

Dispositivos de Anticontaminación Empleados en los Motores de Automoviles



ELECTROMECAÁNICA

I.E.S. "Javier García Tellez"
Cáceres

Alumnos Participantes:
Oliver Pérez Gil
Alberto Tello Rodríguez

Profesor Tutor:
Jesús Pereira Iglesias

INDICE

1. La combustión

- 1.1. El combustible
- 1.2. El oxígeno
- 1.3. Combustión completa
- 1.4. Combustión incompleta
- 1.5. Tipos de gases producidos en la combustión y sus consecuencias
 - 1.5.1. El Nitrógeno (N)
 - 1.5.1.1. Los óxidos de nitrógeno (NO_x)
 - 1.5.2. El vapor de agua (H_2O)
 - 1.5.3. El Oxígeno (O_2)
 - 1.5.4. El Dióxido de Carbono (CO_2)
 - 1.5.5. El Monóxido de Carbono (CO)
 - 1.5.6. Los Hidrocarburos (HC)
 - 1.5.7. El Plomo (PB)

2. Relación estequiométrica

- 2.1. Desarrollo de la combustión de la mezcla
- 2.2. Control de emisiones contaminantes

3. El catalizador

- 3.1. Tipos de catalizador
 - 3.1.1. Catalizador de dos vías.
 - 3.1.2. Catalizador de tres vías.
 - 3.1.2.1. Oxidación y reducción
 - 3.1.2.2. El monolito cerámico
 - 3.1.2.3. Condiciones de funcionamiento
 - 3.1.2.4. Degradación del catalizador
 - 3.1.2.5. Importancia de la causa del fallo de un convertidor

catalítico antes de sustituirlo.

- 3.1.2.5.1. Fallo mecánico o rotura del monolito
- 3.1.2.5.2. Envejecimiento
- 3.1.2.5.3. Ensuciamiento por el plomo
- 3.1.2.5.4. Estanqueidad
- 3.1.2.5.5. Mal funcionamiento del motor/sistema de encendido o inyección

3.1.3. Catalizador de tres vías con aire.

4. El sensor de oxígeno: La Sonda Lambda

- 4.1. Sonda lambda de dióxido zirconio
- 4.2. Funcionamiento de la sonda lambda de dióxido zirconio
- 4.3. Cables de la sonda Lambda de dióxido de zirconio
- 4.4. Sonda lambda de dióxido titanio
- 4.5. Sonda lambda de banda ancha
 - 4.5.1. Funcionamiento

5. Sistema de Recirculación de gases de escape

- 5.1. Válvula EGR
- 5.2. Tipos de válvulas EGR
- 5.3. Neumáticas:
- 5.4. Eléctricas:
- 5.5. Funcionamiento del sistema de recirculación de gases de escape
- 5.6. Mantenimiento

6. Filtro de partículas (F.A.P.)

- 6.1. Composición del sistema FAP

1. LA COMBUSTIÓN

Es una reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente, desprendiendo calor y produciendo un óxido; la **combustión** es una reacción exotérmica debido a que su descomposición en los elementos libera:

- calor al quemar.
- luz al arder.

Es la combinación rápida de un material con el oxígeno, acompañada de un gran desprendimiento de energía térmica y energía luminosa.

Los tipos más frecuentes de combustible son los materiales orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. El producto de esas reacciones puede incluir monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y cenizas.

1.1. EL COMBUSTIBLE

Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se cambia o transforma su estructura química. Supone la liberación de una energía.

Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera y la turba.

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el gasóleo, el queroseno o la gasolina (o nafta) y los gaseosos, como el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. Las gasolinas, gasóleos y hasta los gases, se utilizan para motores de combustión interna.

1.2. EL OXIGENO

Es un elemento químico de número atómico 8 y símbolo **O**. En su forma molecular más frecuente, O₂, es un gas a temperatura ambiente. Representa aproximadamente el 21% en volumen de la composición de la atmósfera terrestre. Es uno de los elementos más importantes de la química orgánica y participa de forma muy importante en el ciclo energético de los seres vivos, esencial en la respiración celular de los organismos aeróbicos. Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Existe una forma molecular formada por tres átomos de oxígeno, O₃, denominada ozono cuya presencia en la atmósfera protege la Tierra de la incidencia de radiación ultravioleta procedente del Sol.

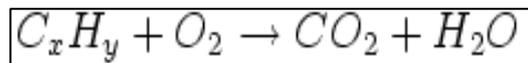
Un átomo de oxígeno combinado con dos de hidrógeno forma una molécula de agua.

En condiciones normales de presión y temperatura, el oxígeno se encuentra en estado gaseoso formando moléculas biatómicas (O_2) que a pesar de ser inestables se generan durante la fotosíntesis de las plantas y son posteriormente utilizadas por los animales en la respiración

1.3. COMBUSTIÓN COMPLETA

Cuando una sustancia orgánica al reaccionar con el oxígeno el producto resultante es sólo CO_2 y H_2O ; la **combustión completa** se produce cuando el total del combustible reacciona con el oxígeno. La ecuación puede balancearse, los productos de esta combustión son solamente CO_2 , H_2O , O_2 y N_2 . La combustión se denomina completa o perfecta, cuando toda la parte combustible se ha oxidado al máximo, es decir, no quedan residuos de combustible sin quemar.

La fórmula de la combustión completa es:



1.4. COMBUSTIÓN INCOMPLETA

Una combustión se considera una **combustión incompleta** cuando parte del combustible no reacciona completamente porque el oxígeno no es suficiente.

Cuando una sustancia orgánica reacciona con el oxígeno de manera incompleta formando además de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) otros subproductos de la combustión los cuales incluyen también hidrocarburos no quemados, como Carbono, Hidrógeno (HC) y monóxido de carbono (CO).

1.5. TIPOS DE GASES PRODUCIDOS EN LA COMBUSTIÓN Y SUS CONSECUENCIAS

Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes.

Los primeros están formados, fundamentalmente, por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de Carbono, vapor de agua e Hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el Monóxido de Carbono, Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno y Plomo.

1.5.1. EL NITRÓGENO (N)



Es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%. Debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el Nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de Óxidos de Nitrógeno, aunque sea un gas inerte a temperatura ambiente.

1.5.1.1. Los óxidos de nitrógeno (NO_x)

Son unos compuestos de nitrógeno y oxígeno que se forman en la combustión con exceso de oxígeno y altas temperaturas. El término **óxido de nitrógeno** puede referirse a cualquiera de ellos:



- Óxido nítrico o **Óxido de nitrógeno**, de fórmula NO.
- Dióxido de nitrógeno, de fórmula NO₂.
- Óxido nitroso o **Monóxido de di-nitrógeno**, de fórmula N₂O.

El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente; ninguno de los dos es inflamable.

A temperatura ambiente de olor dulce penetrante, fácilmente oxidable el monóxido de nitrógeno. Mientras que el dióxido de nitrógeno tiene un fuerte olor desagradable.

Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire desde el escape de vehículos motorizados (sobre todo diésel y mezcla pobre), de la combustión del carbón, petróleo o gas natural.

1.5.2. EL OXÍGENO (O₂)

Es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el Oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de Hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.



1.5.3. EL VAPOR DE AGUA (H₂O)



Se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del Hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape.

1.5.4. EL DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

También denominado **óxido de carbono** y **anhídrido carbónico**, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO₂.



Producido por la combustión completa del Carbono no resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Se produce con la combustión, es decir, cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión. Sin embargo, un incremento de la concentración de Dióxido de Carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (el llamado efecto invernadero).

1.5.5. EL MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Cuya fórmula química es **CO**, es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera en ambientes de poco oxígeno.



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.

La falta de oxígeno en la combustión hace que ésta no se produzca

completamente y se forme Monóxido de Carbono en lugar de Dióxido de Carbono. En un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indica la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

1.6. LOS HIDROCARBUROS (HC)

Dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, por ejemplo, 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. El Benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de Aldehídos y Fenoles.



Los Óxidos de Nitrógeno no sólo irritan la mucosa sino que en combinación con los Hidrocarburos y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación.



1.7. EL PLOMO (PB)

Es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. 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.

En las gasolinas sin Plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano.

