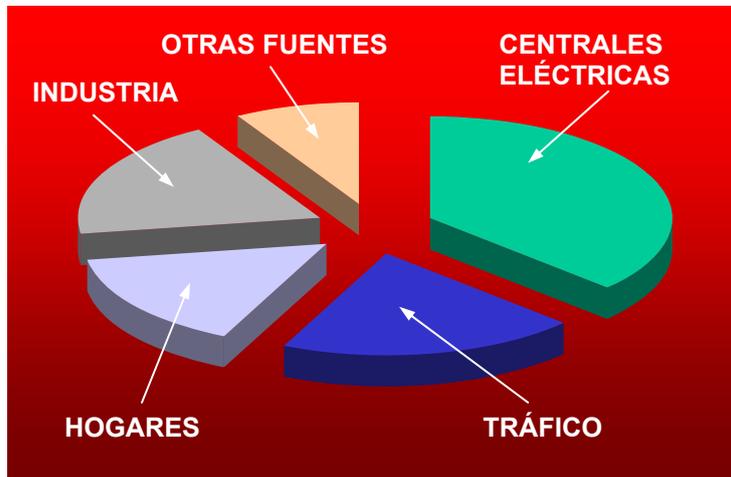


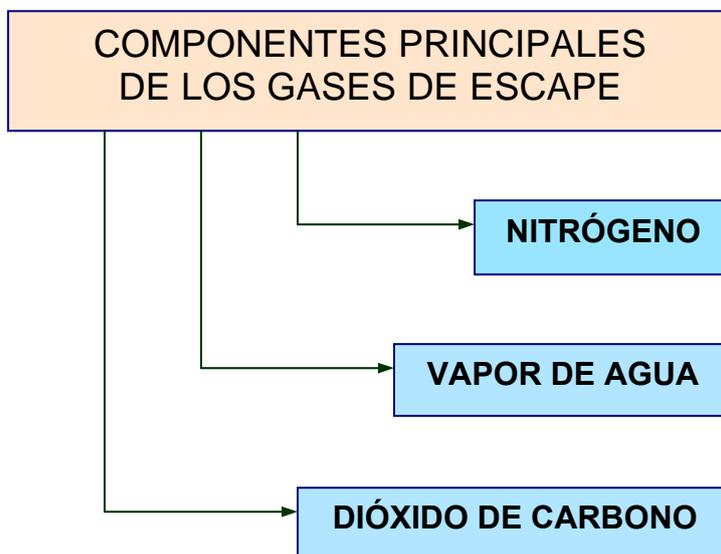
INTRODUCCIÓN.-

La calidad del aire que respiramos depende de muchos factores. Junto a las emisiones procedentes del tráfico rodado, tienen gran importancia también las emisiones de la industria, de los hogares domésticos y de las centrales eléctricas.



Todas las medidas encaminadas a reducir las emisiones de elementos contaminantes por el tráfico, para ajustarse a los límites exigidos por normativas vigentes, apuntan a conseguir, con un consumo de combustible lo más bajo posible, grandes prestaciones y un buen comportamiento de marcha con una emisión mínima de elementos contaminantes.

Los gases de escape de los motores contienen, además de un alto porcentaje de componentes no perjudiciales, otros componentes que en concentraciones elevadas son nocivos para las personas y el medio ambiente. El contenido perjudicial constituye aproximadamente el uno por ciento de los gases de escape.



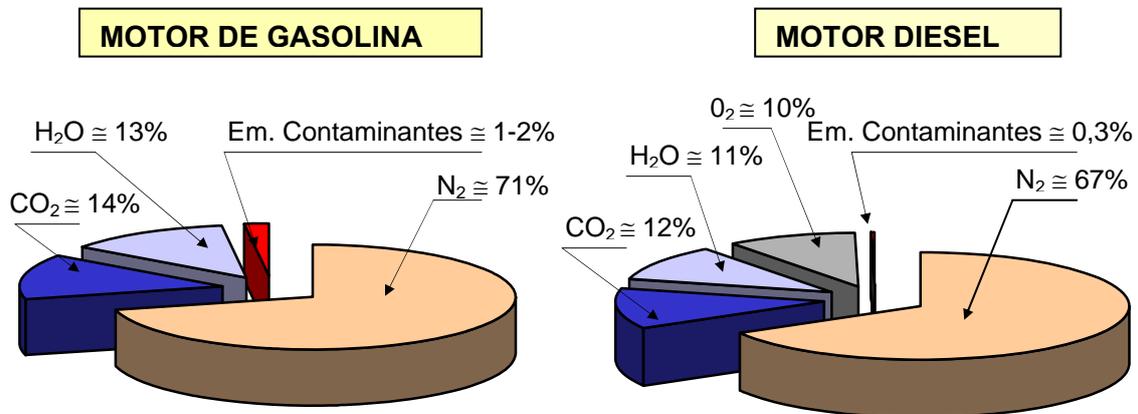
El nitrógeno (N_2) como componente principal del aire no participa en la combustión y representa aprox. el 71% en los gases de escape. Pero reacciona con el oxígeno en medida reducida, formando óxidos de nitrógeno (NO_x).

El carbono contenido en el combustible, forma en la combustión dióxido de carbono (CO_2) en una proporción aprox. del 14% en los gases de escape,

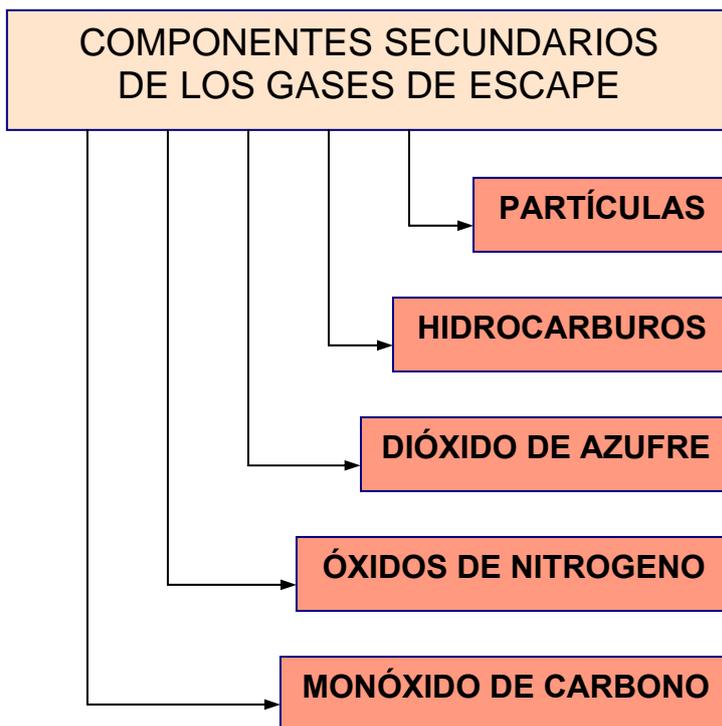
contribuye al “efecto invernadero” por lo que su reducción es cada vez más importante.

El hidrógeno contenido en el combustible se quema formando vapor de agua, condensándose en su mayor parte al enfriarse, este hecho se manifiesta como una nube de vapor en el tubo de escape en días fríos.

Existen diferencias en las emisiones según el tipo de motor. Los siguientes diagramas sectoriales representan los componentes principales de los gases de escape en un motor de gasolina (catalizado) y Diesel respectivamente.



Si los componentes principales de los gases de escape son inocuos, los componentes secundarios constituyen las emisiones contaminantes. Los más importantes son los siguientes:



El monóxido de carbono (CO) se produce por una combustión incompleta. Es incoloro, inodoro e insípido y por ello muy peligroso ya que reduce la capacidad de admisión de oxígeno de la sangre y conduce a la intoxicación del cuerpo. Origina algunos problemas ambientales, por ejemplo en los túneles y en las calles con atascos.

Los hidrocarburos (HC) están formados por componentes de combustible no quemados o de hidrocarburos formados de nuevo. Bajo este nombre se agrupa una multitud de productos, entre ellos el

benceno, cuyo efecto cancerígeno está científicamente probado. El tráfico es uno de los más importantes responsables de la presencia de HC en la atmósfera.

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) se producen como consecuencia de reacciones en los procesos de combustión con aire, formándose a elevadas temperaturas a partir del nitrógeno del aire y del oxígeno. Contribuyen en la creación de problemas medioambientales como la lluvia ácida y el *smog* (niebla natural intensificada por los

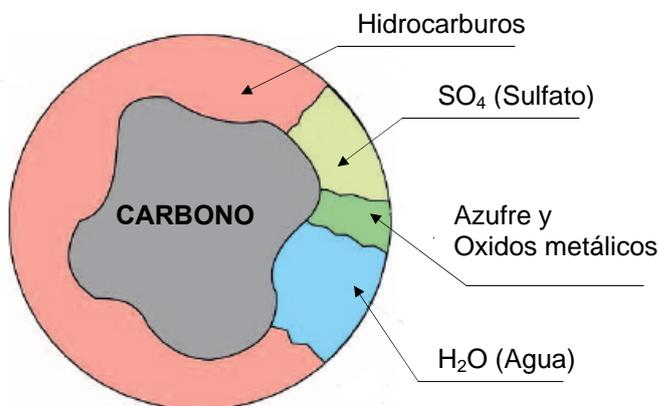
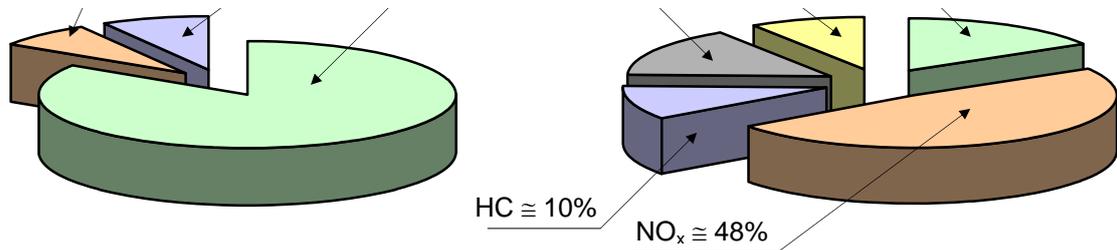
contaminantes urbanos e industriales), que hace que el aire de muchas ciudades sea irrespirable.

El dióxido de azufre (SO₂) aparece por la combustión del azufre contenido en el combustible. El problema de estos elementos es que el SO₂ existente, tras oxidarse y convertirse en SO₃, con presencia de vapor de agua, da lugar al ácido sulfúrico (H₂SO₄) altamente corrosivo, participando en la formación del *smog* y de la lluvia ácida. La participación de los automóviles en la producción de este contaminante es bastante más débil, aunque no despreciable, que otras fuentes como centrales térmicas o la industria.

Las partículas (PM = Particulate Matter), se originan por el proceso de combustión y al contenido de azufre en el gasóleo. La cantidad de partículas depende de la calidad que tenga la combustión en el motor.

Los siguientes diagramas sectoriales corresponden a los componentes secundarios o emisiones contaminantes, que constituyen el 1-2% de los gases de escape en el motor de gasolina catalizado, y el 0,3% en el motor Diesel.

