

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Artículo Investigación para la obtención del título de Ingeniería en Mecánica  
Automotriz**

**“Estudio de los gases contaminantes modificando la relación de compresión en un  
vehículo”**

**Cristhian Andrés Rodríguez Rojas**

**Gustavo Antonio Serrano Coveña**

**Pedro David Vela Alquina**

**Director: Ing. Miguel Granja**

**QUITO, 2018**

### **Certificación**

Nosotros, Cristhian Andrés Rodríguez Rojas, Gustavo Antonio Serrano Coveña, Pedro David Vela Alquina, declaro bajo juramento, cedemos el derecho de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad intelectual, reglamento y leyes.



Firma del Graduado

Gustavo Antonio Serrano Coveña

1721338182



Firma del Graduado

Cristhian Andrés Rodríguez Rojas

1726867797



Firma del Graduado

Pedro David Vela Alquina

1724646045

## 1. ÍNDICE

### Contenido

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 1. ÍNDICE.....                     | I    |
| CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA .....     | I    |
| CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR .....   | II   |
| DEDICATORIA.....                   | IV   |
| DEDICATORIA.....                   | V    |
| AGRADECIMIENTOS.....               | VII  |
| AGRADECIMIENTOS.....               | VIII |
| RESUMEN .....                      | 5    |
| 1. INTRODUCCIÓN.....               | 6    |
| 2. MARCO TEÓRICO .....             | 6    |
| 2.1 Emisiones de escape .....      | 6    |
| 2.2 Mezcla Aire/ Combustible ..... | 7    |
| 2.3 Relación lambda .....          | 8    |
| 2.4 Culata.....                    | 8    |
| 2.5 Relación de compresión.....    | 8    |
| 3. MATERIALES Y MÉTODO.....        | 9    |
| 3.1 Método .....                   | 9    |
| 3.2 Vehículo.....                  | 10   |
| 3.3 Junta de culata.....           | 10   |
| 3.4 Normativa .....                | 10   |
| 3.5 Equipos de medición.....       | 10   |
| 4. RESULTADOS .....                | 11   |
| 5. CONCLUSIONES.....               | 13   |
| 6. REFERENCIA .....                | 13   |
| 1. INTRODUCCION.....               | 15   |
| 1.1 ANEXO 1.....                   | 15   |
| 1.1.1 Emisiones Contaminantes..... | 15   |
| 1.2 ANEXO 2.....                   | 19   |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 1.2.1 Emisiones por el escape .....     | 19 |
| 1.3 ANEXO 3.....                        | 21 |
| 1.4 ANEXO 4.....                        | 23 |
| 1.5 ANEXO 5.....                        | 35 |
| 2. MARCO TEÒRICO .....                  | 8  |
| 2.1 Anexo 6.....                        | 8  |
| 2.2 ANEXO 7.....                        | 16 |
| 2.3 ANEXO 8.....                        | 18 |
| 2.3.1 ANÁLISIS DE GASES .....           | 18 |
| 2.4 ANEXO 9 .....                       | 24 |
| 2.4.1 ANÁLISIS DE GASES COMBUSTIÓN..... | 24 |
| 2.5 ANEXO 10 .....                      | 28 |
| 2.6 ANEXO 11 .....                      | 32 |
| 2.6.1 OXIDOS DE NITRÓGENO (NOX) .....   | 32 |
| 2.7 ANEXO 12 .....                      | 34 |
| 2.8 ANEXO 13 .....                      | 40 |
| 2.8.1 EL OXÍGENO .....                  | 40 |
| 2.9 ANEXO 14 .....                      | 42 |
| 2.10 ANEXO 15 .....                     | 46 |
| 2.11 ANEXO 16 .....                     | 48 |
| 2.13 ANEXO 17 .....                     | 50 |
| 2.14 ANEXO 18 .....                     | 52 |
| 2.15 ANEXO 19 .....                     | 55 |
| 2.15.1 EMISIONES POR EL ESCAPE.....     | 55 |
| 2.16 ANEXO 20 .....                     | 59 |
| 2.17 ANEXO 21 .....                     | 64 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODO.....             | 65 |
| 3.1 ANEXO 22 .....                      | 65 |
| 3.2 ANEXO 23 .....                      | 66 |
| 3.3 ANEXO 24 .....                      | 67 |
| 3.4 ANEXO 25 .....                      | 69 |
| 3.6 ANEXO 26 .....                      | 74 |
| 3.6.1 Vacuómetro.....                   | 74 |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 4. Resultados y discusiones .....             | 75 |
| 4.1 Procedimiento para la toma de datos ..... | 75 |
| 4.2 Materiales y métodos .....                | 77 |
| 4.3 Análisis de datos .....                   | 77 |
| 4.4 Comparativa de resultados.....            | 78 |
| 4.5 Conclusiones.....                         | 81 |

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

Nosotros, Gustavo Antonio Serrano Coveña, Cristhian Andrés Rodríguez Rojas y Pedro David Vela Alquina, declaramos que somos autores exclusivos de la presente investigación y que esta es auténtica, original e inédita. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de nuestra exclusiva responsabilidad.

---

Firma del Graduado

Gustavo Antonio Serrano Coveña

1721338182

---

Firma del Graduado

Cristhian Andrés Rodríguez Rojas

1726867797

---

Firma del Graduado

Pedro David Vela Alquina

1724646045

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR**

Yo, Miguel Granja, Docente de la Facultad de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, declaro que los alumnos Gustavo Antonio Serrano Coveña, Cristhian Andrés Rodríguez Rojas y Pedro David Vela Alquina son autores de la presente investigación, original, auténtica y personal.

---

Ing. Miguel Granja

DIRECTOR DEL PROYECTO

## **DEDICATORIA**

Esta tesis de grado dedico a mi Familia a mis padres, Marco Serrano y Lucia Coveña quienes siempre me apoyaron incondicionalmente y estimularon con su ejemplo y constancia para que llegue a cumplir mis sueños uno de ellos concluir mi carrera profesional brindándome su apoyo económico y con su compañía en los momentos más duros con amor y paciencia, de igual manera quiero dedicar esta tesis para mi esposa Emma Paredes quien ha sido incondicional en todo este tiempo y me brindó su apoyo en las buenas y en las malas para llegar al objetivo a mi hija que es la fuente de energía y el motor por el cual todos los días quiero ser mejor, para toda mi familia que me apoyo día tras día y para Dios que nunca me dejó solo en el camino.



## **DEDICATORIA**

Dicha tesis la dedico especialmente a mi familia quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, empezando por mis padres Fabián Rodríguez y Edilma Rojas que siempre con su sacrificio me han ayudado a alcanzar mis sueños, por la paciencia que me han tenido, con su sabiduría y valores compartidos hacia mi persona han hecho que sea un mejor ser humano cada día, gracias a ellos he llegado donde estoy y me siento muy orgulloso de tener los padres que tengo, me siento feliz que ellos se sientan orgullosos de tenerme como hijo, a mi tío Patricio Rodríguez también va dedicada esta tesis ya que con su ayuda incondicional y el apoyo que siempre me ha brindado he podido llegar a estas instancias, a mis hermanos mayores Danilo y Paulina que me han brindado su apoyo, consejos y siempre han estado en los momentos que he necesitado.

También va dedicado a mis profesores, ya que el sacrificio y esfuerzo que ellos han tenido para darme la enseñanza no ha sido en vano, hoy más que nunca está dando sus frutos

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico a toda mi familia; especialmente a mi padre Pedro Vela y a mi madre María Olimpia Alquina, que siempre están conmigo en todo momento de mi vida apoyándome incondicionalmente, a mis hermanas; Alexandra Vela, Margoth Vela, y a mi compadre Hermana Irene Vela que siempre me ayudado, aconsejado, mi hermano Marcelo Vela por su apoyo, consejos y todos mi sobrinos. Pero sobre todo y especialmente a mi hermana Alexandra que nunca dejó que me rinda en los estudios, ya que sin ella no hubiera podido culminar los peldaños en la vida de estudiantil, siempre estaré agradecido con ella, por su ayuda, su paciencia, y agradezco por ser mi pilar fundamental en mis estudios siempre ha estado conmigo en las buenas y las malas

A cada uno de los ingenieros de la Facultad de Automotriz por brindarme sus conocimientos y sabiduría en el trascurso de la carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la vida y todas las oportunidades que me brindo en este camino universitario, a mis padres Marco Antonio Serrano y Lucia Coveña no existen palabras para expresar mi gratitud pero sé que la vida me proveerá de herramientas para devolver lo mucho que me ayudaron, a mi esposa Emma Paredes por ser la mejor compañera siempre pensando en lo mejor para nuestra familia, a mi hija Isabella Serrano quien ilumina mi vida con su alegría y su amor, para mis hermanos que siempre me apoyaron en el camino a pesar de los errores. Agradezco a toda mi familia a Italia Coveña quien es un apoyo ha sido incondicional a Reina Mendoza quien desde pequeño me apoyado. Agradezco a mis profesores Migel Granja, Pedro Montoya, Juan Fernado Iniguez, Santiago Orozco, Edgar Cajas, quienes me ayudaron a entender que la vida es un reto y que si te caes hay que levantarse con más fuerza y que la vida es de sacrificios y constancia. Agradezco a mis compañeros y a mis amigos Cristhian Rodriguez y David vela con los que compartí estos años de mi vida estudiantil

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios el ser maravilloso que me dio la vida y me regalo a los padres y hermanos que tengo, agradezco a mis padres Fabian Rodríguez, Edilma Rojas y a mi tío Patricio Rodríguez los cuales me han brindado su ayuda moral y económica, lo único que han querido es mi bienestar y que me desenvuelva como persona y como profesional, mis agradecimientos también son para mis profesores que gracias a su ayuda y paciencia han logrado que pueda adquirir los conocimientos que he tenido hasta ahora, Agradezco al Ing. Miguel Granja y a mis compañeros David y Gustavo, ya que nos hemos convertido en un equipo de trabajo y más que eso en grandes amigos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero a Dios por darme la vida y bendecirme cada día por tener unos grandes padres responsables, Pedro Vela y María Olimpia por su amor incondicional, preocupación, apoyo moral y económico, sin la ayuda de ellos no hubiera podido ser un gran profesional en la vida, a mi Padre que me enseñó una de las más hermosas profesiones que hay en el mundo la mecánica automotriz, y a todos mis compañeros de la universidad grandes recuerdos en todo el transcurso de mi carrera universitaria.

Agradezco también a una persona muy especial a mi novia Andrea Lucia Logroño quien me brinda su apoyo incondicional, amor, y ha formado para mí una gran motivación para culminar este proyecto. MUCHAS GRACIAS AMOR.

# **ESTUDIO DE LOS GASES CONTAMINANTES MODIFICANDO LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN EN UN VEHÍCULO**

## **RESUMEN**

Actualmente se ve un crecimiento alarmante de la emisión de gases contaminantes de los motores a gasolina lo cual perjudica a la salud de los seres vivos y al medio ambiente, por lo tanto el presente estudio tiene como objetivo identificar si las poluciones aumentan o disminuyen en relación de la compresión del vehículo.

Para esta investigación introduciré algunos conceptos generales y analizaré el comportamiento de los gases de escape lo cual se ha utilizado un vehículo Peugeot 206 con motor 1.4 del año 2007, con el objetivo principal de identificar si las emisiones de gases contaminantes crecen o decrecen modificando la cámara de compresión, esto se llevara a cabo con tres variantes del empaque del cabezote que son: estándar, sobre medida 3mm y sobre medida de 4,5mm. Para posteriormente medir, calcular y analizar cuál es el impacto de dichas variables en el vehículo. Se realizó varias mediciones de gases en el analizador Bosch FSA 740 de la Universidad Internacional Del Ecuador, basándose en los parámetros establecidos por la revisión técnica de Quito bajo la normativa vigente: INEN 2204, para la circulación dentro del Distrito Metropolitano De Quito. El vehículo fue sometido a distintas pruebas antes y después de modificar, tales como medición de compresión, medición de vacío, medición de gases en ralentí y a 2500rpm. (Prueba estática). Los resultados obtenidos fue una disminución considerable de las emisiones, tanto como los HC (hidrocarburos no combustionados), CO (monóxido de carbono) y el O<sub>2</sub> (oxígeno). En la prueba de vacío del motor hubo disminución, y en la prueba de compresión hubo un aumento.

## **ABSTRACT**

Currently, it can be seen an alarming increase in the emission of pollutant gases from gasoline engines which harms human beings' health and the environment. Therefore, the study aims to identify whether the pollution increases or decreases in relation to the compression of the vehicle. For this research, I will introduce some general concepts and analyze the behavior of the exhaust gases. A Peugeot 206 vehicle with engine 1.4 of the 2007 has been used for this purpose. The main objective is identifying whether the emissions of pollutant gases grow or decrease by modifying the compression camera. This study will be carried out with three variants of the cylinder block packing that are: standard, over 3mm and 4.5mm measures. Subsequently, in order to calculate and analyze the impact of these variables on the vehicle, several gas measurements were performed on the Bosch FSA 740 analyzer at the Universidad Internacional del Ecuador, this analysis was based on the parameters established by the technical revision of Quito under the current regulations: INEN 2204, for circulation within the Metropolitan District of Quito. The vehicle was subjected to various tests before and after modification, such as compression measurement, vacuum measurement, gas measurement at slow motion and 2500rpm. (Static Test). The results obtained were a considerable reduction in emissions, such as HC (unburned hydrocarbons), CO (carbon monoxide) and O<sub>2</sub> (oxygen). There was an increase in the engine vacuum test and a decrease in compression test.

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación en la actualidad está formado un papel de alta importancia para el sector automotriz ya que cada día se busca nuevas formas y energías alternas para que disminuya de manera considerable las emisiones contaminantes del escape para tener un medio ambiente más saludable para los seres vivos.

Para que un vehículo tenga una baja emisión de gases hacia el medio ambiente la combustión debería ser completa o perfecta, las emisiones resultantes de la misma serian exclusivamente: nitrógeno (N<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y oxígeno (O<sub>2</sub>). [1] Pero esto no es así, la combustión siempre es incompleta y depende de varios factores tales como: [2]

Las exigencias del motor solicitan variación continuas de la relación aire /combustible. Los elevados regímenes de rotación reducen el tiempo disponible para la terminación de las reacciones químicas.

La elevada temperatura de la combustión, genera NO<sub>x</sub>, que además de ser contaminantes, absorben el oxígeno necesario para completar la combustión. Tipo y calidad del combustible.

La cantidad de emisiones nocivas emitidas por un solo un vehículo resulta insignificante, pero la concentración de los automóviles en la ciudad implica un riesgo elevado de contaminación atmosférica. [3] Los resultados de esta investigación proporcionaran con más claridad el comportamiento de los gases contaminantes expuestos a varias modificaciones para disminuir las emisiones de gases.

El estudio se comenzó con la norma nacional de control de gases INEN 2204, cumpliendo con los límites permitidos de emisiones producidas en los vehículos con motor a

gasolina como son el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), norma utilizada actualmente en la revisión técnica vehicular de Quito. [4]

Para realizar el análisis comparativo se ha tomado como punto de partida las emisiones de gases en el Peugeot 206 con temperatura normal de operación, marcha mínima o ralentí la cual no supere las 1.100 r.p.m. [5]. Utilizando como variable principal la modificación de la relación de compresión, esto se logró gracias al aumentando la altura de la cámara de combustión.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Emisiones de escape

Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de tipos de gases inofensivos y contaminantes. [6]

#### 2.1.1 Hidrocarburos no combustionados (Hc)

Aparecen en los gases de escape y son resultado del combustible que no ha sido quemado en el proceso de combustion debido a la falta de oxígeno durante la combustion. [7]

Este gas produce problemas de respiración, irritación en los ojos, mareos y nauseas si se lo respira en forma continua o por largos periodos. [8]

#### 2.1.2 Monóxido de carbono (CO)

Se forma cuando hay poca presencia de oxígeno disponible para la combustión por lo tanto no llega para quemar todo el carbono del combustible completamente, quedando átomos de carbono unidos y uno solo de oxígeno da forma al CO. [9].

Una forma de disminuir el monóxido de carbono es proporcionar más aire para la combustión.

### **2.1.3 Óxido de nitrógeno (NOx)**

Este gas nace con la combinación del oxígeno y el nitrógeno debido a las altas temperaturas que se alcanzan dentro del motor y a las altas presiones. En la cámara de combustión se forma el NO. Al abrirse la válvula de escape los gases pasan por el conducto de escape se combinan con oxígeno para formar NO<sub>2</sub>. [10]. Este proceso es muy negativo porque sustrae el oxígeno necesario para la reacción de combustión y con ello hace aumentar las cantidades de monóxido de carbono y de hidrocarburos sin quemar. [11]

### **2.1.4 Nitrógeno**

El nitrógeno es un gas no combustible, inodoro, incoloro el cual se trata de un componente esencial del aire que respiramos (78% nitrógeno, 21% oxígeno, 1% otros gases) y alimenta el proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape. [12]

### **2.1.5 Oxígeno (O<sub>2</sub>)**

Es un gas incoloro, inodoro e insípido, se aspira a través del filtro de aire. Es el más importante del aire que respiramos (21%). Es imprescindible para el proceso de combustión, con una mezcla ideal del consumo de combustible debería ser total, pero en caso de una combustión incompleta en el motor el oxígeno restante es expulsado por el sistema de escape. [13]

### **2.1.6 (Agua H<sub>2</sub>O)**

Es aspirada en parte por el motor (humedad del aire) o se produce con motivo de la combustión fría. Es un producto de la combustión y es expulsado por el sistema de escape del vehículo, se lo puede visualizar sobre todo en los días más fríos cuando el motor a empezar a trabajar y tiene la presencia de un humo blanco que sale por el escape, o a su vez se condensa a lo largo del tubo de escape, se produce un goteo. Es un gas totalmente inofensivo. [14]

### **2.1.7 Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>**

Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono. El carbono se combina durante esta operación con el oxígeno aspirado. Es un gas incoloro, no combustible. El dióxido de carbono a pesar que no es un gas toxico, pero paulatinamente va degradando la capa atmosférica terrestre, que sirve contra la protección de los rayos UV, esto también con lleva a las alteraciones climatológicas efecto invernadero. [15]

## **2.2 Mezcla Aire/ Combustible**

Para que el motor de gasolina funcione adecuadamente, debe prepararse la mezcla de aire y combustible de manera correcta.

La química demuestra, que existe una cantidad exacta de aire para la combustión de la gasolina sin que sobre ni aire ni combustible esta relación se llame estequiometria. [16].

Es decir para que un 1 gramo de gasolina se oxide perfectamente (combustión) se necesita la aportación de 14,7 gramos de aire. Esto se refiere que para quemar un litro de gasolina se necesita 10.000. Litros de aire. [17]

Pero estas relaciones también se pueden clasificar en mezcla rica o mezcla pobre.



La Mezcla pobre es la relación que se da por el al exceso de aire o deficiencia de gasolina en la cámara de combustión como por ejemplo: valores mayores de 14,7:1, 16:1, 17:1.

La Mezcla rica se produce por exceso de gasolina o deficiencia de aire absorbido al interior de cilindro, esta cantidad de combustible que no se combina con el aire no se combustiona completamente y es expulsado por el tubo de escape en forma de hollín y Co, como por ejemplo: valores menores de 14,7:1, 14:1, 13:1. [18]

### 2.3 Relación lambda

Factor lambda  $\lambda$ :  $\frac{\text{volumen aspirado}}{\text{necesidad teórica de aire}}$

Otra forma técnica de conocer cuando la mezcla aire/ combustible puede ser rica o pobre, es tomando como referencia el factor ( $\lambda$ ), se define como:

Cuando lambda es menor de 1 es decir  $\lambda < 1$ , esto significa que existe un déficit de aire en la cámara de combustión, esto pasa a hacer una mezcla rica  $\lambda = 0,89$ .

Cuando lambda es mayor de 1 es decir  $\lambda > 1$ , esto nos dice que hay un exceso de aire en la cámara de combustión, esto pasa a hacer una mezcla pobre.  $\lambda = 1,20$ . [19]

### 2.4 Culata

La culata es la parte del motor que cierra los cilindros por su parte superior, se une al bloque mediante tornillo y, para hacer un sello hermético, se intercala la junta de culata. Es una pieza con conductos, orificios y taladros roscados. En ella se forman las cámaras de combustión, los

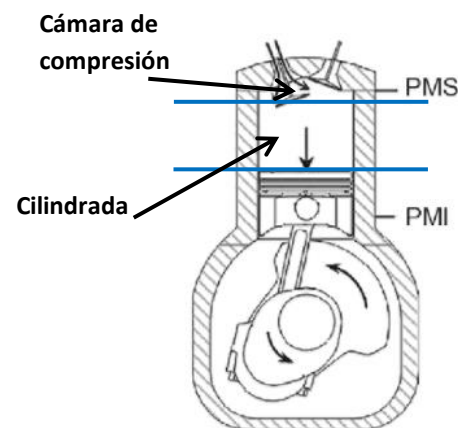
conductos para el líquido de refrigeración, además, sobre la culata se montan las válvulas, los colectores de admisión y escape, el árbol de levas, bujías, inyectores. [20]

### 2.5 Relación de compresión

La relación de compresión nos da el nivel de compresión a que se somete la mezcla aire /combustible dentro de la cámara de combustión. [21].

Cuando mayor es la relación de compresión, mayor temperatura del conjunto mecánico y problemas con mezcla explosiva. La relación de compresión máxima aconsejada es de 11:1, mientras que para los motores sobrealimentados es de 8,5:1 como máximo. [22].

Fórmula para calcular la relación de compresión



**Fuente:** Libro de motores de combustión interna

$$R_c = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

Rc: Relación de compresión

Vh: cilindrada

Vc: Volumen de compresión, cámara de combustión.

### 3. MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1 Método

En este estudio se ha realizado varias pruebas y mediciones, en la cual se busca determinar la diferencia de niveles de emisiones de gases contaminantes, con la relación de compresión en un motor a gasolina, esto se logró con una sola variante aumentando altura de la cámara de combustión, utilizado tres empaques de cabezote de diferentes medidas de 1.5mm, 3.0mm y 4.5mm de grosor. Con estos empaques se ha logrado modificar la relación de compresión.

