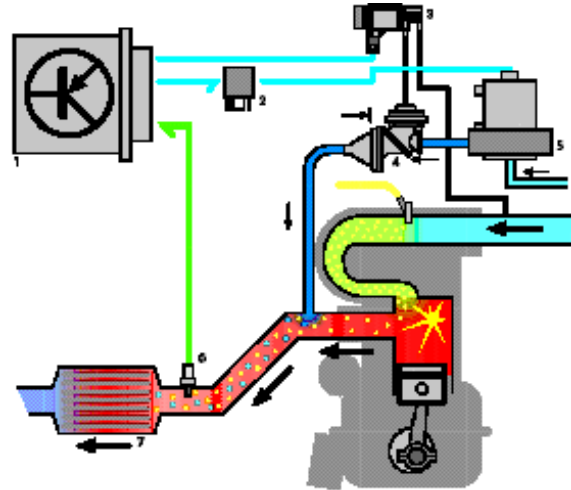
Electro válvula de aire secundario: recibe la señal de la UCE y actúa sobre la **válvula del aire secundario** autorizando la entrada de aire en el arranque en frío en los colectores de escape.



[Más información](#)

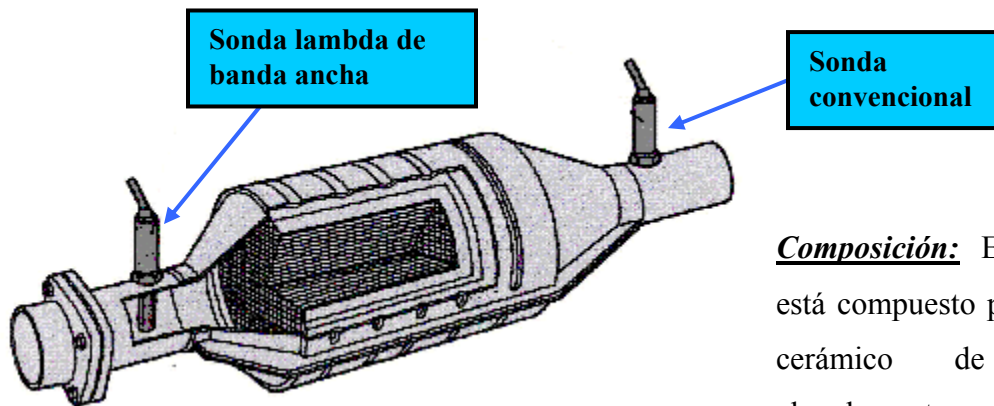
4.3.3. Convertidores catalíticos

El post tratamiento de los gases de escape en los motores de gasolina tiene lugar con ayuda del catalizador de **tres vías** y, en los que cuentan con **inyección directa de gasolina**, además con un catalizador **acumulador de óxidos de nitrógeno**. Los productos contaminantes emitidos por los gases de escape del motor pueden reducirse mediante el



tratamiento catalítico posterior. Estas transformaciones químicas se llevan a cabo mediante el contacto de los gases de escape con la superficie catalítica, disociando los compuestos contaminantes y formando otros inactivos.

El catalizador forma parte de la línea del escape y se instala lo más cerca del motor, detrás del colector de escape para que los gases de escape que lo recorren le permitan alcanzar lo antes posible la temperatura de servicio.



Composición: El catalizador está compuesto por un cuerpo cerámico de estructura alveolar, este cuerpo cerámico

tiene una superficie muy fragmentada. La superficie cerámica está recubierta por Rodio, Platino o Paladio. Estos metales nobles constituyen el material catalítico. La carcasa del catalizador está fabricada en acero y posee una gran resistencia térmica; entre el cuerpo cerámico y la carcasa hay una estera que protege al material cerámico de los golpes y las vibraciones.

Depuración catalítica de los gases

En el catalizador se desarrollan dos reacciones químicas:

- El monóxido de carbono y los hidrocarburos se oxidan al contacto con la superficie interna de catalizador en dióxido de carbono y agua (***oxidación***).
- Los óxidos nítricos se reducen en nitrógeno y oxígeno (***reducción***).

La oxidación, como su nombre indica, es el resultado de la reacción química de un material con el oxígeno, por lo que, un alto contenido de este elemento favorece dicha reacción química. Por el contrario, la reducción es la descomposición de un elemento por exceso de oxígeno, por lo que, si ponemos en contacto un elemento alto en oxígeno con otro cuyos niveles son más bajos, esto favorece la reducción del primero.

Una composición de gases de escape tan uniforme como sea posible constituye un requisito básico para que los tres procesos de depuración discurran correctamente en el catalizador de tres vías.

La gestión del motor controla por ello la composición de los gases de escape por medio de sondas de oxígeno y mantiene la formación de mezcla en torno a la relación $\lambda = 1$.

Si no fuere el caso, dependiendo de la mezcla sobraría un grupo de contaminantes:

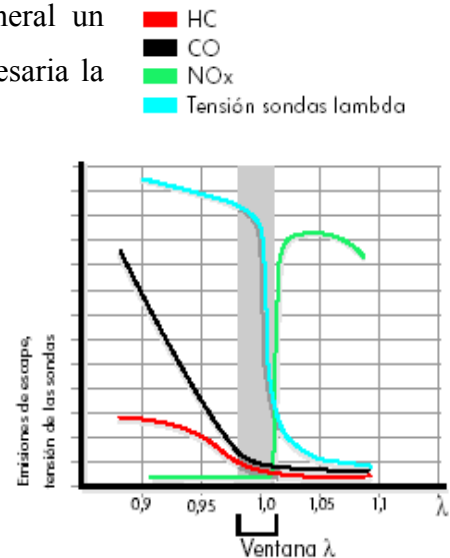
- **En caso de mezcla pobre** = sobrarían Óxidos de Nitrógeno.
- **En caso de mezcla rica** = sobrarían Hidrocarburos y Monóxido de Carbono.

Los motores de explosión utilizan como regla general un catalizador de tres vías, de tal forma que no es necesaria la

utilización de la recirculación de gases de escape.