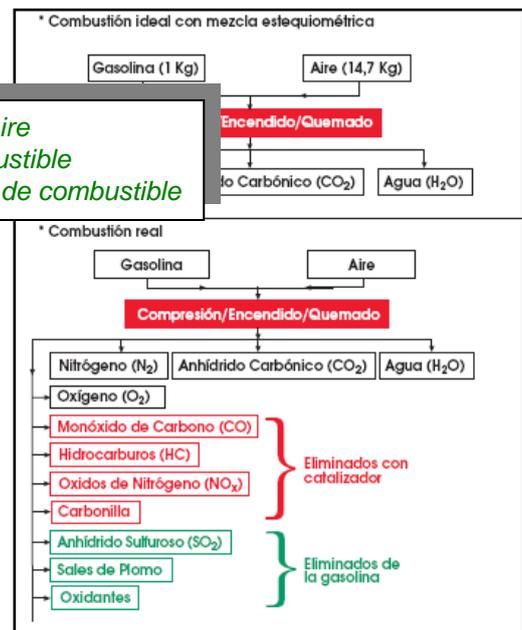


2. RELACIÓN ESTEQUIOMETRICA

Estequiometría: “Es la parte de la química que trata sobre las relaciones cuantitativas entre compuestos y/o elementos en reacciones químicas”

Los motores que utilizan gasolina como combustible mantienen un equilibrio entre entrega de potencia y generación de gases contaminantes, cuando funcionan con una mezcla estequiométrica de 14.7:1; 14.7 partes de aire por una parte de combustible.

*Relación de mezcla = Peso del combustible / Peso del aire
Expresado en masa: 14.7 Kg. de aire por 1Kg. de combustible
Expresado en volumen: 10.000 Litros de aire por 1 Litro de combustible*



Cuando la mezcla de aire y combustible no ha sido ajustada con precisión, se produce un aumento de emisiones. Sólo cuando la relación de la mezcla es de 1 Kg. de combustible a 14,7 Kg. de aire, se puede garantizar una combustión completa y el catalizador puede convertir los gases de escape nocivos en gases que son respetuosos con el medio ambiente.

Y para conseguir este objetivo es necesario que el motor reciba en cada momento las cantidades exactas de aire y combustible. Esta relación exacta de aire y combustible se denomina con la letra griega Lambda (λ).

Teóricamente es la cantidad de aire y combustible requerida para una combustión completa, y es, en este punto en donde el catalizador se desempeña en forma optima

A la proporción 14.7:1 se le denomina LAMBDA 1

Lambda: Es el Índice de relación de aire, expresa en que punto se encuentra la mezcla en proporción al aire disponible para la combustión, con respecto al aire teórico necesario para una combustión completa.

LAMBDA = masa de aire proporcionado / masa de aire necesaria

Si la cantidad de aire proporcionado, es igual a la cantidad de aire necesario, obtendremos un valor de lambda = 1 (14.7:1)

Lambda mayor a 1 = mezcla pobre.

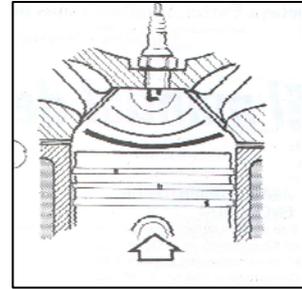
Lambda menor a 1 = mezcla rica.

De esta manera, obtener una lectura de lambda 1.10 (16.17:1) nos expresa un 10% de exceso de aire, un Lambda de 0.90 (13.23:1) expresa un 10% de exceso de combustible.

2.1. DESARROLLO DE LA COMBUSTIÓN DE LA MEZCLA

Cuando se descarga la bobina de encendido, hay un aumento rápido de tensión entre los electrodos de la bujía hasta que se alcanza la tensión de encendido, momento en el que se produce la chispa con el fin de que se inicie la combustión.

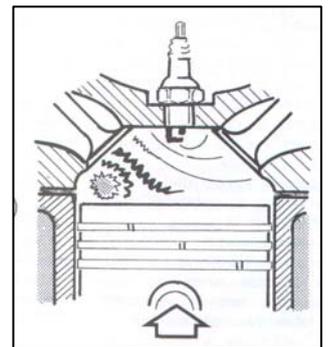
El proceso de combustión debe producirse avanzando en un frente continuo e uniforme cuando se cumplen una serie de condiciones como son: punto del encendido exacto, gasolina adecuada, proporción de la mezcla aire-gasolina correcta, buena distribución de dicha mezcla en la cámara de combustión, etc.



Autoencendido. Aquí la combustión puede iniciarse por cualquier punto excesivamente caliente dentro de la cámara, como pueden ser en la válvula de escape, en puntas salientes de la junta de culata, en la punta del pie del aislador, bordes metálicos irregulares, depósitos de carbonilla.

El resultado es un frente de llama distinto al normal lo cual acarrea un aumento de temperatura y presión en la cámara. Debido a esto, puede ocurrir que se alcance la presión máxima aun sin que llegue el pistón al PMS, con lo que habría un funcionamiento brusco del motor así como una pérdida de potencia.

Otras veces, la combustión se inicia normalmente en la bujía y el frente de llama avanza en parte por la cámara de combustión mientras que el resto de la mezcla se incendia espontáneamente por alcanzar condiciones críticas de presión, temperatura y densidad. A este fenómeno se le llama detonación.



2.2. CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES

“Los vehículos de gasolina cuyas emisiones están controladas por un sistema de regulación perfeccionado del tipo convertidor catalítico de 3 vías y sonda lambda deberán ser sometidos a una prueba según las especificaciones de la directiva europea 92/55. El objetivo es comprobar el buen funcionamiento de los componentes de la

cadena de descontaminación y, si es necesario, ajustar o sustituir los componentes defectuosos”.

1) Se lleva a cabo una inspección visual del sistema de escape para comprobar la ausencia de fugas y asegurarse de que están todas las piezas.

2) Una inspección visual del sistema de regulación de las emisiones para comprobar que el vehículo tiene instalado el equipo necesario.



3) La eficacia del dispositivo de descontaminación está determinada por una medida del valor lambda y a medida de la tasa de CO los gases de escape de acuerdo las modalidades indicadas a continuación.

4) El vehículo debe prepararse para la prueba siguiendo las recomendaciones del constructor. Las mediciones se realizarán con el motor al ralentí y al ralentí acelerado.

AL ralentí: El valor máximo admisible de CO es aquel que indica el constructor. Si no se dispone de dicho valor, la tasa máxima de CO no debe superar el 0,5% del volumen.

AL ralentí acelerado: En vacío (régimen comprendido entre 2500 y 3000 revoluciones/minuto): La tasa de CO no debe superar el 0,3% del volumen. El valor de lambda debe ser igual al $1 \pm 0,03$ (o ajustarse a las especificaciones del constructor)

Se medirán las emisiones con aparatos de control conformes a la normativa vigente y que hayan sido objeto de una aprobación de modelo por el Ministerio de Industria. También deberán ser conformes a las especificaciones técnicas de la norma R 10-019.

Los coches de gasolina contribuyen a la contaminación del aire dado que el motor no realiza una combustión perfecta de la mezcla aire-gasolina y como ya se ha explicado el motor produce agua y dióxido de carbono, así como gases nocivos como:

CO - monóxido de carbono que es un elemento tóxico.

HC - hidrocarburos, que contribuyen a la polución y a la formación de ozono. Se piensa que algunos son cancerígenos.

NOx - óxidos de nitrógeno, que intervienen en la formación de las lluvias ácidas, así como en la formación del ozono, junto con los HC.