Para cada uno de los empaques de cabezote se ha realizado tres diferentes mediciones, el vehículo cumplió con varias condiciones para la medición de los gases de escape tales como: que el motor alcance la temperatura normal de funcionamiento, que no tenga fugas en el tubo de escape, revisión de los sensores de inyección que no tengan ningún código de falla.

Estos procedimientos se realizaron en la ciudad de Quito a 2850m sobre el nivel del mar, en los laboratorios de la Universidad Internacional de Ecuador sede Quito.

En la Primera prueba con la junta de culata de 1.5mm (standard), se realizó la medición de la compresión en cada uno de los cilindros del motor, una vez medidos y obtenidos los resultados se

procedió con la prueba de vacío del motor, desconectando la manguera de vacío del servo freno ubicada en el múltiple de admisión, y por último se realizó la medición de los gases contaminantes con el analizador de gases Bosch FSA 740 a ralentí (736 rpm) y también a 2500rpm.

Luego de obtener los resultados se procedió a desmontar el cabezote del motor, para proceder a tomar medidas sobre la cámara de combustión, diámetro del pistón, carrera del pistón, estos datos nos ayudara para calcular la relación de compresión real del motor. En la tabla 1 se indican las medidas obtenidas.

**Tabla 1:** Medidas internas del motor Peugeot 206

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| Carrera de pistón    | 77mm               |
| Diámetro de pistón   | 75mm               |
| Cámara de combustión | 36 cm <sup>3</sup> |

Fuente: Peugeot 206 motor 1.4Cc

En la segunda prueba se utilizó el empaque de cabezote 3.0mm (sobre medida), nuevamente se procedió a la medición de la compresión, también se realizó la medición de vacío en el motor para identificar si existió alguna variación, y por último se tomó la medición de los gases contaminantes en dos mediciones estáticas una con velocidad de giro de motor de 736 rpm y otro a 2500 rpm revoluciones por minuto

Tercera y última prueba se realizó con el empaque de cabezote 4.5mm (sobre

medida) esto proveerá tener una visión más amplia para el comportamiento del análisis de gases, utilizando un empaque Manteniendo las mismas condiciones de funcionamiento del motor.

### 3.2 Vehículo

En el presente estudio se utilizó un vehículo de marca Peugeot 206 con motor a gasolina de cuatro cilindros con sistema de distribución OHC (tiene un solo árbol de levas), con una cilindrada total de 1361Cc y con 75 hp. [22]

### 3.3 Junta de culata

Es el encargado de realizar un sello hermético entre la culata y el block del motor, y es el encargado de mantener separado el aceite y el líquido refrigerante. Es un elemento sometido a altas temperaturas y presiones, está compuesto de dos capas de amianto y de cobre. [23].

Para poder variar la relación de compresión se ha modificado la altura de la cámara de compresión esto se ha logrado utilizando tres tipos de medidas de juntas de culata.

1.5mm, 3.0mm, 4,5mm.

### 3.4 Normativa

En la ciudad de Quito está establecida como norma ambiental la NTE INEN 2204, esta norma establece límites máximos sobre las emisiones de gases para los vehículos con motores a gasolina, que circulen en el Distrito Metropolitano De Quito, esta norma toma como base la norma internacional Euro

3. En la siguiente tabla 2, están los valores de INEN 2204 de las emisiones de gases. [24].

**Tabla 2: Límites de emisiones permitidos con motores a gasolina**

| Año modelo         | Co % <sup>a</sup>        |                             | Hc ppm <sup>a</sup>      |                             |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                    | 0 A<br>1500 <sup>b</sup> | 1500 A<br>3000 <sup>b</sup> | 0 A<br>1500 <sup>b</sup> | 1500 A<br>3000 <sup>b</sup> |
| 2000 y posteriores | 1,0                      | 1,0                         | 200                      | 200                         |
| 1990 a 1999        | 3,5                      | 4,5                         | 650                      | 750                         |
| 189 y anteriores   | 5,5                      | 6,5                         | 1000                     | 1200                        |

a: volumen

b: Altitud (metros sobre el nivel del mar)

**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

### 3.5 Equipos de medición

En el presente estudio se ha utilizado varios equipos de medición, lo cual están calibrados y en perfecto estado, también que estén regidos bajo normas internacionales, esto se tomó en cuenta con finalidad de obtener resultados cuantitativos para poder ser comprados.

El analizador de gases Bosch FSA 740 es una herramienta que cuenta con un sistema de comprobación de sensores de inyección, diagnóstico de unidades de control (ECU), simulador de señales de sensores, cuenta con analizador de gases para motores a gasolina y diésel, comprobación de sistemas de bobinas de encendido, también cuenta con scanner y osciloscopio para gasolina y diésel, y comprobaciones de red CAN. [25].

Medidor de compresión se ha utilizado en el presente estudio para comprobar el estado del motor, esta medición consiste en identificar si los cilindros conservan la compresión y si el motor está trabajando en buenas condiciones también nos ayudara a identificar cuanto varia la compresión modificando la relación de compresión.

Otro equipo de medición es el vacuómetro este equipo de nos ayuda a medir el vacío o la depresión que se genera en el interior del múltiple de admisión al absorber la mezcla aire/combustible en los cilindros del motor Se conecta directamente al múltiple de admisión por la entrada del servo freno. [26]

### 3.5.1 Parámetros matemáticos

Una vez tomada las medidas internas del motor se procedió calcular la relación de compresión real del motor en el Peugeot 206 con los siguientes datos.

#### Datos

**S:** 77mm = 7.7cm

**D:** 75mm = 7.5cm

**Vc:** 36 cm<sup>3</sup>

#### Cilindrada unitaria

$$V_h = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot s$$

$$V_h = \frac{3.1416 \cdot (7.5\text{cm})^2}{4} \cdot 7.7 \text{ cm}$$

$$V_h = 44.18 \text{ cm}^2 \cdot 7.7\text{cm}$$

$$V_h = 340.18 \text{ cm}^3$$

### Relación de compresión

$$R_c = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

$$R_c = \frac{340.18 \text{ cm}^3 + 36 \text{ cm}^3}{36 \text{ cm}^3}$$

$$R_c = 10.44:1$$

## 4. RESULTADOS

Una vez desarrolladas todas pruebas requeridas en el vehículo, se procesan los datos adquiridos con los diferentes empaques del cabezote, en la tabla 3, se indican las primeras mediciones relación de compresión y vacío de motor con lo que se obtuvo puntos de referencia para iniciar el presente estudio.

**Tabla 3:** medición de relación de compresión y vacío de motor

| Numero de cilindros | Valores  |
|---------------------|----------|
| Cilindro.-1         | 125 psi  |
| Cilindro.-2         | 125 psi  |
| Cilindro.-3         | 130 psi  |
| Cilindro.-4         | 125 psi  |
| Vacío de motor      | 15 in hg |

**Fuente:** Motor Peugeot 206

En la <sup>Relación de compresión</sup> tabla 4, se indica la primera medición de los gases contaminantes con la junta de culata 1.5mm,

$$R_c = 10.44: 1$$

**Tabla 4:** Primera medición de gases junta de culata 1.5mm

| Parametros | promedio  |           |
|------------|-----------|-----------|
|            | Ralentí   | RPM altas |
| Hc         | 107 ppm   | 68ppm     |
| Co         | 0.18%vol  | 0.16%vol  |
| O2         | 0.25%vol  | 0.51%vol  |
| Co2        | 15.00%vol | 14.8%vol  |
| Lambda     | 1.002     | 1.016     |

**Fuente:** Propia

**Tabla 5:** Segunda medición de gases junta de culata 3.0mm

| Parametros | promedio   |             |
|------------|------------|-------------|
|            | Ralentí    | RPM altas   |
| Hc         | 31 ppm     | 44 ppm      |
| Co         | 0.12% vol. | 0.27 % vol. |
| O2         | 0.40% vol. | 0.70 % vol. |
| Co2        | 14.0% vol. | 15.0% vol.  |
| Lambda     | 1.075      | 1.021       |

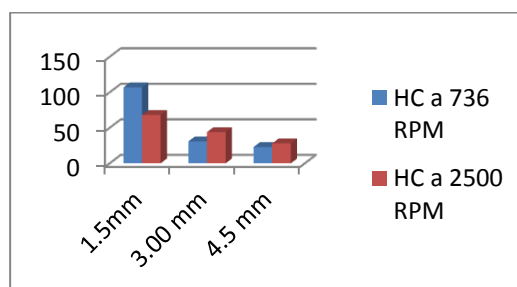
**Fuente:** Propia

**Tabla 6:** Tercera medición de gases junta 4.5mm

| Parametros | promedio |           |
|------------|----------|-----------|
|            | Ralentí  | RPM altas |
| Hc         | 23 ppm   | 28ppm     |
| Co         | 0.20%vol | 0.19%vol  |
| O2         | 0.53%vol | 0.44%vol  |
| Co2        | 14.6%vol | 14.9%vol  |
| Lambda     | 1.066    | 1.011     |

**Fuente:** Propia

**Tabla 7: comparación de HC**



**Fuente:** Propia

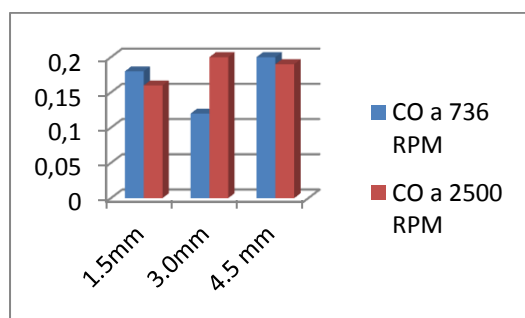
Tabla de resultados que especifica los valores que se obtuvo durante las mediciones con los tres empaques

Con el empaque estándar un HC de 107 ppm en 736 RPM y de 68 ppm a 2500 RPM estos valores cumplen con la normativa y en la segunda medición con el empaque de 3.00 mm tenemos una reducción de 31 ppm en 736 RPM. El

HC en 2500 RPM obtuvo una reducción de 24 ppm.

A continuación procedemos a Comparar las mediciones del empaque 1.5 mm (estándar) y 4.5 mm (sobre medida) los HC disminuyeron 84 ppm en 736 RPM y de 40 ppm en 2500 RPM.

Tabla 8: Comparación del monóxido de carbono



**Fuente:** Propia

La comparación en el CO (monóxido de carbono) en la primera medición con el empaque de 1.5 mm (estándar) nos da como resultado 0.18 % vol. A 736 RPM

Y 0.16 % vol. A 2500 RPM. La medición con el empaque de 3.00 mm con una medición de 0.12 % a 736 RPM comparando con la primera medición en el empaque de 1.5 mm hay una reducción de 0.06% vol. En CO, a 2500 RPM no da una 0.27 % vol. Con un aumento de 0.15 % vol. De CO aun con este aumentó está dentro de la norma.

Con el empaque de 4.5 mm tenemos un CO de 23 ppm a 736 RPM comparado con el empaque de 1.5mm tenemos un aumento de 0.02% vol. CO, en la medición a 2500 RPM se obtiene una medida de 0.19% vol. Comparado con el empaque de 1.5 mm existe un aumento del 0.02% vol. De CO.

## 5. CONCLUSIONES

Se determinó que al aumentar la relación de compresión se logró reducir en un gran porcentaje los gases de escape dado que hay mejor mezcla entre el aire y combustible y la mezcla se quema de mejor manera

Se concluye que al aumentar la relación de compresión se produce menor contaminación aumentando la vida útil del catalizador y la potencia se ve afectada un porcentaje mínimo lo cual nos permite mejorar los niveles de contaminación y cumple el objetivo.

## 6. REFERENCIA

- [1] [http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R2\\_A4.pdf](http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R2_A4.pdf)
- [2] <https://mgallegosantos.files.wordpress.com/2010/01/emisiones-contaminantes.pdf>
- [3] [http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R2\\_A4.pdf](http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R2_A4.pdf)
- [4] [http://apps.normalizacion.gob.ec/fileserv/2016/nte\\_inen\\_2204-2.pdf](http://apps.normalizacion.gob.ec/fileserv/2016/nte_inen_2204-2.pdf)
- [5] [http://apps.normalizacion.gob.ec/fileserv/2016/nte\\_inen\\_2204-2.pdf](http://apps.normalizacion.gob.ec/fileserv/2016/nte_inen_2204-2.pdf)
- [6] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2283/1/65T00040.pdf>

- [7]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2255/1/CD-2998.pdf>
- [8]. <http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpso meso/system/files/ANALISIS+DE+GA SES.pdf>
- [9] <http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpso meso/system/files/ANALISIS+DE+GA SES.pdf>
- [10] Inyección electrónica en motores a gasolina control de emisiones y revisión vehicular 2005.pag.- 31 Autor: Ing. Portilla Ángel.
- [11] <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
- [12] <https://mgallegosantos.files.wordpress.com/2010/01/emisiones-contaminantes.pdf>
- [13] <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
- [14] <https://mgallegosantos.files.wordpress.com/2010/01/emisiones-contaminantes.pdf>
- [15] <https://www.coursehero.com/file/p35okfi/Di%C3%B3xido-de-carbono-CO2-Se-produce-al-ser-quemados-los-combustibles-que/>
- [16] <http://www.sabelotodo.org/automovil/premezcla.html>
- <http://www.sabelotodo.org/automovil/premezcla.html>
- [18] <https://mgallegosantos.files.wordpress.com/2010/01/emisiones-contaminantes.pdf>
- [19] <http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpso meso/system/files/ANALISIS+DE+GA SES.pdf>
- [20] <https://mgallegosantos.files.wordpress.com/2010/01/mot-7-15-16.pdf>
- [21] <http://victoryepes.blogs.upv.es/2013/06/29/relacion-de-compresion-de-un-motor-de-combustion-interna/>
- [22] <https://drive.google.com/file/d/0B1pjTRUxbWl8MXQ2U09QTVB4TDQ/view>
- [23] [http://www.encarreraweb.com.ar/datos\\_tecnicos/LOS%20CAMINOS%20PARA%20AUMENTAR%20LA%20POTENCIA%20DE%20UN%20MOTOR%20DE%20COMBUSTION%20INTERNA.pdf](http://www.encarreraweb.com.ar/datos_tecnicos/LOS%20CAMINOS%20PARA%20AUMENTAR%20LA%20POTENCIA%20DE%20UN%20MOTOR%20DE%20COMBUSTION%20INTERNA.pdf)
- [24] [http://www.autorex.com.pe/automotriz/equipos\\_diagnostico/pdf/1-19/FSA\\_740.pdf](http://www.autorex.com.pe/automotriz/equipos_diagnostico/pdf/1-19/FSA_740.pdf)
- [26] <http://www.aficionadosalamecanica.net/vacuometro.ht>



## 1. INTRODUCCION

### 1.1 ANEXO 1

#### 1.1.1 Emisiones Contaminantes

Si la combustión de los motores fuese completa o perfecta, las emisiones resultantes de la misma serían exclusivamente: nitrógeno ( $N_2$ ), anhídrido carbónico ( $CO_2$ ), vapor de agua ( $H_2O$ ) y oxígeno ( $O_2$ ). Evidentemente, esto no es así, la combustión siempre es incompleta y, dependiendo del tipo y condiciones de funcionamiento de cada motor, en las emisiones emitidas a la atmósfera a través del tubo de escape se pueden localizar una cantidad de componentes nocivos próxima al 1%.



Entre las emisiones contaminantes emitidas por los motores destacan, por cantidad y toxicidad, el monóxido de carbono (CO) en los motores Otto (Gasolina) y las partículas sólidas en forma de cenizas y hollín en los motores Diesel (Gasóleo), resultantes de mezclas excesivamente ricas con exceso de combustible y déficit de aire. Otras emisiones contaminantes generadas en la combustión de los motores son: los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), resultantes de las altas temperaturas de la combustión y los hidrocarburos no quemados (HC), resultantes de combustión incompleta. Aunque la cantidad de emisiones nocivas emitidas por un solo automóvil puede resultar insignificante, la concentración de los automóviles en las grandes urbes actuales implica un riesgo elevado de contaminación atmosférica para la humanidad y, a medio plazo, un deterioro irreversible del planeta. A principio de la década de los años 70, y debido a la enorme proliferación de los automóviles en la sociedad y la previsible



contaminación atmosférica de los mismos en los grandes núcleos urbanos, a nivel europeo, se adoptan una serie de medidas preventivas para unificar un control legislativo comunitario relativo a las emisiones contaminantes de los gases de escape de los automóviles, que actualmente está regulado por la reglamentación siguiente: a) - En materia de homologación de vehículos: Valores límite de emisiones contaminantes: Actualmente en vigor rige la Directiva 96/69/CEE, o bien, el Reglamento CEPE/ONU número 83R03. Esta directiva es la última de una serie de modificaciones y adaptaciones a la primera de ellas, Directiva 70/220/CEE publicada en 1970 y que especificaba las primeras limitaciones de las emisiones contaminantes de los automóviles. Humos de los motores de Diesel: Actualmente en vigor rige la Directiva 97/20/CEE, o bien, el Reglamento CEPE/ONU número 24R03.

Esta directiva es la última modificación y adaptación de la Directiva 72/306/CEE, que data de 1972, donde se especifican los valores límite del nivel de opacidad en los humos de los automóviles equipados con motor Diesel. b) - En materia de control técnico de vehículos: En España, el control periódico de las emisiones contaminantes de los gases de escape de los automóviles es realizado por las estaciones de Inspección Técnica de Vehículos (ITV) en base a los valores especificados en la actual Directiva 96/96/CEE, aplicable a vehículos en servicio, en vigor: desde el 1 de enero de 1994 para motores de gasolina sin catalizador, desde el 1 de enero de 1996 para motores Diesel (todavía pendiente de aplicación), y desde el 1 de enero de 1997 para motores de gasolina con catalizador. La reglamentación vigente sobre Homologación de Vehículos, obliga a los constructores de automóviles a incorporar nuevas tecnologías destinadas a la reducción de emisiones contaminantes según los valores límite legislado. La superación de las pruebas de homologación de los vehículos, requiere como base una óptima combustión en los motores e implica una precisión constante de la mezcla aire/combustible. Según el tipo de motor, la mezcla aire/combustible adecuada para reducir los contaminantes al máximo debe ser la siguiente: Motores Otto (gasolina) = Mezcla ideal ( $= 1$ ). Motores Diesel (gasóleo) = Mezcla excesivamente pobre ( $> 1$ ). Para alcanzar esta precisión constante de la dosificación de la mezcla en los motores se han incorporado de forma progresiva los sistemas de Gestión Electrónica del Motor, inyección y encendido, así como una serie de dispositivos adicionales, tanto en motores de gasolina como en motores Diesel, que contribuyen a la óptima alimentación de la mezcla y combustión de los motores y, en consecuencia, a la máxima depuración de los gases de escape de los automóviles. No obstante, para alcanzar una eficacia casi del 100% en la eliminación de los gases contaminantes del escape, es necesaria la incorporación en la instalación de escape de un dispositivo a modo de filtro, denominado convertidor catalítico o catalizador. Además, en los motores de gasolina, se incorpora un sensor de control de la mezcla para el sistema de gestión electrónica del motor denominado sonda lambda y ubicada siempre delante del catalizador. Otros dispositivos incorporados actualmente en el entorno del motor con la finalidad de contribuir también a la eliminación de contaminantes son los siguientes: La recirculación de los gases de escape a través de la válvula denominada EGR para reducir los NOx. La absorción de los vapores del depósito de combustible a través de un filtro de carbón activo denominado “canister” hasta la admisión para que no fluyan a la atmósfera los hidrocarburos volátiles HC del combustible.