Tipos de catalizadores

- **De dos vías:** depuran solamente HC y CO.
- **De tres vías:** depuran HC, CO y NOx.
- **Acumulador de NOx:** retiene los Óxidos de Nitrógeno hasta su regeneración. Se usa para sistemas de **inyección directa**, ya que en algunos momentos funcionan con **mezclas estratificadas**, para lo cual un catalizador de tres vías es insuficiente. El catalizador contiene los mismos componentes que el catalizador de tres vías, la diferencia es que, aparte, contiene Carbonato de Bario cuya función es la de captar los Óxidos de Nitrógeno entrantes (fase de carga). Para la regeneración es necesaria la fase del motor en funcionamiento de **mezcla homogénea**.



[Más información Acumulador de NOx](#)

[Catalizador de tres vías](#)

4.3.5. Distribución y accionamiento de las válvulas variable

Algunos fabricantes utilizan la distribución variable y el accionamiento de las válvulas variable con el fin de conseguir la disminución de los contaminantes emitidos por el flujo de gases del motor.

1. regulador distribución escape.
2. regulador distribución de admisión
3. sensor árbol levas de admisión
4. válvula electromagnética admisión
5. válvula electromagnética escape.
6. sensor árbol levas de escape

Distribución variable

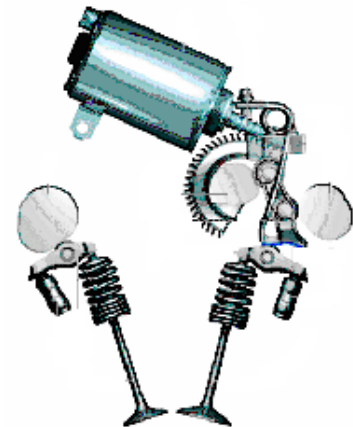


Variando el diagrama de la distribución y modificando la carrera de apertura y cierre de las válvulas, se consigue la mejora del llenado del cilindro en una amplia gama de estados del motor. Todo el sistema se gestiona desde la Unidad Electrónica del Motor. Con este sistema se puede prescindir de válvula de mariposa ya que la regulación de la carga se realiza mediante el Alzado Variable de Válvulas.

La regulación de la carga sin estrangulación, con un accionamiento de las válvulas totalmente variable ofrece:

- Una reducción del consumo de combustible, reduciendo al mínimo la cantidad de CO₂ emitida por KM.
- La recirculación interna de gases de escape reduciendo por tanto la formación de NO_x y los Óxidos de Azufre en la gama de carga parcial sin tener que utilizar una válvula EGR.
- Calentamiento más rápido de los catalizadores y menos emisiones de HC tras el arranque en frío, al provocar una corriente de aire hacia el colector de escape que produce la oxidación de los HC sin la necesidad de colocar un sistema de aire secundario.

Alzado variable de válvulas

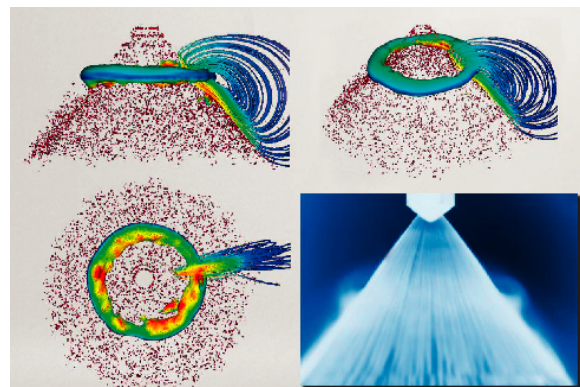


[Más información](#)

4.3.6. Inyección directa

M.I. Comienzos de la Inyección Directa

La inyección directa presenta una clara ventaja sobre la indirecta, al inyectar el combustible en el interior de la cámara de combustión, cerca de los electrodos de la

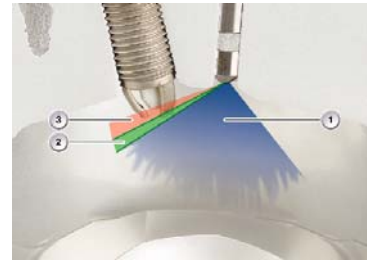
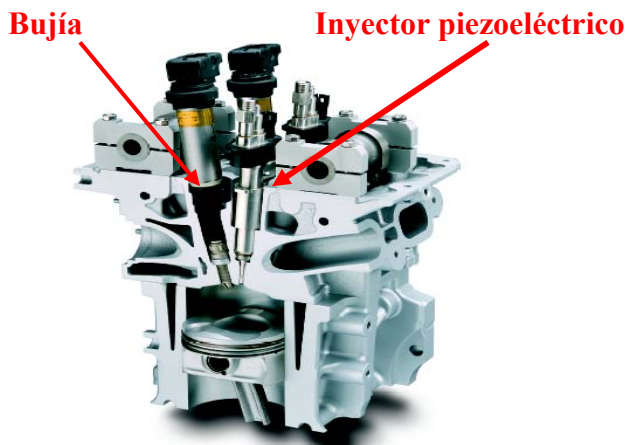


bujía, el motor puede trabajar en **dos modos** diferentes:

- Con mezcla **estequiométrica**.
- Con mezcla **estratificada**.

Al inyectar el combustible en el interior de la cámara de combustión se consiguen reducir los HC en el arranque en frío, **no teniendo** por tanto que recurrir a la **calefacción del colector** de admisión.

Al trabajar con mezclas estratificadas la relación lambda se sitúa en valores de 0'9 a 2'5 de forma que la mezcla es ultra-pobre consiguiendo con ello una reducción del consumo de combustible, disminuyen los HC, CO y la cantidad de CO emitida, en cambio los NOx aumentan, por lo tanto, este sistema, a parte del catalizador que es de tres vías, necesita un sistema de almacenaje y posterior conversión de los NOx.



En el modo de mezcla estratificada, el inyector pulveriza una pequeña cantidad de gasolina cercana a los electrodos de la bujía y se produce la inflamación, aún siendo la relación lambda superior a 1'5.