Para compararlos hay que tener presente que los porcentajes de las emisiones contaminantes de ambos motores son diferentes. El NO_x en el motor Diesel supone el 48% de sus emisiones contaminantes (0,3%) que representa el **0,144%** de los gases de escape. En el motor de gasolina catalizado el NO_x es del 7% de las emisiones (ej. 1,5%) lo que supone el **0,105%** de los gases de escape. Ambos porcentajes totales en ambos motores son parecidos, no así la zona del sector en ambos diagramas.



En los motores Diesel, aparte de los contaminantes gaseosos también se emiten sólidos pulverulentos en los gases de escape PM (partículas de hollín ≅ 15%). Son esferas microscópicas de carbono puro. En torno al núcleo se adhieren diversas combinaciones de hidrocarburos, óxidos metálicos y azufre. La composición de las partículas depende de la tecnología del motor, las condiciones de aplicación y el combustible entre los factores que intervienen en la combustión, tales como la alimentación de aire, la

motor, las condiciones de aplicación y el combustible entre los factores que intervienen en la combustión, tales como la alimentación de aire, la

inyección o la propagación de la llama. La calidad de la combustión depende de cómo se realice la mezcla del aire con el combustible, esta mezcla puede resultar muy rica en ciertas zonas de la cámara de combustión, por no haber suficiente oxígeno disponible. En este caso la combustión se mantiene incompleta y se producen partículas de hollín.

NORMATIVA SOBRE EMISIONES PARA TURISMOS.-

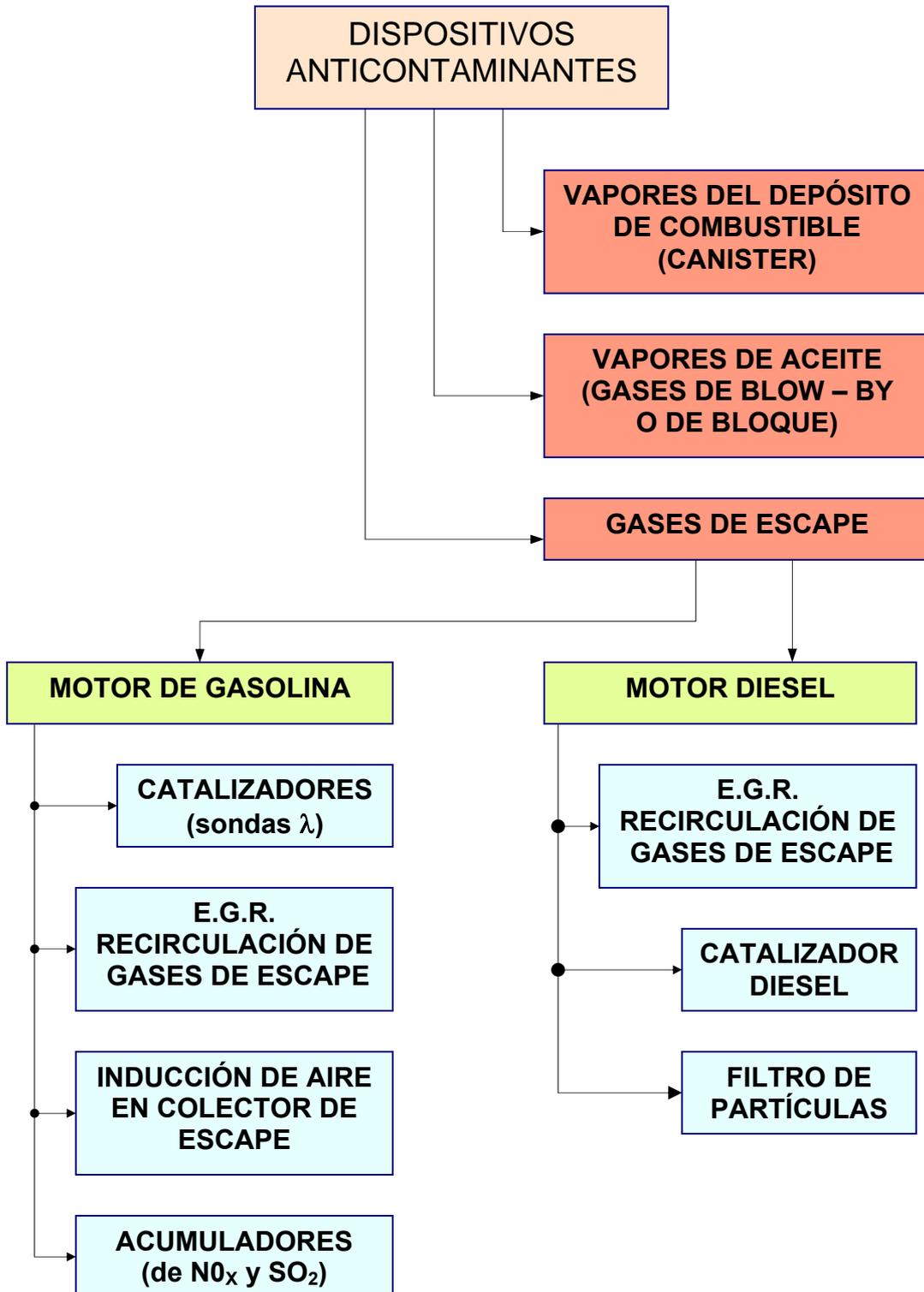
Es un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. Las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la Unión Europea con implantación progresiva que son cada vez más restrictivas, y se resumen en las siguientes tablas:

TIPO	Fecha	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
DIESEL						
Euro I	Julio de 1992	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro II, IDI	Enero de 1996	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro II, DI	Enero de ^a	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro III	Enero de 2000	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro IV	Enero de 2005	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro V (propuesto)	Septiembre de 2009	0.50	-	0.23	0.18	0.005
Euro VI (propuesto)	Septiembre de 2014	0.50	-	0.17	0.08	0.005
GASOLINA						
Euro I	Julio de 1992	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro II	Enero de 1996	2.2	-	0.5	-	-
Euro III	Enero de 2000	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro IV	Enero de 2005	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro V (propuesto)	Septiembre de 2009	1.0	0.10	-	0.06	0.005 ^b
Euro VI (propuesto)	Septiembre de 2014	1.0	0.10	-	0.06	0.005

Actualmente, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), Hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO) y partículas están reguladas para la mayoría de los tipos de vehículos, aplicándose normas diferentes según los mismos. El cumplimiento se determina controlando el funcionamiento del motor en un ciclo de ensayos normalizado. Los vehículos nuevos no conformes tienen prohibida su venta en la Unión Europea, pero las normas nuevas no son aplicables a los vehículos que ya están en circulación. En estas normas no se obliga el uso de una tecnología en concreto para limitar las emisiones de contaminantes, aunque se consideran las técnicas disponibles a la hora de establecer las normas.

DISPOSITIVOS DE ANTICONTAMINACIÓN EMPLEADOS EN LOS MOTORES DE AUTOMÓVILES.-

Conocidas las emisiones contaminantes en los motores de vehículos, veamos ahora los dispositivos utilizados para ajustar tales emisiones a las Normativas y Legislaciones establecidas. En términos generales podemos establecer el siguiente organigrama:



DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES DE GASES DE ESCAPE: MOTOR DIESEL.-

Para la elaboración de este apartado, hemos desarrollado los dispositivos anticontaminación utilizados en los motores Diesel por la marca Mercedes Benz. Las comprobaciones y medidas las hemos realizado en el Concesionario BI – ONDO de Vitoria/Gasteiz bajo la supervisión del Jefe de taller: Ramón López Sáez, quien puso



a nuestra disposición un vehículo nuevo modelo Mercedes ML280 CDI, motor V6 Diesel con inyección Common-Rail de tercera generación. El motor de 2.987 cm³ dispone de 190 H.P. acogido a la Normativa de Emisión para turismos Euro IV.

Una referencia aparece al levantar el capó del vehículo: **229.31**, indicativa sobre la utilización de un aceite con bajo contenidos en azufre,

cenizas y fósforo (low SAPs), utilizado en vehículos equipados con “filtro de partículas” en su sistema anticontaminación. Estos aceites están desarrollados para asegurar la compatibilidad con los sistemas de post tratamiento de gases de escape y su óptimo



funcionamiento, en este caso GULF PROGRESS EXTENDED 5W30 satisface los siguientes niveles de calidad: ACEA 2004 : C3; API : SL/CF; MERCEDES BENZ : MB 229.31 y BMW : BMW Longlife 04.

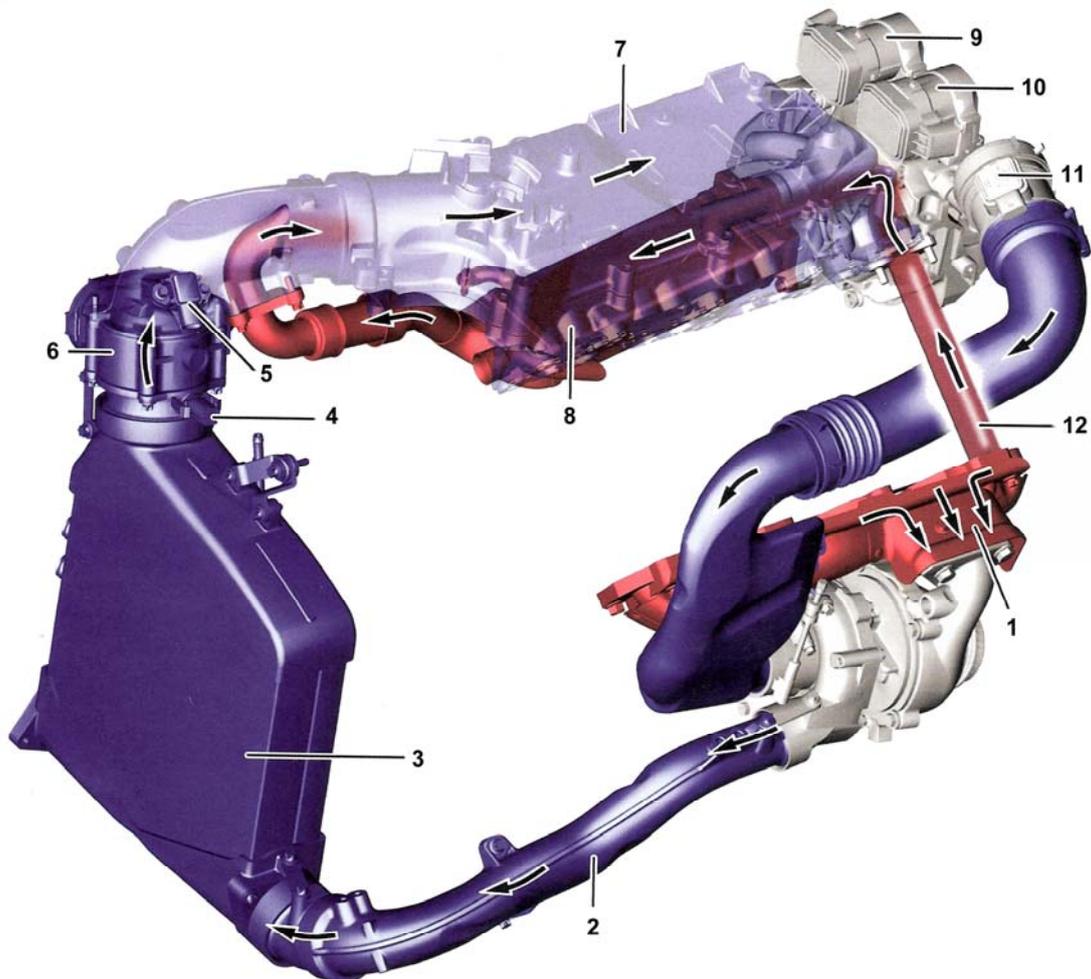
REALIMENTACIÓN DE GASES DE ESCAPE.-

El vehículo dispone de un sistema de recirculación de gases de escape, que ofrece la posibilidad de disminuir la emisión de NO_x, sin aumentar drásticamente la emisión de

hollín.