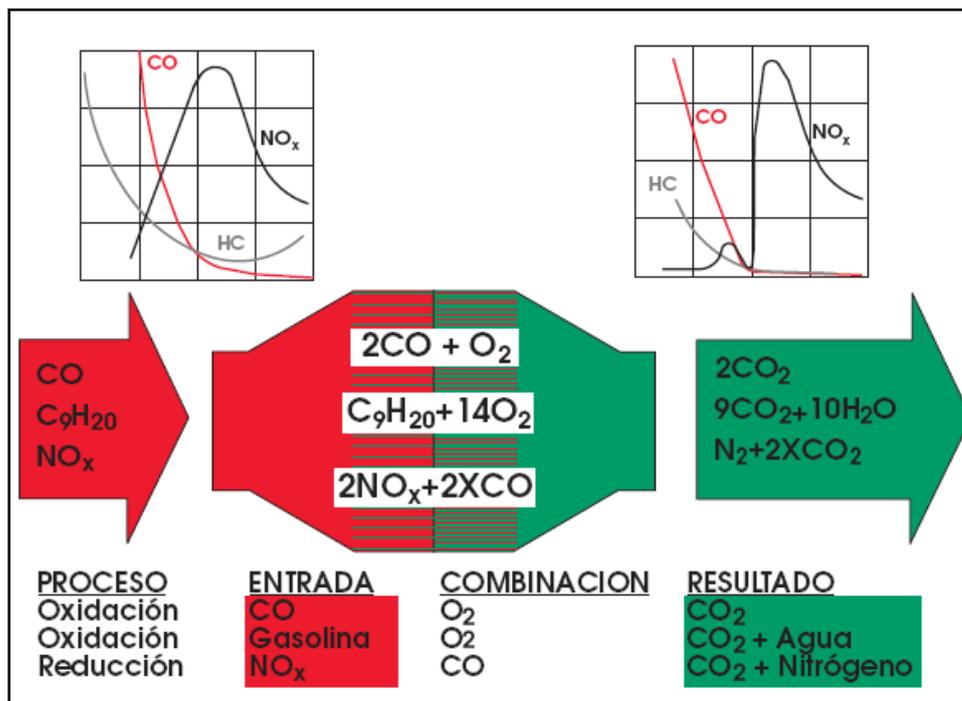
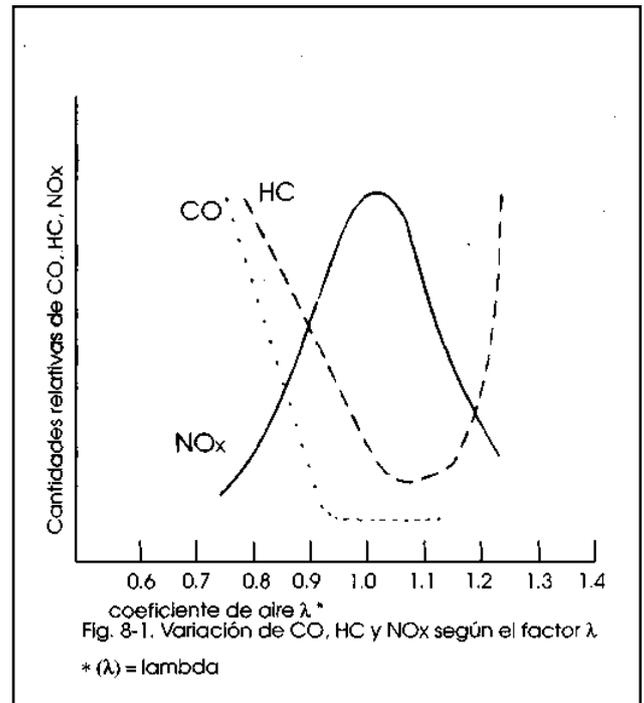
3. EL CATALIZADOR

El catalizador es un dispositivo que se coloca en el tubo de escape. Su misión es eliminar los gases contaminantes que produce la combustión de la gasolina, transformándolos en otros gases no contaminantes.

Así pues, lo que hace un catalizador de automóvil es eliminar los gases tóxicos que se producen en la combustión.

Por definición, el catalizador es un elemento que acelera una reacción química. En nuestro caso, el catalizador es la mezcla de metales preciosos (platino, paladio, radio). Pero muy a menudo el término "catalizador" se utiliza también para referirse al soporte con los metales preciosos, y a veces incluso al producto acabado (convertidor catalítico).

En la grafica se representa como varia la emisión de los gases según la riqueza de la mezcla. No se dan valores concretos de concentraciones, pues lo que se pretende es



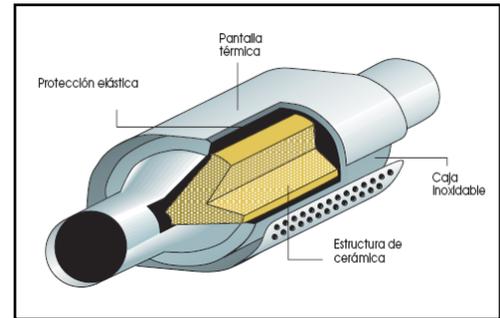
solamente dar una idea de como se comportan. En la grafica, cuanto más arriba sube la curva, representa una mayor concentración.

3.1. TIPOS DE CATALIZADOR

Los catalizadores pueden ser de **dos vías** o de **tres vías**.

Lo de las **vías** no quiere decir que los gases pasen por dos o tres sitios diferentes, sino que es el resultado de una mala traducción de la palabra inglesa "way", que además de "vía" quiere decir otras cosas. Si en lugar de "catalizador de dos o tres vías", se dijera "eliminador de dos o tres gases", no habría ni

enredos, ni falsas interpretaciones. Actualmente existen tres clases de catalizador:



3.1.1. CATALIZADOR DE DOS VÍAS.

Elimina CO y HC. Es el primer tipo que apareció en Norteamérica en la década de los 70 hace más de 30 años. Se adapta a cualquier tipo de regulación de mezcla, que tiene que ser siempre pobre (muchos de los vehículos que lo llevaban eran de carburador).

Solamente tiene dos vías de oxidación, es decir que elimina CO y HC, pero no los NOx.

El monolito cerámico solamente contiene platino y paladio

Como lo que interesa es oxidar (o sea quemar) el CO y los HC, la mezcla debe ser obligatoriamente pobre, ya que si fuera rica, al no haber oxígeno suficiente, no se podría realizar la reacción de oxidación.

3.1.2. CATALIZADOR DE TRES VÍAS.

Se llama catalizador de tres vías porque puede eliminar tres tipos de gas: CO, HC y NOx.. Requiere una regulación muy estrecha de la mezcla, por eso todos los vehículos que lo llevan también llevan regulación lambda,

3.1.2.1. OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN

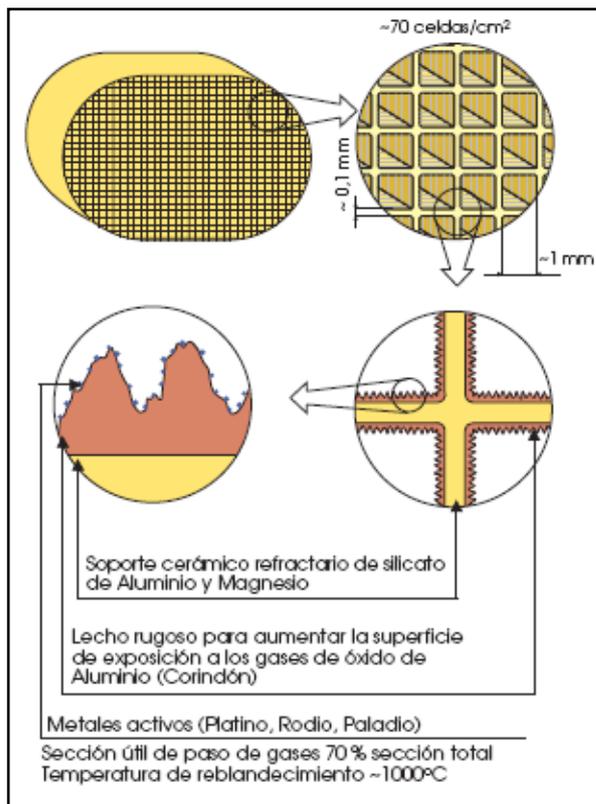
Un Catalizador de tres vías tiene dos vías de oxidación y una vía de reducción".

En el caso concreto de los catalizadores de automóvil, oxidar significa quemar, con oxígeno. Los gases tóxicos que se oxidan son el CO y los HC, que a resultas de la quema se convierten en CO₂ y vapor de agua que no son tóxicos. Es decir, el catalizador termina de quemar lo que no ha sido capaz de quemar el motor dentro del cilindro.

En el caso concreto de los catalizadores de automóvil, reducir significa combinar los NOx con el CO, que son tóxicos, para obtener CO₂ y nitrógeno, que no son tóxicos. Es decir, que un catalizador de tres vías tiene una vía de reducción que es la que elimina los NOx. Conviene anotar que para que funcione la vía de reducción tiene que haber CO en abundancia (NOx hay siempre), así que la mezcla tiene que ser mínimamente rica (Lambda, entre 0,97 y 1,00 con CO alrededor de 0,5 %).