[Más información](#)

5. FORMACIÓN DE GASES DE ESCAPE EN MOTORES DIESEL.

En el motor diesel la formación de la mezcla y su combustión se produce en el interior del cilindro, la cantidad de aire que llena el cilindro es alta ya que, como regla general, no existe válvula de mariposa.

Para **optimizar** el motor y con ello disminuir tanto los consumos como los productos contaminantes de los gases de escape en el motor diesel, es necesario adecuar la forma de

la cámara de combustión para facilitar la formación de la mezcla, disminuir el **tiempo de retardo** y, a la vez, tener un sistema de gestión motor que permita **dosificar** correctamente la cantidad a inyectar y a su vez, realizar el trato posterior de los contaminantes ligados al flujo de gases de escape.

Los gases de escape de los motores diesel se componen de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y contienen, adicionalmente, emisiones sólidas llamadas “**partículas sólidas en suspensión**”

Estas emisiones de partículas, llamadas comúnmente hollín, constan en el núcleo de carbono puro. A este núcleo se adhieren diversos compuestos de hidrocarburos, óxidos metálicos y azufre, dentro del caudal de los gases de escape.

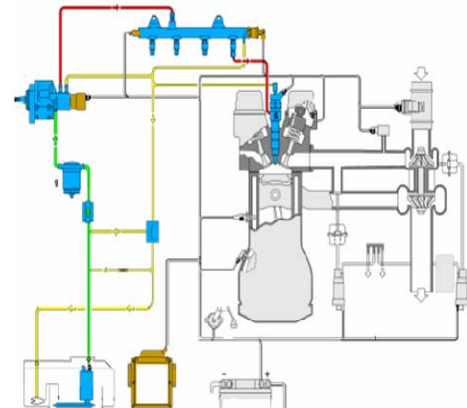
6. DISPOSITIVOS ANTICONTAMINACIÓN EN MOTORES DIESEL

Las modificaciones de los motores efectuadas por los fabricantes tendentes a reducir la tasa de gases contaminantes, están enfocadas generalmente a mejorar el proceso de combustión, utilizando cámaras de combustión con diseños mejorados, en las que la turbulencia del aire y la inyección del combustible han sido adaptadas a las exigencias actuales, consiguiendo un menor gasto de combustible y a la vez incorporando sistemas que permiten un trato posterior de los gases de escape.

Los motores diesel, como en los motores de explosión, están dotados de sistemas de ventilación del carter y de tratamiento de recirculación de los vapores de combustible.

Los dispositivos más empleados son:

- ▶ Tipo de inyección
- ▶ Pre-post calentamiento
- ▶ Recirculación de gases de escape
- ▶ Sobrealimentación
- ▶ Catalización de oxidación
- ▶ Filtro de partículas
- ▶ Sondas línea del escape



► Tipos de inyección

Indirecta: dejó de emplearse al final de la década de los años noventa en vehículos de nueva fabricación por no poder adaptarse a las normativas antipolución.

Directa: al ser preciso bajar la tasa de emisión de contaminantes, los fabricantes de automóviles optaron por utilizar la inyección directa. Este cambio se produjo a raíz de un avance tecnológico en los materiales empleados en la fabricación de sistemas de inyección y en la implantación de la gestión electrónica en los motores diesel.

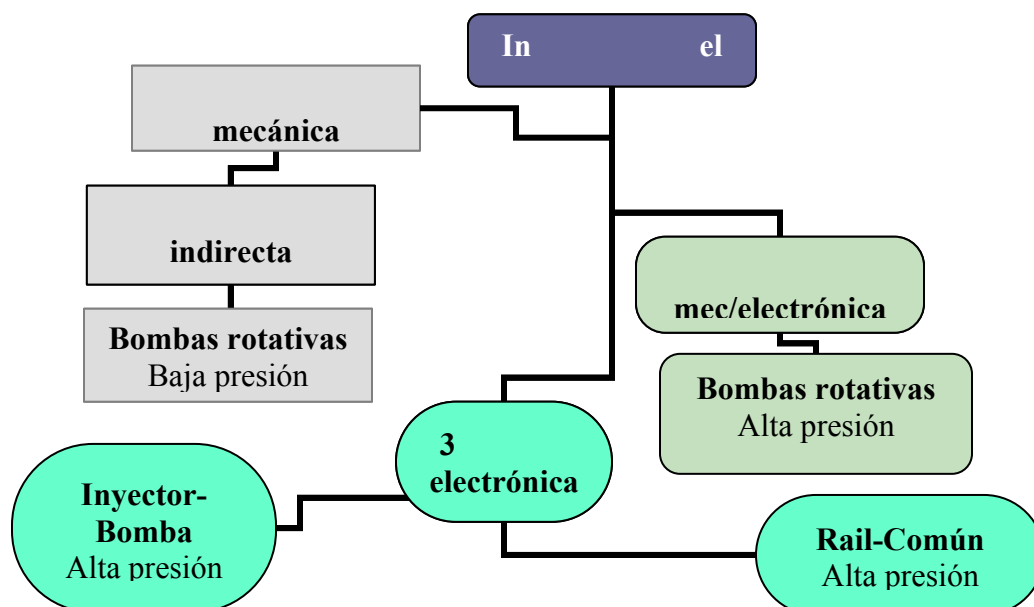
La **inyección a alta presión** (entre 200 y 1800 bar) consigue mejorar la formación de la mezcla, disminuir la tasa de contaminantes y reducir los consumos de combustible.

Los sistemas de inyección mecánicos **no daban respuesta significativa** a la reducción de contaminantes vertidos con los gases de escape, a la posterior implantación de sistemas de catalización, a la recirculación de gases de escape, al corte de inyección en marcha por inercia, etc..., con lo cual, los fabricantes de automóviles modificaron los sistemas de inyección para poder adaptarse a las normativas impuestas.