La inyección de aire en el escape mediante unas válvulas denominadas “pulse air” con la finalidad de “quemar” el CO y HC contenidos en los gases de escape, mediante el flujo de oxígeno inyectado a través de estas válvulas. En la actualidad esta adaptación de dispositivos es ya una realidad en los automóviles de turismo y vehículos ligeros, alcanzando cotas de gran eficacia en la reducción de emisiones nocivas próximas al 100%. La prueba de medición de los gases de escape correcta debe

realizarse a la temperatura de servicio del motor, es decir, que la temperatura del aceite del motor debe estar como mínimo a 60°C. El equipo de comprobación de los gases de escape y el nivel de humos de los vehículos debe ser: un analizador de 4 gases: CO, HC, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y para los vehículos con motor de gasolina y un opacímetro para los vehículos con motor Diesel. Estos equipos deben estar homologados en función de la normativa nacional o equivalente, y de reciente publicación, como son: Norma UNE 82501.- Instrumentos destinados a medir las emisiones de los gases de escape de los vehículos a motor. Norma UNE 82503.- Instrumentos destinados a medir la opacidad y determinar el coeficiente de absorción luminosa de los gases de escape de los vehículos a motor. En general, la comprobación de los gases de escape permite un complemento en el diagnóstico del estado del motor, tal como se indica en la tabla siguiente:

|                           |                                            |                                        |                                            |
|---------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>CO(%)</b>              | BAJO                                       | ALTO                                   | BAJO                                       |
| <b>HC (ppm)</b>           | BAJO                                       | ALTO                                   | ALTO                                       |
| <b>CO<sub>2</sub> (%)</b> | BAJO                                       | BAJO                                   | BAJO                                       |
| <b>O<sub>2</sub> (%)</b>  | ALTO                                       | BAJO                                   | ALTO                                       |
| <b>Lambda</b>             | $\lambda > 1$                              | $\lambda < 1$                          | $\lambda > 1$                              |
| <b>Possible anomalía</b>  | Escape roto<br>(Toma de aire en el escape) | Mezcla exc. rica<br>(Consumo excesivo) | Mezcla exc. pobre<br>(Fallo del encendido) |

Los valores límite de las emisiones contaminantes deben ser medidos según las condiciones de medida establecidas por cada fabricante, o bien, no sobrepasar los valores de CO% y humos legislados en materia de control técnico, y actualmente en vigor. En materia de control técnico, la Directiva 96/96/CE, actualmente en vigor en España, establece el método y los valores límite de las emisiones contaminantes de los gases de escape de los automóviles, aplicable a vehículos en servicio, tal como se indica a continuación. Motores Otto (gasolina) sin catalizador: Aplicable desde el 1 de enero de 1994. Medición del porcentaje de CO con el motor a ralentí

### 3.1 Motor diesel (Gasóleo):

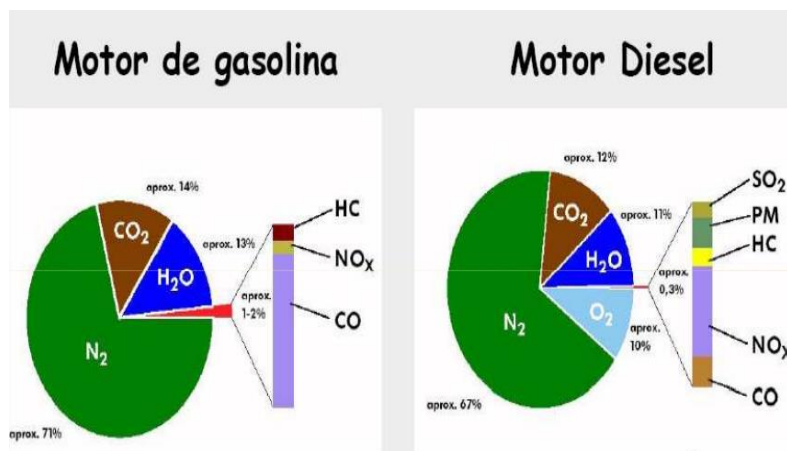
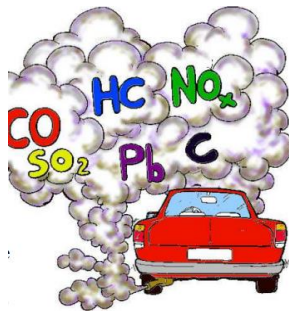
Pendiente de la aplicación oficial. Medición de la opacidad de los gases de escape: acelerando el motor en vacío (motor desembragado y pasando de la velocidad de ralentí a la velocidad de corte). Valores límite: El nivel de opacidad no deberá ser superior al registrado en la placa conforme a la Directiva 72/306/CEE (ver apartado anterior). Cuando no se disponga de este dato o las autoridades decidan no utilizar este valor como referencia, no deberán superarse los valores límite del coeficiente máximo de absorción luminosa (K) para: Los vehículos matriculados o puestos en circulación por primera vez antes del 1 de enero de 1980 estarán exentos del cumplimiento de estos requisitos. En este apartado, debe señalarse que se espera una última modificación de la Directiva 96/96/CE en vigor,

sobre el método de medición de los humos Diesel, el resumen de la comprobación oficial es el siguiente: El tubo de escape deberá ser purgado mediante un mínimo de tres ciclos de aceleración en vacío o un método equivalente. Inspección visual de los puntos pertinentes del dispositivo de escape para comprobar que no existen fugas. Para comenzar cada ciclo de aceleración en vacío, el pedal del acelerador debe ser completamente accionado de una forma rápida y continua (en menos de 1 segundo) pero no violentamente para obtener el máximo caudal de la bomba de inyección. Durante cada ciclo de aceleración en vacío, el motor debe alcanzar la velocidad de corte o, en los vehículos de transmisión automática, la velocidad especificada por el fabricante o, de no disponer de tal información, 2/3 de la velocidad de corte antes de soltar el acelerador. Los vehículos deberán ser rechazados únicamente en el caso que la media aritmética de al menos los tres últimos ciclos de aceleración en vacío, sea superior al valor límite. Los Estados miembros podrán limitar el número máximo de ciclos de ensayo.

## 1.2 ANEXO 2

### 1.2.1 Emisiones por el escape

En los motores, la combustión perfecta no llega a realizarse por distintos motivos: - Las exigencias del motor solicitan variaciones continuas de la relación aire/combustible. - Los elevados regímenes de rotación reducen el tiempo disponible para la terminación de las reacciones químicas. - La elevada temperatura de la combustión, genera  $\text{NO}_x$ , que además de ser contaminantes, absorben el oxígeno necesario para completar la combustión

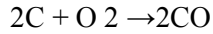


## GASES TÓXICOS

### Monóxido de Carbono

Es un gas incoloro, inodoro, insípido y altamente tóxico, que se difunde muy rápidamente y con concentraciones mayores cerca del suelo por ser más pesado que el aire.

Se produce por una combustión incompleta, principalmente por falta de oxígeno, es decir, por ser la combustión de una mezcla “rica”.



Mezclas Ricas → El CO en los gases de escape es elevado.

Mezclas Pobres → El CO en los gases de escape es mínimo

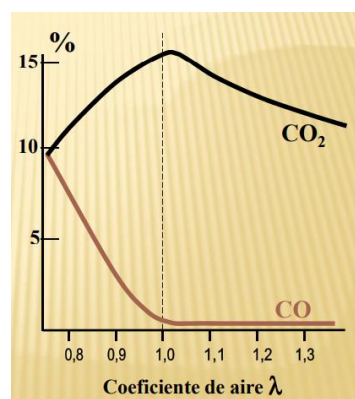


### Monóxido de Carbono (CO)

### Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Mezclas ricas ( $\lambda < 1$ ), la falta de oxígeno no completa la combustión, por lo que el contenido de CO es elevado

Mezclas pobres ( $\lambda > 1$ ), la abundancia de oxígeno completa la combustión, por lo que el contenido de CO es mínimo



### 1.3 ANEXO 3

Entre las emisiones contaminantes emitidas por los motores destacan, por cantidad y toxicidad, el monóxido de carbono (CO) en los motores Otto (Gasolina) y las partículas sólidas en forma de cenizas y hollín en los motores Diesel (Gasóleo), resultantes de mezclas excesivamente ricas con exceso de combustible y déficit de aire. Otras emisiones contaminantes generadas en la combustión de los motores son: los óxidos de nitrógeno (NOx), resultantes de las altas temperaturas de la combustión y los hidrocarburos no quemados (HC), resultantes de combustión incompleta. Aunque la cantidad de emisiones nocivas emitidas por un solo automóvil puede resultar insignificante, la concentración de los automóviles en las grandes urbes actuales implica un riesgo elevado de contaminación atmosférica para la humanidad y, a medio plazo, un deterioro irreversible del planeta. A principio de la década de los años 70, y debido a la enorme proliferación de los automóviles en la sociedad y la previsible contaminación atmosférica de los mismos en los grandes núcleos urbanos, a nivel europeo, se adoptan una serie de medidas preventivas para unificar un control legislativo comunitario relativo a las emisiones contaminantes de los gases de escape de los automóviles, que actualmente esta regulado por la reglamentación siguiente: a) - En materia de homologación de vehículos: Valores límite de emisiones contaminantes: Actualmente en vigor rige la Directiva 96/69/CEE, o bien, el Reglamento CEPE/ONU número 83R03. Esta directiva es la última de una serie de modificaciones y adaptaciones a la primera de ellas, Directiva 70/220/CEE publicada en 1970 y que especificaba las primeras limitaciones de las emisiones contaminantes de los automóviles. Humos de los motores de Diesel: Actualmente en vigor rige la Directiva 97/20/CEE, o bien, el Reglamento CEPE/ONU número 24R03. Esta directiva es la última modificación y adaptación de la Directiva 72/306/CEE, que data de 1972, donde se especifican los valores límite del nivel de opacidad en los humos de los automóviles equipados con motor Diesel. b) - En materia de control técnico de vehículos: En España, el control periódico de las emisiones contaminantes de los gases de escape de los automóviles es realizado por las estaciones de Inspección Técnica de Vehículos (ITV) en base a los valores especificados en la actual Directiva 96/96/CEE, aplicable a vehículos en servicio, en vigor: desde el 1 de enero de 1994 para motores de gasolina sin catalizador, desde el 1 de enero de 1996 para motores Diesel (todavía pendiente de aplicación), y desde el 1 de enero de 1997 para motores de gasolina con catalizador. La reglamentación vigente sobre Homologación de Vehículos, obliga a los constructores de automóviles a incorporar nuevas tecnologías destinadas a la reducción de emisiones contaminantes según los valores límite legislados. La superación de las pruebas de homologación de los vehículos, requiere como base una óptima combustión en los motores e implica una precisión constante de la mezcla aire/combustible. Según el tipo de motor, la mezcla aire/combustible adecuada para reducir los contaminantes al máximo debe ser la siguiente: Motores Otto (gasolina) = Mezcla ideal ( $\phi = 1$ ). Motores Diesel (gasóleo) = Mezcla excesivamente pobre ( $\phi > 1$ ). Para alcanzar esta precisión constante de la dosificación de la mezcla en los motores se han incorporado de forma progresiva los sistemas de Gestión Electrónica del Motor, inyección y encendido, así como una serie de dispositivos adicionales, tanto en motores de gasolina como en motores Diesel, que contribuyen a la óptima alimentación de la mezcla y combustión de los motores y, en consecuencia, a la máxima depuración de los gases de escape de los automóviles. No obstante, para alcanzar una eficacia casi del 100% en la eliminación de los gases contaminantes del escape, es necesaria la incorporación en la instalación de escape de un dispositivo a modo de filtro, denominado convertidor catalítico o catalizador. Además, en los motores de gasolina, se incorpora un sensor de control de la mezcla para el sistema de gestión electrónica del motor denominado sonda lambda y ubicada siempre delante del catalizador. Otros dispositivos incorporados actualmente en el entorno del motor con la finalidad de contribuir también a la eliminación de contaminantes son los siguientes: La recirculación de los gases de escape a través de la

válvula denominada EGR para reducir los NOx. La absorción de los vapores del depósito de combustible a través de un filtro de carbón activo denominado “canister” hasta la admisión para que no fluyan a la atmósfera los hidrocarburos volátiles HC del combustible. La inyección de aire en el escape mediante unas válvulas denominadas “pulse air” con la finalidad de “quemar” el CO y HC contenidos en los gases de escape, mediante el flujo de oxígeno inyectado a través de estas válvulas. Aproximadamente un 90% menos de sustancias nocivas emitidas a la atmósfera a través de los gases de escape, es una de las grandes diferencias entre un automóvil fabricado en la actualidad y otro similar fabricado hace 20 ó 30 años. Debido a la aplicación de la normativa sobre emisiones contaminantes, en la próxima década es obvio el predecir una importante disminución de la polución atmosférica generada por el parque automovilístico mundial. No obstante, debe ser la propia concienciación de los usuarios en esta materia la que ha de prevalecer para conseguir una colaboración eficaz a esta reducción, principalmente: Utilizando automóviles actuales dotados de las nuevas técnicas y dispositivos no contaminantes como los mencionados anteriormente y comprobando de forma periódica el nivel de emisiones de los gases de escape, según el mantenimiento programado por el constructor del automóvil, o bien de forma general, cada 15.000 Km o una vez al año. Señalar también que, la previsión legislativa prevé la incorporación de serie en los automóviles de un conector universal de autodiagnóstico para la comprobación “in situ” del nivel de emisiones nocivas, mediante controles oficiales en situaciones de conducción real.



**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN 2204**

Segunda revisión  
2017-01

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.  
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR  
FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS  
PRODUCED BY ROAD MOVABLE SOURCES USING GASOLINE

**GESTIÓN AMBIENTAL  
AIRE**

**VEHÍCULOS AUTOMOTORES**

**LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES  
MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**



## **1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

## **2. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, *Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna*

## **3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

### **3.1**

**Año modelo**

Año de producción del modelo de la fuente móvil.

### **3.2**

#### **ciclo**

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuente móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

### **3.3**

#### **Ciclos de prueba**

Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

#### **3.3.1**

##### **ciclo EUDC**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina

#### **3.3.2**

##### **ciclo FTP-75**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

### **3.4**

#### **dinamómetro**

Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

### **3.5**

#### **emisión de escape**

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

### 3.6

#### **fuentes móviles**

Fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse impulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

### 3.7

#### **marcha mínima o ralentí**

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

### 3.8

#### **motor**

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

### 3.9

#### **peso bruto vehicular (PBV)**

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

### 3.10

#### **peso de vehículo en vacío (tara)**

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

### 3.11

#### **peso de referencia (PR)**

Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

### 3.12

#### **prueba dinámica**

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

### 3.13

#### **temperatura normal de operación**

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75 °C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

### 3.14

#### **vehículo automotor**

Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

### 3.15

#### **vehículo prototipo**

Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

### 3.16

#### **categoría M**

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.

### **3.17**

#### **categoría N**

Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancías.

#### **3.17.1**

##### **subcategoría N1**

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 96/44/CE.

## **4.**

### **REQUISITOS**

#### **4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)**

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.

**TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)**

| Año modelo           | % Co <sup>a</sup>     |                          | ppm HC <sup>a</sup>   |                          |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                      | 0 - 1500 <sup>b</sup> | 1500 - 3000 <sup>b</sup> | 0 - 1500 <sup>b</sup> | 1500 - 3000 <sup>b</sup> |
| 2000 y posteriores   | 1,0                   | 1,0                      | 200                   | 200                      |
| 1990 a 1999          | 3,5                   | 4,5                      | 650                   | 750                      |
| 1989 y anteriores    | 5,5                   | 6,5                      | 1000                  | 1200                     |
| <sup>a</sup> Volumen |                       |                          |                       |                          |

#### 4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

**TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina**

(prueba dinámica) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)

| Categoría              | 50,000 millas/5 años |      |      |             | 100,000 millas/10 años <sup>a</sup> |      |      |             |
|------------------------|----------------------|------|------|-------------|-------------------------------------|------|------|-------------|
|                        | CO                   | THC  | NMHC | NOx<br>g/mi | CO                                  | THC  | NMHC | NOx<br>g/mi |
| Vehículos de pasajeros | 3,4                  | 0,41 | 0,25 | 0,4         | 4,2                                 | -    | 0,31 | 0,6         |
| LLDT, LVW < 3750 lbs   | 3,4                  | -    | 0,25 | 0,4         | 4,2                                 | 0,80 | 0,31 | 0,6         |
| LLDT, LVW > 3750 lbs   | 4,4                  | -    | 0,32 | 0,7         | 5,5                                 | 0,80 | 0,40 | 0,97        |
| HLDT, ALVW < 5750 lbs  | 4,4                  | 0,22 |      | 0,7         | 6,4                                 | 0,80 | 0,46 | 0,98        |
| HLDT, ALVW > 5750 lbs  | 5,0                  | 0,29 |      | 1,1         | 7,2                                 | 0,80 | 0,56 | 1,52        |

<sup>a</sup> Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDT, THC y LDT.

Abreviaturas:

PBV      Peso bruto vehicular

LVW      Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)

#### 4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

**TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE)**

|                                                           |    | Peso de referencia (PR) kg | CO   | H    | HC + NO <sub>x</sub> |      | Ciclo de prueba                   |
|-----------------------------------------------------------|----|----------------------------|------|------|----------------------|------|-----------------------------------|
| M                                                         | -  | Todas                      | 2,3  | 0,2  | -                    | 0,15 | ECE + EUDC (también conocido como |
| N1                                                        | I  |                            |      |      |                      |      |                                   |
|                                                           | II | 1 350 < PR ≤ 1             |      |      |                      |      |                                   |
|                                                           | II | 1 760 < PR                 | 5,22 | 0,29 | -                    | 0,21 |                                   |
| a Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg. |    |                            |      |      |                      |      |                                   |

## **5. MÉTODOS DE ENSAYO**

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203



## **BIBLIOGRAFÍA**

NTE INEN 2656, Clasificación vehicular

EURO III: Community Directive (Directive 98/96), Dir 70/220/EEC as amended by Dir 98/96/EC

and 2003/96/EC, Directive 70/220/CEE

EPA Tier 1 Emission Standards for Passenger Cars and Light-Duty Trucks, FTP 75, g/mi; US: Light-duty: Emissions, disponible en:[http://transportpolicy.net/index.php?title=US:\\_Light-duty:\\_Emissions#Regulatory\\_Documents](http://transportpolicy.net/index.php?title=US:_Light-duty:_Emissions#Regulatory_Documents), consultado el 2016-12-16.

Resolución 1111 de 2013. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. Bogotá, 2013.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

|                                                               |                                                                                                                                                      |                                                        |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Documento:</b><br>NTE INEN<br>2204<br><br>Segunda revisión | <b>TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN</b> | <b>Código ICS:</b><br>13.040.50<br><br><b>GASOLINA</b> |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

ORIGINAL:

REVISIÓN:

Fecha de iniciación del estudio:

Fecha de aprobación por Consejo Directivo 2002-04-17

Oficialización con el Carácter de Obligatoria

por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18  
publicado en el Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30

Fecha de iniciación del estudio: 2016-11-14

Fechas de consulta pública: Del 2016-12-01 al 2016-12-16

Comité Interno

Fecha de iniciación: 2016-12-16

Fecha de aprobación: 2016-12-16

Integrantes del Comité:

**NOMBRES:**

BQF. Elena Larrea (Presidenta)

Ing. Juan Burneo  
REGLAMENTACIÓN Ing. Evelyn Vasco  
DIRECCIÓN DE METROLOGÍA

Ing. Luis Costta  
METROLOGÍA Ing. Ximena Llano  
DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y

Dr. Hugo Ayala

Ing. Eduardo Quintana

Ing. Luis Silva (Secretario Técnico)  
NORMALIZACIÓN

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

INEN – DIRECCIÓN EJECUTIVA

INEN – DIRECCIÓN DE  
INEN –

INEN – DIRECCIÓN DE  
INEN –

CERTIFICACIÓN

INEN – DIRECCIÓN DE  
VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN

INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

INEN – DIRECCIÓN DE

## 1.5 ANEXO 5



Quito – Ecuador

NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 2204**

Segunda revisión  
2017-01

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.  
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR  
FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS  
PRODUCED BY ROAD MOVABLE SOURCES USING GASOLINE

**GESTIÓN AMBIENTAL  
AIRE**

**VEHÍCULOS AUTOMOTORES**

**LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES  
MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

**1. OBJETO Y CAMPO DE  
APLICACIÓN**

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

## 2. REFERENCIAS

|                |       | Masa de referencia (MR) (kg) | Valores límite de la norma Euro 6 |     |                                   |    |                                         |    |                                   |     |                                                                                 |     |                         |     |
|----------------|-------|------------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|----|-----------------------------------------|----|-----------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|
|                |       |                              | Masa de monóxido de carbono (CO)  |     | Masa total de hidrocarburos (HCT) |    | Masa de hidrocarburos no metanos (HCNM) |    | Masa de óxidos de nitrógeno (NOx) |     | Masa combinada total de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno totales (HCT + NOx) |     | Masa de partículas (MP) |     |
|                |       |                              | L <sub>1</sub> (mg/km)            |     | L <sub>2</sub> (mg/km)            |    | L <sub>3</sub> (mg/km)                  |    | L <sub>4</sub> (mg/km)            |     | L <sub>2</sub> + L <sub>4</sub> (mg/km)                                         |     | L <sub>5</sub> (mg/km)  |     |
| Categoría      | Clase |                              | PI                                | CI  | PI                                | CI | PI                                      | CI | PI                                | CI  | PI                                                                              | CI  | PI <sup>(2)</sup>       | CI  |
| M              | —     | Todos                        | 1000                              | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>1</sub> | I     | MR ≤ 1305                    | 1000                              | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
|                | II    | 1305 < MR ≤ 1760             | 1810                              | 630 | 130                               | —  | 90                                      | —  | 75                                | 235 | —                                                                               | 295 | 5,0                     | 5,0 |
|                | III   | 1760 < MR                    | 2270                              | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>2</sub> |       |                              | 2270                              | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |

Clave: PI = encendido por chispa, CI = encendido por compresión

<sup>(1)</sup> Se establecerá una norma relativa al número lo antes posible y, a más tardar, tras la entrada en vigor de Euro 6.

<sup>(2)</sup> Las normas sobre normas de masa de partículas de los vehículos de encendido por chispa se aplican únicamente a los vehículos con motores de inyección directa.

## NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, *Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna*

## 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

### 3.1

#### año modelo

Año de producción del modelo de la fuente móvil.

### **3.2**

#### **ciclo**

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuente móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

### **3.3**

#### **ciclos de prueba**

Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

#### **3.3.1**

##### **ciclo ECE + EUDC**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina

#### **3.3.2**

##### **ciclo FTP-75**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

### **3.4**

#### **dinamómetro**

Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

### **3.5**

#### **emisión de escape**

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

### 3.6

#### **fuerza móvil**

Fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

### 3.7

#### **marcha mínima o ralentí**

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

### 3.8

#### **motor**

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

### 3.9

#### **peso bruto vehicular (PBV)**

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

### 3.10

#### **peso de vehículo en vacío (tara)**

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

### 3.11

#### **peso de referencia (PR)**



Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

### **3.12**

#### **prueba dinámica**

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

### **3.13**

#### **temperatura normal de operación**

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75 °C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

### **3.14**

#### **vehículo automotor**

Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

### **3.15**

#### **vehículo prototipo**

Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

### **3.16**

#### **categoría M**

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.

### **3.17**

#### **categoría N**

Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancías.

### 3.17.1

#### subcategoría N1

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 96/44/CE.

## 4.

### REQUISITOS

#### 4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática)

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralenti y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.

**TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática)**

| Año modelo           | % Co <sup>a</sup>     |                          | ppm HC <sup>a</sup>   |                          |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                      | 0 - 1500 <sup>b</sup> | 1500 - 3000 <sup>b</sup> | 0 - 1500 <sup>b</sup> | 1500 - 3000 <sup>b</sup> |
| 2000 y posteriores   | 1,0                   | 1,0                      | 200                   | 200                      |
| 1990 a 1999          | 3,5                   | 4,5                      | 650                   | 750                      |
| 1989 y anteriores    | 5,5                   | 6,5                      | 1000                  | 1200                     |
| <sup>a</sup> Volumen |                       |                          |                       |                          |

## 4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

**TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina  
(prueba dinámica) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)**

| Categoría                                                                                                                                      | 50,000 millas/5 años |      |      |     | 100,000 millas/10 años <sup>a</sup> |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|------|-----|-------------------------------------|------|------|------|
|                                                                                                                                                | CO                   | THC  | NMHC | NOx | CO                                  | THC  | NMHC | NOx  |
| Vehículos de pasajeros                                                                                                                         | 3,4                  | 0,41 | 0,25 | 0,4 | 4,2                                 | -    | 0,31 | 0,6  |
| LLDT, LVW < 3750 lbs                                                                                                                           | 3,4                  | -    | 0,25 | 0,4 | 4,2                                 | 0,80 | 0,31 | 0,6  |
| LLDT, LVW > 3750 lbs                                                                                                                           | 4,4                  | -    | 0,32 | 0,7 | 5,5                                 | 0,80 | 0,40 | 0,97 |
| HLDT, ALVW < 5750                                                                                                                              |                      |      |      |     |                                     |      |      |      |
| HLDT, ALVW > 5750                                                                                                                              |                      |      |      |     |                                     |      |      |      |
| <sup>a</sup> Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDT, THC y LDT.<br><br>Abreviaturas:<br>PBV      Peso bruto vehicular |                      |      |      |     |                                     |      |      |      |

## 4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

**TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina  
(prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE)**

| <b>Categoría</b>                                                     | <b>Clase</b> | <b>Peso de referencia (PR) kg</b> | <b>CO g/km</b> | <b>HC g/km</b> | <b>HC + NOx g/km</b> | <b>NOx</b> | <b>Ciclo de prueba</b>                    |
|----------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------------|------------|-------------------------------------------|
| M                                                                    | -            | Todas                             | 2,3            | 0,2            | -                    | 0,15       | ECE + EUDC (también conocido como MVEG-A) |
| N1<br>b                                                              | I            | $PR \leq 1\,305$                  | 2,3            | 0,2            | -                    | 0,15       |                                           |
|                                                                      | II           | $1\,350 < PR \leq 1\,760$         | 4,17           | 0,25           | -                    | 0,18       |                                           |
|                                                                      | III          | $1\,760 < PR$                     | 5,22           | 0,29           | -                    | 0,21       |                                           |
| <sup>a</sup> Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg. |              |                                   |                |                |                      |            |                                           |

## 5. MÉTODOS DE ENSAYO

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203

## **BIBLIOGRAFÍA**

NTE INEN 2656, Clasificación vehicular

EURO III: Community Directive (Directive 98/96), Dir 70/220/EEC as amended by Dir 98/96/EC

and 2003/96/EC, Directive 70/220/CEE

EPA Tier 1 Emission Standards for Passenger Cars and Light-Duty Trucks, FTP 75, g/mi; US: Light-duty: Emissions, disponible en:[http://transportpolicy.net/index.php?title=US:\\_Light-duty:\\_Emissions#Regulatory\\_Documents](http://transportpolicy.net/index.php?title=US:_Light-duty:_Emissions#Regulatory_Documents), consultado el 2016-12-16.

Resolución 1111 de 2013. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. Bogotá, 2013.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

|                                                               |                                                                                                                                                      |                                                        |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Documento:</b><br>NTE INEN<br>2204<br><br>Segunda revisión | <b>TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN</b> | <b>Código ICS:</b><br>13.040.50<br><br><b>GASOLINA</b> |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

ORIGINAL:

REVISIÓN:

Fecha de iniciación del estudio:

Fecha de aprobación por Consejo Directivo 2002-04-17

Oficialización con el Carácter de Obligatoria

por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18  
publicado en el Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30

Fecha de iniciación del estudio: 2016-11-14

Fechas de consulta pública: Del 2016-12-01 al 2016-12-16

Comité Interno

Fecha de iniciación: 2016-12-16

Fecha de aprobación: 2016-12-16

Integrantes del Comité:

**NOMBRES:****INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

BQF. Elena Larrea (Presidenta)

INEN – DIRECCIÓN EJECUTIVA

Ing. Juan Burneo  
REGLAMENTACIÓN Ing. Evelyn Vasco  
DIRECCIÓN DE METROLOGÍA

INEN – DIRECCIÓN DE  
INEN –

Ing. Luis Costta  
METROLOGÍA Ing. Ximena Llano  
DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y

INEN – DIRECCIÓN DE  
INEN –

CERTIFICACIÓN

Dr. Hugo Ayala

INEN – DIRECCIÓN DE  
VALIDACIÓN Y  
CERTIFICACIÓN

Ing. Eduardo Quintana  
NORMALIZACIÓN

INEN – DIRECCIÓN DE

Ing. Luis Silva (Secretario Técnico)  
NORMALIZACIÓN

INEN – DIRECCIÓN DE

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Anexo 6

### 2.8 GASES PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

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 ( $O_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), vapor de agua e hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y plomo.

**Inofensivos.**-El Oxígeno 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. El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del Hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape.

**Contaminantes.**-Entre ellos los más importantes son el CO (monóxido de carbono), Hidrocarburos no quemados (HC), y bajo ciertas condiciones NO<sub>x</sub> (óxidos de Nitrógeno).

Los principales gases producidos por la combustión de la mezcla aire-combustible son:

Tabla 3. Gases producidos en la combustión.

|          |                                         |
|----------|-----------------------------------------|
| $H_2O$   | Vapor de agua.                          |
| $CO_2$   | Dióxido de carbono.                     |
| $N_2$    | Nitrógeno.                              |
| $CO$     | Monóxido de carbono.                    |
| $H_xC_y$ | Hidrocarburos.                          |
| $NO_x$   | Óxido de nitrógeno, dióxido de.....etc. |
| $H_2$    | Hidrogeno.                              |
| $CH_4$   | Metano.                                 |
| $SO_x$   | Óxido de azufre, dióxido.....etc.       |
| $O_2$    | Oxígeno.                                |

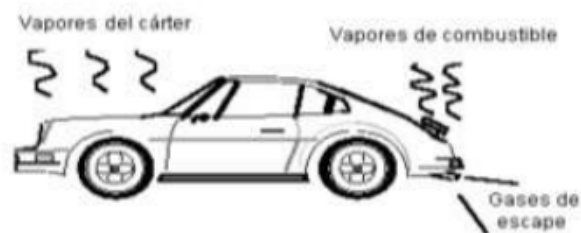


El resultado del proceso de combustión del motor se obtiene diversos gases y de estos gases los más contaminantes son:

Tabla 4. Principales gases que contaminan el ambiente.

|                                         |          |
|-----------------------------------------|----------|
| Monóxido de carbono:                    | $CO$     |
| Hidrocarburos:                          | $H_xC_y$ |
| Oxido de nitrógeno, dióxido de.....etc. | $NO_x$   |

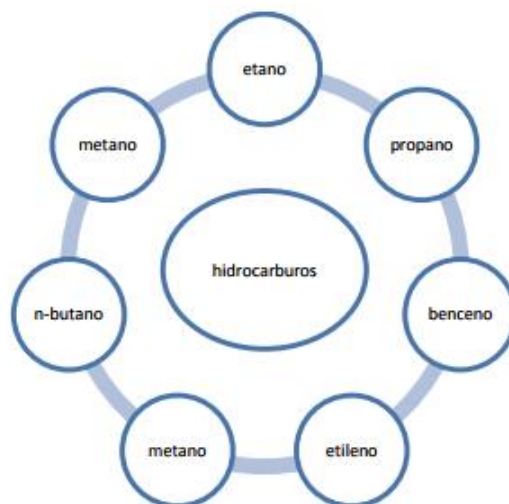
Figura 17. Gases contaminantes producidos por un vehículo.



### 2.8.1 Hidrocarburos

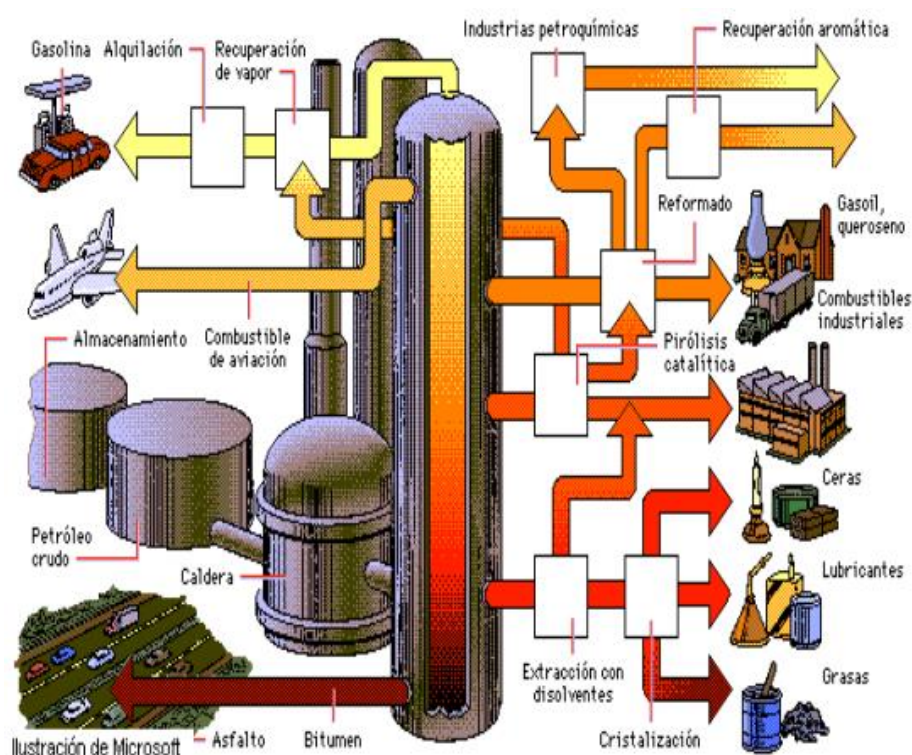
El principal gas de estas características que poluciona la atmósfera es el metano ( $\text{CH}_4$ ) que representa el 85%. Después del metano se observa una concentración importante de etano, n-butano, etileno, tolueno, propano, isopentano, acetileno, n-pentano y benceno, mientras que elementos como el propadieno, cis-2-buteno, cis-2-penteno, trans-2-buteno y metilacetileno, están en concentraciones mucho más reducidas.

Figura 18. Componentes de los hidrocarburos. [8]



Los hidrocarburos presentan, en general, una baja toxicidad, el problema principal que tienen es la reactividad fotoquímica en presencia de la luz solar para dar compuestos oxidados.

Figura 19. Origen y aplicación de los hidrocarburos. [9]

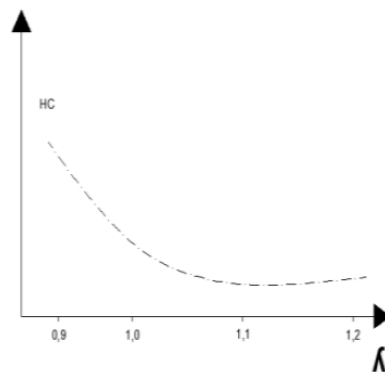


Esta clase de partículas está hecha de partículas que no fueron parte de la combustión o lo fueron de forma parcial, y es el mayor contribuyente a lo que se le conoce como smog de las ciudades así como es reconocido que es altamente toxico para la salud humana, provocando un olor desagradable irritación a los ojos.

La principal molestias de estas reacciones químicas es que son nocivas a las plantas.El hidrocarburo es un gas pobre en oxígeno y por eso, cuanto mayor sea la relación aire-combustible menor será el porcentaje expelido en los gases de combustión.

El valor de la concentración de  $H_xC_y$  en los gases de descarga es máximo cuando el motor funciona con fuerte depresión en el colector de depresión, es decir en desaceleración. Como podemos observar en la gráfica.

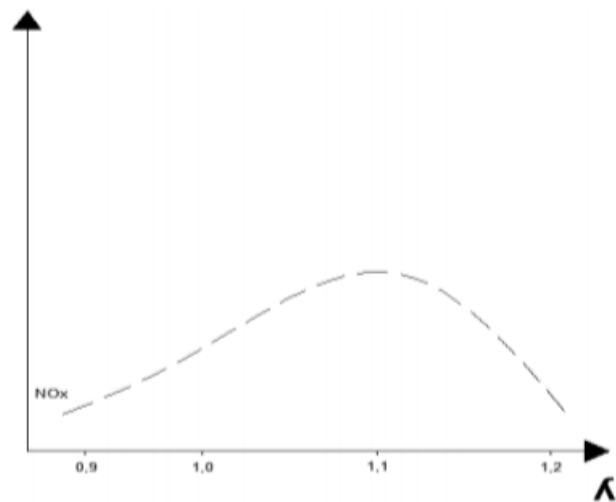
Figura 20. Proporción de  $H_xC_y$  en función de la mezcla. [10]



### 2.8.2 Óxidos de nitrógeno

Un factor que contribuye para el aumento del  $NO_x$  es la temperatura de la combustión que cuanto mayor sea mayor será el tener de  $NO_x$  eliminado en la descarga, como la temperatura de la cámara varia con el coeficiente de aire y también con el ángulo de encendido podemos afirmar que la relación aire combustible y el ángulo de encendido son factores que influyen en la formación de  $NO_x$ .

Figura 21. Proporción de  $NO_x$  en función de la mezcla. [10]



Los óxidos de nitrógeno incluyen los siguientes compuestos: óxido nitroso ( $N_2O$ ), óxido nítrico ( $NO$ ), trióxido de nitrógeno ( $NO_3$ ), sesquióxido de nitrógeno ( $N_2O_3$ ), tetraóxido de nitrógeno ( $N_2O_4$ ) y pentaóxido de nitrógeno ( $N_2O_5$ ), también pueden encontrarse en el aire los correspondientes ácidos: el nítrico ( $HNO_3$ ) y el nitroso ( $HN0_2$ ).

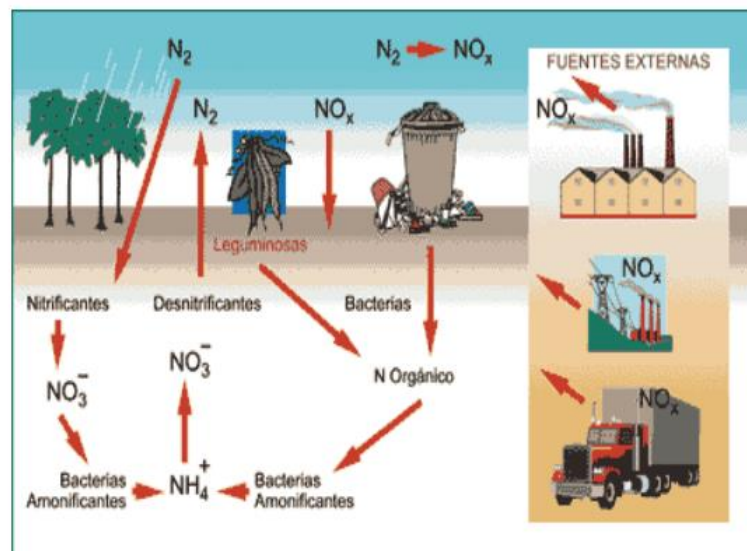
Son los tres primeros los que se encuentran en cantidades apreciables. El  $N_2O$  es incoloro y no es tóxico, la mayor fuente es debida a la actividad biológica en el suelo y posiblemente en los océanos.

El  $NO$  es producido por acción biológica y en los procesos de combustión. Es oxidado por acción del ozono para producir  $NO_2$  y el tiempo de residencia es de solo 5 días. El  $NO_2$  es uno de los contaminantes más peligrosos, en primer lugar por su carácter irritante y corrosivo y, en segundo lugar, porque se descompone por medio de la luz solar según la reacción:



La formación de oxígeno atómico, que es muy reactivo, convierte al oxígeno en ozono.

Figura 22. Fuentes de óxidos de nitrógeno. [11]





Los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) no son tóxicos, pero presentan el inconveniente de reaccionar con los rayos ultravioletas del sol, formando ácido nítrico, que origina el fenómeno llamado “smogfotoquímico” que produce irritaciones en los ojos haciéndolos lagrimear.

### 2.8.3 Monóxidos de carbono.

El monóxido de carbono (CO) es altamente tóxico debido a su gran compatibilidad con la hemoglobina de la sangre reduciendo la oxigenación de los tejidos celulares, si la concentración de carboxihemoglobina en la sangre alcanzara un 50% el cuerpo humano no consigue más asimilar el oxígeno, ocasionando la asfixia y la muerte.

Figura 23. Daños en las personas por el CO.



El monóxido de carbono se elimina de la atmósfera por oxidación de los radicales OH transformándose en dióxido de carbono, este hecho hace que la concentración de CO se mantenga constante. Los niveles permitidos en la atmósfera de CO están acorde con los índices de calidad del aire.

## 2.2 ANEXO 7

### 1.5.4.2 Gases contaminantes:

Son los subproductos de la combustión componentes de los gases de escape que tienen efectos nocivos sobre el medio ambiente y sobre la vida de seres humanos, animales y plantas. Los principales gases contaminantes son:

#### 1.5.4.2.1 Hidrocarburos no combustionados (HC):

Normalmente, los hidrocarburos tienen un olor penetrante fácilmente identificable. Aparecen en los gases de escape y son resultado del combustible que no ha sido quemado en el proceso de combustión debido a la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre), por lo que es conveniente ajustar la riqueza de la mezcla.

### 1.5.4.3 Partículas sólidas:

Son otro producto de la combustión incompleta conocidas también como material particulado, se presenta como hollín o cenizas, son comunes en los motores diesel. En vehículos a gasolina estas emisiones son prácticamente despreciables.

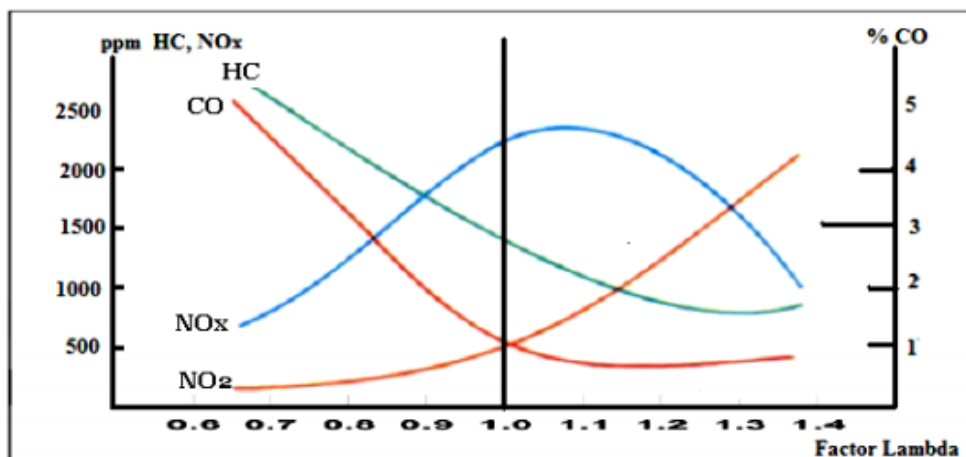


Fig. 1.27. Concentración de contaminantes en un motor de gasolina<sup>4</sup>.



#### *1.5.4.2.2 Óxidos de Nitrógeno (NOx):*

Puede ser el Monóxido de nitrógeno (NO), este es incoloro, inodoro e insípido. Al combinarse con el oxígeno del aire, es transformado en dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), de color pardo rojizo y de olor muy penetrante, provocando una fuerte irritación sobre los órganos respiratorios. En concentraciones elevadas, puede llegar a destruir los tejidos pulmonares y las cavidades. Al combinarse con vapor de agua, forma compuestos ácidos que son los causantes de la lluvia ácida, la cual mata a las plantas y destruye los terrenos impidiendo que nuevas plantas vuelvan a crecer. Esta lluvia es común en ciudades desarrolladas donde los niveles de contaminación son muy elevados.

#### *1.5.4.2.3 Monóxido de Carbono (CO):*

El CO se genera cuando el carbono que va a formar el CO<sub>2</sub> no encuentra la cantidad suficiente de oxígeno. El CO se propaga rápidamente. Es incoloro, inodoro e insípido, tiene una elevada toxicidad, es extremadamente peligroso ya que es difícil de detectar.

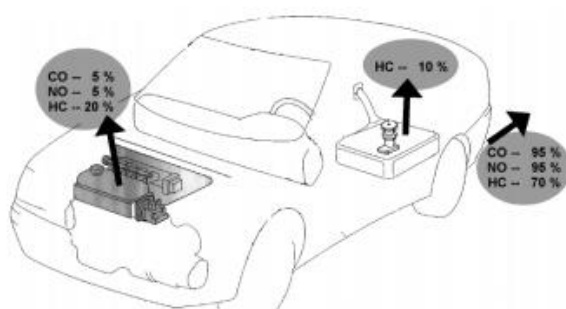
## 2.3 ANEXO 8

### 2.3.1 ANÁLISIS DE GASES

Hidrocarburos HC: son los restos de hidrocarburos sin quemar que salen por el escape. Se producen por mezclas pobres en Oxígeno. Es nocivo, cancerígeno e irritante. Dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas, también causa cáncer

- Óxidos de Nitrógeno: resulta al combinarse el oxígeno y el nitrógeno debido a las altas temperaturas que se alcanzan dentro del motor y a las altas presiones. En la cámara de combustión se forma el NO. Al abrirse la válvula de escape los gases pasan al conducto de escape donde se combinan con oxígeno para formar NO<sub>2</sub>. Por tanto en el escape se encuentran NO y NO<sub>2</sub> de ahí que para aglutinarlos decimos que hay restos de NO<sub>x</sub>. Irrita el aparato respiratorio pudiendo dañarlo gravemente.
- Compuestos de Plomo: Es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. El Plomo se usa en los motores para evitar la detonación y para lubricar las válvulas de admisión y escape. Es venenoso. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetraetilo de Plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas. En las gasolinas sin Plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano
- Dióxido de Azufre: Se encuentra en los combustibles como impureza. La emisión de SO<sub>2</sub> es pequeña en los motores de gasolina. En los Diesel es superior por el tipo de combustible utilizado. Al mezclarse con vapor de agua, es responsable de las lluvias ácidas.