- El CO y los HC se eliminan por vía de oxidación, para lo cual se necesita oxígeno suficiente.
- Los NOx se eliminan por vía de reducción, para lo cual se necesita CO en abundancia (alrededor de 0,5%).
- No es posible un catalizador de una sola vía. O son de tres vías, o de dos. Y además las dos son de oxidación. Tampoco es posible un catalizador con una vía de oxidación y una de reducción.

3.1.2.2. El monolito cerámico



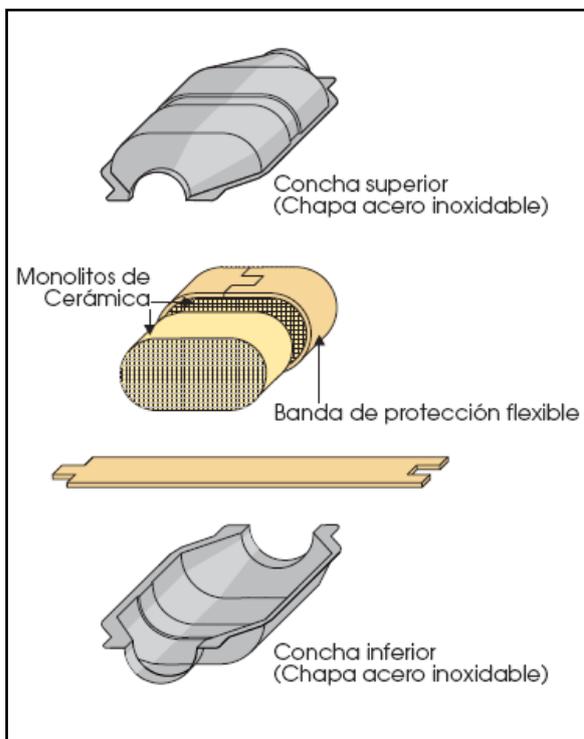
En un convertidor catalítico, los gases de escape del motor pasan a través de un monolito con una estructura en forma de panales de abeja, hecho de cerámica o metal, y contenido en una envoltura de acero inoxidable. Este monolito de cerámica o metal ofrece una superficie adaptada para el contacto de los gases con los elementos activos, y tiene un revestimiento o 'washcoat' que puede aumentar la superficie efectiva hasta 7000 veces. La impregnación del washcoat con metales preciosos (platino, paladio, rodio) permite obtener la actividad catalítica necesaria para la

transformación de las emisiones nocivas de monóxido de carbono (CO) en dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NOx) en nitrógeno (N₂) e

hidrocarburos (HC) en vapor de agua (H₂O) y dióxido de carbono (CO₂).

Se regula la relación aire-carburante a partir de la señal de la sonda lambda que mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape. La sonda lambda transmite la señal al calculador electrónico que actúa sobre el sistema de inyección para ajustar la dosificación aire/gasolina y mantener permanentemente las proporciones ideales.

El catalizador comienza a funcionar de forma eficaz cuando la temperatura de los gases alcanza los 50-270°C, lo cual sucede en un plazo máximo de 200 segundos tras el arranque (dependiendo del tipo de conducción y también de la posición del convertidor catalítico



Dada la temperatura elevada y las condiciones a veces extremas en servicio, es necesario utilizar acero inoxidable para asegurar una durabilidad a largo plazo. En la mayor parte de los casos, se elige el acero inoxidable ferrítico por sus propiedades, como su coeficiente de dilatación a alta temperatura, que permite minimizar la dilatación relativa entre el monolito de cerámica y la envoltura.

Es importante que el monolito de cerámica, que es altamente sensible a las condiciones térmicas y mecánicas, este protegido con seguridad dentro de la envoltura metálica. Los mate-hales que se utilizan habitualmente para dicha protección van desde la malla metálica hasta las fibras cerámicas con composiciones variables de alúmina, a veces reforzadas con mica lo cual permite favorecer la expansión de la envoltura cuando la temperatura aumenta y absorber las diferencias de dilatación térmica.

Aunque cada método tiene sus ventajas e inconvenientes, el material termoexpansible es el más generalmente utilizado en Europa, pero también se pueden encontrar diseños que utilizan una combinación de estas diferentes técnicas. Esta envoltura de fibras no es necesaria en el caso de los monolitos

metálicos, pues los materiales utilizados tienen coeficientes de dilatación similares.

Los metales preciosos utilizados suelen ser una mezcla de dos o tres de los siguientes elementos: platino, paladio, rodio. El platino favorece la oxidación de los hidrocarburos y el monóxido de carbono, mientras que el rodio favorece más bien la reducción de los óxidos de nitrógeno. El rodio también se utiliza para mejorar las propiedades de iniciación. Por regla general, hay aproximadamente 1 a 2 gramos de metales preciosos en cada convertidor catalítico.

Externamente tiene las mismas dimensiones y aspecto que un silenciador normal. Sin embargo, en su interior hay un elemento que recibe el nombre de **monolito cerámico** que es el que se encarga de eliminar los gases tóxicos. La palabra "monolito" significa que es una sola pieza, es decir, es una pieza de cerámica atravesada por un gran número de conductos.

Las paredes de estos conductos tienen una capa muy delgada de metales preciosos (platino, paladio, rodio). La capa es tan delgada que es transparente; mirando la pieza solamente se ve el color de la cerámica. Los metales son los que se encargan de que los gases hagan reacción y se eliminen mutuamente. La pieza cerámica solamente sirve de soporte a la capa metálica. El catalizador tiene en su interior uno o más monolitos cerámicos, dependiendo de la cilindrada y de la forma del tubo de escape.

Para proteger la pieza de cerámica contra las vibraciones, se le reviste con una capa de material esponjoso y aislante de color. La cerámica se calienta mucho porque aparte de que los gases de escape van muy calientes, el proceso de eliminación de los gases también desprende bastante calor.

3.1.2.3. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

El catalizador de tres vías requiere dos condiciones para funcionar correctamente: que la mezcla aire/gasolina esté muy cerca de la mezcla ideal y que no haya problemas de encendido. De la primera se encarga la regulación Lambda, y la segunda es necesaria para que la regulación Lambda pueda funcionar correctamente.

Según la riqueza de la mezcla, el catalizador elimina o deja de eliminar los gases de la siguiente manera:

- Lambda menor que 0,99 (mezcla rica). Elimina correctamente los NOx (porque hay mucho CO), pero casi no elimina CO ni HC (porque hay muy poco oxígeno).
- Lambda entre 0,99 y 1,00 (mezcla ideal un poco rica). Elimina correctamente los tres gases (hay bastante CO para eliminar los NOx, y suficiente oxígeno para quemar CO y HC).
- Lambda mayor que 1,00 (mezcla pobre). Elimina correctamente CO y HC (porque hay oxígeno de sobra), pero no elimina los NOx (porque no hay bastante CO), y no solo no los elimina, sino que agrava su efecto.

Como se puede ver, los requisitos son realmente muy estrictos. La mezcla tiene que ir siempre un poco más rica que la ideal, pero sin pasarse. Si la chispa del encendido no es buena, la regulación Lambda obligara a la UCE a preparar una mezcla algo más rica y ya estaremos en Lambda, menor que 0,99 que esta en la zona de funcionamiento deficiente del catalizador.

3.1.2.4. **DEGRADACIÓN DEL CATALIZADOR**

Por degradación se entiende que el catalizador ya no elimina los gases. Cuando un catalizador de tres vías esta degradado lo esta para los tres gases, no es posible una situación en que elimine un gas y los otros dos no.

La degradación del catalizador no provoca ningún problema en el funcionamiento del vehículo, solamente que contamina más.

3.1.3. **CATALIZADOR DE TRES VÍAS CON AIRE.**

Elimina CO, HC Y NOx (o sea, es de tres vías). Solamente existe en Norteamérica. Lleva una primera etapa que elimina los NOx y una segunda etapa que es como un catalizador de dos vías. Requiere mezcla ideal o rica para funcionar.

Consta de un monolito cerámico de reducción (por impregnación de rodio) y otro (s) de oxidación (con impregnación de platino y paladio).

Los gases de escape pasan por el primer monolito, donde se eliminan los NOx con CO (vía de reducción). Por lo tanto, la mezcla tiene que ser rica, con poco oxígeno. Antes de pasar por el segundo monolito de oxidación se le añade aire a los gases de escape (como la mezcla es rica apenas hay oxígeno, por lo que hay que aportarlo) por medio de una válvula.