CIRCUITO DE REALIMENTACIÓN DE GASES DE ESCAPE CDI 5

La realimentación de gases de escape que presenta la unidad ML280 CDI corresponde al siguiente circuito:



- 1.- Colector de escape.
- 2.- Tubo de aire de sobrealimentación.
- 3.- Refrigerador del aire de sobrealimentación.
- 4.- Sonda térmica del aire de sobrealimentación.
- 5.- Transmisor de presión de sobrealimentación.
- 6.- Elemento de regulación de la mariposa de estrangulación.
- 7.- Tubo distribuidor de aire de sobrealimentación.
- 8.- Radiador de realimentación de gases de escape.
- 9.- Posicionador de realimentación de gases de escape, izquierda.
- 10.- Posicionador de realimentación de gases de escape, derecha.
- 11.- Medidor de la masa de aire por película caliente, izquierda.
- 12.- Canal de realimentación de gases de escape en la culata.

Una parte de los gases de escape se conducen en los regímenes de carga parcial y ralenti, desde el colector **(1)** hasta la admisión **(7)** a través del canal de realimentación

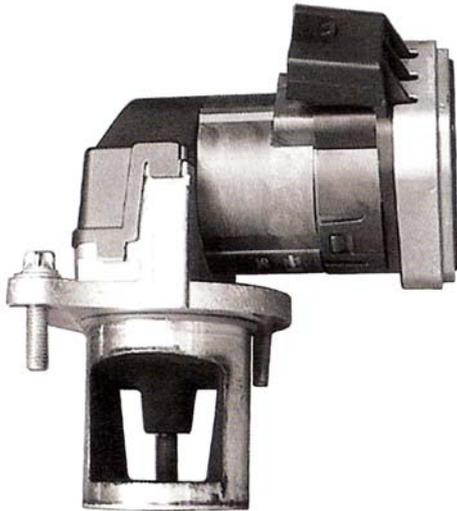
(12), posicionador de realimentación de gases de escape AGR (9 y 10), radiador de realimentación de gases de escape (8), al tubo distribuidor de aire de sobrealimentación (7).

Este sistema permite reducir diversos valores:

- CONTENIDO DE OXÍGENO.
- VELOCIDAD DE COMBUSTIÓN.
- TEMPERATURA MÁXIMA EN CÁMARA DE COMBUSTIÓN (y por tanto, la emisión NO_x).

Pero si el caudal de gases de escape realimentado es demasiado grande, aumenta el consumo de combustible como consecuencia de la falta de oxígeno, asimismo aumentan las emisiones de hollín, monóxido de carbono e hidrocarburos.

Los posicionadores de realimentación de gases de escape (AGR) son de control electrónico, y activados por la unidad de control CDI en función de un diagrama característico.



Posicionador de realimentación de gases de escape



Unidad de control CDI

Estos posicionadores controlan el flujo de paso del gas de escape hacia la admisión, cuyo caudal es determinado por la unidad de control CDI en función de las señales de entrada de los medidores de masa de aire por película caliente y de la sonda lambda de banda ancha. En caso de una activación a masa a través de la unidad de control, se abre la válvula electromagnética del posicionador dejando libre el gas de escape que entra. La sección de abertura liberada determina el caudal de gases de escape que pasa para cada estado operativo.

CATALIZADOR DIESEL.-

Los gases de escape expulsados por el motor son depurados por el sistema de escape, por un catalizador de oxidación (catalizador KAT) y un filtro de partículas de gasóleo (DPF). El catalizador sirve también para reducir la emisión de ruidos. La tarea de la depuración de los gases de escape es la de mantener los valores límites prescritos por la Normativa sobre

emisiones de gases de escape por medio de la reducción de los siguientes elementos:

- ÓXIDOS DE NITRÓGENO NO_x .
- HIDROCARBUROS (HC).
- MONÓXIDO DE CARBONO (CO).
- PARTÍCULAS (PM).

Para la identificación, control y revisión del sistema de escape, subimos el ML280 CDI a un elevador, quitamos la tapa inferior para identificar cada uno de los componentes del



sistema, observando en primer lugar el catalizador y la sonda lambda debidamente protegidos. El catalizador de oxidación trabaja con exceso de aire y transforma los hidrocarburos HC y el monóxido de carbono CO por oxidación, es decir, por combustión, convirtiéndolos en vapor de agua H_2O y dióxido de carbono CO_2 . Los catalizadores de oxidación no pueden reducir prácticamente los óxidos de nitrógeno, por una parte por trabajar con exceso de aire, por otra porque las temperaturas de los gases de escape son demasiado bajas como para que se pueda disociar el NO_x . Por tanto, los NO_x han de evitarse mediante la realimentación de los gases de escape visto en el apartado anterior.

La sonda lambda de banda ancha (sonda de O_2) delante del catalizador, registra el contenido de oxígeno restante en el gas de escape y entrega la correspondiente señal a la unidad de control CDI. Esta señal se necesita para el accionamiento de los posicionadores de realimentación de gases de escape (AGR).

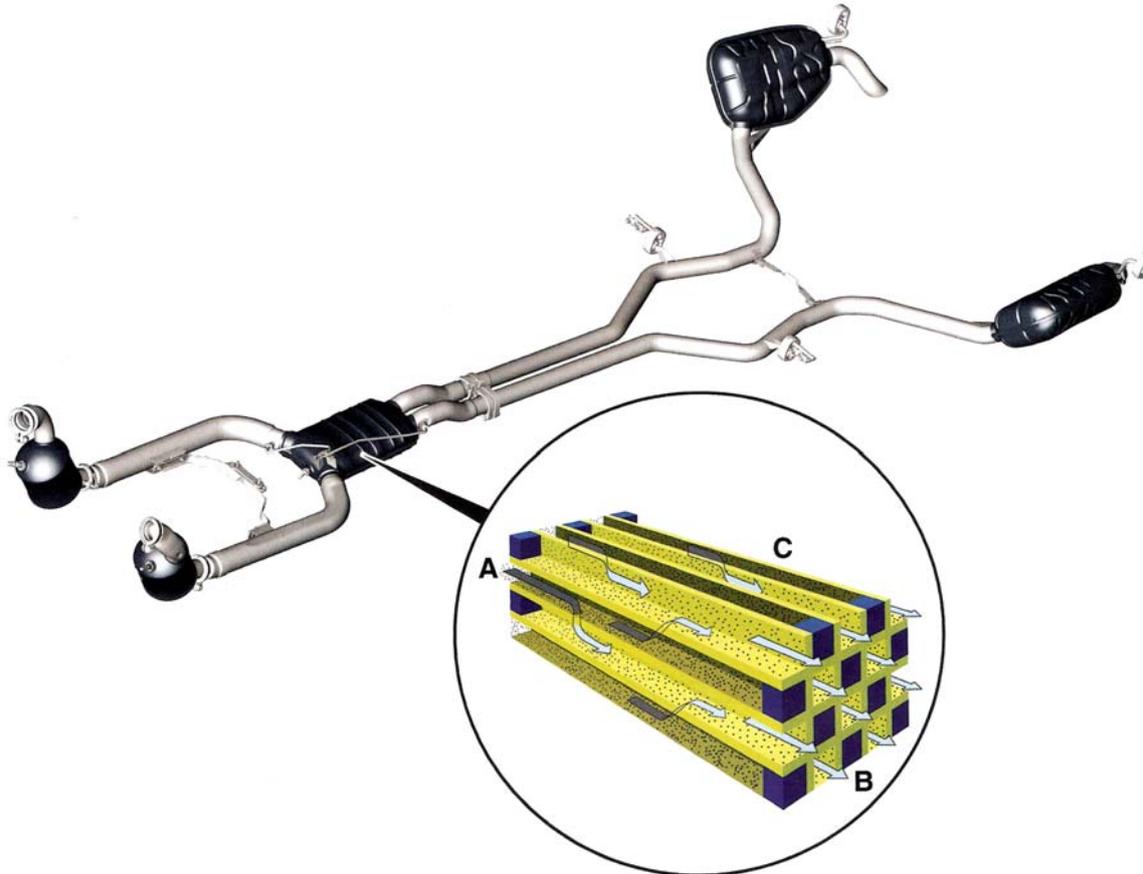


En relación con el sistema de filtración de partículas PM, la unidad de control CDI emplea la señal de la sonda lambda para poder calcular con exactitud la cantidad y el momento de la post-inyección para el ciclo de regeneración. Para contar con una regeneración eficaz del filtro de partículas se necesita un contenido mínimo de oxígeno en los gases de escape y una alta temperatura uniforme de los gases. Esta regulación resulta

posible recurriendo a las señales de la sonda lambda en combinación con las señales del sensor de temperatura. En caso de ausentarse la señal, la regeneración del filtro de partículas resulta menos exacta, pero sigue siendo operativa. La avería de la sonda lambda puede provocar mayores emisiones de óxidos de nitrógeno.

FILTRO DE PARTÍCULAS.-

El filtro de partículas diesel sirve para el filtrado, el almacenamiento y la combustión de las partículas de hollín resultantes del proceso de combustión.