### EMISIONES CONTAMINANTES EN MOTORES DE GASOLINA



Estos motores contaminan por:

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

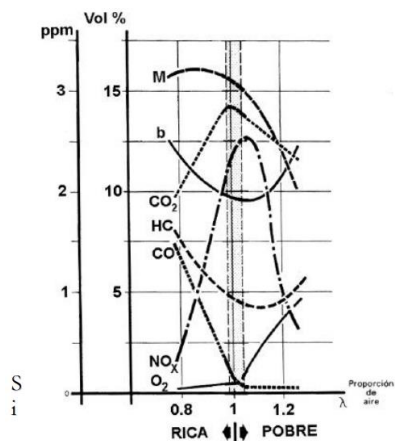
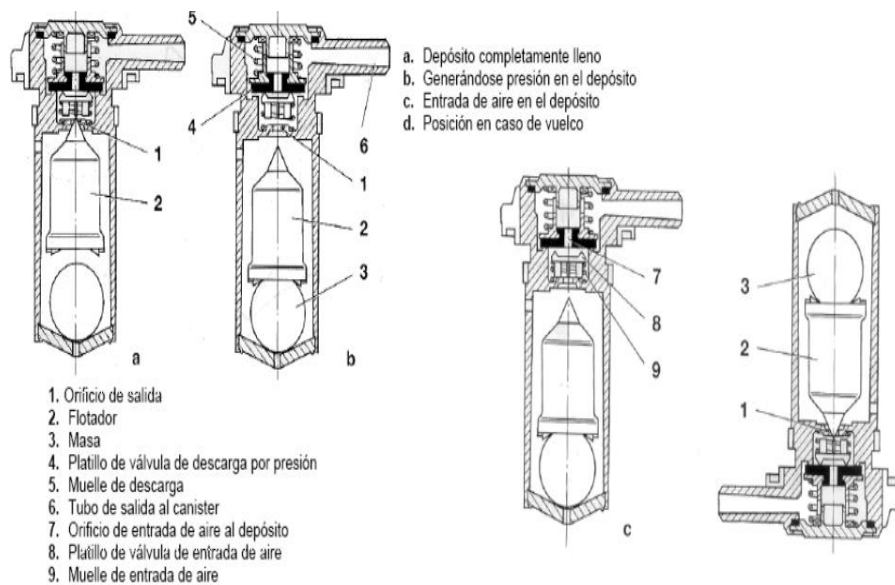
## MEDIOS PARA EVITAR CONTAMINACIÓN EN MOTORES A GASOLINA

Emisiones por el bloque: Debido a que los aros de los pistones deben llevar ciertas holguras de ajuste, parte de los gases de la combustión pasan al cárter. Estos gases deben ser evacuados del interior del cárter ya que de no ser así se generaría una presión en el interior del cárter que haría que tanto retenes como juntas quedarían destruidos. También se producirían pérdidas de aceite por el retén del

cigüeñal... Este aceite caliente en contacto con el lo que se vaporizaría. La manera de evitar estos gases es enviarlos por medio de una des aireación del cárter a la admisión para quemarlos.

- Emisiones por evaporación: se deben a que el combustible es muy volátil sobre todo la gasolina. Los puntos donde se produce son: o el carburador (en la cuba), actualmente este problema no existe ya que el sistema de inyectores es totalmente hermético. O El depósito: no se pueden evitar, la mejor manera de evitarlos era descargarlos al exterior. Actualmente no está permitido por lo que se idean sistemas que vuelvan a consumir estos vapores. Estos vapores se forman con el motor parado ya que cuando el motor está en marcha el consumo de gasolina impide que la presión interna del depósito aumente evitando gran parte de estos gases volátiles. Existen varias soluciones para el depósito. O Válvula de respiración de dos direcciones:

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



• Emisiones por el escape.

Son las mas importantes de controlar.

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

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

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

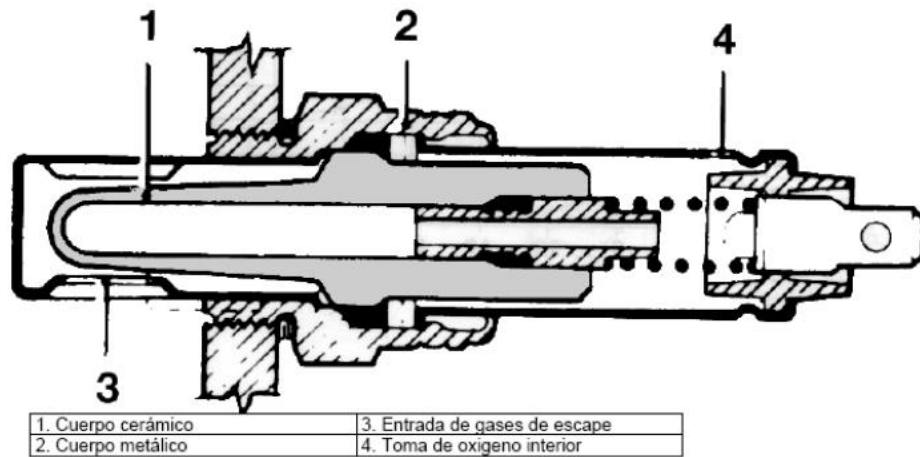
Si  $\lambda>1$  la mezcla es pobre

Si  $\lambda<1$  la mezcla es rica

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

## MEDIDAS ADOPTADAS PARA LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE ESCAPE

### SONDA LAMBDA

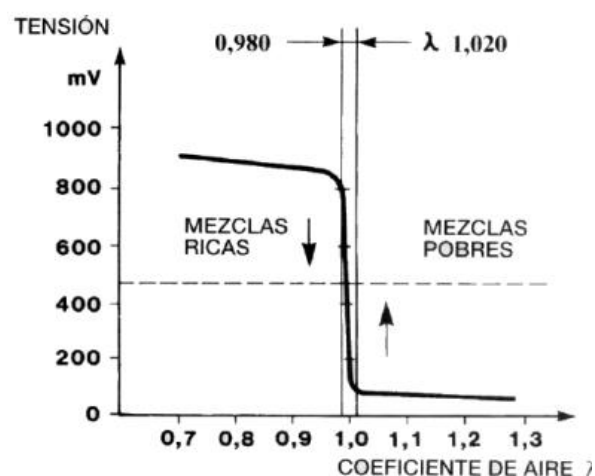


Es el elemento más importante de un vehículo en lo que se refiere al control sobre gases contaminantes junto con el catalizador. Cuando el valor de  $\lambda=1$  se ha comprobado que la contaminación es la menor. Funciona comprando la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape con el oxígeno del aire exterior. La diferencia de concentración de oxígeno entre estas dos medidas se traduce en el sensor en una señal de voltaje proporcional a esa medida. Está compuesta por una capsula de óxido de circonio. Esta capsula por su parte exterior está en contacto con los gases de escape y por su parte interior lo está con el aire exterior y por su parte interior lo está con el aire exterior. Su funcionamiento óptimo se produce cuando se encuentra a una temperatura de unos 300°C.

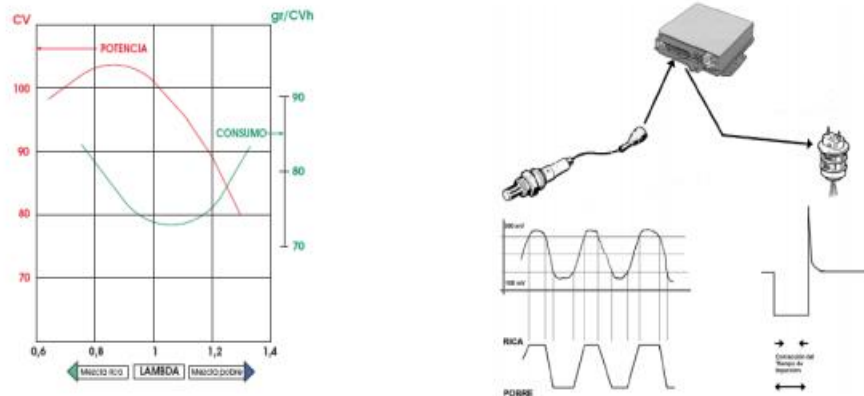
$$\lambda = \frac{\text{Peso real de aire consumido por Kg de gasolina}}{\text{Peso teórico de aire que se debería consumir por Kg. de gasolina}} = \frac{X}{14,7}$$

| Casos según mezcla real (x) |            |                 |           |
|-----------------------------|------------|-----------------|-----------|
| X                           | Aire       | Mezcla          | $\lambda$ |
| <14,7                       | Defecto    | Rica            | <1        |
| =14,7                       | Equilibrio | Estequiométrica | =1        |
| >14,7                       | Exceso     | Pobre           | >1        |

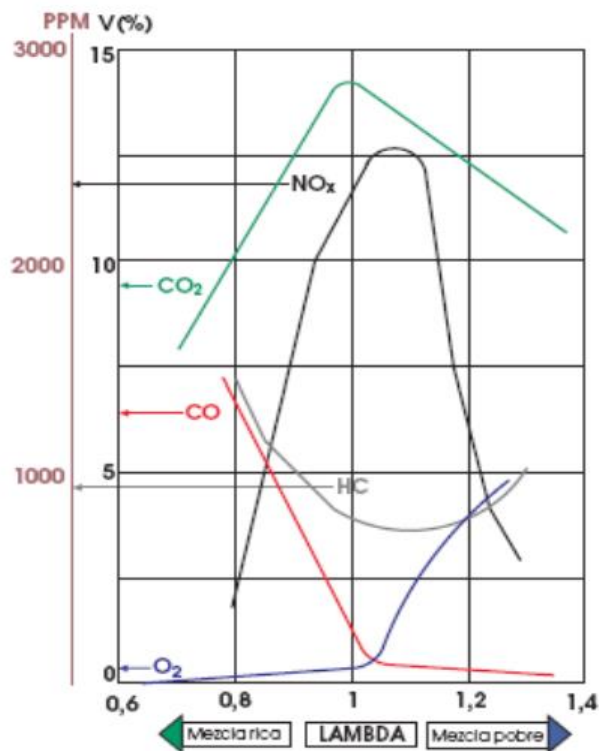
| Mezcla | %           | Consecuencias                                                                          |
|--------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Rica   | <0,75       | El motor se ahoga y la mezcla no inflama por lo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



La tensión que genera varia de 100mV a 900mV dependiendo de la composición de los gases tal y como se ve en la figura. Esta tensión se aplica a la UEC por su correspondiente pin . La UEC en función de este valor realiza un ajuste del tiempo de inyección para que la combustión se realice siempre en las proximidades de una  $\lambda=1$ . En la curva inferior vemos la curva de potencia y consumo en función de Lambda para un motor genérico



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

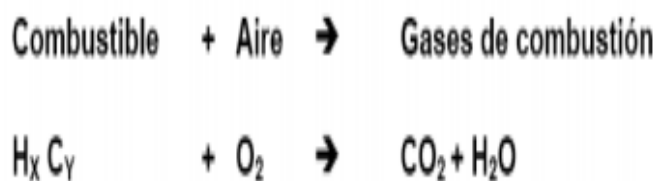


## 2.4 ANEXO 9

### 2.4.1 ANÁLISIS DE GASES COMBUSTIÓN

Combustible. Sustancia que reacciona con otra sustancia produciendo calor. Aporta toda la energía en la combustión. Gasolina

o Diesel, formada por HC. Comburente. Sustancia necesaria para que reaccione el combustible. Aire, O<sub>2</sub> energía de activación. Mínima cantidad de energía necesaria para que se produzca la reacción en cadena. Chispa Los combustibles utilizados están principalmente compuestos de Carbono C e Hidrogeno H. Estos compuestos se unen formando cadenas largas llamadas de hidrocarburos. Según sea la cadena forma compuestos diferentes como el Gasoil, gasolina, GPL, etc. Estos compuestos por si mismos no pueden utilizarse en el motor ya que necesitan añadirles aditivos para evitar la detonación, la congelación, la lubricación, etc. Al decir combustión nos referimos a una mezcla de Aire + Gasolina o Gasoil que han reaccionado al aplicarles una energía de activación. En este proceso el oxígeno necesario se encuentra en el aire.



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

### COMPONENTES DEL ESCAPE

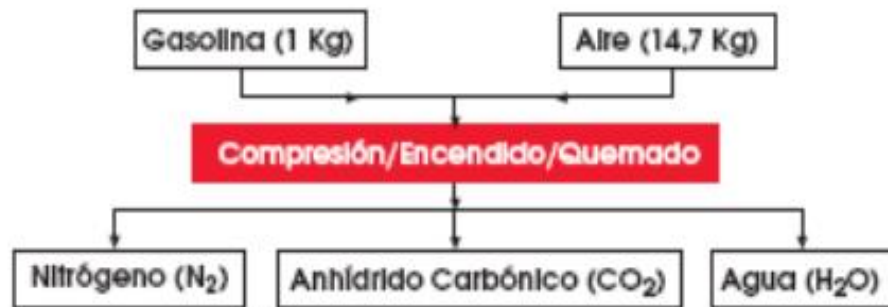
En una combustión real nos podemos encontrar varios compuestos:

- Inofensivas: Nitrógeno, Oxígeno, CO<sub>2</sub>, hidrógeno y vapor de agua.
- Nocivas: Monóxido de carbono CO, Hidrocarburos HC, Óxidos de Nitrógeno, Plomo y compuestos de plomo Pb, Dióxidos de azufre SO<sub>2</sub>, hollín, etc.,
- Monóxido de carbono CO: Se produce cuando hay poco oxígeno disponible para la combustión y por tanto no llega para quemar todo el Carbono del combustible

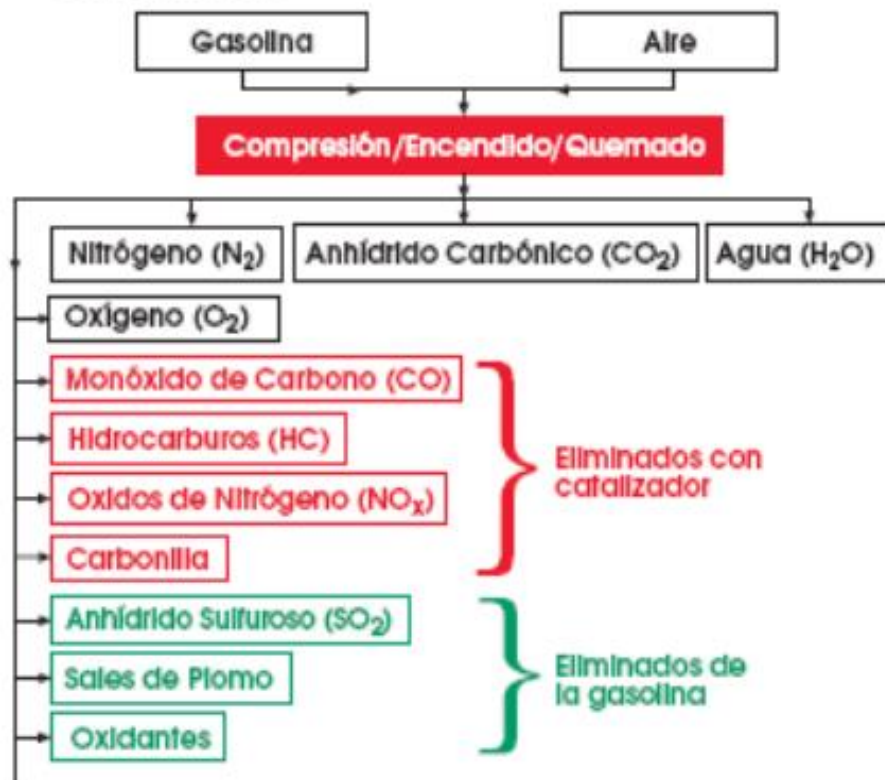


completamente quedando átomos de carbono unidos a solo un oxígeno formando el CO. Es letal para los seres vivos ya que por ejemplo en el hombre puede fijarse a la hemoglobina 5 veces mejor que el oxígeno. Se genera en el interior del motor. En concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la Hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en Carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.

\* Combustión Ideal con mezcla estequiométrica



\* Combustión real



### 3.2 ANÁLISIS DE GASES

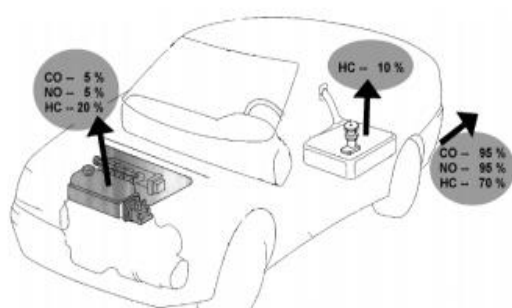
**Hidrocarburos HC:** son los restos de hidrocarburos sin quemar que salen por el escape. Se producen por mezclas pobres en Oxígeno. Es nocivo, cancerígeno e irritante. Dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas, también causa cáncer.

**Óxidos de Nitrógeno:** resulta al combinarse el oxígeno y el nitrógeno debido a las altas temperaturas que se alcanzan dentro del motor y a las altas presiones. En la cámara de combustión se forma el NO. Al abrirse la válvula de escape los gases pasan al conducto de escape donde se combinan con oxígeno para formar NO<sub>2</sub>. Por tanto en el escape se encuentran NO y NO<sub>2</sub> de ahí que para aglutinarlos decimos que hay restos de NO<sub>x</sub>. Irrita el aparato respiratorio pudiendo dañarlo gravemente.

**Compuestos de Plomo:** Es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. El Plomo se usa en los motores para evitar la detonación y para lubricar las válvulas de admisión y escape. Es venenoso. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetraetilo de Plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas. En las gasolinas sin Plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano.

**Dióxido de Azufre:** Se encuentra en los combustibles como impureza. La emisión de SO<sub>2</sub> es pequeña en los motores de gasolina. En los Diesel es superior por el tipo de combustible utilizado. Al mezclarse con vapor de agua, es responsable de las lluvias ácidas.

### EMISIONES CONTAMINANTES EN MOTORES DE GASOLINA



Estos motores contaminan por:

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

### 3.3 MEDIOS PARA EVITAR CONTAMINACIÓN EN MOTORES A GASOLINA

Emisiones por el bloque: Debido a que los aros de los pistones deben llevar ciertas holguras de ajuste, parte de los gases de la combustión pasan al cárter. Estos gases deben ser evacuados del interior del cárter ya que de no ser así se generaría una presión en el interior del cárter que haría que tanto retenes como juntas quedarían destruidos. También se producirían pérdidas de aceite por el retén del cigüeñal.. Este aceite caliente en contacto con él lo que se vaporizaría. La manera de evitar estos gases es enviarlos por medio de una des aireación del cárter a la admisión para quemarlos.

Emisiones por evaporación: se deben a que el combustible es muy volátil sobre todo la gasolina. Los puntos donde se produce son: o el carburador (en la cuba), actualmente este problema no existe ya que el sistema de inyectores es totalmente hermético. o El depósito: no se pueden evitar , la mejor manera de evitarlos era descargarlos al exterior. Actualmente no está permitido por lo que se idean sistemas que vuelvan a consumir estos vapores. Estos vapores se forman con el motor parado ya que cuando el motor está en marcha el consumo de gasolina impide que la presión interna del depósito aumente evitando gran parte de estos gases volátiles. Existen varias soluciones para el depósito. o Válvula de respiración de dos direcciones :

Deja entrar aire al depósito a medida que se va consumiendo la gasolina.

Cuando los vapores de gasolina hacen que la presión dentro del depósito alcance un determinado valor esta válvula los evacua a un deposito llamado canister.

Válvula o compuerta en la boca del depósito que impide que los vapores puedan salir por el tapón de llenado

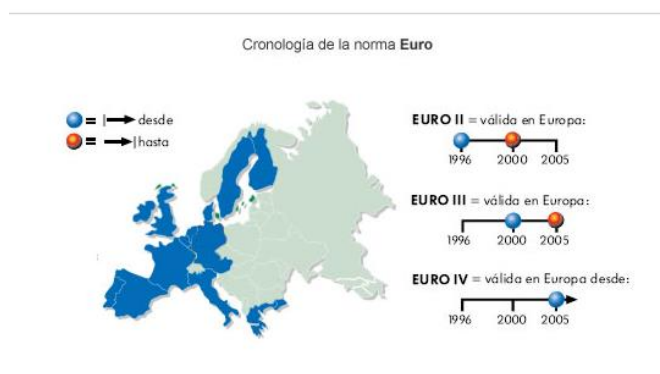
Válvula obturadora de vapores: puede ser de tipo neumática, se abre o cierra en función del vacío en el colector de admisión. Actualmente es de tipo eléctrico y comandada por la UEC. Con esta válvula, los vapores almacenados en el canister son consumidos por el motor cuando este se encuentre en funcionamiento y siempre que la UEC determine que quemar más gasolina en ese momento no es perjudicial para el motor, como por ejemplo a plena carga, en aceleraciones bruscas o en frío.

## 2.5 ANEXO 10

**HC – Hidrocarburos** Son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta. La mala combustión puede ser debido a la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre), por lo que es conveniente ajustar la riqueza de la mezcla. Los hidrocarburos HC se manifiestan en diferentes combinaciones (p. ej.  $C_6H_6$ ,  $C_8H_{18}$ ) y actúan de diverso modo en el organismo. Algunos de ellos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos (p. ej. el benceno).

**Las partículas de hollín MP** (masa de partículas; inglés: particulate matter) Son generadas en su mayor parte por los motores diesel, se presentan en forma de hollín o cenizas. Los efectos que ejercen sobre el organismo humano todavía no están aclarados por completo.

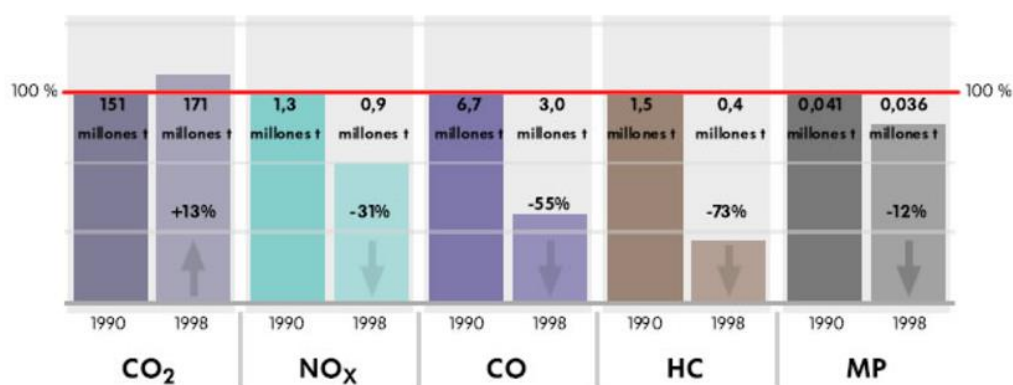
**Evolución general** En Europa así como a nivel mundial, se han emitido decretos y disposiciones legales con miras a la reducción de las emisiones contaminantes que se expulsan al medio ambiente. Dentro de los sectores que contribuyen activamente a la contaminación atmosférica, esta el sector del automóvil y en general el tráfico rodado en carretera. A raíz de ello, y motivada por las normativas más estrictas sobre las emisiones contaminantes en Europa y también EEUU, la industria del automóvil ha desarrollado tecnologías nuevas y mejoradas para reducir y evitar sustancias contaminantes en los gases de escape. En Europa y a nivel mundial se han tomado determinaciones y dictado normativas legales en los últimos años, con miras a reducir las emisiones de contaminantes en el aire. Existen las normativas europeas sobre emisiones contaminantes denominadas norma EURO y expresadas como "EU1" que han ido evolucionado hasta la "EU5" y las siguientes normativas que se aprobaran en el futuro. Estas normativas indican a la industria del automóvil los límites de las emisiones contaminantes para la homologación de nuevos modelos de vehículos.