Al funcionar con mezcla rica siempre, también se adapta a cualquier tipo de alimentación de gasolina.

En cuanto a las averías, el riesgo de fusión es elevadísimo, porque si la mezcla se hace demasiado rica, como se le aporta oxígeno en abundancia, lo quema todo elevando la temperatura del catalizador.

4. EL SENSOR DE OXIGENO: LA SONDA LAMBDA

La sonda Lambda mide el oxígeno de los gases de combustión con referencia al oxígeno atmosférico, gracias a esto la unidad de control puede regular con mayor precisión la cantidad de aire y combustible hasta en una relación 14,7 a 1, contribuyendo con su medición a una mejor utilización del combustible y a una combustión menos contaminante al medio ambiente gracias al control de los gases de escape que realiza.

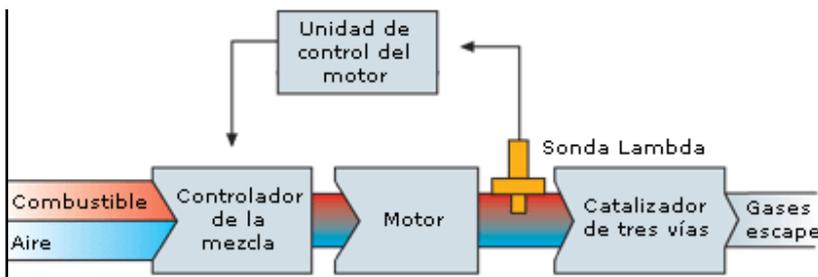


Situada en el tubo de escape del auto se busca en su colocación la mejor posición para su funcionamiento cualquiera sea el régimen del motor. La temperatura óptima de funcionamiento de la sonda es alrededor de los 300° o más.

Una parte de la sonda Lambda siempre está en contacto con el aire de la atmósfera (exterior al tubo de escape), mientras que otra parte de ella lo estará con los gases de escape producidos por la combustión.

Su funcionamiento se basa en dos electrodos de platino, uno en la parte en contacto con el aire y otro en contacto con los gases, separados entre sí por un electrolito de cerámica. Los iones de oxígeno son recolectados por los electrodos (recuerde que cada uno de los electrodos estarán en diferentes lugares, uno al aire atmosférico y otro a los gases de escape), creándose así una diferencia de tensión entre ambos (o una diferencia nula) consistente en una tensión de 0 a 1 volt.

Ante una diferencia de oxígeno entre ambas secciones la sonda produce una tensión



eléctrica enviándola a la unidad de control, para que ésta regule la cantidad de combustible a

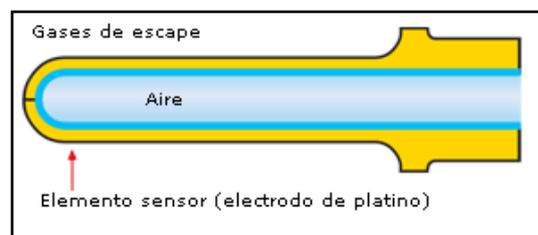
pulverizar.

Para que el catalizador pueda funcionar de forma óptima, la relación de aire y combustible debe ser ajustada con precisión. Y de ello se encarga la sonda Lambda que detecta de forma continuada el contenido residual de oxígeno en el gas de escape. Mediante una señal de salida regula la unidad de control del motor (centralita) que, en consecuencia, ajusta con precisión la mezcla de aire y combustible.

El éxito de la sonda Lambda se basa no sólo en ser la forma más efectiva de depurar los gases de escape, sino, además, en el continuo desarrollo de diferentes tipos de sonda, entre ellas las sondas con elemento calefactor y sin él o sondas que detectan la señal por generación de tensión o cambios de resistencia. Para regular la mezcla, los motores de gasolina Otto con inyección directa precisan unas sondas especiales de banda ancha.

Existen dos tipos de sondas Lambda: de titanio y de circonio.

Las que nos encontramos en mayor medida son las sondas Lambda de circonio. En este tipo de sondas, el lado externo de la pieza de dióxido de circonio se halla en contacto directo con los gases de escape, mientras que el lado interno está en contacto con el aire. Ambas partes están recubiertas con una capa de platino. El oxígeno en forma de iones atraviesa el elemento de cerámica y carga eléctricamente la capa de platino, que pasa a funcionar como un electrodo; la señal se transmite desde el elemento hasta el cable de conexión de la sonda.



El elemento de dióxido de circonio pasa a ser conductor de los iones de oxígeno a una temperatura de aproximadamente 300°C.

Cuando la concentración de oxígeno a los dos lados del elemento de dióxido de circonio es diferente, se genera una tensión debido a las particularidades del elemento. Cuando la relación aire-combustible es pobre, la tensión que se produce es baja; si la relación es rica, la tensión es alta.

4.1. SONDA LAMBDA DE DIÓXIDO ZIRCONIO

La sonda de oxígeno de Zirconio es la más utilizada, el elemento activo es una cerámica de óxido de zirconio recubierto interna y externamente por capas de platino que hacen de electrodos. El electrodo interno está en contacto con el oxígeno atmosférico exento de gases de escape y el electrodo externo está en contacto con los gases de escape.

A temperaturas inferiores a 300 °C el sensor se comporta como un circuito abierto (resistencia infinita).

A temperaturas mayores de 300 °C la cerámica se transforma en una pila cuya tensión depende de la diferencia de concentración de oxígeno entre los dos electrodos.

Si la concentración de oxígeno en el escape es inferior a 0,3% la tensión es mayor que 0,8 volt, esto ocurre para factores lambda inferiores a 0,95.

Si la concentración de oxígeno en el escape es mayor que 0,5% la tensión es menor que 0,2 volt, esto ocurre para factores lambda superiores a 1,05 la variación de tensión es brusca para una relación lambda de 1.

Las sondas de oxígeno de zirconio pueden tener un calefactor interno para lograr un funcionamiento independientemente de la temperatura de los gases del escape, este calefactor es una resistencia tipo PTC.

Estas sondas pueden tener tres cables, dos para alimentación de la resistencia calefactora, y uno para la salida de tensión (señal). El retorno se realiza a través del chasis.

También hay sondas de zirconio de cuatro cables, dos para alimentación del calefactor, y otros dos para salida de tensión (señal) y retorno de la misma. En algunos modelos los cables de tensión y retorno están aislados de chasis por medio de una malla, para disminuir la interferencia por ruidos eléctricos.

Las sondas que no tienen calefactor solo tienen un cable para salida de tensión.

Cuando la sonda conectada a la unidad de control electrónico está fría, se pueden presentar las siguientes situaciones:

- a) la salida de tensión (señal) de la sonda es de 0 volt
- b) la unidad de control impone una tensión de 0,45 volt

Si estas tensiones son permanentes indican que la sonda no está trabajando

4.2. FUNCIONAMIENTO DE LA Sonda LAMBDA DE DIÓXIDO ZIRCONIO

Esta basado en el principio de funcionamiento de una célula galvánica de concentración de oxígeno con un electrolito sólido.

El electrolito sólido esta formado por un compuesto cerámico de Dióxido de Zirconio estabilizado con oxido de Itrio, dicha estructura es impenetrable por los gases, la capa cerámica esta cerrada por un extremo, por el otro extremo esta en contacto con la atmósfera (aire exterior) como referencia, ambos extremos del cuerpo cerámico están provistos en su parte interna de electrodos que poseen una fina capa de platino permeable a los gases, un tubo cerrado por un extremo y ranurado por los laterales que protege al cuerpo cerámico de golpes y cambios bruscos de temperatura.

El cuerpo cerámico es permeable a los Iones de O₂ a partir de aproximadamente 350° C, con temperaturas de trabajo de 600° C, esta es la razón por la cual las sondas lambda están siendo provistas de sistemas calentadores (resistencias eléctricas) para que la sonda entre en funcionamiento (envíe señal a la E.C.U) cuando el motor aun, no ha alcanzado su temperatura normal de funcionamiento.

El contenido de O₂ en los gases de escape en relación con el aire de referencia produce una tensión eléctrica entre ambas superficies.

Esta tensión puede ser, con una mezcla rica ($\lambda < 1$) de 800 a 1000 mV (0.8 a 1.0 voltios) con una mezcla pobre ($\lambda > 1$), la tensión estaría en valores de 100 mV (0.01 Voltios).