FILTRO DE PARTÍCULAS DIESEL

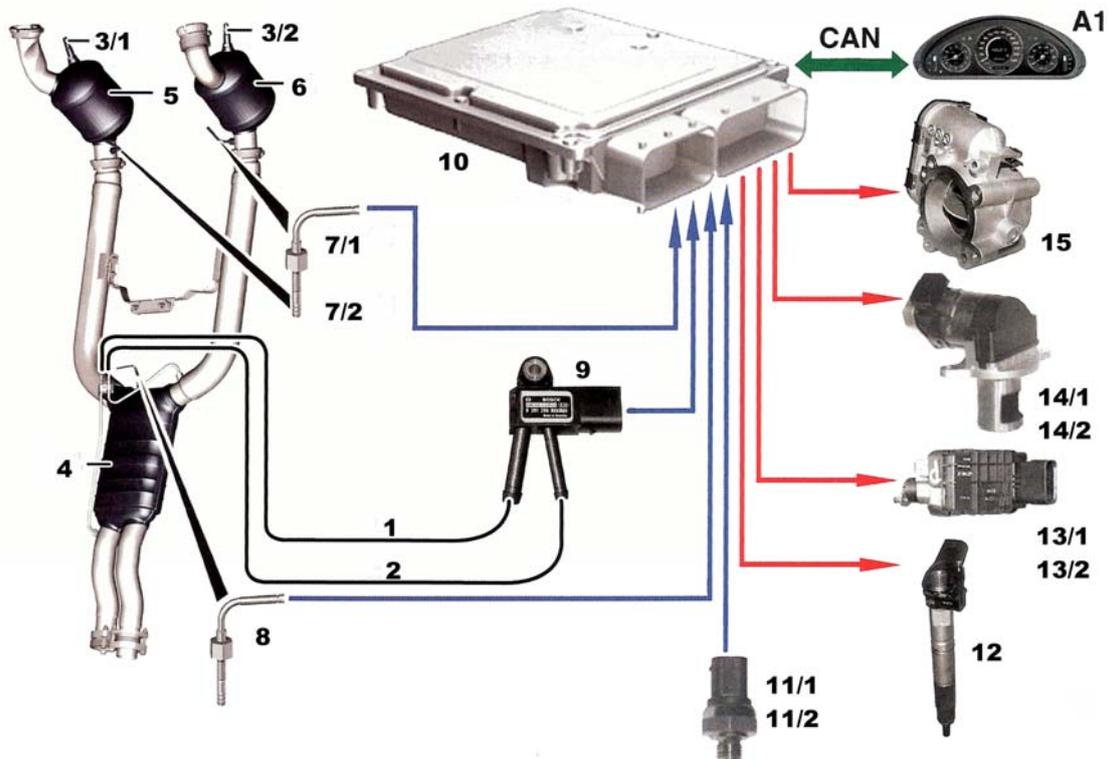
- A.- Gas de escape no filtrado.
- B.- Gas de escape filtrado.
- C.- Paredes del filtro.

Los canales del filtro de partículas diesel (DPF) están abiertos alternativamente por delante y atrás, separados entre sí por las paredes porosas del cuerpo de filtro alveolar. Los gases de escape previamente depurados mediante el catalizador por oxidación, fluyen a los canales abiertos hacia delante del DPF y llegan, a través de las paredes porosas del cuerpo filtrante a los canales abiertos hacia atrás. Los gases de escape limpios y filtrados son evacuados al exterior y las PM retenidas físicamente en el cuerpo filtrante alveolar del DPF.

Las partículas se queman durante la fase de regeneración. La carga de hollín y ceniza del filtro de partículas es determinada, a través del transmisor de presión diferencial DPF,

por la unidad de control CDI.

TRATAMIENTO DE LOS GASES DE ESCAPE CON DPF



- 1.- Tubería de presión de gases de escape delante del DPF.
- 2.- Tubería de presión de gases de escape detrás del DPF.
- 3.- Sondas de O₂ izquierda y derecha delante del KAT.
- 4.- Filtro de partículas diesel (DPF).
- 5.- Catalizador izquierdo.
- 6.- Catalizador derecho.
- 7.- Sondas térmicas del gas de escape en KAT izquierdo y derecho.
- 8.- Sonda térmica delante del filtro de partículas.
- 9.- Transmisor de presión diferencial (DPF).
- 10.- Unidad de control CDI.
- 11.- Transmisores de contrapresión de los gases de escape derecho e izquierdo.
- 12.- Inyectores de combustible.
- 13.- Posicionadores de la presión de sobrealimentación derecho e izquierdo.
- 14.- Posicionadores de realimentación de gases de escape derecho e izquierdo.
- 15.- Elemento de regulación de la mariposa de estrangulación.
- A1.- Cuadro de instrumentos.
- CAN.- Bus CAN (Controller Area Network).

Si la carga de partículas PM sobrepasa un valor en función del diagrama característico, la unidad de control CDI **(10)** si se dan las condiciones previas, iniciará la fase de regeneración, es decir, que las partículas de hollín acumuladas en el filtro de partículas (DPF) se queman formando predominantemente CO₂ y queda retenida la ceniza producida.



Filtro de partículas (DPF) con las tuberías anterior y posterior hacia el transmisor de presión Mercedes Benz ML280 CDI

El transmisor de presión diferencial determina, a través de las tuberías de presión de gases de escape la diferencia de presión entre la entrada y salida del filtro de partículas DPF. Esta



es ML280 CDI. 1.- Empalme de presión de gases de presión trasero. 3.- Conexión eléctrica

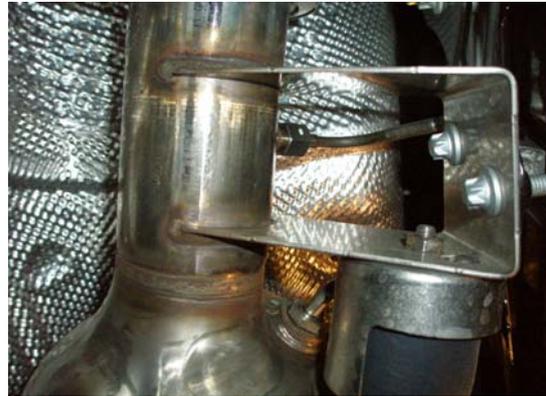
diferencia de presión actúan sobre el elemento integrado de resistencia piezoeléctrica del sensor de presión. De esta manera se genera una tensión que se amplifica mediante el chip de silicio integrado y se transmite como señal de tensión a la unidad de control CDI.

El filtro de partículas presenta un intervalo de mantenimiento variable superior a 100.000 km. Cuando se alcanza el contenido de ceniza máximo (aprox. 100%) éste se tiene que cambiar.

Este sistema va provisto de una sonda térmica en el catalizador (la versión ML320 CDI dispone de dos al llevar dos catalizadores) para determinar la temperatura actual de los



Sonda térmica en el catalizador



Sonda térmica antes del filtro de partículas

gases de escape de los catalizadores. La sonda térmica delante del filtro de partículas determina la temperatura de los gases de escape detrás del catalizador (pero delante del



Sonda térmica del gas de escape en catalizadores. Sonda térmica delante del filtro de partículas

filtro de partículas). La resistencia PTC montada modifica su resistencia eléctrica en correspondencia con la temperatura de los gases de escape. Esta

información sirve a la unidad de control CDI para la supervisión del aumento de temperatura de los gases de escape, antes o durante la fase de regeneración y para determinar junto a otros sensores (medidor de masa de aire, transmisor de presión diferencial, transmisor de contrapresión...) el estado de saturación del filtro de partículas. Aparte de ello, la señal de la sonda térmica se utiliza para la protección del filtro de partículas contra temperaturas excesivas de los gases de escape.

El transmisor de contrapresión de los gases de escape determina la presión delante del turbocompresor. La

presión de los gases de escape deforma una membrana que actúa sobre un puente de medición de resistencias. Como consecuencia, se modifica el valor de resistencia y se influye así sobre la tensión de la señal. Esta señal se



Transmisor de contrapresión de los gases de escape. A.- Toma de medición de presión.

amplifica sirviendo a la unidad de control CDI para el cumplimiento de las siguientes tareas:

- VIGILANCIA DEL GRADO DE LLENADO DEL DPF.
- PROTECCIÓN DEL TURBOCOMPRESOR POR CONTRAPRESIÓN DE GASES DE ESCAPE.
- PROTECCIÓN DEL MOTOR.

Con una carga demasiado grande del filtro de partículas, aumenta la contrapresión de los gases de escape. Esta información es notificada a la unidad de control mediante el transmisor de contrapresión. Si esta contrapresión es demasiado alta, la unidad de control CDI conmuta a funcionamiento de emergencia a efectos de protección. El funcionamiento de emergencia sólo puede finalizar mediante un nuevo arranque.

El proceso de regeneración se efectúa mediante un aumento periódico de la temperatura de los gases de escape. Para ello la unidad de control CDI inicia las siguientes funciones:

- Una post-inyección de carburante, que se realiza en la fase neutra del pistón y que origina una post-combustión en el cilindro e implica una subida de temperatura de los gases de escape.
- Precalentamiento del DPF.

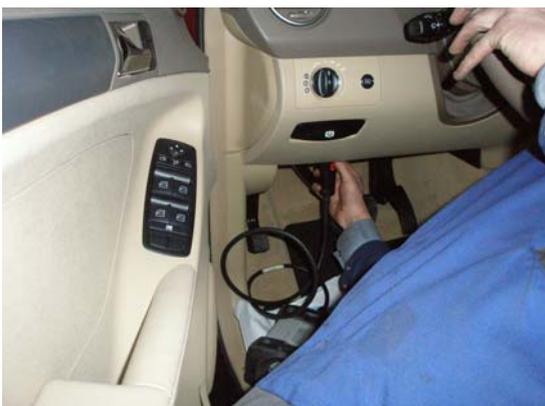


Línea de escape Mercedes ML280 CDI

Tras la regeneración, la unidad de control CDI registra la diferencia de presión comparándola con un valor de referencia determinando con ello la carga del filtro de partículas con cenizas.

VERIFICACIONES Y CONTROLES.-

Las comprobaciones y controles las efectuamos en el Concesionario BI – ONDO



s ML280 CDI

Máquina de diagnosis Compact 3



del tutor de empresa Ramón López Sáez.



La máquina utilizada para las comprobaciones fue la DAIMLER CHRYSLER STAR DIAGNOSIS COMPACT 3, con el programa XENTRI – DAS.

Tras la conexión en la toma de diagnosis del vehículo, fuimos realizando el proceso según las indicaciones del programa. Los valores obtenidos los sacamos por impresora adjuntándolos en las siguientes tablas, y que como se puede ver, nos da

error de regeneración del filtro de partículas al no haber condiciones necesarias para su realización.

FIN	WDC1641201A285601	Serie/ejecución	164.120
Número de encargo		Matrícula	

Filtro de partículas diesel

Unidad de control: CD14

Núm	Nombre	Valores reales	Unidad
6613	Contenido de cenizas del filtro de partículas diesel	0	G
6608	Estado de carga Filtros	1	%
8650	11 (Transmisor contrapresión de los gases de escape)	1055	HPa
8651	7 (sonda térmica KAT)	31.2	°C
8652	8 (Sonda térmica delante del filtro de partículas diesel)	25.0	°C
8668	9 (Transmisor de presión diferencial) (DPF)	3	HPa

7112	15 (Elemento de ajuste de la mariposa de estrangulación)	75	%
8649	Valor lambda	0	
8648	Calefacción sonda lambda (circuito de calefacción)	2	%
4742	Kilómetros recorridos Ultima regeneración	18.0	K km
4743	Kilómetros tras la última corrección del contenido de cenizas	0.0	km
4744	Kilometraje actual	18.0	km
4745	Resistencia de la circulación de los gases de escape	0.0	hPa (m [^] - 3/h)
4746	Caudal volumétrico de los gases de escape	74.1	m [^] 3/h
4540	Régimen del motor	703	1/min

Nombre de archivo F:\Programme\Das\trees\PKW\MotorDIE\cdi4\sgscreen\m_dpf_ist.s

Un primer análisis de los valores reales de la tabla anterior, hace referencia a la situación del ML280 CDI: Contenido de cenizas y estado de carga de filtros (pruebas n^{os} 6613 y 6608) nos da 0 gramos y 1% de obturación respectivamente, valores propios de un vehículo nuevo. Valores de las sondas térmicas en °C. por debajo de sus valores normales, indicativo de que los datos se han recogido estando el motor sin la temperatura normal de funcionamiento.