La inyección por [Rail-Común](#) es hoy en día la más utilizada ya que puede realizar pre-inyecciones, la inyección principal y pos-inyecciones, todo ello bajo la actuación y control de la gestión electrónica del motor. El aumento de presión de inyección permite disminuir el consumo de combustibles y con ello rebajar las emisiones de CO₂, CO y HC.

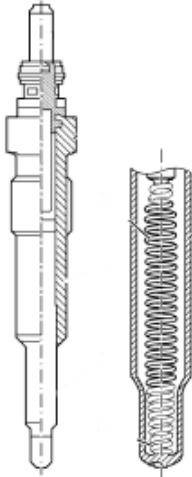
Cronológicamente:

[Más información bombas inyectoras](#)



6.1. Sistemas de PRE-Post Calentamiento

En el caso de temperaturas exteriores bajas y con el motor frío, el combustible no llega a inflamarse o lo hace de una forma poco satisfactoria, produciendo una alta tasa de HC, por lo que necesita de calentadores (*bujías de precalentamiento*) ubicados en la cámara de



combustión para facilitar el arranque. Se calientan a una temperatura de 1000 °C aproximadamente, teniendo lugar ese calentamiento durante todo el proceso de arranque.

En los motores modernos, se produce el post-calentamiento, es decir, estos calentadores permanecen activados por la UEC y cada bujía es activada y desactivada en modo de modulación en la duración de los impulsos, de modo que, estas permanecen calientes durante algunos minutos después del encendido del motor, lo que, hace que disminuya la formación de los hidrocarburos sin quemar en el proceso de calentamiento del motor, permitiendo un funcionamiento perfecto del motor, incluso a bajas revoluciones hasta que la temperatura del motor alcanza un valor optimo.

[Más información](#)

6.2 Recirculación de gases de escape (EGR)

El retorno de gases es una medida de reducción de la formación de óxidos nítricos (NOx). Los óxidos nítricos se forman en grandes cantidades cuando la combustión tiene lugar con un gran sobrante de aire y a muy altas temperaturas y presiones. El oxígeno se combina con el nitrógeno del aire de combustión y se convierte en monóxido de nitrógeno (NO) y en dióxido de nitrógeno (NO₂).

El retorno de gases es necesario en motores diesel a veces en ralenti y siempre con carga media, ya que se trabaja siempre con un exceso de aire.

Con el gas de escape retornado, mezclado con aire fresco, que se comporta como un gas inerte, se logra:

- Una menor proporción de oxígeno y nitrógeno en el cilindro.

• Una reducción de la temperatura máxima de combustión hasta 500 °C. **Esta aumenta aún más cuando los gases de escape de retorno son enfriados** mediante un refrigerador de EGR.

• **Funcionamiento de la EGR:** Reconduciendo una pequeña parte de los gases quemados a la admisión del motor, se consigue que en los momentos adecuados se reduzca la tasa de oxígeno que interviene en la combustión, de tal forma que baja la temperatura y la presión de la combustión evitando o, en su caso, reduciendo la formación de los NOx.

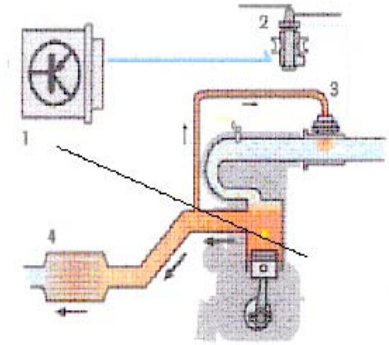
Una válvula, bien comandada neumáticamente, o bien, eléctricamente, mediante la actuación de la UCE, abre, en función de las necesidades del funcionamiento del motor, un canal by-pass que permite que una cantidad regulada de gases quemados sean reconducidos al interior de los colectores de admisión de modo que estos se mezclen con los gases frescos. En algunos casos, los gases de escape, antes de entrar en el colector de admisión, son refrigerados por un enfriador de forma que se puede aumentar el grado de efectividad del retorno de gases. El gas enfriado está en situación de extraer más energía térmica de la combustión y bajar así su temperatura.

La presión de los gases de escape más la depresión en el colector de admisión provocan la mezcla de los gases frescos con los gases quemados, reduciéndose, de esta forma, tanto la cantidad de oxígeno que entra a la cámara de combustión como su temperatura y presión final en el momento de la combustión.

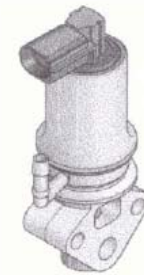
[Más información](#)

6.3. Sobrealimentación

En los motores Diesel es habitual recurrir a la sobrealimentación para incrementar el rendimiento volumétrico del motor. Es decir, obtener mayores prestaciones del motor pero sin aumentar la cilindrada, de forma que se puede reducir el consumo y con ello bajar la



- 1.- Unidad de control de motor
- 2.- Válvula de recirculación de gases de escape.
- 3.- Válvula AGR
- 4.- Catalizador