El margen de transición entre mezcla rica y pobre, esta entre 450 y 500 mV (0.45 a 0.50 Voltios).

El Diagnostico de vehículos con analizadores de gases, un registro de altas concentraciones de O₂ en los gases de escape denotan carencia de combustible, concentraciones muy bajas de O₂ acusan mezcla rica, exceso de combustible, faltó oxígeno para encender toda la mezcla, la cantidad sobrante de O₂ en los gases de escape con una mezcla estequiométrica representa un margen muy pequeño que debe ser medido por el sensor de O₂ e interpretado por la E.C.U.

4.3. CABLES DE LA SONDA LAMBDA DE DIÓXIDO DE ZIRCONIO

Las sondas lambda pueden tener diferente cantidad de cables, existiendo de 1, 2, 3 o 4 cables.

Las de 1 solo cable presentan éste de color negro para dar alimentación a la sonda, la masa se logra por la misma carcasa de ésta.

Las sondas de 3 o 4 cables son las que poseen resistencia de caldeo (resistencia calefactora), generalmente en éstas sondas los cables de color blanco son los encargados de la alimentación de la sonda de caldeo con el positivo y la masa.

El cable extra en las lambdas de 4 cables corresponde a la masa del sensor de oxígeno y generalmente es de color gris.

4.4. SONDA LAMBDA DE DIÓXIDO TITANIO

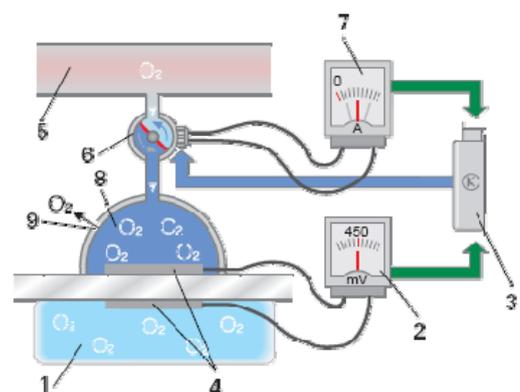
Este sensor está construido con óxido de titanio depositado sobre un soporte de cerámica calefactada, y presenta una variación de resistencia interna que depende de la concentración de oxígeno en los gases del escape después de ser calefactada durante solo 15 segundos. Este tipo de sonda no entrega tensión, solamente varía su resistencia interna. Tampoco necesita una referencia del oxígeno atmosférico. Es más frágil y tiene menos precisión que la sonda de zirconio.

En ausencia de oxígeno (mezcla rica) su resistencia es inferior a 1000 ohm.

En presencia de oxígeno (mezcla pobre) su resistencia es superior a 20000 ohm.

La unidad de control electrónico alimenta a la sonda con una tensión de 1 volt (En algunos vehículos Jeeps de Toyota y Nissan la alimentación es de 5 volt).

El circuito de entrada a la unidad de control electrónico es similar al utilizado por los sensores de temperatura, y la tensión medida es similar a la que entrega la sonda de zirconio: tensión baja indica mezcla pobre tensión alta indica mezcla rica



4.5. SONDA LAMBDA DE BANDA ANCHA

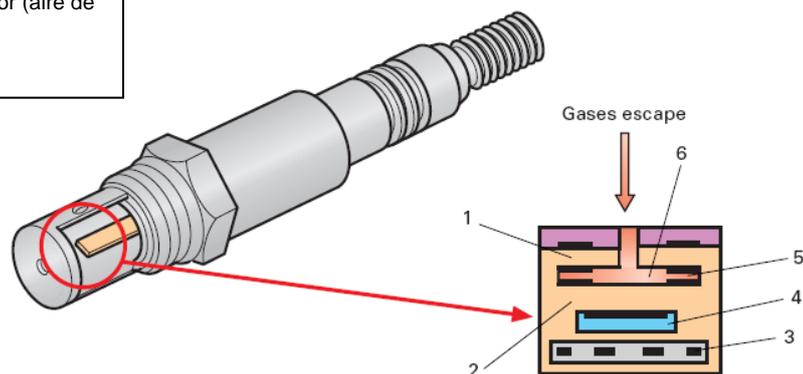
La emisión del valor lambda se realiza por medio de un incremento casi lineal de la intensidad de corriente. De esa forma es posible medir el valor lambda a través de toda la gama de regímenes del motor.

4.5.1. FUNCIONAMIENTO

En el caso de la sonda lambda de banda ancha, el valor lambda no se detecta analizando la variación de una tensión, sino la de una intensidad de corriente. Sin embargo, las operaciones físicas son idénticas.

- 1 Aire exterior
- 2 Tensión de la sonda
- 3 Unidad de control del motor
- 4 Electrodo
- 5 Gases de escape
- 6 Bomba miniatura (célula bomba)
- 7 Corriente de la bomba
- 8 Gama de medición
- 9 Conducto de difusión

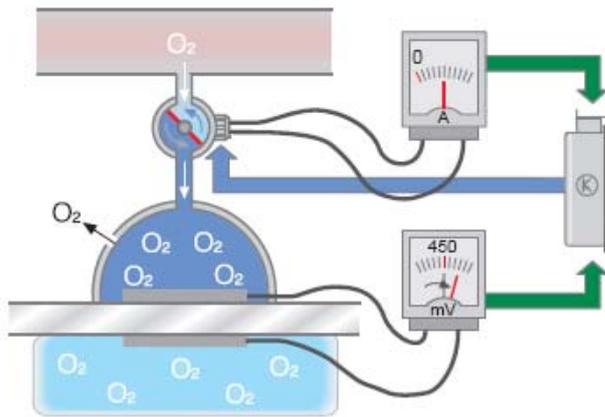
- 1 Celda de bomba de oxígeno
- 2 Célula de Nernst (sonda bipunto)
- 3 Calefacción de la sonda
- 4 Conducto de aire exterior (aire de referencia)
- 5 Gama de medición
- 6 Conducto de difusión



Esta sonda genera una tensión con ayuda de dos electrodos, la cual resulta de los diferentes contenidos de oxígeno.

La tensión de los electrodos se mantiene constante.

Este procedimiento se realiza por medio de una bomba miniatura (célula de bomba), que suministra al electrodo por el lado de escape una cantidad de oxígeno dimensionada de modo que la tensión entre los electrodos se mantenga constante a 450 mV. El consumo de corriente de la bomba es transformado por la unidad de control del motor en un valor lambda.



Si la mezcla de combustible y aire enriquece excesivamente se reduce el contenido de oxígeno en los gases de escape, la célula bomba impele una menor cantidad de oxígeno hacia el área de medición y la tensión de los electrodos aumenta.

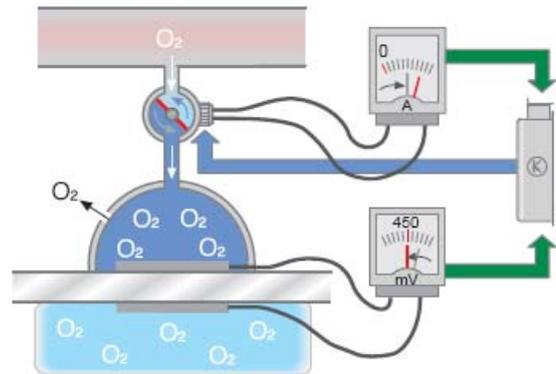
En este caso, a través del conducto de difusión se fuga una mayor cantidad

de oxígeno que la impelida por la célula bomba.

La célula bomba tiene que aumentar su caudal para que aumente el contenido de oxígeno en la cámara de aire exterior. Debido a ello se vuelve a ajustar la tensión de los electrodos a la magnitud de 450 mV, y el consumo de corriente de la bomba es transformado por la unidad de control del motor en un valor de regulación lambda.

Si la mezcla de combustible y aire empobrece, la función se invierte.

El efecto de la célula bomba es un fenómeno netamente físico. Debido a una tensión positiva de la célula bomba, los iones negativos de oxígeno son atraídos por el material cerámico permeable al oxígeno.



La sonda lambda lineal y la unidad de control del motor constituyen un solo sistema. La sonda lambda tiene que concordar con la unidad de control del motor.

5. SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE

La recirculación de gases de escape, toma su nombre del inglés cuya nomenclatura es: Exhaust Gases Recirculation.