Como llevar a cabo la regeneración del filtro de partículas era imposible (vehículo no matriculado), ya que la prueba hay que hacerla en carretera, manteniendo una velocidad constante, con el motor a su temperatura, con ¼ del depósito de combustible mínimo y con el analizador Compact 3 en el vehículo, procedimos a una simulación (demo) para ver una parte de las pruebas sobre las condiciones previas para la regeneración del filtro que realiza el analizador Compact 3:

FIN	WDC1641201A285601	Serie/ejecución	164.120
Número de encargo		Matrícula	

Condición previa Regeneración Filtro de partículas diesel

Unidad de control: CDI 4

Núm	Nombre	Valor nominal	Valores reales
4	Motor en marcha	NO/SI	NO/SI
6	Presión atmosférica EN ORDEN	NO/SI	NO/SI
7	La temperatura del líquido refrigerante está en orden	NO/SI	NO/SI
8	Estado Filtro de partículas diesel	NO/SI	NO/SI
10	Temperatura del catalizador en el margen nominal	NO/SI	NO/SI
11	Tiempo de calentamiento, en orden	NO/SI	NO/SI
13	Regeneración autorizada (ningún registro de error en la unidad de control 10 (unidad de control CDI)	NO/SI	NO/SI

Nombre de archivo F:\Programme\Das\trees\PKW\MotorDIE\cdi4\sgscreen\m_dpf.s

Unidad de control: CDI 4

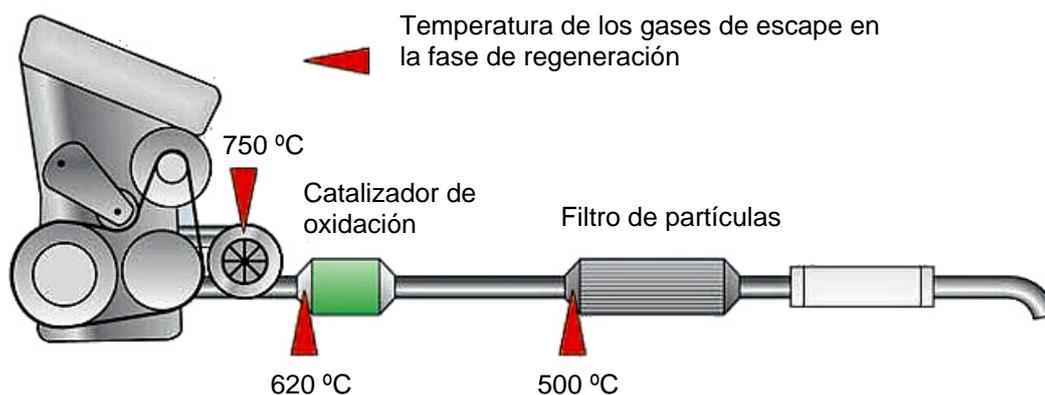
Núm	Nombre	Valor nominal	Valores reales
14	Motor en marcha	SI/NO	SI/NO
15	La tensión de la red de abordo es demasiado baja	SI/NO	SI/NO
16	Nivel de llenado del depósito. El nivel de combustible es demasiado bajo	SI/NO	SI/NO
21	La temperatura de los gases de escape es demasiado elevada.	SI/NO	SI/NO
22	La temperatura del líquido refrigerante es demasiado elevada	SI/NO	SI/NO
23	La temperatura del líquido refrigerante es demasiado baja.	SI/NO	SI/NO
24	Error (es) de sistema Filtro de partículas diesel	SI/NO	SI/NO

Nombre de archivo F:\Programme\Das\trees\PKW\MotorDIE\cdi4\sgscreen\m_dp.f.s

OTRAS DISPOSICIONES Y SISTEMAS.-

SISTEMAS CON ADITIVO

Este sistema se implanta en vehículos con el filtro de partículas instalado lejos del motor.



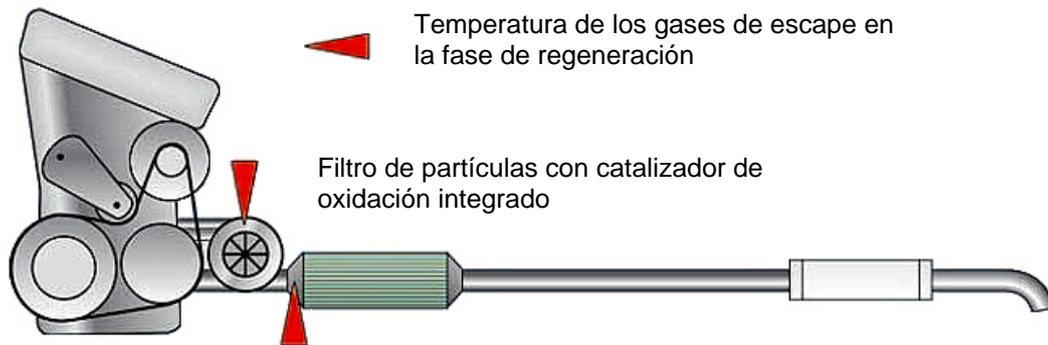
Debido al largo trayecto de los gases de escape entre el motor y el filtro de partículas, la temperatura necesaria para la combustión de las partículas PM solo se puede conseguir agregando un aditivo (Eolys, cerina...).

SISTEMA CON RECUBRIMIENTO CATALÍTICO

Esta disposición se implanta en vehículos con el filtro de partículas instalado cerca del

750 °C

620 °C



motor. Debido a los cortos recorridos de los gases de escape entre el motor y el filtro de partículas, la temperatura de los gases de escape es suficiente para la combustión de las partículas PM.

En este sistema (Volkswagen) se han combinado el catalizador de oxidación y el filtro de partículas en una unidad, obteniéndose el filtro de partículas diesel con recubrimiento catalítico.

DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES DE GASES DE ESCAPE: MOTOR GASOLINA.-

En este segundo apartado, hemos desarrollado los dispositivos anticontaminación utilizados en los motores de gasolina siguiendo el organigrama establecido en la página 5. Las comprobaciones y medidas las hemos realizado inicialmente en el concesionario BI



Mercedes Benz E 500



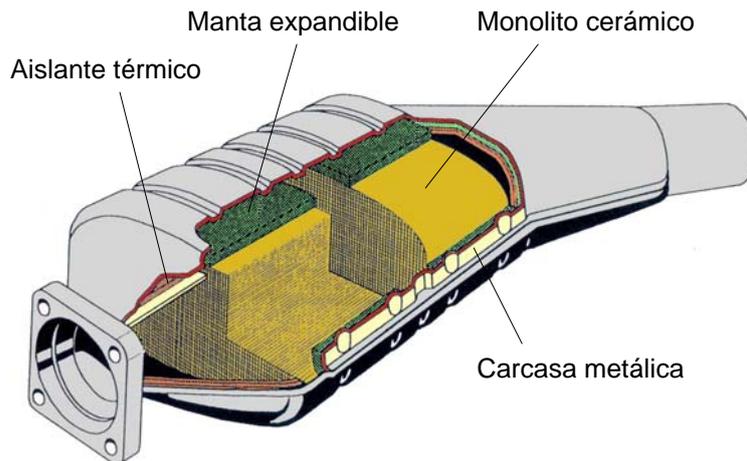
El equipo completo: Oscar, Vlady, Pedro Jesús y Ramón López.

- ONDO sobre un no menos impresionante Mercedes Benz E 500 de 8 cilindros en V con 5.000 cm³ y 300 C.V., y posteriormente en el Instituto con los vehículos que tenemos adjudicados para las prácticas. Se da la circunstancia que el brazo del analizador BOSCH 3.250 le tenemos en reparación y que el concesionario dispone de un equipo igual, lo que

nos ha permitido por una parte ser autónomos en las mediciones, por otra, realizar las mediciones y comprobaciones de nuestros coches en el Instituto cara al presente trabajo.

CATALIZADORES.-

El catalizador tiene como misión disminuir los elementos contaminantes contenidos en los gases de escape del vehículo. Se trata de un dispositivo, que se monta inmediatamente después del colector de escape, aprovechando la temperatura de los gases de escape.



Esta energía calorífica pasa al catalizador y eleva su propia temperatura, indispensable para que este dispositivo tenga un óptimo rendimiento.

Esta formado por un soporte o sustrato por donde circulan los gases de escape y en el cual se eliminan los gases tóxicos. Generalmente es cerámico, conocido como

monolito cerámico, las paredes de estos conductos tienen una capa muy fina de metales preciosos como el platino (Pt), paladio (Pd) y rodio (Rh), que reaccionan con los gases para su eliminación. A la superficie del monolito cerámico se aplica una capa intermedia de óxido de aluminio llamada **washcoat** cuya finalidad es aumentar la superficie para una mejor adaptación de los gases de escape.



Catalizador de 2 vías (Opel Vectra diesel)
300 °C. (funcionamiento óptimo entre 400 y 800 °C).

Exteriormente están formados por un protector de calor y golpes que envuelve a una carcasa metálica, interponiéndose entre ambos elementos fibra cerámica como aislante térmico. Entre la carcasa y el monolito cerámico se coloca una manta expandible, formada por alambres de acero con el objeto de absorber las dilataciones entre ambos elementos. Para que el catalizador sea eficaz, la temperatura de funcionamiento debe de estar por encima de los

TIPOS DE CATALIZADORES

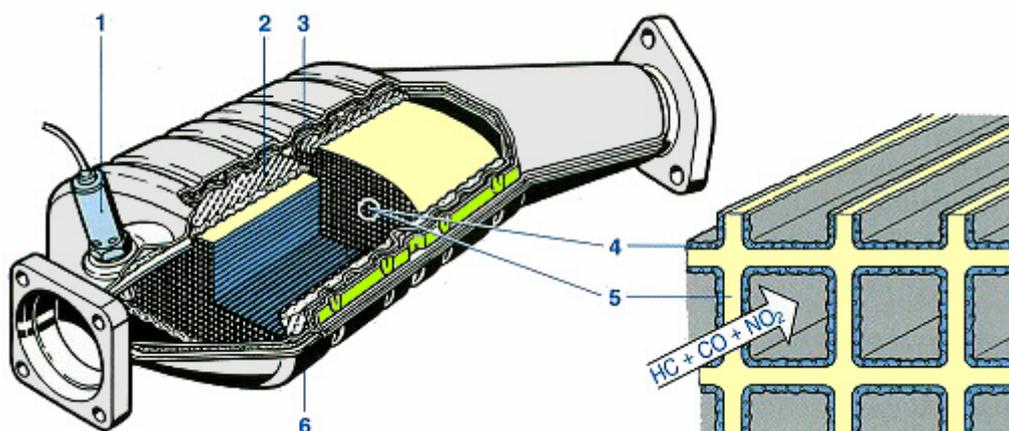
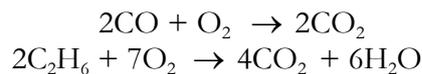


Catalizador de dos vías: También llamado catalizador de oxidación, convierte los hidrocarburos y el monóxido de carbono contenidos en los gases de escape por oxidación, es decir, combustión, en vapor de agua y dióxido de carbono. El oxígeno necesario para la oxidación se obtiene de un ajuste pobre de la mezcla ($\lambda > 1$) o mediante la insuflación de aire en el sistema de escape delante del catalizador. Los óxidos de nitrógeno no pueden ser transformados por el catalizador de oxidación

Catalizador de tres vías con aportación de aire: Transforma el monóxido de carbono CO, hidrocarburos HC y óxidos de nitrógeno NO_x en dos fases: Una primera en la que se reducen los NO_x, mientras que en la segunda fase necesitan el aporte de oxígeno para oxidar los CO y HC. Precisan de una mezcla rica ($\lambda < 1$) para funcionar.