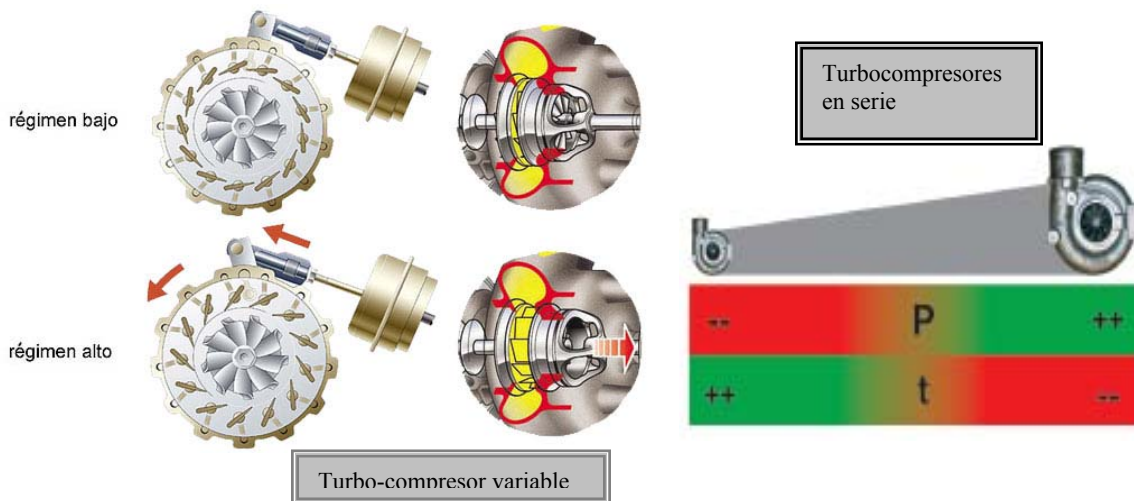
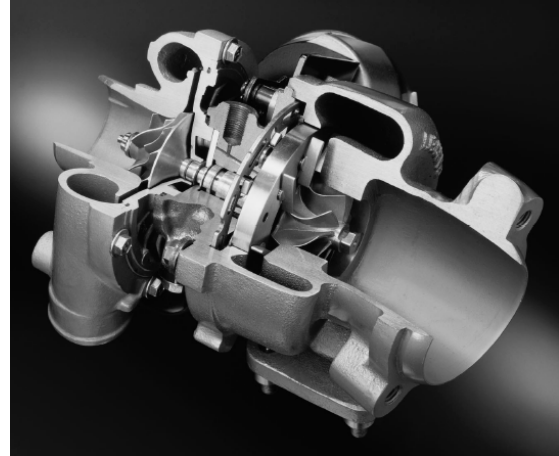


Válvula de recirculación de gases de escape (versión nueva)

cantidad de CO_2 emitida por Km. recorrido. Una forma de conseguir la sobrealimentación es acoplando un turbocompresor al sistema de escape para aprovechar la energía cinética de los gases quemados. Esa energía se transmite a la zona de admisión del motor para comprimir los gases frescos. Al reducir el volumen de los gases frescos se consigue aumentar su densidad y la cantidad de oxígeno en el interior del cilindro, enfriando la masa de gas a través del Intercooler previamente antes de entrar en el cilindro. Todo ello permite incrementar la cantidad de combustible que puede quemarse.

Si se mejora el llenado del cilindro, la emisión de gases contaminantes será menor.

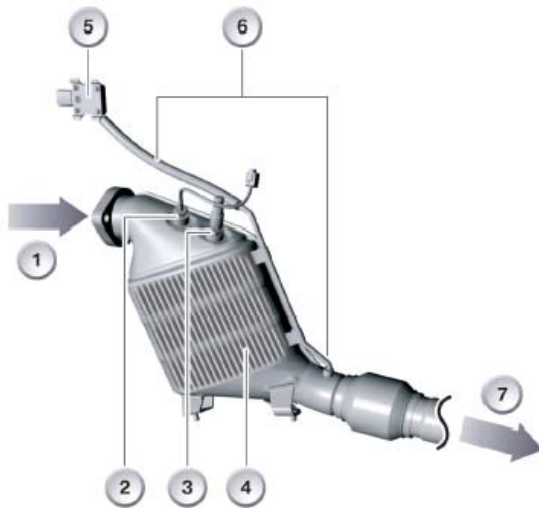
El turbocompresor necesita un determinado caudal de gases de escape para iniciar su funcionamiento, que está en función del tamaño de las turbinas. Para poder optimizar el funcionamiento adecuado del motor en toda la gama de velocidades del mismo, se recurre generalmente a los turbocompresores de **geometría variable**, o bien a colocar dos **turbo-compresores en serie** con diferente tamaño, estando el funcionamiento de ambos gestionado por la Unidad Electrónica de Control de Motor.



[Más información](#)

6.4. Catalizador de Oxidación

Los catalizadores utilizados 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 mas bajas en los diesel, en los cuales, los gases de escape salen a temperaturas comprendidas entre 150 y 450 °C. Por esta causa resulta difícil la utilización de catalizadores de tres vías para eliminar los tres contaminantes principales (NO_x, HC y CO). En los diesel se utilizan catalizadores de dos vías (**catalizadores de oxidación**) para eliminar los HC y CO y se aplican otros procedimientos para reducir las emisiones de NO_x, como la utilización de sistemas de recirculación de gases de escape. Los óxidos de azufre que se producen en la combustión son reducidos en el catalizador diesel utilizando la alúmina como catalizador.



1	Gases de escape motor
2	Sensor. Temp. gases de escape
3	Sonda de oxigeno
4	Soporte cerámica
5	Sensor presión gases de escape
6	Tubería alimentación sensor presión gases de escape
7	Gases de escape limpiados que se dirigen al filtro de partículas

En los sistemas modernos de antipolución se necesitan diferentes sensores para controlar el buen funcionamiento del sistema, adaptar la cantidad de combustible a inyectar, controlar el estado del catalizador de oxidación, el filtro de partículas y el momento en el que debe realizarse la regeneración del filtro de partículas.

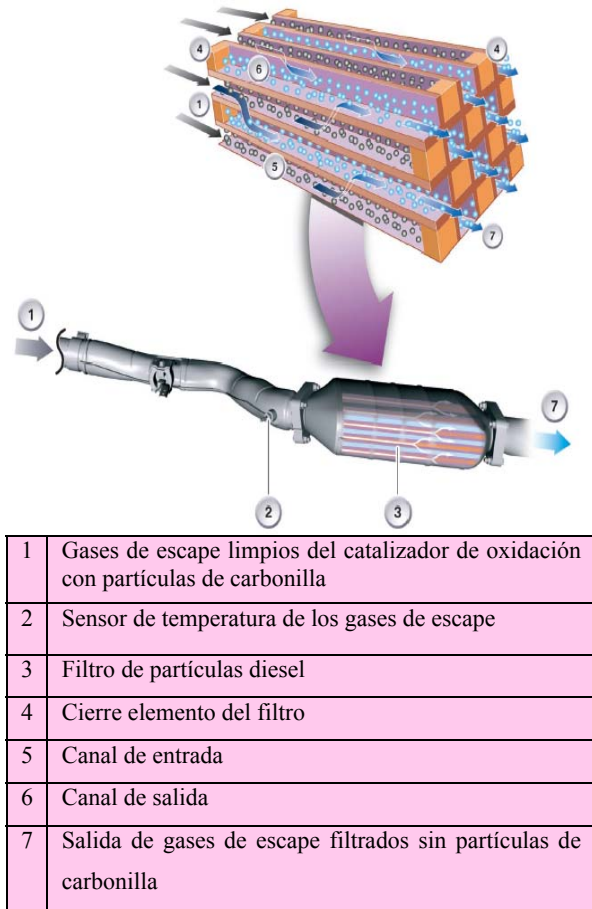
Las partículas de carbonilla atraviesan el catalizador de oxidación sin detenerse. Del mismo modo, el catalizador de oxidación se utiliza también para el aumento de la temperatura en la regeneración del filtro de partículas.