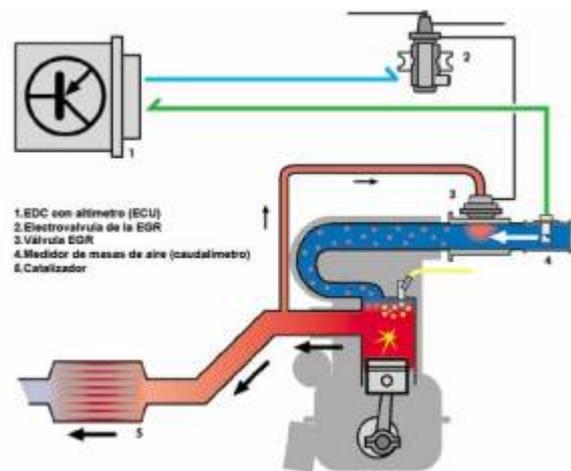
El nitrógeno, que constituye el 78% del aire, se mezcla con oxígeno, a temperaturas superiores a 1400 grados C. Durante este proceso de combustión, la temperatura en el

cilindro subirá por encima de 1900 grados C. creando la condición ideal para la formación de NOx.

Las temperaturas de combustión de gran intensidad, y corta duración crean NOx. Mezclando gas inerte [gases de escape], con la mezcla de aire/combustible, se descubrió que disminuía la velocidad de combustión, se reducían las temperaturas elevadas, y los compuestos de NOx se mantienen dentro de los límites respirables.

Para reducir la formación de NOx, es necesario reducir la temperatura de combustión; de allí la conveniencia en el uso de un sistema de recirculación de gases de escape.

Es un sistema que introduce parte de los gases de escape en el colector de admisión. El propósito de este sistema es reducir la proporción de óxido de nitrógeno en los gases de escape, que se forman tanto más cuanto más alta es la temperatura en la cámara de combustión. Con la recirculación de gas de escape se reduce esa temperatura.



El gas de escape es inerte; es decir, no reacciona con la gasolina o el gasóleo. Al añadir una cierta cantidad de gas de escape, la atmósfera menos rica en oxígeno produce una combustión menos caliente. La cantidad de gas de escape recirculado depende del régimen y la carga.

Se utiliza para reducir la emisión de los óxidos de nitrógeno al bajar la temperatura de la cámara de combustión, evitando la combinación del nitrógeno con el oxígeno a altas temperaturas. Se utiliza en los motores de gasolina y en los Diesel. Consiste en una válvula que permite el paso de un porcentaje de los gases de escape al colector de admisión según las condiciones de funcionamiento del motor. Los gases recirculados tienen un bajo contenido de oxígeno por lo que no pueden reaccionar con el combustible. Solamente una parte de la mezcla introducida en el cilindro se inflama, generándose menos calor y descendiendo la temperatura de la cámara de combustión. La combinación del nitrógeno con el oxígeno no puede hacerse por falta de temperatura en los gases. La recirculación se produce cuando el motor funciona en regímenes estacionarios a carga parcial. Cuando se solicita repuesta al motor (se pisa más el acelerador) la recirculación de gases de escape se anula y todo el aire que entra al

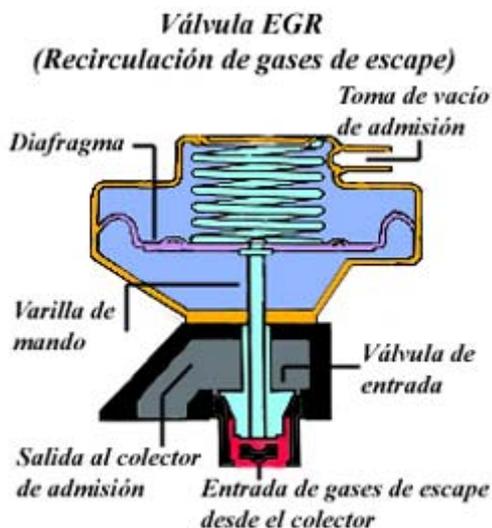
cilindro contiene oxígeno. El sistema de recirculación de gases tiene que estar combinado con el sistema de alimentación del motor para reducir el caudal de combustible que entra al cilindro cuando la recirculación de gases está activada.

5.1. VÁLVULA EGR

Válvula para recirculación de gases de escape La válvula EGR es la encargada de hacer recircular los gases de escape del colector de escape al colector de admisión con la finalidad de aportar gases quemados a la mezcla de aire/combustible que entra en la cámara y bajar las temperaturas de la combustión o explosión dentro de los cilindros, consiguiendo de esta manera mantener los compuestos NOx dentro de los límites respirables.

5.2. TIPOS DE VÁLVULAS EGR

El efecto de recirculación de gases lo podemos encontrar hoy en día tanto en motores gasolina como diesel, pero sobretodo en los diesel es donde con más frecuencia las veremos ya que la mayoría de los vehículos con estos motores la llevan incorporada al salir de fábrica.

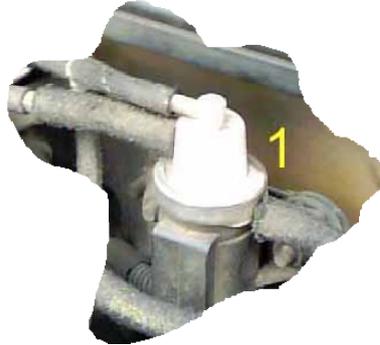


Los tipos de válvulas EGR no son tipos como tal sino complementos, es decir que la válvula EGR mecánica se puede encontrar en los motores sola o se puede encontrar con un accionamiento electrónico que depende exclusivamente de la unidad de mando del motor. Qué tenga este accionamiento electrónico depende de las necesidades del motor, como veremos en la sección de funcionamiento.

Se pueden clasificar según su funcionamiento en:

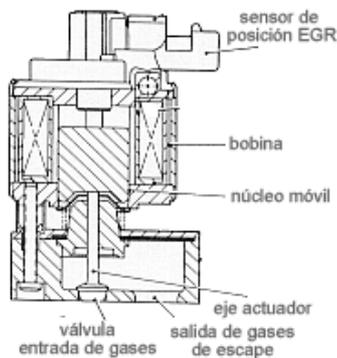
"neumáticas" y "eléctricas".

5.2.1. NEUMÁTICAS: Las válvulas EGR neumáticas son accionadas por depresión o vacío. Están constituidas por una membrana empujada por un muelle, que abre o cierra una válvula a través de una varilla hueca en cuyo extremo lleva un punzón. La varilla hueca empuja la membrana, que abre la válvula cuando la depresión actúa sobre la membrana y vence el muelle.



Para controlar la depresión que actúa sobre la válvula EGR necesitamos de otra válvula separada en este caso eléctrica que será controlada por la ECU.

5.2.2. ELÉCTRICAS: La válvula EGR eléctricas se caracterizan por no tener que utilizar una bomba de vacío para su funcionamiento por lo que trabajan de forma autónoma. Estas válvulas actúan de una forma muy similar al dispositivo "variador de avance de inyección" que utilizan las "bombas electrónicas" que alimentan a los motores de inyección directa diesel (TDi). Constan de un solenoide que actúa al recibir señales eléctricas de la UCE cerrando o abriendo un paso por el que recirculan los gases de escape. El mayor o menor volumen de gases a recircular viene determinada por la



UCE, que tiene en cuenta ciertos parámetros como: la velocidad del coche, la carga y la temperatura del motor. La válvula EGR eléctrica cuenta con un pequeño sensor en su interior que informa a la UCE en todo momento, la posición que ocupa el elemento que abre o cierra el paso de la recirculación de los gases de escape. Este tipo de electroválvula no se resiente de la depresión, por tanto puede abrirse con cualquier carga motor y con cualquier depresión en el colector. Interviene con temperatura líquido motor 55°C, temperatura aire aspirado > 17 °C y régimen motor incluido entre 1500 y .5600 (según las características del motor). Durante la intervención del sistema EGR, los gases de

escape "B" son interceptados y canalizados a través del conducto "C" hacia la válvula "D", que gobernada por la centralita, levanta la válvula "E" permitiendo que los gases de escape sean canalizados hacia la admisión a través del conducto "F".

5.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE

La apertura de la válvula del sistema, se realiza a baja y media potencia aproximadamente puesto que para las altas prestaciones de un motor, se necesita una entrada de aire más denso que se mezcle con el combustible, lo que se denomina en automoción aire fresco.