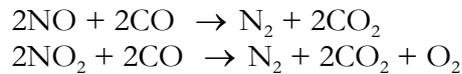
Catalizador de tres vías: Convierte los tres componentes contaminantes HC (hidrocarburos), CO (monóxido de carbono) y NO_x (óxidos de nitrógeno) en componentes inofensivos. Como productos finales se originan H₂O (vapor de agua), CO₂ (dióxido de carbono) y N₂ (nitrógeno).

Es el empleado actualmente en la mayoría de los vehículos, la conversión de los contaminantes se efectúa en dos fases: El monóxido de carbono y los hidrocarburos se transforman por oxidación:



1.- Sonda lambda. 2.- Manta expandible. 3.- Aislante térmico. 4.- Washcoat (capa soporte de Al₂O₃) con recubrimiento de metales preciosos. 5.- Soporte (monolito). 6.- Cuerpo.

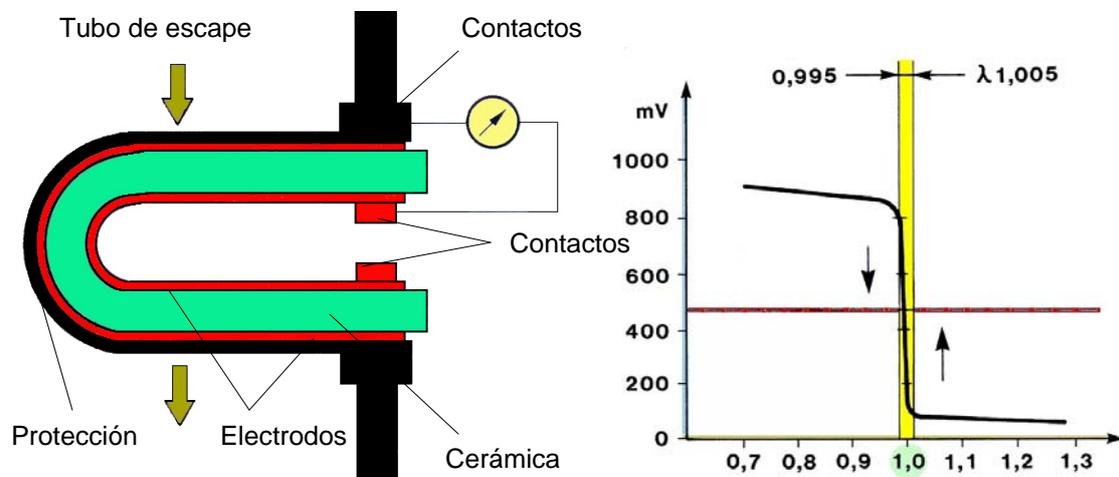
El oxígeno necesario para la oxidación, o está existente en los gases de escape como oxígeno residual a causa de una combustión incompleta, o se toma de los óxidos de nitrógeno, que de esta forma son reducidos a la vez.



Este sistema necesita mucha precisión en la regulación de la mezcla, debiéndose incorporar para ello una sonda lambda.

REGULACIÓN LAMBDA.-

La regulación lambda en combinación con el catalizador es actualmente el procedimiento de depuración de gases de escape más eficaz para el motor de gasolina.



A través de esta regulación se consigue que el factor λ se mantenga dentro de un margen óptimo ($\lambda = 0,99 \dots 1$). Para ello es necesario medir los gases de escape y corregir inmediatamente el caudal de combustible aportado, en correspondencia con el resultado de la medición.

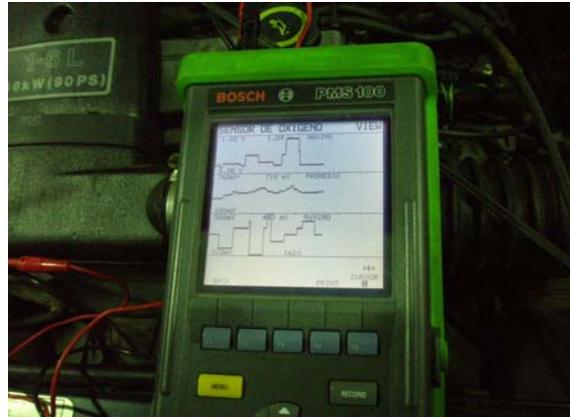
La sonda lambda es un sensor que detecta el exceso o defecto de oxígeno residual de toda combustión enviando señales a la unidad electrónica de mando. Esta unidad corrige los tiempos de inyección para adaptar el factor lambda a valores óptimos.

El material cerámico (dióxido de zirconio ZrO_2) de la sonda lambda se vuelve conductor para el oxígeno a partir de $350\text{ }^\circ\text{C}$. Si la parte de oxígeno es distinta entre las dos superficies (interna y externa) de la



Ubicación de la sonda lambda en Ford Mondeo 1.6

sonda, se produce una tensión eléctrica entre ambas superficies. La tensión entregada por la sonda lambda según la proporción de oxígeno en los gases de escape, alcanza con mezcla rica ($\lambda < 1$) una tensión comprendida entre 800....1000 mV.



Comprobaciones de la sonda lambda con el osciloscopio digital (Ford Mondeo Mendizabala)

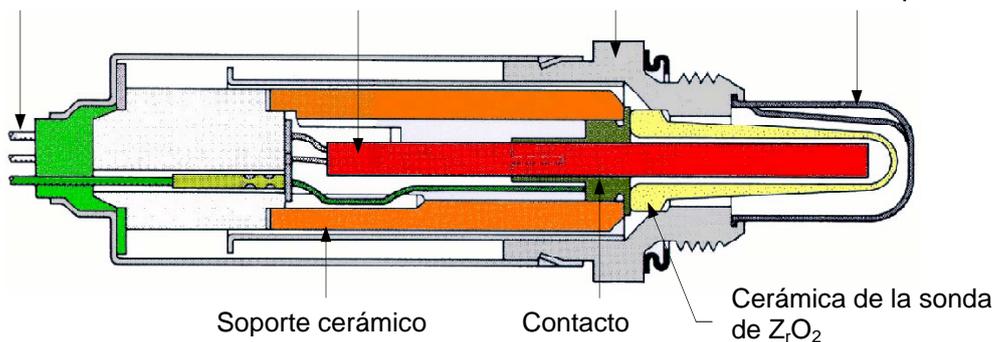
La tensión con una mezcla pobre ($\lambda > 1$) suele ser aproximadamente de 100 mV.

SONDA LAMBDA CON CALEFACCIÓN.-

La resistencia calefactora da lugar a un calentamiento rápido, de tal manera que entre 20 y 30 segundos después del arranque del motor, se alcanza la temperatura de servicio actuando la regulación lambda.

Esto trae consigo una regulación más exacta con los gases de escape fríos (ralentí) con emisiones más bajas y estables.

Exteriormente las sondas lambdas precalentadas y sin precalentar son iguales, Tomas de conexión Elemento calefactor Carcasa de la sonda Tubo de protección

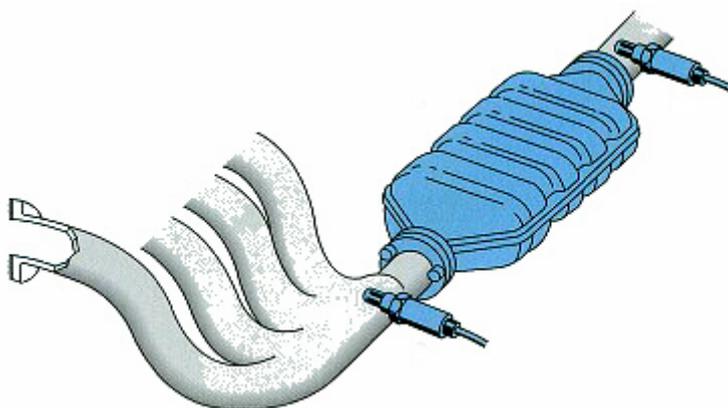


diferenciándose por su ubicación en el escape, y en el nº de conexiones eléctricas.

REGULACIÓN CON DOS SONDAS LAMBDA.-

Hay sistemas que montan una sonda lambda adicional situada después del catalizador, de este modo se puede ajustar la mezcla de aire y combustible de manera que el catalizador presente su máxima eficacia.

La unidad de control compara los niveles de tensión generados por las sondas pre-catalizador y post-catalizador. Si la relación entre ambas sondas difiere de unos valores establecidos, la unidad de control detecta un funcionamiento erróneo del catalizador,



quedando memorizado el código de avería, detectándose la misma mediante testigo luminoso en el panel de instrumentos del vehículo.

VERIFICACIONES Y CONTROLES.-

Las comprobaciones y controles de los gases de escape, los hemos efectuado por una



Analizador de gases BOSCH 3.250 parte en el concesionario BI – ONDO sobre un Mercedes E 500 con el analizador BOSCH 3.250, las mediciones fueron las siguientes:

Diagnosis BOSCH de gases de escape

Puesto ejecutor:

AUTO ELECTRICIDAD ONDO S.A.
MERCEDES BENZ

CTRA.GRAL.DE GAMARRA KM3
Tel.:945128600
Fax.945288299

Matrícula	9431 CPN	Modelo	E 500
Marca del vehículo	Mercedes Benz	Tipo de vehículo	Turismo
Cuentakilómetros	65360	Fecha:	15.12.2007
		Hora:	12.41

UNIDAD	min.	máx.	Medido
--------	------	------	--------

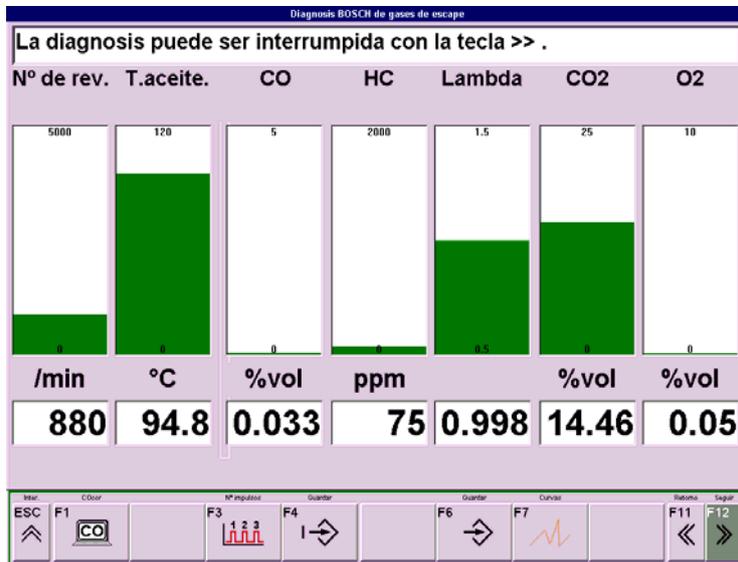
T. aceite	°C	12,1
Nº de rev.	/min	803
Med. Ralentí.		
Mant. Ralentí.		
CO	%vol	0.003
Med. Ralentí.		
Mant. Ralentí.		
COcor		----
Med. Ralentí.		
Mant. Ralentí.		
HC	ppm	0
Med. Ralentí.		
Mant. Ralentí.		
Lambda		1.000
Med. Ralentí.	%vol	
Mant. Ralentí.		
CO₂	%vol	15.25
Med. Ralentí.		
Mant. Ralentí.		
O₂	%vol	0.00
Med. Ralentí.		
Mant. Ralentí.		