6.5. Filtro de partículas FAP

Un filtro de partículas diesel es un sistema capaz de separar la materia en forma de partículas de los gases de escape producidos por los motores diesel. Las partículas de carbonilla se almacenan en el recubrimiento de platino de los canales de entrada y permanecen allí hasta que se queman debido al incremento de la temperatura de los gases de escape.

Una vez que su temperatura aumenta hasta el punto de fusión estas partículas se convierten en vapor de agua y dióxido de carbono, fluyen a través de las paredes porosas de platino del filtro y salen por los canales de salida junto a los gases de escape en el **periodo de regeneración**.

Para que se puedan quemar es necesario aumentar la temperatura del filtro con los gases de escape. Para ello el sistema de inyección debe realizar varias operaciones (fase de regeneración):



1. **Desconexión de la EGR**. Para que la cantidad de oxígeno resultante de la combustión sea elevada.
2. **Post-inyección**. Para que salgan hidrocarburos sin quemar, encuentren ese exceso de oxígeno y se produzca una inflamación residual de los gases de escape que haga elevar su temperatura.
3. **Aditivación del combustible**. Algunos fabricantes que no tienen opción de ubicar el filtro cerca del motor, necesitan aditivar el combustible con un compuesto a base de cerina que provoca la bajada de temperatura de inflamación de las partículas sólidas

retenidas en el filtro. La aditivación se realiza, según los casos, añadiendo la cerina en el depósito de combustible o bien en el filtro. Esta operación la autoriza la UEC cuando los sensores indican la necesidad de una regeneración.

[Más información Filtro de Partículas](#)

[Aditivación del combustible](#)

6.6. Sondas (línea del escape)

El *sensor de presión* de los gases de escape está conectado con el tubo de escape, antes del filtro de partículas Diesel, mediante un tubo flexible y uno rígido.

Este sensor mide la contrapresión de los gases de escape antes del filtro de partículas.

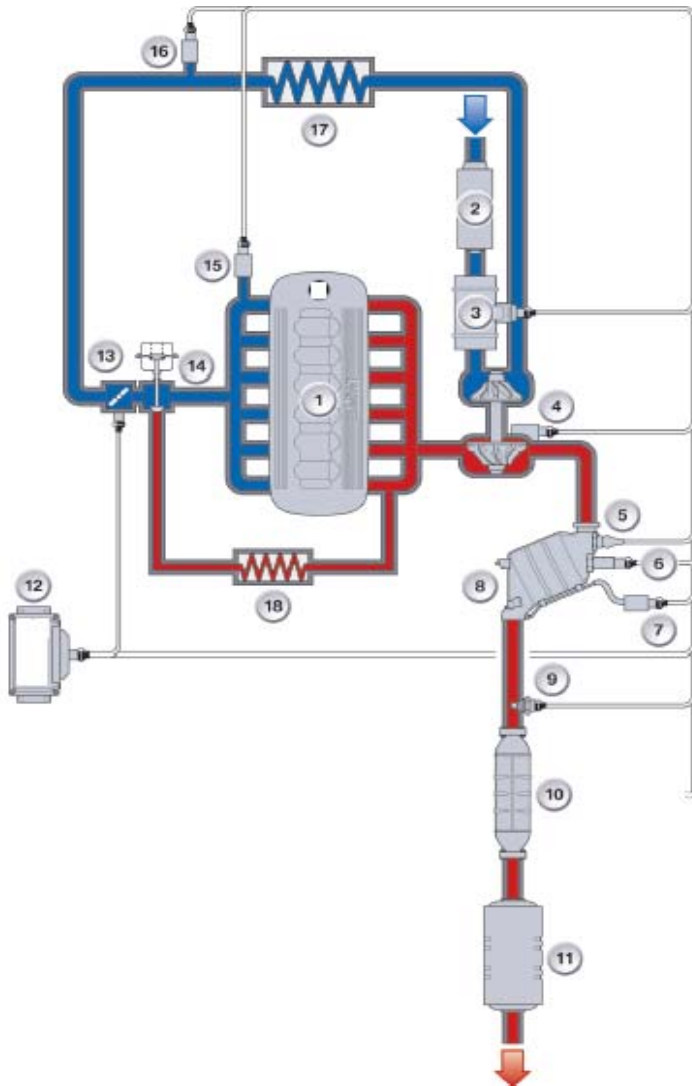
El valor máximo permitido para ésta es de 750 mbar. Si la presión es muy alta (cuando se han depositado demasiadas partículas de carbonilla en el filtro) la UCE ordena una regeneración del filtro.

El sensor de presión de los gases de escape transforma dicha presión mediante una membrana de chapa en un recorrido. En el sensor de presión, cuatro resistencias sensibles a la presión transforman dicho recorrido en una señal de tensión (0-5 V).

Los *sensores de temperatura* de los gases de escape se encuentran antes del catalizador de oxidación y del filtro de partículas Diesel en el sistema de escape. El valor de temperatura permite a la UCE regular la regeneración del filtro de partículas Diesel. Los sensores de temperatura de los gases de escape son resistencias NTC y su ámbito óptimo de trabajo está entre 200 y 700 °C. La regeneración del filtro puede ordenarse a partir de una temperatura de los gases de escape superior a 200 °C. Si se iniciara la regeneración por debajo de 200 °C aparecería humo blanco en los gases de escape debido a un exceso de hidrocarburos (HC).