La evolución de las cantidades emitidas de gases de escape (ver gráfica inferior) demuestra, que entre los años 1990 y 1998, se han reducido, gracias al cumplimiento por parte de los fabricantes de automóviles de las normativas de reducción de gases de escape. Los objetivos establecidos por la legislación han sido superados incluso en parte, y las reducciones seguirán continuando en los próximos años. Sin embargo, existe una excepción en esta evolución: el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> se hallan en una relación directa con el consumo de combustible del vehículo. Si bien, las nuevas tecnologías han logrado reducir el consumo, por otro lado tenemos que el incremento del parque automovilístico y la tendencia a adquirir vehículos cada vez más potentes y pesados, han actuado en contra de la reducción de CO<sub>2</sub>.

## SISTEMAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES CONTAMINANTES DEL ESCAPE

Los perfeccionamientos obtenidos en la técnica de motores han llevado en los últimos años a mejores procesos de combustión y con ellos, a menores emisiones brutas. El desarrollo de sistemas electrónicos de control del motor ha hecho posible una inyección exacta de la cantidad de combustible necesaria y el ajuste preciso del punto de encendido, así como la optimización, en función del punto de funcionamiento de la activación de todos los componentes existentes (predispositivo de mariposa electrónico DV-E). Estos dos puntos han llevado, además de un aumento de la potencia de los motores, también a un claro mejoramiento de la calidad de los gases de escape. No hay que desatender tampoco las mejoras de la calidad en los combustibles. De acuerdo con el aumento constante de la potencia de los motores, son mayores las exigencias formuladas al combustible. El empleo de aditivos disminuye los sedimentos e incrustaciones durante la combustión en el cilindro, reduce las sustancias nocivas contenidas en los gases de escape e impide incrustaciones perjudiciales en el sistema de combustible. El cambio a combustible sin plomo constituyó un hito en el camino hacia gases de escape más limpios de sustancias nocivas. Con estas medidas se han podido reducir las emisiones desde los años 1970 en un 80% aproximadamente. Pero únicamente gracias al tratamiento posterior de los gases de escape con el catalizador fue posible observar los valores límite exigido por la legislatura.



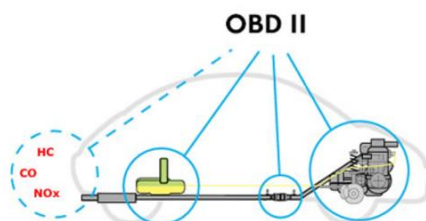
Gráfica comparativa de los componentes de gases de escape emitidos entre los años 1990 - 98 en Alemania

Los sistemas de control de emisiones de escape han sido desarrollados para reducir los elementos contaminantes generados por el automóvil en el proceso de combustión. Dentro de los sistemas de control de emisiones destacan los siguientes:

- Control de la combustión (sonda Lambda).
- Sistema de ventilación positiva del Cárter (PCV).
- Sistema cerrado de control evaporativo (Canister).
- Sistema de recirculación de gases de escape (EGR).
- Sistema de inyección adicional de aire en el escape.
- Convertidor catalítico y Filtro de partículas

### **SISTEMA DE DIAGNÓSTICO OBD (on board diagnostics)**

Lo más reciente para reducir la contaminación generada por los vehículos motorizados es el sistema de diagnóstico OBD (on board diagnostics), EOBD (European on board diagnostics), que se aplica a todos los modelos con motores diesel y gasolina. El EOBD es un sistema de diagnóstico integrado en la propia gestión del motor, cuya misión es vigilar todos aquellos componentes y sistemas que por avería o mal funcionamiento alteren las emisiones de gases de escape, establecidas para el funcionamiento del motor en condiciones normales. La principal novedad es la incorporación de un testigo de aviso, el cual indica al conductor la existencia de una anomalía en el motor, que provoca un aumento de las emisiones de gases, superiores a los límites establecidos. El OBD II representa una versión más actualizada y desarrollada del OBD I.



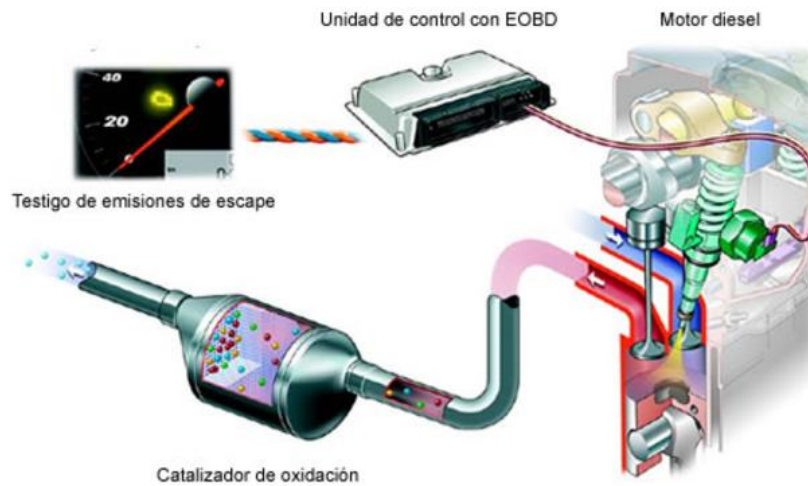
### **OBJETIVOS DEL OBD II**

- Vigilancia de todos los componentes importantes para la calidad de los gases de escape.
- Protección del catalizador ante su puesta en peligro.
- Aviso visual, si hay componentes relacionados con los gases de escape, que presentan fallos en el funcionamiento
- Memorización de las averías.
- Susceptibilidad de diagnóstico.

La información ofrecida por el OBD II y la actuación del testigo de aviso deben ser idénticas para todos los automóviles. Por otro lado, según la organización jurídica de cada país, también debe ser posible su consulta por organismos oficiales o talleres autorizados.

Para ello se han estandarizado unos códigos de avería relacionados exclusivamente con el EOBD.

Dichos códigos siguen la normativa SAE y son del tipo P0XXX. Otro dato importante del OBD II es la indicación del número de kilómetros recorridos por el vehículo, desde que se activa el testigo de aviso.



## 2.6 ANEXO 11

### 2.6.1 OXIDOS DE NITRÓGENO (NOX)

A temperaturas normales, el oxígeno y el nitrógeno no reaccionan entre sí. • Estos óxidos se forman a alta temperatura (de 1.500 a 2.000°C) y en presencia de exceso de oxígeno. • Este proceso es muy negativo porque sustrae el oxígeno necesario para la reacción de combustión y con ello hace aumentar las cantidades de monóxido de carbono y de hidrocarburos sin quemar. • El símbolo NO<sub>x</sub> engloba los óxidos de nitrógeno totales (NO, NO<sub>2</sub>, etc.), siendo el monóxido de nitrógeno el más abundante (98% del total)



### 3.4 EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

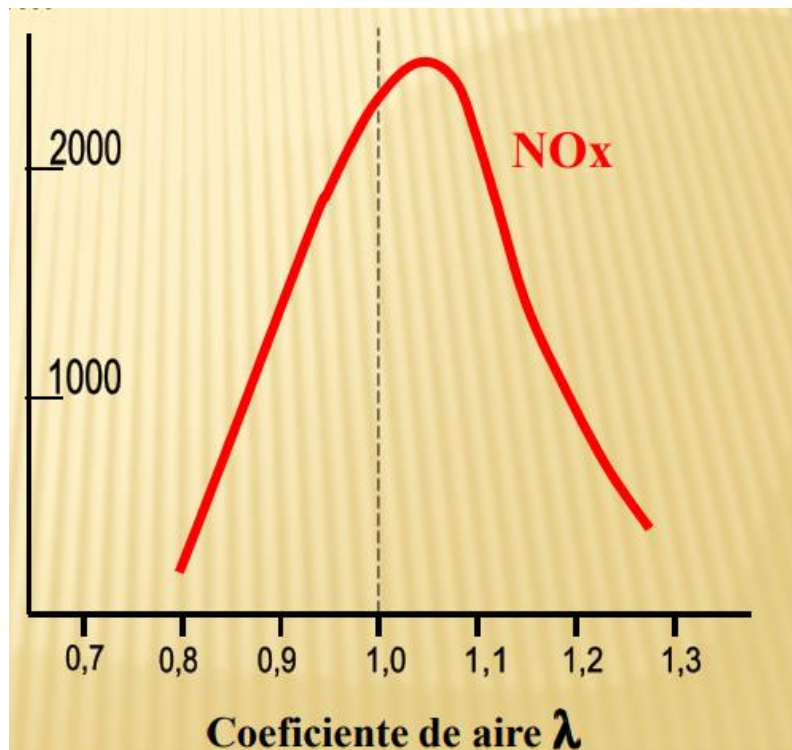
Como ya se ha analizado, junto con los HC y la acción solar, producen una sustancia muy irritante para las personas y los animales. • También junto con la acción solar y los SO<sub>2</sub> contribuyen a la aparición de la lluvia ácida. Estos ácidos empiezan por acumularse en las nubes y después caen al suelo con las gotas de lluvia; al caer atacan las hojas, destruyen la clorofila y provocan de esta forma la muerte progresiva de los bosques. • El control de los NO<sub>x</sub>, es el factor mas importante que se puede plantear para una reducción de la contaminación ambiental.





Con mezclas ricas se obtienen valores mínimos de NO<sub>x</sub>.

- Mezclas pobres contienen una mayor cantidad de oxígeno, para valores alrededor de  $\lambda=1,1$  para valores alrededor de  $\lambda=1,1$  se tiene la concentración máxima de NO<sub>x</sub>.
- Si las mezclas son excesivamente pobres ( $\lambda>1,1$ ) disminuye la temperatura de combustión y por consiguiente se reduce la cantidad de NO<sub>x</sub>.



### HIDROCARBUROS SIN QUEMAR

Los Hidrocarburos se originan por una combustión incompleta o fallida, debido a: - Falta de Oxígeno - Tiempo insuficiente para la consecución de las reacciones químicas. - Extinción de llama (paredes frías de la cámara de combustión y cilindros)

- Los HC irritan los ojos y la nariz, incluso en concentraciones bajas, siendo detectables por su olor penetrante.

### 3.5 PARTÍCULAS DE HOLLÍN

- Son partículas invisibles, sólidas o líquidas, de dimensiones microscópicas (0,2 a 10 milésimas de milímetro) que quedan suspendidas en el aire, y por lo tanto son respirables.
- Se generan durante la combustión en ausencia de oxígeno, a partir de gotitas que se carbonizan por efecto de la elevada temperatura.
- Las partículas de hollín están formadas por una matriz carbonosa sobre la cual se depositan un alto porcentaje de HC, así como sulfatos asociados con agua, sospechosos de ser cancerígenos.

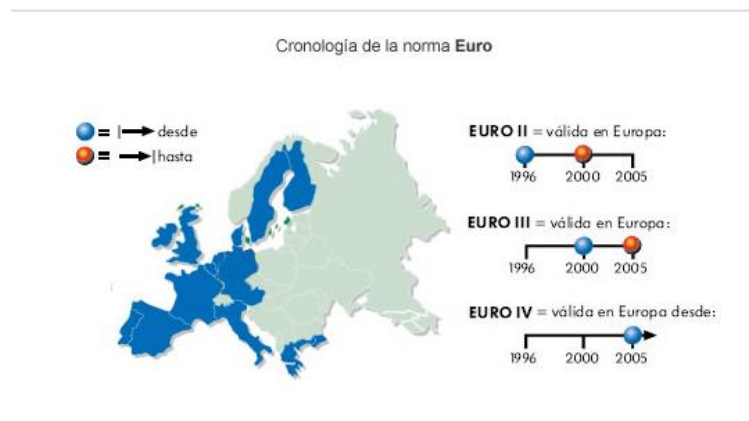
## 2.7 ANEXO 12

2. **Nitrógeno (N<sub>2</sub>)** El nitrógeno es un gas no combustible, incoloro e inodoro, se trata de un componente esencial del aire que respiramos (78 % nitrógeno, 21 % oxígeno, 1 % otros gases) y alimenta el proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape; sólo una pequeña parte se combina con el oxígeno O<sub>2</sub> (óxidos nítricos NO<sub>x</sub>).
3. **Oxígeno (O<sub>2</sub>)** Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el componente más importante del aire que respiramos (21 %). Es imprescindible para el proceso de combustión, con una mezcla ideal el consumo de combustible debería ser total, pero en el caso de la combustión incompleta, el oxígeno restante es expulsado por el sistema de escape.
4. **Agua (H<sub>2</sub>O)** Es aspirada en parte por el motor (humedad del aire) o se produce con motivo de la combustión “fría” (fase de calentamiento del motor). Es un subproducto de la combustión y es expulsado por el sistema de escape del vehículo, se lo puede visualizar sobre todo en los días mas fríos, como un humo blanco que sale por el escape, o en el caso de condensarse a lo largo del tubo, se produce un goteo. Es un componente inofensivo de los gases de escape.
5. **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (p. ej. gasolina, gasoil). El carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado. Es un gas incoloro, no combustible. El dióxido de carbono CO<sub>2</sub> a pesar de ser un gas no tóxico, reduce el estrato de la atmósfera terrestre que suele servir de protección contra la penetración de los rayos UV (la tierra se calienta). Las discusiones generales en torno a las alteraciones climatológicas (efecto “invernadero”), el tema de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha hecho consciente en la opinión pública.
6. **Monóxido de carbono (CO)** Se produce con motivo de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire que respiramos. En una concentración normal en el aire ambiental se oxida al corto tiempo, formando dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.
7. **Óxidos nítricos (NO<sub>x</sub>)** Son combinaciones de nitrógeno N<sub>2</sub> y oxígeno O<sub>2</sub> (p. ej. NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, ...). Los óxidos de nitrógeno se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la combustión en el motor. El monóxido de nitrógeno (NO), es un gas incoloro, inodoro e insípido. Al combinarse con el oxígeno del aire, es transformado en dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), de color pardo rojizo y de olor muy penetrante, provoca una fuerte irritación de los órganos respiratorios. Las medidas destinadas a reducir el consumo de combustible suelen conducir lamentablemente a un ascenso de las concentraciones de óxidos nítricos en los gases de escape, porque una combustión más eficaz produce temperaturas más altas. Estas altas temperaturas generan a su vez una mayor emisión de óxidos nítricos.
8. **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)** El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso propicia las enfermedades de las vías respiratorias, pero interviene sólo en una medida muy reducida en los gases de escape. Es un gas incoloro, de olor penetrante, no combustible. Si se reduce el contenido de azufre en el combustible es posible disminuir las emisiones de dióxido de azufre.
9. **Plomo (Pb)** Ha desaparecido por completo en los gases de escape de los vehículos. En 1985 se emitían todavía a la atmósfera 3.000 t, debidas a la combustión de combustibles con plomo.  
El plomo en el combustible impedía la combustión detonante debida a la autoignición y

actuaba como una sustancia amortiguadora en los asientos de las válvulas. Con el empleo de aditivos ecológicos en el combustible sin plomo se han podido mantener casi idénticas las características antidetonantes.

10. **HC – Hidrocarburos** Son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta. La mala combustión puede ser debido a la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre), por lo que es conveniente ajustar la riqueza de la mezcla. Los hidrocarburos HC se manifiestan en diferentes combinaciones (p. ej.  $C_6H_6$ ,  $C_8H_{18}$ ) y actúan de diverso modo en el organismo. Algunos de ellos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos (p. ej. el benceno).
11. **Las partículas de hollín MP** (masa de partículas; inglés: particulate matter) Son generadas en su mayor parte por los motores diesel, se presentan en forma de hollín o cenizas. Los efectos que ejercen sobre el organismo humano todavía no están aclarados por completo.
- 12.

En Europa así como a nivel mundial, se han emitido decretos y disposiciones legales con miras a la reducción de las emisiones contaminantes que se expulsan al medio ambiente. Dentro de los sectores que contribuyen activamente a la contaminación atmosférica, está el sector del automóvil y en general el tráfico rodado en carretera. A raíz de ello, y motivada por las normativas más estrictas sobre las emisiones contaminantes en Europa y también EEUU, la industria del automóvil ha desarrollado tecnologías nuevas y mejoradas para reducir y evitar sustancias contaminantes en los gases de escape. En Europa y a nivel mundial se han tomado determinaciones y dictado normativas legales en los últimos años, con miras a reducir las emisiones de contaminantes en el aire. Existen las normativas europeas sobre emisiones contaminantes denominadas norma EURO y expresadas como "EU1" que han ido evolucionado hasta la "EU5" y las siguientes normativas que se aprobarán en el futuro. Estas normativas indican a la industria del automóvil los límites de las emisiones contaminantes para la homologación de nuevos modelos de vehículos.



|                |       | Masa de referencia (MR) (kg) | Valores límite de emisiones norma Euro 5 |     |                                   |    |                                         |    |                                   |     |                                                                                 |     |                         |     |
|----------------|-------|------------------------------|------------------------------------------|-----|-----------------------------------|----|-----------------------------------------|----|-----------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|
|                |       |                              | Masa de monóxido de carbono (CO)         |     | Masa total de hidrocarburos (HCT) |    | Masa de hidrocarburos no metanos (HCNM) |    | Masa de óxidos de nitrógeno (NOx) |     | Masa combinada total de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno totales (HCT + NOx) |     | Masa de partículas (MP) |     |
|                |       |                              | L <sub>1</sub> (mg/km)                   |     | L <sub>2</sub> (mg/km)            |    | L <sub>3</sub> (mg/km)                  |    | L <sub>4</sub> (mg/km)            |     | L <sub>2</sub> + L <sub>4</sub> (mg/km)                                         |     | L <sub>5</sub> (mg/km)  |     |
| Categoría      | Clase |                              | PI                                       | CI  | PI                                | CI | PI                                      | CI | PI                                | CI  | PI                                                                              | CI  | PI <sup>(2)</sup>       | CI  |
| M              | —     | Todos                        | 1000                                     | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>1</sub> | I     | MR ≤ 1305                    | 1000                                     | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
|                | II    | 1305 < MR ≤ 1760             | 1810                                     | 630 | 130                               | —  | 90                                      | —  | 75                                | 235 | —                                                                               | 295 | 5,0                     | 5,0 |
|                | III   | 1760 < MR                    | 2270                                     | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>2</sub> |       |                              | 2270                                     | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |

Clave: PI = encendido por chispa, CI = encendido por compresión

<sup>(1)</sup> Se establecerá una norma relativa al número lo antes posible y, a más tardar, tras la entrada en vigor de Euro 6.

<sup>(2)</sup> Las normas sobre normas de masa de partículas de los vehículos de encendido por chispa se aplican únicamente a los vehículos con motores de inyección directa.

|                |       | Masa de referencia (MR) (kg) | Valores límite de la norma Euro 6 |     |                                   |    |                                         |    |                                   |     |                                                                                 |     |                         |     |
|----------------|-------|------------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|----|-----------------------------------------|----|-----------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|
|                |       |                              | Masa de monóxido de carbono (CO)  |     | Masa total de hidrocarburos (HCT) |    | Masa de hidrocarburos no metanos (HCNM) |    | Masa de óxidos de nitrógeno (NOx) |     | Masa combinada total de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno totales (HCT + NOx) |     | Masa de partículas (MP) |     |
|                |       |                              | L <sub>1</sub> (mg/km)            |     | L <sub>2</sub> (mg/km)            |    | L <sub>3</sub> (mg/km)                  |    | L <sub>4</sub> (mg/km)            |     | L <sub>2</sub> + L <sub>4</sub> (mg/km)                                         |     | L <sub>5</sub> (mg/km)  |     |
| Categoría      | Clase |                              | PI                                | CI  | PI                                | CI | PI                                      | CI | PI                                | CI  | PI                                                                              | CI  | PI(²)                   | CI  |
| M              | —     | Todos                        | 1000                              | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>1</sub> | I     | MR ≤ 1305                    | 1000                              | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
|                | II    | 1305 < MR ≤ 1760             | 1810                              | 630 | 130                               | —  | 90                                      | —  | 75                                | 235 | —                                                                               | 295 | 5,0                     | 5,0 |
|                | III   | 1760 < MR                    | 2270                              | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>2</sub> |       |                              | 2270                              | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |

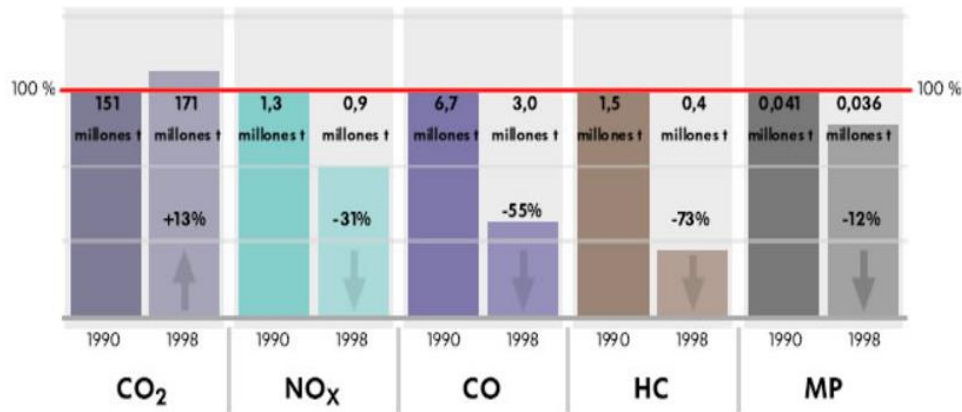
Clave: PI = encendido por chispa, CI = encendido por compresión

<sup>(1)</sup> Se establecerá una norma relativa al número lo antes posible y, a más tardar, tras la entrada en vigor de Euro 6.

<sup>(2)</sup> Las normas sobre normas de masa de partículas de los vehículos de encendido por chispa se aplican únicamente a los vehículos con motores de inyección directa.

La evolución de las cantidades emitidas de gases de escape (ver gráfica inferior) demuestra, que entre los años 1990 y 1998, se han reducido, gracias al cumplimiento por parte de los fabricantes de automóviles de las normativas de reducción de gases de escape. Los objetivos establecidos por la legislación han sido superados incluso en parte, y las reducciones seguirán continuando en los próximos años. Sin embargo, existe una excepción en esta evolución: el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> se hallan en una relación

directa con el consumo de combustible del vehículo. Si bien, las nuevas tecnologías han logrado reducir el consumo, por otro lado tenemos que el incremento del parque automovilístico y la tendencia a adquirir vehículos cada vez más potentes y pesados, han actuado en contra de la reducción de CO<sub>2</sub>.