Este vehículo utiliza una regulación de gases de escape con dos sondas lambda calefactadas. Los valores de los parámetros medidos son correctos, indicativos de una combustión óptima, aun siendo baja la temperatura del aceite (motor frío).

Las comprobaciones y mediciones que hicimos en el Instituto, las realizamos sobre un Ford Mondeo 1.6L adjudicado a electromecánica.



El sistema de regulación de los gases de escape se efectúa en este vehículo con un catalizador de 3 vías con sonda lambda calefactada.. El analizador utilizado es el BOSCH 3.250 del Instituto.

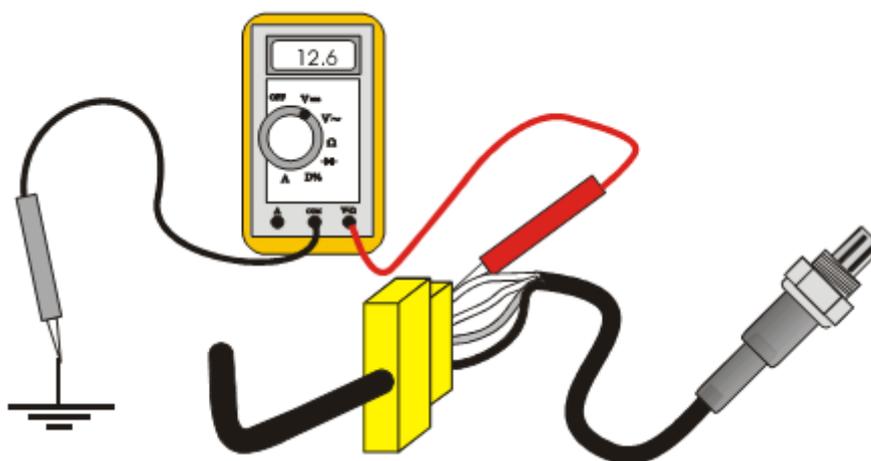


La diagnosis la hicimos siguiendo el criterio establecido en el analizador (ralentí, ralentí acelerado, media carga y plena carga). Las gráficas representadas corresponden a las mediciones en ralentí, cuyos valores obtenidos están dentro de las normativas vigentes, indicativos de una combustión correcta.

Las comprobaciones previas de la sonda lambda las

realizamos con un multímetro BOSCH PMS 100. La sonda lambda del Ford Mondeo es de cuatro conductores con resistencia calefactora, cuya comprobación se realiza entre los pines de su conector. El valor de la resistencia calefactora estando la sonda fría tiene que estar comprendido entre 4 y 6 ohmios, así mismo se comprueba la masa y la alimentación de la misma. Esta última comprobación hay que realizarla con el motor funcionando, ya que el calefactor de la sonda es alimentado con +12 V. desde el mismo relé que alimenta la bomba de combustible.

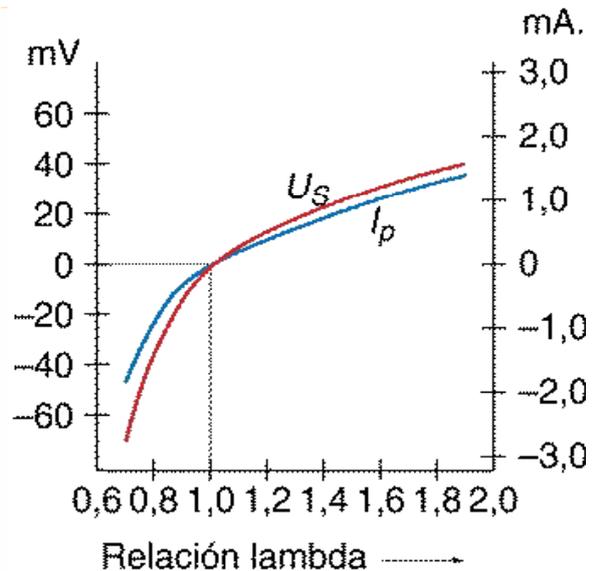
Si solamente accionamos el contacto, como el relé es temporizado por la unidad de mando, la resistencia calefactora será alimentada durante 2 o 3 segundos que es el tiempo



de accionamiento de la bomba para presurizar el circuito de combustible. Esto nos puede conducir a error. Los valores obtenidos fueron de 5,6 Ω de resistencia calefactora, verificación de la masa (continuidad) = 0 Ω y una tensión de alimentación de 13,2 Voltios.

SONDA LAMBDA DE BANDA ANCHA.-

Este tipo de sonda permite a la unidad de mando efectuar una regulación continua de la relación de la mezcla, es decir, puede medir desde $0,75 < \lambda < \infty$.



A diferencia de la sonda convencional, la señal suministrada se realiza mediante intensidad, de esta forma se dispone de valores λ en una banda más ancha, dando una señal eléctrica exacta de la composición momentánea de los gases de escape.

Con ayuda de la señal, la unidad de control del motor calcula el valor lambda efectivo e inicia la regulación al diferir con respecto al valor lambda teórico. La regulación se lleva a cabo a través de la cantidad inyectada.

CATALIZADOR ACUMULADOR DE NO_x.-

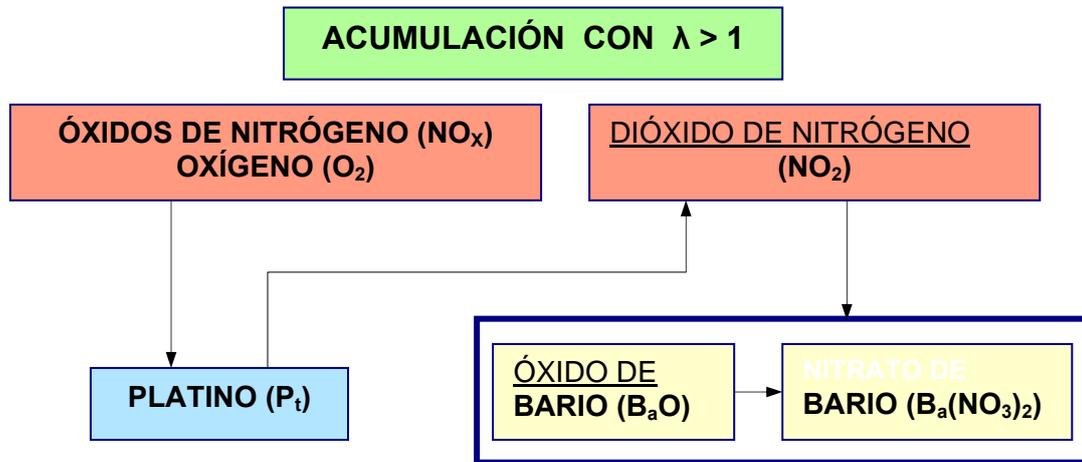
En su constitución, equivale a un catalizador de tres vías, sin embargo, la capa intermedia (wash coat) está dotada adicionalmente de óxido de bario. Esto permite acumular internamente óxidos nítricos a temperaturas entre 250 °C y 500 °C a base de producir nitratos. En modo homogéneo ($\lambda = 1$), el catalizador-acumulador de NO_x trabaja como un catalizador normal de tres vías.

En los modos estratificado y homogéneo-pobre con $\lambda > 1$ ya no puede efectuar la conversión de los óxidos nítricos. Por ello se los almacena en el catalizador-acumulador de NO_x. Una vez agotada la capacidad de acumulación se efectúa un ciclo de regeneración. Debido a la similitud química con los óxidos nítricos también almacena el azufre.

La transformación no se efectúa de forma continuada como con el CO y HC, sino que transcurre en dos etapas:

ACUMULACIÓN DE NO_x.-

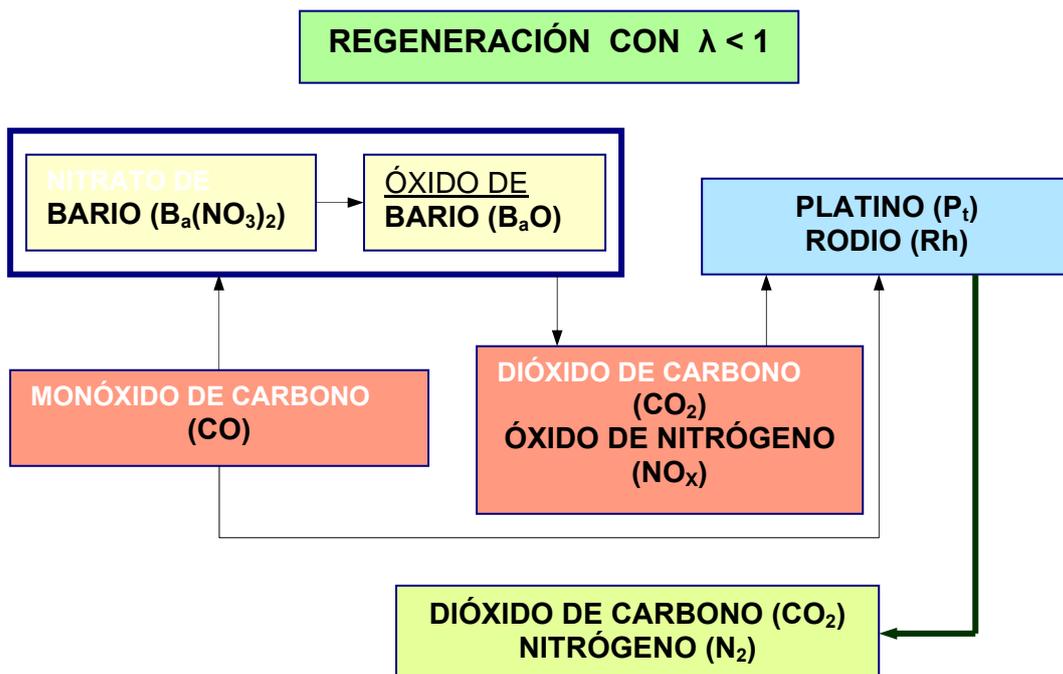
Los óxidos de nitrógeno son oxidados de modo catalítico en la superficie del recubrimiento de platino, convirtiéndose en dióxido de nitrógeno, reaccionando entonces con el óxido de bario formando nitrato de bario.