La *sonda Lambda* se encuentra en la carcasa del catalizador de oxidación. Su función es la de medir la cantidad de oxígeno en los gases de escape e informar a la UCE. Esta información sirve para calcular si la masa de aire se adapta a la cantidad real de gases de recirculación que manda la EGR, de este modo se ajusta el valor Lambda correcto

Visión general del sistema



1	Motor
2	Filtro de aire
4	Medidor masa de aire
3	Turbocompresor
4	Sensor temp. gases de escape 1
5	Sonda lambda
6	Sensor de presión
7	Catalizador de oxidación
8	Sensor temp. gases de escape 2
9	Filtro de partículas
10	Unidad electrónica de control
11	Válvula de mariposa
12	EGR
13	Sensor presión de carga
14	Sensor temperatura aire
15	Intercooler
16	Refrigerador EGR
17	Intercooler
18	Enfriador gases de escape

7. OTROS DISPOSITIVOS PARA REDUCIR EL DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Para reducir los contenidos de CO₂ emitidos por un motor a la atmósfera y cumplir la normativa actual, es preciso reducir el consumo de combustible al mínimo posible.

Para ello se optimiza el motor a fin de reducir las pérdidas por carga cuando estas sean innecesarias. *Si reducimos la cantidad de combustible empleado en la combustión vertemos menos CO₂ a la atmósfera.*

Dispositivos:

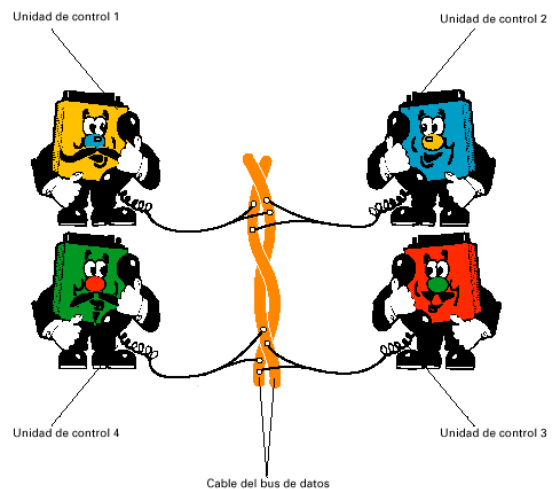
Corte de combustible por inercia: los sistemas de inyección electrónicas permiten la desconexión de los inyectores cuando se precisa el freno motor o, en su caso, cuando el vehículo lleva una velocidad mantenida sin necesidad de pisar al acelerador; se restablece la inyección cuando la velocidad decae de un valor o bien se pisa el acelerador, con ello se consigue un ahorro de combustible.

Bomba de refrigerante eléctrica: si en los momentos que el motor adquiere su temperatura óptima de trabajo la bomba de refrigeración permanece parada, se eliminan las pérdidas por carga que produce la bomba durante este tiempo, disminuyendo, por tanto, las emisiones de CO₂. Para esto, es necesario utilizar una bomba de refrigerante eléctrica comandada por la Gestión del motor en virtud de la información de la temperatura de refrigerante motor.

Desconexión del motor a ralentí: el tiempo que el motor se encuentra al ralentí y el funcionamiento de este no es preciso para que funcionen otros sistemas del automóvil, el motor se para automáticamente, por ejemplo, la parada en un semáforo. Para continuar la marcha es preciso accionar el embrague y el motor emprende su funcionamiento.

Reducción de la cilindrada: con la investigación e incorporación de nuevos materiales y las mejoras en los sistemas de gestión del motor, los fabricantes están consiguiendo la reducción de las cilindradas de sus motores sin el detrimento de los rendimientos.

Red Cam-Bus: La transmisión de datos tiene en este apartado una especial relevancia. El sistema EOBD puede estar ubicado en la Unidad de Gestión del Motor o fuera de esta, mediante una unidad central. Cuanto más rápido y más datos se puedan transmitir del



funcionamiento global del vehículo entre unidades de mando, mayor será el grado de vigilancia, el comportamiento de las emisiones de escape y el consumo. La red Cam-Bus es un sistema de comunicación con el que todas las unidades de procesamiento que engloba un automóvil comparten información a través de un Bus de Datos mediante dos cables.

8. DIAGNÓSTICO DE A BORDO EUROPEO [Comienzos OBD](#)

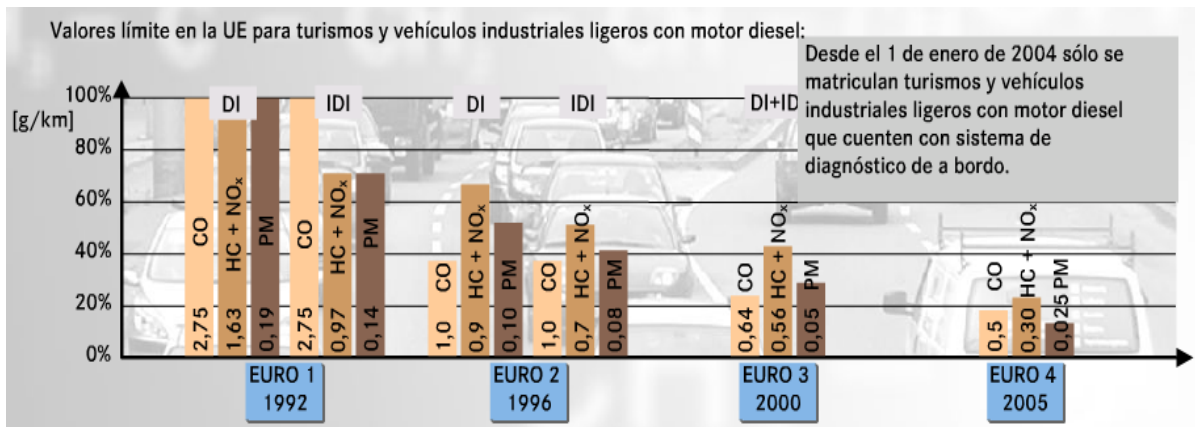
Hasta ahora hemos visto los sistemas que reducen la emisión de contaminantes que emiten los automóviles a la atmósfera *¿pero, no nos olvidamos de algo?*

Necesitamos un sistema en el vehículo cuya misión sea la de controlar a todos los demás sistemas o elementos que intervienen en la antipolución.