Esto sucedería contando con que la válvula EGR dispusiera de un mando eléctrico, que bajo el mando de la unidad de mando del motor, actuase sobre el vástago de la válvula abriendo y cerrando a esta.

Si la válvula EGR no cuenta con un dispositivo electrónico que interrumpa su funcionamiento, siempre estaría más o menos abierta (dependiendo de la admisión del colector, es decir, de la potencia solicitada por el motor) pero abierta.

No es raro, si no todo lo contrario, encontrarnos con sistemas que solo cuentan con la válvula EGR, pero tenemos que pensar que no es lógico que continúe la introducción de gases de escape a la admisión a grandes revoluciones, ya que precisamente lo que necesita la mezcla es densidad (aire fresco). Por esto mismo el sistema de recirculación mejoró incorporando estos mandos electrónicos.

Ahora, nos encontramos con un problema a la hora de cerrar la válvula EGR a altas revoluciones y es el ya tan conocido fenómeno de la contaminación. Todos los gases que estaban siendo reducidos en las cámaras de combustión, ahora son liberados (CO, HC y NO_x).

Después de esta pequeña introducción de funcionamiento, describamos el funcionamiento teórico de una válvula mecánica EGR:

El colector de admisión como ya sabemos es el encargado de llevar al interior de los cilindros el aire de la mezcla (o la mezcla de aire y combustible) por demanda de los pistones de los cilindros. La toma de vacío que tiene la válvula EGR basa su funcionamiento en este efecto, la succión de aire crea un vacío que actúa sobre el diafragma de la válvula comprimiendo el muelle resorte y levantando la válvula que



permite el paso del gas de escape desde el colector de escape hacia el colector de admisión.

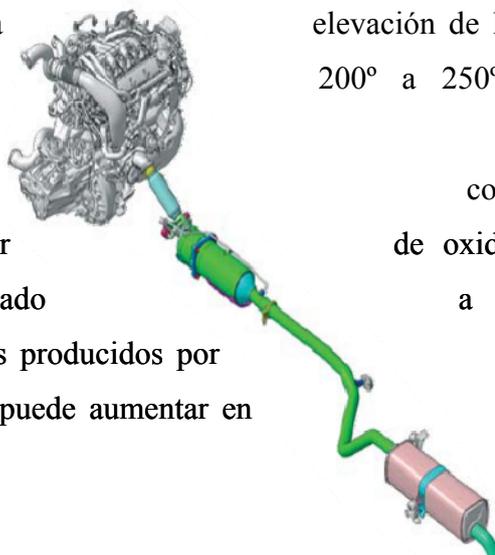
De la misma forma cuando menor sea la succión de aire (o mezcla) por parte de los cilindros, menor será el vacío por lo que el diafragma permitirá al muelle resorte a bajar a su posición dejando al vástago cerrar la válvula de entrada de gases de escape al colector de admisión.



6. FILTRO DE PARTÍCULAS (F.A.P.)

Las partículas en suspensión, de diámetro próximo a las 0,09 micras, están constituidas principalmente por carbono e hidrocarburos. El principio del FAP consiste en frenar y acumular las partículas en un filtro y, después, periódicamente, en quemarlas. La combustión natural de las partículas tiene lugar a unos 550°C, mientras que la temperatura inicial alcanzada por los gases de escape a la salida del colector es de unos 150°C. La solución propuesta influye en estos dos parámetros gracias a:

- Una post-inyección en fase de expansión que crea una pre-combustión en el cilindro y provoca una elevación de la temperatura de los gases de escape de 200° a 250°C (es decir, 350°C a 400°C).
- Una post-combustión complementaria, generada por un catalizador de oxidación situado por delante del filtro, destinado a tratar los hidrocarburos no quemados producidos por la post-inyección. La temperatura puede aumentar en 100° C y

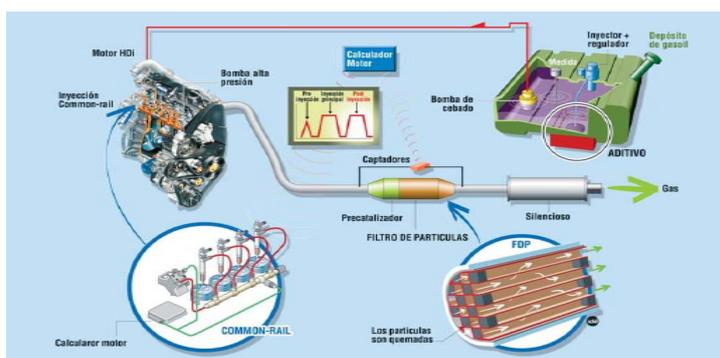


situarse entre 450°C y 500°C.

- La adición de un producto al carburante (Eoyls). Dicho aditivo, compuesto a base de cerina, disminuye la temperatura natural de combustión de las partículas a 450°C.

6.1. COMPOSICIÓN DEL SISTEMA FAP:

- **De una cámara** en la que se halla integrado un precatizador seguido de un soporte filtrante. De estructura porosa y hecho de carburo de silicio, este filtro recoge permanentemente las partículas contenidas en los gases de escape. Unos captadores controlan la presión de obstrucción del filtro y la temperatura de los gases al principio y al final del sistema.
- **De un programa** integrado en la caja electrónica del motor. Su misión es regenerar el filtro estableciendo una post-inyección cada 400 o 500 Km, en función del grado de obstrucción del mismo, asegurando, simultáneamente, la autodiagnos del sistema. Durante el período de regeneración del filtro, la alimentación del aire no pasa por el intercambiador aire-aire para ser refrigerado, sino que lo hace, a través de un calentador con el fin de aumentar la temperatura de la mezcla que llega a la cámara de combustión y obtener, de esta forma, gases de escape más calientes.
- **De un dispositivo** de aditivación del carburante que cuenta con un sistema extractor, con un sistema de inyección del Eolys al depósito principal y con un calculador específico. El Eolys es almacenado en un depósito adicional situado junto al depósito de carburante. El aditivo es inyectado proporcionalmente al volumen de carburante destinado al llenado de los cilindros. Por ejemplo, sobre un volumen de 60 litros de carburante, el sistema inyectará 37,5 ml de solución, con 1,9 g de cerine. Los 5 litros de capacidad del depósito de aditivo, asegura



una autonomía de 80.000 km. La limpieza del filtro y el llenado del depósito adicional de Eolys deben efectuarse cada 80.000 Km en un concesionario de la red.

El filtro de partículas se encarga de reducir las emisiones de partículas y de humos negros, reforzando las ventajas del motor Diesel en la protección del medio ambiente. Gracias al menor consumo de combustible, en comparación con el motor de gasolina, se consigue reducir la emisión de dióxidos de carbono, causantes del calentamiento de la tierra. En el motor HDI estas ventajas se incrementan al reducir las emisiones de CO₂ en un 20% con respecto a un motor Diesel clásico.

También consigue reducciones del 40% de las emisiones de CO, de un 50% de las emisiones de hidrocarburos y de un 60% en las emisiones de partículas. El motor HDI consigue además unas mejores prestaciones además de ofrecer una mayor suavidad en la conducción.



El sistema FAP ha sido desarrollado para ser utilizado en los motores provistos de alimentación por conducto único (common-rail) de los motores HDI. Este sistema de gestión del motor permite un control total sobre la fase de combustión, de esta forma se puede incrementar la temperatura de los

gases de escape utilizando una post-combustión. Operación necesaria para la regeneración del filtro de partículas, que era el mayor problema para aplicar esta tecnología a los motores Diesel de turismos.

Otras ventajas del motor HDI son:

- Una mayor presión de inyección que se ajusta a las condiciones del motor, reduciendo la

potencia absorbida por la bomba en determinadas situaciones. La presión del combustible puede variar según las condiciones del motor entre los 150 y los 1350 bares.

- Un mejor diseño de la cámara de combustión que mejora el flujo del aire y reduce las pérdidas térmicas.
- Unas menores tolerancias entre los elementos móviles que permiten reducir el consumo de aceite.

El sistema HDi con filtro de partículas (FAP) requiere que se use imperativamente un gasóleo con un contenido reducido de azufre.

Queda prohibido incorporar productos con aditivos como los limpiadores o los remetalizantes.