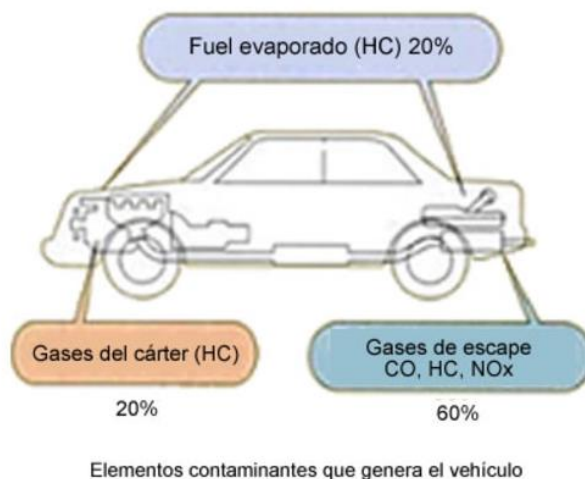


Grafica comparativa de los componentes de gases de escape emitidos entre los años 1990 - 98 en Alemania

## SISTEMAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES CONTAMINANTES DEL ESCAPE

Los perfeccionamientos obtenidos en la técnica de motores han llevado en los últimos años a mejores procesos de combustión y con ellos, a menores emisiones brutas. El desarrollo de sistemas electrónicos de control del motor ha hecho posible una inyección exacta de la cantidad de combustible necesaria y el ajuste preciso del punto de encendido, así como la optimización, en función del punto de funcionamiento de la activación de todos los componentes existentes (predispositivo de mariposa electrónico DV-E). Estos dos puntos han llevado, además de un aumento de la potencia de los motores, también a un claro mejoramiento de la calidad de los gases de escape.

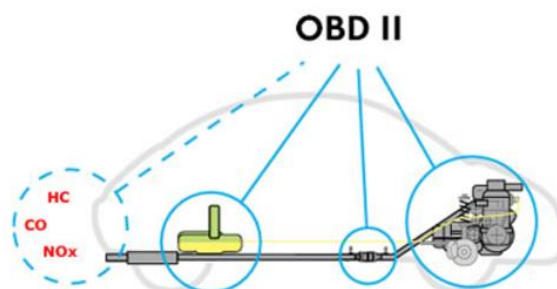
No hay que desatender tampoco las mejoras de la calidad en los combustibles. De acuerdo con el aumento constante de la potencia de los motores, son mayores las exigencias formuladas al combustible. El empleo de aditivos disminuye los sedimentos e incrustaciones durante la combustión en el cilindro, reduce las sustancias nocivas contenidas en los gases de escape e impide incrustaciones perjudiciales en el sistema de combustible. El cambio a combustible sin plomo constituyó un hito en el camino hacia gases de escape mas limpios de sustancias nocivas. Con estas medidas se han podido reducir las emisiones desde los años 1970 en un 80% aproximadamente. Pero únicamente gracias al tratamiento posterior de los gases de escape con el catalizador fue posible observar los valores limite exigidos por la legislatura.



Los sistemas de control de emisiones de escape han sido desarrollados para reducir los elementos contaminantes generados por el automóvil en el proceso de combustión. Dentro de los sistemas de control de emisiones destacan los siguientes:

- Control de la combustión (sonda Lambda).
- Sistema de ventilación positiva del Cárter (PCV).
- Sistema cerrado de control evaporativo (Canister).
- Sistema de recirculación de gases de escape (EGR).
- Sistema de inyección adicional de aire en el escape.
- Convertidor catalítico y Filtro de partículas

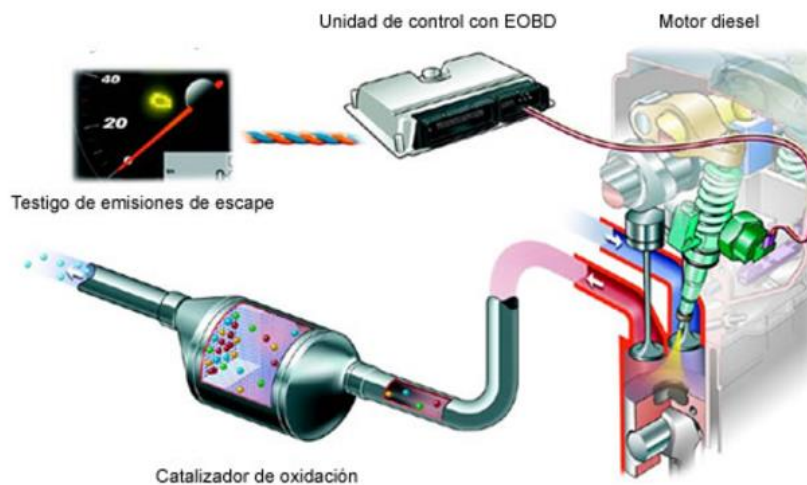
**SISTEMA DE DIAGNÓSTICO OBD (on board diagnostics).**- Lo más reciente para reducir la contaminación generada por los vehículos motorizados es el sistema de diagnóstico OBD (on board diagnostics), EOBD (European on board diagnostics), que se aplica a todos los modelos con motores diesel y gasolina. El EOBD es un sistema de diagnóstico integrado en la propia gestión del motor, cuya misión es vigilar todos aquellos componentes y sistemas que por avería o mal funcionamiento alteren las emisiones de gases de escape, establecidas para el funcionamiento del motor en condiciones normales. La principal novedad es la incorporación de un testigo de aviso, el cual indica al conductor la existencia de una anomalía en el motor, que provoca un aumento de las emisiones de gases, superiores a los límites establecidos. El OBD II representa una versión más actualizada y desarrollada del OBD I.



## OBJETIVOS DEL OBD II

- Vigilancia de todos los componentes importantes para la calidad de los gases de escape.
- Protección del catalizador ante su puesta en peligro.
- Aviso visual, si hay componentes relacionados con los gases de escape, que presentan fallos en el funcionamiento
- Memorización de las averías.
- Susceptibilidad de diagnóstico.

La información ofrecida por el OBD II y la actuación del testigo de aviso deben ser idénticas para todos los automóviles. Por otro lado, según la organización jurídica de cada país, también debe ser posible su consulta por organismos oficiales o talleres autorizados. Para ello se han estandarizado unos códigos de avería relacionados exclusivamente con el EOBD. Dichos códigos siguen la normativa SAE y son del tipo P0XXX. Otro dato importante del OBD II es la indicación del número de kilómetros recorridos por el vehículo, desde que se activa el testigo de aviso.



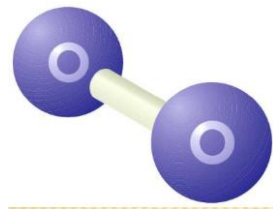


## 2.8 ANEXO 13

### 2.8.1 EL OXÍGENO

Es un gas incoloro, inodoro e insípido.

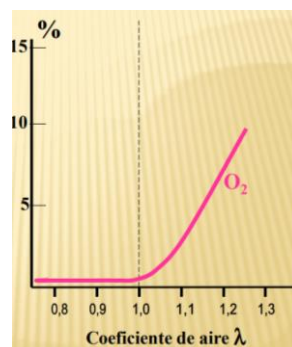
- Es el componente mas importante del aire que respiramos (21%).
- Se aspira a través del filtro de aire y es indispensable para la combustión en el motor.



### 3.6 OXÍGENO RESIDUAL (O2)

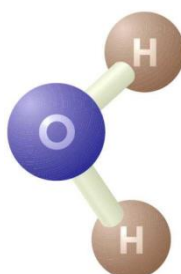
El oxígeno libre de los gases de escape se produce por exceso de aire en la mezcla. Siempre que se supere  $\lambda=1$ , se efectúa una marcada subida del contenido de oxígeno residual.

- Su estudio posibilita conocer la transición de mezcla rica a pobre, así como determinar faltas de estanqueidad en los sistemas de aspiración y escape, y fallos de combustión.



### 3.7 VAPOR DE AGUA (H2O)

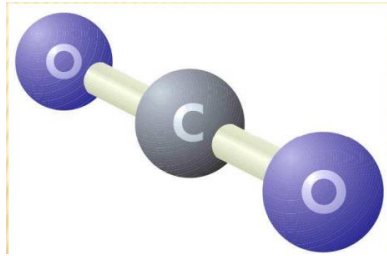
Es aspirado con el aire (humedad). • También se genera por condensación en la combustión “fría” durante la fase de calentamiento. • Es un componente inofensivo de los gases de escape.





## DIÓXIDO DE CARBONO(CO<sub>2</sub>)

• Es un gas no venenoso, incoloro inodoro y no combustible • Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (gasolina, gasoil). El carbono se combina durante esta operación con el oxígeno aspirado.



## 2.9 ANEXO 14

**Agua(H<sub>2</sub>O).**- Es aspirada en parte por el motor (humedad del aire) o se produce con motivo de la combustión “fría” (fase de calentamiento del motor). Es un subproducto de la combustión y es expulsado por el sistema de escape del vehículo, se lo puede visualizar sobre todo en los días mas fríos, como un humo blanco que sale por el escape, o en el caso de condensarse a lo largo del tubo, se produce un goteo. Es un componente inofensivo de los gases de escape.)

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

**Monóxido de carbono (CO).**- Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire que respiramos. En una concentración normal en el aire ambiental se oxida al corto tiempo, formando dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.

**Óxidos nítricos (NO<sub>x</sub>).**- Son combinaciones de nitrógeno N<sub>2</sub> y oxígeno O<sub>2</sub> (p. ej. NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O). Los óxidos de nitrógeno se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la combustión en el motor. El monóxido de nitrógeno (NO), es un gas incoloro, inodoro e insípido. Al combinarse con el oxígeno del aire, es transformado en dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), de color pardo rojizo y de olor muy penetrante, provoca una fuerte irritación de los órganos respiratorios. Las medidas destinadas a reducir el consumo de combustible suelen conducir lamentablemente a un ascenso de las concentraciones de óxidos nítricos en los gases de escape, porque una combustión más eficaz produce temperaturas más altas. Estas altas temperaturas generan a su vez una mayor emisión de óxidos nítricos.

**Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).**- El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso propicia las enfermedades de las vías respiratorias, pero interviene sólo en una medida muy reducida en los gases de escape. Es un gas incoloro, de olor penetrante, no combustible. Si se reduce el contenido de azufre en el combustible es posible disminuir las emisiones de dióxido de azufre.

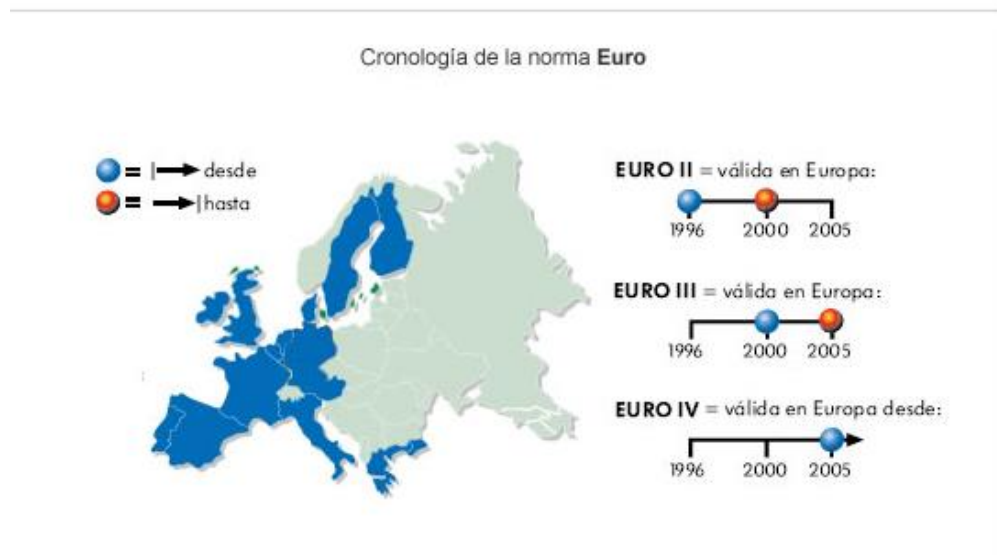
**Plomo (Pb).**- Ha desaparecido por completo en los gases de escape de los vehículos. En 1985 se emitían todavía a la atmósfera 3.000 t, debidas a la combustión de combustibles con plomo. El plomo en el combustible impedía la combustión detonante debida a la auto ignición y actuaba como una sustancia amortiguadora en los asientos de las válvulas. Con el empleo de aditivos ecológicos en el combustible sin plomo se han podido mantener casi idénticas las características antidetonantes.

**HC – Hidrocarburos.**-Son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta. La mala combustión puede ser debido a la falta

de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre), por lo que es conveniente ajustar la riqueza de la mezcla. Los hidrocarburos HC se manifiestan en diferentes combinaciones (p. ej.  $C_6H_6$ ,  $C_8H_{18}$ ) y actúan de diverso modo en el organismo. Algunos de ellos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos (p. ej. el benceno).

**Las partículas de hollín MP** (masa de partículas; inglés: particulate matter) Son generadas en su mayor parte por los motores diesel, se presentan en forma de hollín o cenizas. Los efectos que ejercen sobre el organismo humano todavía no están aclarados por completo.

**Evolución general.**-En Europa así como a nivel mundial, se han emitido decretos y disposiciones legales con miras a la reducción de las emisiones contaminantes que se expulsan al medio ambiente. Dentro de los sectores que contribuyen activamente a la contaminación atmosférica, esta el sector del automóvil y en general el tráfico rodado en carretera. A raíz de ello, y motivada por las normativas más estrictas sobre las emisiones contaminantes en Europa y también EEUU, la industria del automóvil ha desarrollado tecnologías nuevas y mejoradas para reducir y evitar sustancias contaminantes en los gases de escape. En Europa y a nivel mundial se han tomado determinaciones y dictado normativas legales en los últimos años, con miras a reducir las emisiones de contaminantes en el aire. Existen las normativas europeas sobre emisiones contaminantes denominadas norma EURO y expresadas como "EU1" que han ido evolucionado hasta la "EU5" y las siguientes normativas que se aprobaran en el futuro. Estas normativas indican a la industria del automóvil los límites de las emisiones contaminantes para la homologación de nuevos modelos de vehículos.



|                |       | Masa de referencia (MR) (kg) | Valores límite de la norma Euro 6 |     |                                   |    |                                         |    |                                   |     |                                                                                 |     |                         |     |
|----------------|-------|------------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|----|-----------------------------------------|----|-----------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|
|                |       |                              | Masa de monóxido de carbono (CO)  |     | Masa total de hidrocarburos (HCT) |    | Masa de hidrocarburos no metanos (HCNM) |    | Masa de óxidos de nitrógeno (NOx) |     | Masa combinada total de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno totales (HCT + NOx) |     | Masa de partículas (MP) |     |
|                |       |                              | L <sub>1</sub> (mg/km)            |     | L <sub>2</sub> (mg/km)            |    | L <sub>3</sub> (mg/km)                  |    | L <sub>4</sub> (mg/km)            |     | L <sub>2</sub> + L <sub>4</sub> (mg/km)                                         |     | L <sub>5</sub> (mg/km)  |     |
| Categoría      | Clase |                              | PI                                | CI  | PI                                | CI | PI                                      | CI | PI                                | CI  | PI                                                                              | CI  | PI <sup>(2)</sup>       | CI  |
| M              | —     | Todos                        | 1000                              | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>1</sub> | I     | MR ≤ 1305                    | 1000                              | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
|                | II    | 1305 < MR ≤ 1760             | 1810                              | 630 | 130                               | —  | 90                                      | —  | 75                                | 235 | —                                                                               | 295 | 5,0                     | 5,0 |
|                | III   | 1760 < MR                    | 2270                              | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>2</sub> |       |                              | 2270                              | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |

Clave: PI = encendido por chispa, CI = encendido por compresión

<sup>(1)</sup> Se establecerá una norma relativa al número lo antes posible y, a más tardar, tras la entrada en vigor de Euro 6.

<sup>(2)</sup> Las normas sobre normas de masa de partículas de los vehículos de encendido por chispa se aplican únicamente a los vehículos con motores de inyección directa.

|                |       | Masa de referencia (MR) (kg) | Valores límite de emisiones norma Euro 5 |     |                                   |    |                                         |    |                                   |     |                                                                                 |     |                         |     |
|----------------|-------|------------------------------|------------------------------------------|-----|-----------------------------------|----|-----------------------------------------|----|-----------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|
|                |       |                              | Masa de monóxido de carbono (CO)         |     | Masa total de hidrocarburos (HCT) |    | Masa de hidrocarburos no metanos (HCNM) |    | Masa de óxidos de nitrógeno (NOx) |     | Masa combinada total de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno totales (HCT + NOx) |     | Masa de partículas (MP) |     |
|                |       |                              | L <sub>1</sub> (mg/km)                   |     | L <sub>2</sub> (mg/km)            |    | L <sub>3</sub> (mg/km)                  |    | L <sub>4</sub> (mg/km)            |     | L <sub>2</sub> + L <sub>4</sub> (mg/km)                                         |     | L <sub>3</sub> (mg/km)  |     |
| Categoría      | Clase |                              | PI                                       | CI  | PI                                | CI | PI                                      | CI | PI                                | CI  | PI                                                                              | CI  | PI(²)                   | CI  |
| M              | —     | Todos                        | 1000                                     | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>1</sub> | I     | MR ≤ 1305                    | 1000                                     | 500 | 100                               | —  | 68                                      | —  | 60                                | 180 | —                                                                               | 230 | 5,0                     | 5,0 |
|                | II    | 1305 < MR ≤ 1760             | 1810                                     | 630 | 130                               | —  | 90                                      | —  | 75                                | 235 | —                                                                               | 295 | 5,0                     | 5,0 |
|                | III   | 1760 < MR                    | 2270                                     | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |
| N <sub>2</sub> |       |                              | 2270                                     | 740 | 160                               | —  | 108                                     | —  | 82                                | 280 | —                                                                               | 350 | 5,0                     | 5,0 |

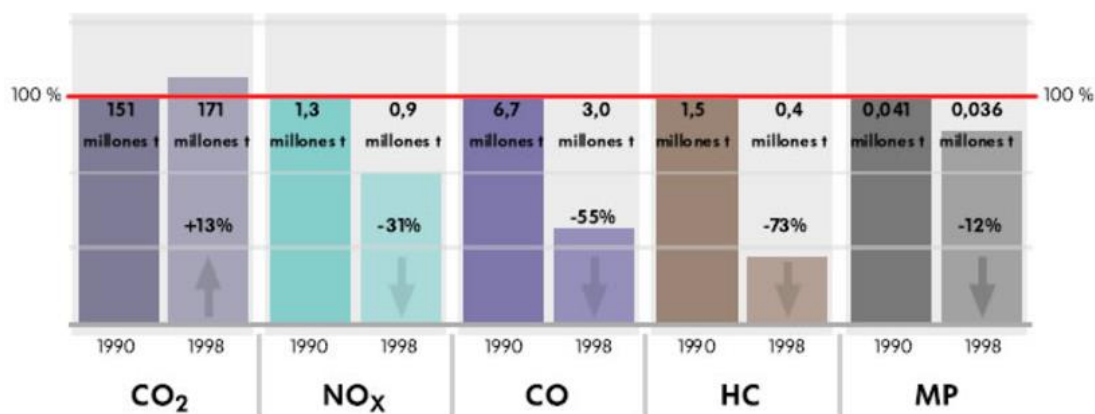
Clave: PI = encendido por chispa, CI = encendido por compresión

<sup>(1)</sup> Se establecerá una norma relativa al número lo antes posible y, a más tardar, tras la entrada en vigor de Euro 6.

<sup>(2)</sup> Las normas sobre normas de masa de partículas de los vehículos de encendido por chispa se aplican únicamente a los vehículos con motores de inyección directa.

La evolución de las cantidades emitidas de gases de escape (ver gráfica inferior) demuestra, que entre los años 1990 y 1998, se han reducido, gracias al cumplimiento por parte de los fabricantes de automóviles de las normativas de reducción de gases de escape. Los objetivos establecidos por la legislación han sido superados incluso en parte, y las reducciones seguirán continuando en los próximos años.

Sin embargo, existe una excepción en esta evolución: el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> se hallan en una relación directa con el consumo de combustible del vehículo. Si bien, las nuevas tecnologías han logrado reducir el consumo, por otro lado tenemos que el incremento del parque automovilístico y la tendencia a adquirir vehículos cada vez más potentes y pesados, han actuado en contra de la reducción de CO<sub>2</sub>.



Gráfica comparativa de los componentes de gases de escape emitidos entre los años 1990 - 98 en Alemania

## SISTEMAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES CONTAMINANTES DEL ESCAPE

Los perfeccionamientos obtenidos en la técnica de motores han llevado en los últimos años a mejores procesos de combustión y con ellos, a menores emisiones brutas. El desarrollo de sistemas electrónicos de control del motor ha hecho posible una inyección exacta de la cantidad de combustible necesaria y el ajuste preciso del punto de encendido, así como la optimización, en función del punto de funcionamiento de la activación de todos los componentes existentes (predispositivo de mariposa electrónico DV-E). Estos dos puntos han llevado, además de un aumento de la potencia de los motores, también a un claro mejoramiento de la calidad de los gases de escape.

No hay que desatender tampoco las mejoras de la calidad en los combustibles. De acuerdo con el aumento constante de la potencia de los motores, son mayores las exigencias formuladas al combustible. El empleo de aditivos disminuye los sedimentos e incrustaciones durante la combustión en el cilindro, reduce las sustancias nocivas contenidas en los gases de escape e impide incrustaciones perjudiciales en el sistema de combustible. El cambio a combustible sin plomo constituyó un hito en el camino hacia gases de escape mas limpios de sustancias nocivas. Con estas medidas se han podido reducir las emisiones desde los años 1970 en un 80% aproximadamente. Pero únicamente gracias al tratamiento posterior de los gases de escape con el catalizador fue posible observar los valores límite exigidos por la legislatura

## 2.10 ANEXO 15

### ➤ Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)



Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (p. ej. gasolina, gasoil). El carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado. Es un gas incoloro, no combustible.