Para conseguir este objetivo se ha implantado el sistema de diagnóstico a bordo, denominado **Euro-Board Diagnosis (EOBD)** construido para la vigilancia de los sistemas antipolución en los vehículos Europeos. Cabe decir que este sistema se instalaba en vehículos americanos décadas atrás con el nombre **OBD**.

Concepto legal

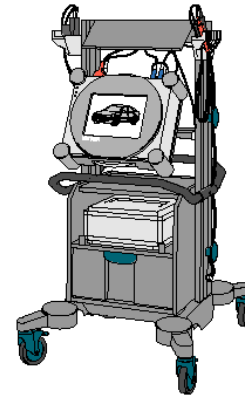
Con la norma sobre gases de escape Euro III, se implantó en el año 2000 (a partir del 1 de enero) en Europa el Diagnóstico de Abordo Europeo (EOBD) para vehículos con motor de explosión de nueva fabricación y en el 2004 (a partir del 1 de enero), con la norma Euro IV, para los vehículos con motor diesel. La normativa siguiente que rebajará las emisiones de gases contaminantes EURO V se hará vigente a partir del año 2012



El OBD Tiene como objetivos:

- La vigilancia constante de todos los componentes del vehículo relevantes para los gases de escape.
- La detección y visualización inmediatas de los incrementos de las emisiones a lo largo de toda la vida útil del vehículo.
- Mantener bajas las emisiones de escape de forma duradera.

También debe, detectar, memorizar, mostrar los fallos de funcionamiento relevantes para las emisiones, así como sus causas.



Requisitos de un sistema de diagnóstico de a bordo:

- Acceso normalizado a los datos (Conector de diagnóstico OBD)
- Códigos de avería estandarizados.
- Lectura de los datos mediante una herramienta estandarizada.
- Disponibilidad de los datos periféricos de la avería.
- Visualización de averías o fallos de funcionamiento a través del testigo MIL correspondiente a un fallo en la gestión antipolución.
- Nomenclaturas y abreviaturas estandarizadas.

Para el diagnóstico de las averías producidas en el sistema controlado por el EOBD en caso que se encienda el testigo MIL (Malfunción-Indicator-Lamp) se hace necesaria la utilización de un aparato de diagnóstico, capaz de leer los códigos de avería generados durante la marcha del vehículo. [Más información sobre el sistema OBD](#)



9. RESUMEN

La emisión de gases contaminantes emitida por los automóviles que actúa sobre el ser humano y el cambio climático, hace que, tanto gobiernos, fabricantes de automóviles, usuarios, como nosotros que en un futuro seremos profesionales de la automoción, tengamos conciencia de la necesidad de intervenir sobre su desarrollo y adoptemos las medidas necesarias.

La Unión Europea adopta las medidas oportunas con las diversas normativas que va variando a lo largo de los años (EURO I, II, III, IV y la siguiente EURO V)

Los fabricantes de vehículos desarrollan nuevos sistemas de antipolución tanto en los diesel como en los de gasolina, a fin de cumplir con la normativa presente e intentando adaptarse a las futuras.

Sistemas mecánicos de adecuación de la mezcla como carburadores y bombas rotativas dieron paso a los modernos Sistemas de Gestión Electrónica de Motor.

La eliminación o reducción de las sustancias nocivas de los gases de escape depende tanto del proceso de la formación de la mezcla como del tratamiento posterior llevado a cabo por catalizadores y acumuladores.

Por un lado, los sistemas empleados intervienen en la mejora de la combustión a fin de reducir el consumo y los contaminantes y, por otro lado, los sistemas realizan un trato ulterior de los gases de escape.

Los vehículos de nueva generación fabricados en Europa disponen obligatoriamente de un sistema de diagnóstico de abordaje que informa sobre el funcionamiento del sistema antipolución (EOBD), en caso de mal funcionamiento de alguno de los elementos referentes al sistema se enciende el testigo de contaminación (**MIL**) alojado en el cuadro de instrumentos informando al usuario del vehículo a la vez que interviene sobre la gestión del motor para que no se vea afectado el catalizador.

10. BIBLIOGRAFÍA

Para la elaboración y el desarrollo de este trabajo se han utilizado libros de texto referentes a la materia tratada, manuales técnicos de diversos fabricantes de vehículos, así como los recursos de información que ofrece Internet.

Libros de texto y de ampliación:

Sistemas Auxiliares del Motor. (**Electromecánica de Vehículos**) Autor J.M.Alonso, de la editorial Thomson-Paraninfo.

Técnicas del Automóvil (**Sistemas de Inyección del Automóvil en Vehículos Diesel**). Autor J.M.Alonso, de la editorial Thomson-Paraninfo.

Técnicas del Automóvil (**Equipo eléctrico**). Autor J.M.Alonso, de la editorial Thomson-Paraninfo.

Técnicas del Automóvil (**Motores**). Autor J.M.Alonso, de la editorial Thomson-Paraninfo.

Encendido Electrónico. Autor Albert Matí Parera, editorial Marcombo.

Manuales Técnicos:

Manuales Técnicos de Mercedes-Benz.

Manuales Técnicos de Mercedes-Benz (Vehículos pesados).

Manuales Técnicos de Volvo (vehículos pesados).

Manuales Técnicos de Renault.

Manuales Técnicos de BMW.

Manuales Técnicos de Volkswagen.

Manuales Técnicos de Fiat.

Nuestro agradecimiento a las empresas de reparación de vehículos que nos han ayudado a comprender con su ayuda e información dada, los procesos y sistemas de depuración de gases de escape que intervienen en los automóviles.