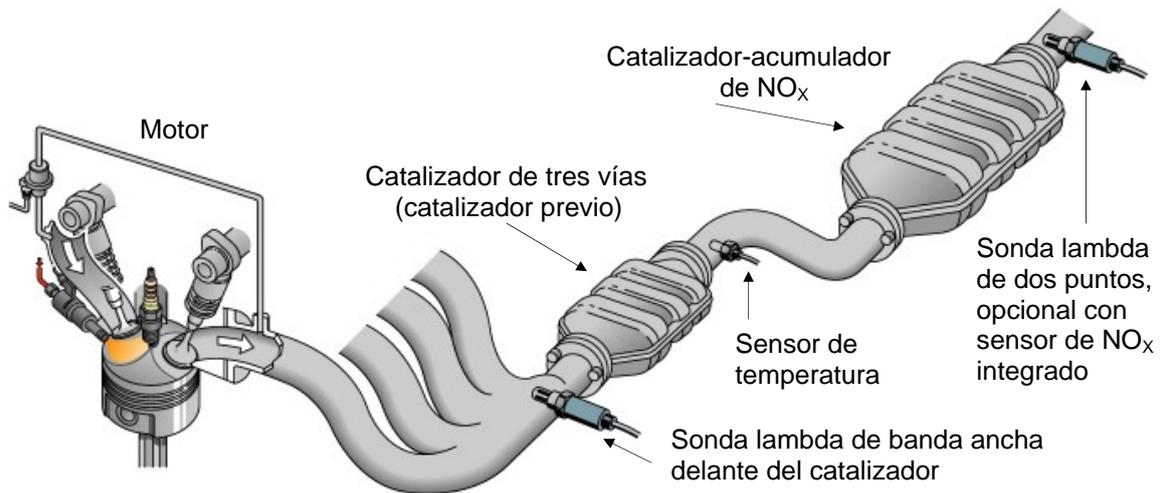
DESACUMULACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DEL NO_x.-

A partir de una determinada cantidad de NO_x acumulados, tiene que efectuarse una regeneración, es decir, los NO_x acumulados tienen que ser quitados y transformados. Para ello se conmuta por breve tiempo a funcionamiento con mezcla rica ($\lambda < 0,8$).

Primero se reduce el nitrato de bario nuevamente a óxido de bario, por la reacción con el monóxido de carbono. De esa forma se despiden dióxido de carbono y monóxido de nitrógeno. La presencia de rodio y platino hace que se reduzcan los óxidos nítricos, produciendo nitrógeno, y que el monóxido de carbono se oxide produciendo dióxido de carbono.



La capacidad de acumulación del catalizador-acumulador de NO_x depende de la temperatura, estando situado su máximo de acumulación entre 300 y 400 °C. unas temperaturas más bajas que la del catalizador de tres vías, por esta razón hay que utilizar



dos catalizadores separados, un catalizador de tres vías como catalizador previo montado cerca del motor, y un catalizador-acumulador de NO_x como catalizador principal montado lejos del motor.

La saturación del catalizador-acumulador es recibida por la unidad electrónica de control por medio de un sensor de NO_x situado detrás del mismo, cambiando a regeneración, cuando detecta que el catalizador-acumulador está saturado. El sensor de temperatura informa a la unidad de control de la temperatura existente en el catalizador-acumulador de NO_x . Esta información es necesaria para:

- Cambiar al modo estratificado, pues el catalizador-acumulador de NO_x solo puede acumular los óxidos de nitrógeno entre 250 y 500 °C.
- Liberar el catalizador-acumulador de NO_x de las partículas de azufre.

El azufre contenido en los gases de escape (al utilizar combustible con azufre), es un problema para el catalizador-acumulador de NO_x , ya que reacciona con el óxido de bario (material de acumulación) convirtiéndose en sulfato de bario que es muy resistente a la temperatura y es desintegrado parcialmente durante la regeneración del NO_x . La cantidad de material para la acumulación del NO_x disminuye con el tiempo, necesitándose una desulfuración, que consiste en someter en intervalos alternativos a gases de escape rico ($\lambda = 0,95$) y pobres ($\lambda = 1,05$), con ello el sulfato de bario se reduce nuevamente a óxido de bario.

INYECCIÓN DE AIRE EN EL ESCAPE.-

Estos dispositivos anticontaminantes tienen por objeto el inyectar aire en el escape para reducir el CO y los hidrocarburos mediante la oxidación de estos, para lo cual se inyecta

aire en el colector de escape que quema los elementos no quemados por efecto de las altas temperaturas que se producen a la salida del colector de admisión.

Así mismo evita la contaminación de los sistemas catalizados en la fase de arranque del motor hasta que el catalizador adquiere la temperatura optima de funcionamiento, ayudando en este caso a conseguir dicha temperatura mas rápidamente

Existen dos sistemas para la inyección de aire: mediante una válvula accionada por la depresión de los gases a la salida del colector de escape y mediante una bomba eléctrica de aire comandada por la unidad de control, enviando aire

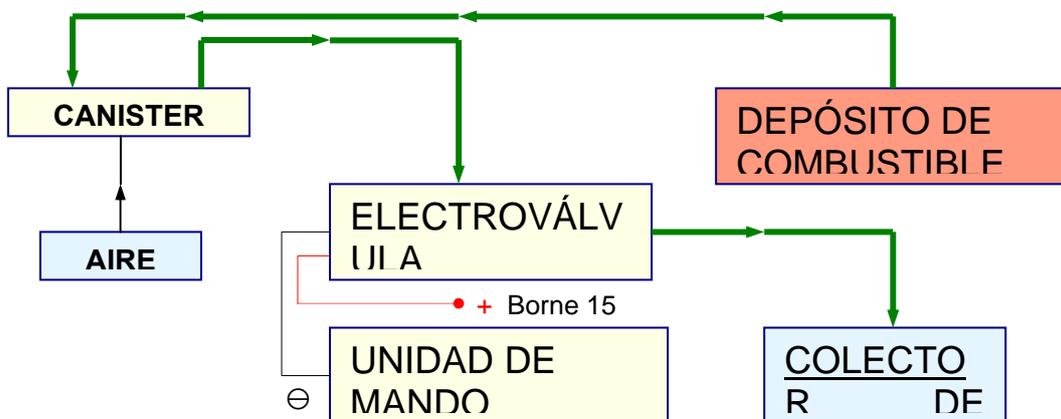


Inyección de aire en Ford Mondeo 2.0 (Mendizabala)

fresco al escape durante las fases de arranque en frío. Esta acción permite que en el escape se realice una post-combustión de los hidrocarburos no quemados, lo que acelera el aumento de temperatura del catalizador.

CANISTER O FILTRO DE CARBÓN ACTIVO.- Es un elemento utilizado para retener provisionalmente los hidrocarburos evaporados del depósito de combustible. Dada la volatilidad de la gasolina y su grado de contaminación, se hace necesario recoger los vapores que genera mediante un filtro de carbón activo (partículas de grafito), también denominado canister.

Los vapores de gasolina al entrar en contacto con las partículas de grafito se condensan en el interior del canister, siendo aprovechada por el motor al mismo tiempo que se impide su contacto con la atmósfera.



El canister está unido herméticamente al depósito de combustible mediante una

tubería, así mismo, al colector de admisión mediante una electroválvula de purga accionada eléctricamente a través de la unidad electrónica de mando. El colector de admisión aspirará aire a través de la toma de aireación del canister cuando se accione la electroválvula.



analizaciones

Electrovalvula de purga (Mendizabala)

La electroválvula es accionada por la unidad electrónica de mando conectando a masa la misma en función de las revoluciones, de la temperatura del líquido refrigerante y de la cantidad de aire aspirado por el motor.

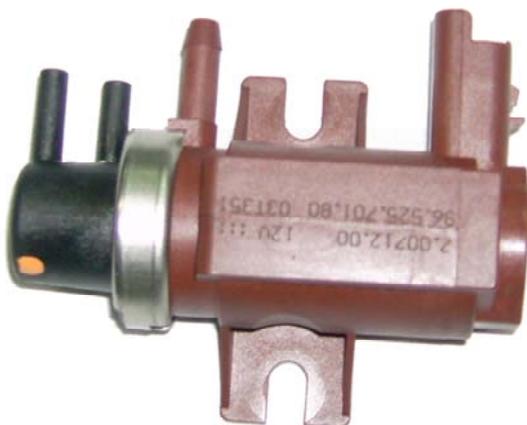
RECIRCULACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE.-

Terminamos el trabajo con este sistema anticontaminante (descrito en el apartado de motores diesel), que permite enviar al colector de admisión una determinada cantidad de gases de escape para disminuir los óxidos de nitrógeno NO_x , en determinadas condiciones de funcionamiento.

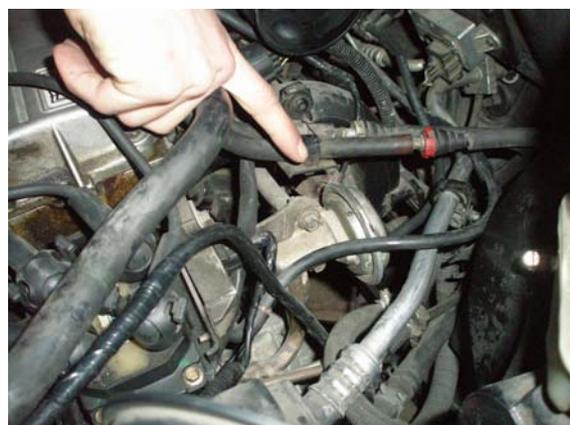
Una válvula de recirculación de gases (E.G.R.) va a cumplir con ese cometido, existiendo dos tipos de válvula: Una válvula electromagnética EGR controlada por la unidad de control en función de parámetros como la temperatura del motor, régimen, presión del aire y carga del motor.

Esta válvula no es activada cuando el motor está frío o está a plena carga, regulando su apertura en los demás estados de funcionamiento.

Y una válvula E.G.R. mecánica menos precisa que la anterior, accionada por vacío mediante un regulador electrónico.



Regulador electrónico accionamiento E.G.R. (Mendizabala)



Válvula E.G.R. mecánica Ford Mondeo 1.6

El regulador electrónico está gobernado por la unidad de control en función de los mismos parámetros que para la válvula electromagnética (En la fotografía puede observarse el conducto de vacío de la EGR hacia el regulador electrónico ubicado en la parte superior derecha de la imagen).

Nuestro agradecimiento a los organizadores, patrocinadores y colaboradores del concurso COMFORP y especialmente al concesionario BI – ONDO MOTOR S.L. por todas las atenciones que han tenido con nosotros.

OSCAR TROYANO MALDONADO

VOLODYMYR DYAK

INDICE GENERAL

Introducción.....	Pág. 1
Normativa sobre emisiones para turismos.....	“ 4
Dispositivos de anticontaminación empleados en los motores de automóviles.....	“ 5
Dispositivos anticontaminantes de gases de escape. Motor diesel.....	“ 6
Circuito de realimentación de gases de escape.....	“ 7
Catalizador diesel.....	“ 8
Filtro de partículas.....	“ 10
Verificaciones y controles.....	“ 14
Otras disposiciones y sistemas.....	“ 17
Dispositivos anticontaminantes de gases de escape. Motor gasolina...	“ 18
Catalizadores.....	“ 18

Regulación lambda.....	“ 20
Sonda lambda calefactada.....	“ 21
Regulación con dos sondas lambdas.....	“ 22
Verificaciones y controles.....	“ 22
Catalizador-acumulador de NO _x	“ 26
Inyección de aire en el escape.....	“ 28
Canister o filtro de carbón activo.....	“ 28
Recirculación de los gases de escape.....	“ 29