El dióxido de carbono CO<sub>2</sub> a pesar de ser un gas no tóxico, reduce el estrato de la atmósfera terrestre que suele servir de protección contra la penetración de los rayos UV (la tierra se calienta). Las discusiones generales en torno a las alteraciones climatológicas (efecto “invernadero”), el tema de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha hecho consciente en la opinión pública.

### ➤ Monóxido de carbono (CO)



Se produce con motivo de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire que respiramos. En una concentración normal en el aire ambiental se oxida al corto tiempo, formando dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.

### ➤ Óxidos nítricos (NO<sub>x</sub>)



Son combinaciones de nitrógeno N<sub>2</sub> y oxígeno O<sub>2</sub> (p. ej. NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, ...). Los óxidos de nitrógeno se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la

- **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**



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

## 2.11 ANEXO 16

### 3.8 Preparación de la mezcla aire-combustible para el motor

Para que el motor de gasolina funcione adecuadamente, debe prepararse la mezcla de aire y combustible de manera adecuada. Esta mezcla comienza a formarse desde el punto donde se unen gasolina y aire, continua por el conducto de admisión, luego durante la carrera de admisión del pistón y termina durante la carrera de compresión, en la cual el calentamiento del aire debido al incremento de la presión (los gases se calientan cuando se comprimen) evapora la gasolina y la mezcla íntimamente con el aire. Químicamente hablando, existe una cantidad exacta de aire (que proporciona el oxígeno) para hacer la combustión de la gasolina sin que sobre ni aire ni combustible, esta cantidad se llama relación estequiométrica, y para las gasolinas comerciales, está entre 14 y 15 veces la cantidad de aire en peso, por la cantidad de gasolina, pero en la práctica, en el motor real no puede usarse esa relación porque parte del combustible saldría por el escape sin quemar, debido al escaso tiempo que tienen para encontrarse y reaccionar los miles de millones de moléculas de oxígeno, con las otras tantas de combustible. Ilustremos la situación de la combustión dentro del cilindro con el ejemplo siguiente.

Supongamos que vamos a un gran baile con 5000 mujeres (combustible), y 5000 hombres (aire), y que este; solo dure unos 30 minutos, la posibilidad de que todas las mujeres encuentren un hombre con quien bailar, es muy remota, y lo mas probable es que se acabe el baile, y todavía queden parejas sin formarse, no obstante, si la cantidad de hombres es mayor que la de mujeres, la probabilidad de que las féminas no encuentren pareja es mucho menor, aunque sobren hombres que no bailarán con nadie. Del mismo modo se hace en el motor de combustión interna, se introduce al cilindro mas aire del estequiométricamente necesario, para garantizar el quemado total del combustible cuando se quiere obtener gases de escape limpios de combustible sin quemar. Esta cantidad de exceso de aire no puede ser indiscriminada, ya que si es demasiado grande, parte de la energía de la gasolina se gasta calentando el aire sobrante, que luego es desechada por el escape reduciendo la potencia y eficiencia del motor, de manera que hay un óptimo que los dispositivos de preparación de la mezcla tratan de seguir lo mejor posible.

- 1.- Para obtener la máxima potencia se usa algo menos de aire que el necesario.
- 2.- Para obtener la menor producción de gases tóxicos por el escape se una con mas aire del necesario.



Esta proporción puede variar desde el 95 al 125% de la cantidad de aire estequiométrico.

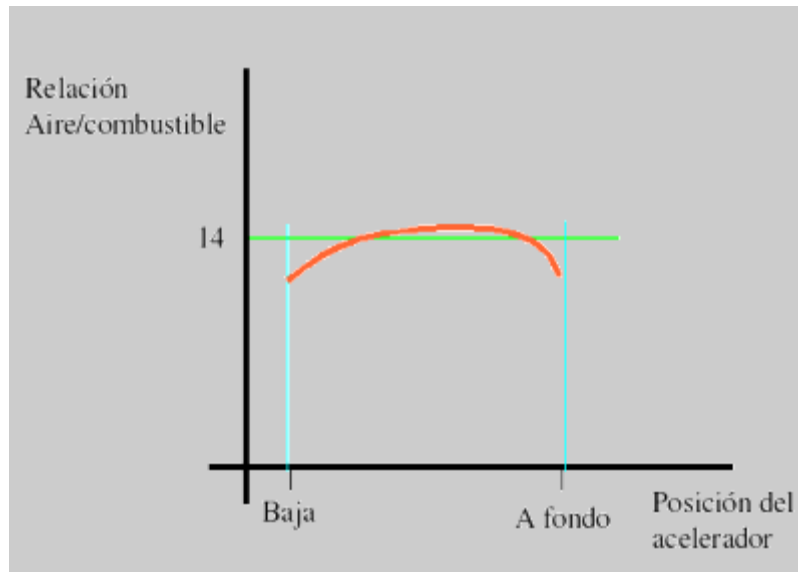


Figura 1. Como debe ser la composición de la mezcla aire-gasolina óptima para el motor.

Es bueno aclarar aquí, que para la marcha en vacío (ralentí) o "en baja", resulta necesario usar una mezcla rica en gasolina si se quiere un trabajo estable del motor, por tal motivo este es el régimen mas contaminante del motor, y es el clásico problema de contaminación durante congestión de vehículos en las vías, en las grandes ciudades. Lo mismo sucede cuando el acelerador se pisa a fondo para obtener potencia elevada; por ejemplo para adelantar otro vehículo, aquí también debe usarse una mezcla pobre el aire (óptimo para gran potencia). Un gráfico genérico de como debe ser la mezcla para un motor de automóvil real es como se muestra en la figura 1: Observe que para la marcha en vacío la mezcla se enriquece, haciéndose menor la cantidad de aire (relación aire/combustible disminuye). Luego se establece para los regímenes de trabajo normales del motor a niveles muy próximos a la mezcla óptima (posiciones intermedias del acelerador), para enriquecerse después cuando el motor marcha a gran potencia (acelerador cerca del máximo).

## 2.13 ANEXO 17

### 3.9 Preparación de la mezcla aire-combustible para el motor

Para que el motor de gasolina funcione adecuadamente, debe prepararse la mezcla de aire y combustible de manera adecuada. Esta mezcla comienza a formarse desde el punto donde se unen gasolina y aire, continua por el conducto de admisión, luego durante la carrera de admisión del pistón y termina durante la carrera de compresión, en la cual el calentamiento del aire debido al incremento de la presión (los gases se calientan cuando se comprimen) evapora la gasolina y la mezcla íntimamente con el aire. Químicamente hablando, existe una cantidad exacta de aire (que proporciona el oxígeno) para hacer la combustión de la gasolina sin que sobre ni aire ni combustible, esta cantidad se llama relación estequiométrica, y para las gasolinas comerciales, está entre 14 y 15 veces la cantidad de aire en peso, por la cantidad de gasolina, pero en la práctica, en el motor real no puede usarse esa relación porque parte del combustible saldría por el escape sin quemar, debido al escaso tiempo que tienen para encontrarse y reaccionar los miles de millones de moléculas de oxígeno, con las otras tantas de combustible. Ilustremos la situación de la combustión dentro del cilindro con el ejemplo siguiente.

Supongamos que vamos a un gran baile con 5000 mujeres (combustible), y 5000 hombres (aire), y que este; solo dure unos 30 minutos, la posibilidad de que todas las mujeres encuentren un hombre con quien bailar, es muy remota, y lo mas probable es que se acabe el baile, y todavía queden parejas sin formarse, no obstante, si la cantidad de hombres es mayor que la de mujeres, la probabilidad de que las féminas no encuentren pareja es mucho menor, aunque sobren hombres que no bailarían con nadie. Del mismo modo se hace en el motor de combustión interna, se introduce al cilindro mas aire del estequiométricamente necesario, para garantizar el quemado total del combustible cuando se quiere obtener gases de escape limpios de combustible sin quemar. Esta cantidad de exceso de aire no puede ser indiscriminada, ya que si es demasiado grande, parte de la energía de la gasolina se gasta calentando el aire sobrante, que luego es desechada por el escape reduciendo la potencia y eficiencia del motor, de manera que hay un óptimo que los dispositivos de preparación de la mezcla tratan de seguir lo mejor posible.

- 1.- Para obtener la máxima potencia se usa algo menos de aire que el necesario.
- 2.- Para obtener la menor producción de gases tóxicos por el escape se usa con más aire del necesario.

Esta proporción puede variar desde el 95 al 125% de la cantidad de aire estequiométrico.

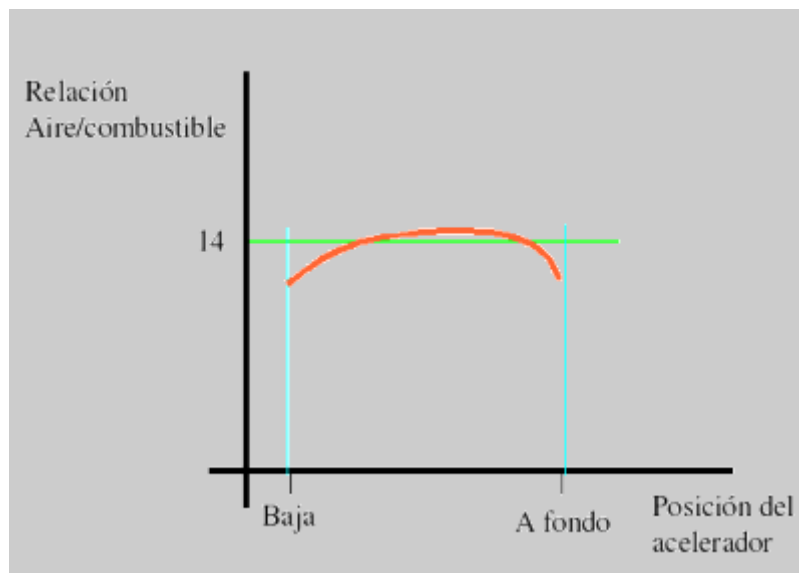


Figura 1. Como debe ser la composición de la mezcla aire-gasolina óptima para el motor.

Es bueno aclarar aquí, que para la marcha en vacío (ralentí) o "en baja", resulta necesario usar una mezcla rica en gasolina si se quiere un trabajo estable del motor, por tal motivo este es el régimen mas contaminante del motor, y es el clásico problema de contaminación durante congestión de vehículos en las vías, en las grandes ciudades. Lo mismo sucede cuando el acelerador se pisa a fondo para obtener potencia elevada; por ejemplo para adelantar otro vehículo, aquí también debe usarse una mezcla pobre en aire (óptimo para gran potencia). Un gráfico genérico de como debe ser la mezcla para un motor de automóvil real es como se muestra en la figura 1:

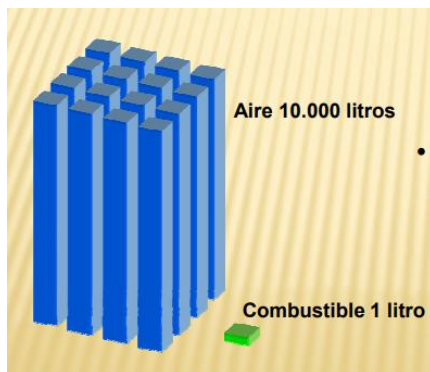
Observe que para la marcha en vacío la mezcla se enriquece, haciéndose menor la cantidad de aire (relación aire/combustible disminuye). Luego se establece para los regímenes de trabajo normales del motor a niveles muy próximos a la mezcla óptima (posiciones intermedias del acelerador), para enriquecerse después cuando el motor marcha a gran potencia (acelerador cerca del máximo).

## 2.14 ANEXO 18

### 3.10 MEZCLA AIRE COMBUSTIBLE

- La química demuestra, mediante cálculos, que para que 1 gramo de gasolina se oxide perfectamente (combustión), necesita la aportación de 14,7 gramos de aire.

Relación estequiométrica o ideal 14,7: 1



En otras palabras, esto significa que para quemar un litro de gasolina se necesitan aproximadamente 10.000 litros de aire.

### 3.11 COEFICIENTE DE AIRE

**Lambda ( $\lambda$ ) =  $\frac{\text{Volumen aire aspirado}}{\text{Necesidad teórica de aire}}$**

**$\lambda = 1$**  { Mezcla estequiométrica.  
El volumen de aire aspirado corresponde con el teórico.

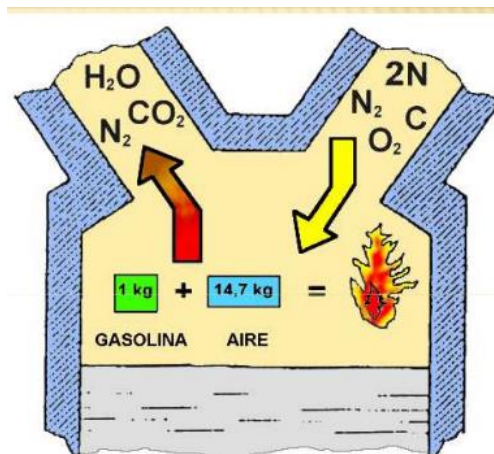
**$\lambda < 1$**  { Hay déficit de aire. Mezcla rica  
Con déficit de aire del 5% al 15% ( $\lambda = 0,85 \dots 0,95$ ) se obtiene potencia máxima, pero un mayor consumo.

**$\lambda > 1$**  { Hay exceso de aire. Mezcla pobre.  
Con exceso de aire del 5% al 10% ( $\lambda = 1,05 \dots 1,3$ ) se obtienen consumos mínimos, pero también una caída de potencia.

**$\lambda > 1,3$  y  $\lambda < 0,8$  Mezcla no inflamable**

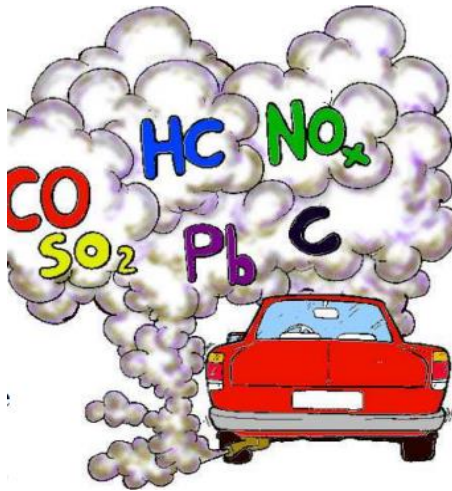
### 3.12 EMISIONES POR EL ESCAPE

- Los gases de escape que se producen en una combustión ideal y teórica (perfecta), no son nocivos, debido a que la misma combustión no genera residuos, sino solamente dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y agua H<sub>2</sub>O.

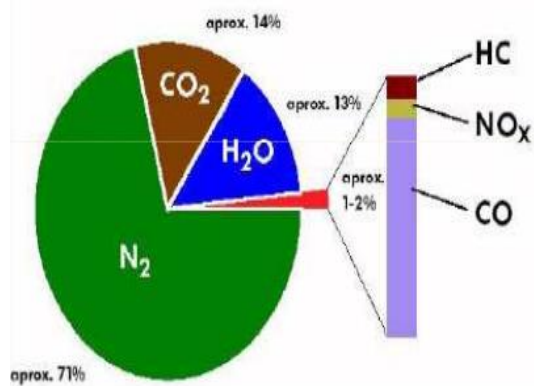


En los motores, la combustión perfecta no llega a realizarse por distintos motivos:

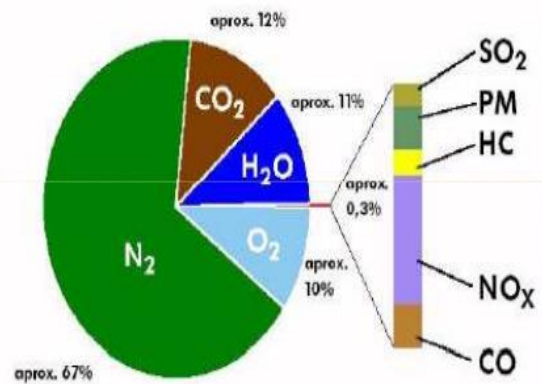
- Las exigencias del motor solicitan variaciones continuas de la relación aire/combustible.
- Los elevados regímenes de rotación reducen el tiempo disponible para la terminación de las reacciones químicas.
- La elevada temperatura de la combustión, genera NO<sub>x</sub>, que además de ser contaminantes, absorben el oxígeno necesario para completar la combustión



## Motor de gasolina



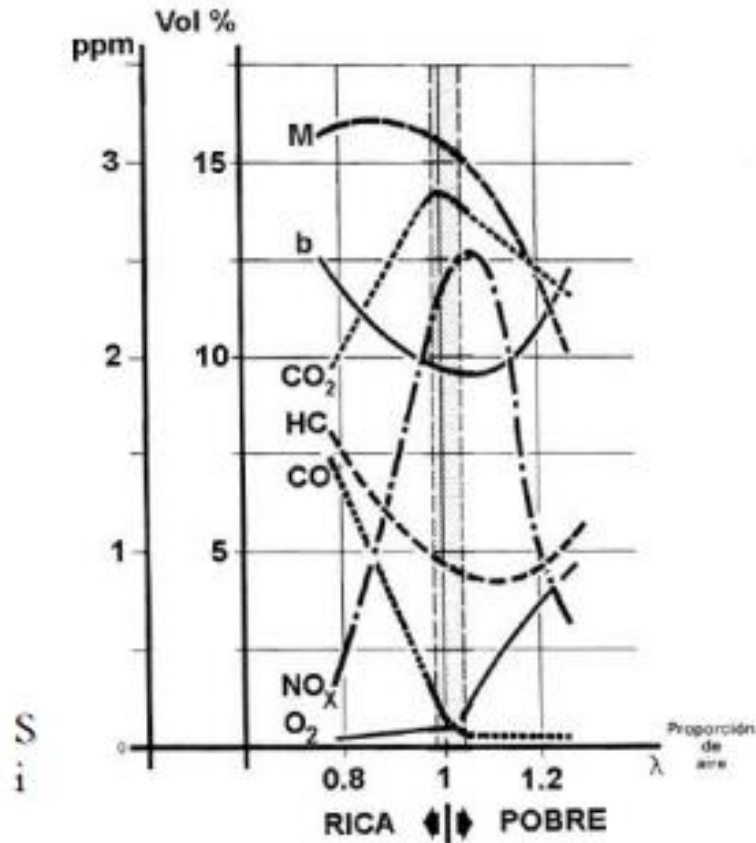
## Motor Diesel



## 2.15 ANEXO 19

### 2.15.1 EMISIONES POR EL ESCAPE

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

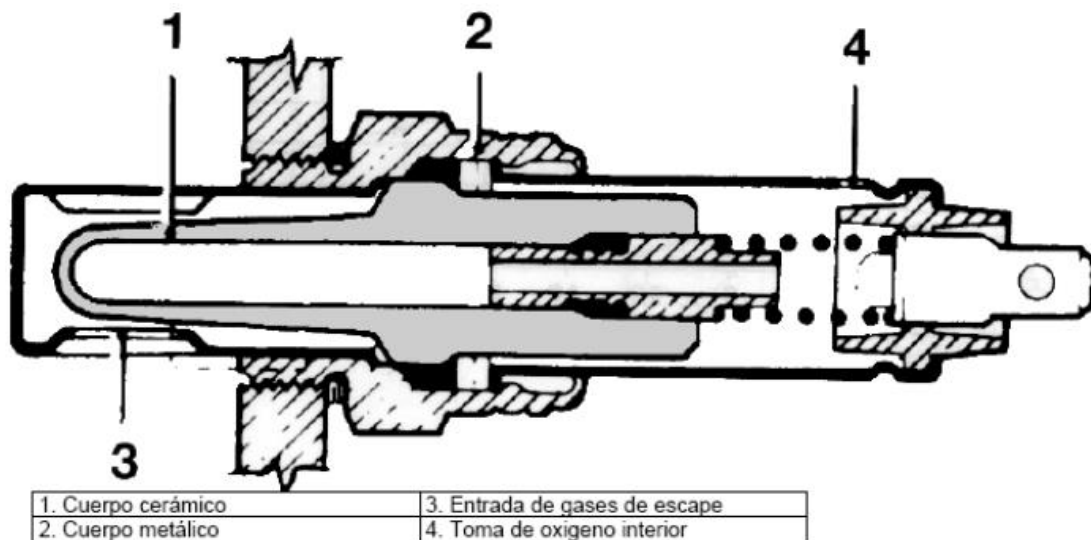


$$\lambda = \frac{\text{Aire.rea.admitido}}{\text{Aire.teorico.necesario}}$$

$\lambda=1$  significa que estamos usando el aire teóricamente necesario, es decir 14,7 Kg. aire/ 1 Kg. de gasolina. Si  $\lambda>1$  la mezcla es pobre Si  $\lambda<1$

### MEDIDAS ADOPTADAS PARA LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE ESCAPE

#### SONDA LAMBDA



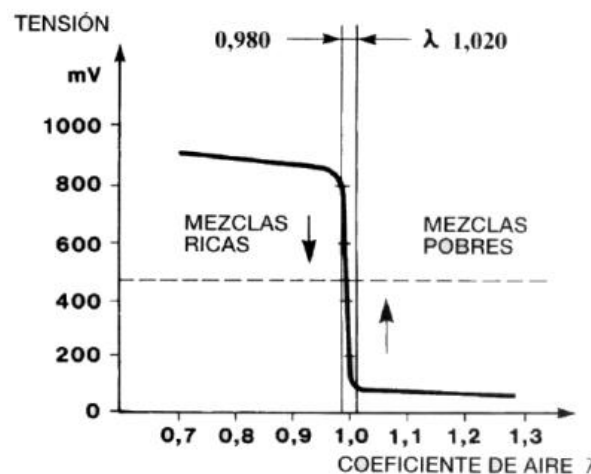
Es el elemento mas importante de un vehiculo en lo que se refiere al control sobre gases contaminantes junto con el catalizador. Cuando el valor de  $\lambda=1$  se ha comprobado que la contaminación es la menor. Funciona comprando la cantidad de oxigeno presente en los gases de escape con el oxigeno del aire exterior. La diferencia de concentración de oxigeno entre estas dos medidas se traduce en el sensor en una señal de voltaje proporcional a esa medida. Esta compuesta por una capsula de óxido de circonio. Esta capsula por su parte exterior esta en contacto con los gases de escape y por su parte interior lo esta con el aire exterior y por su parte interior lo está con el aire exterior. Su funcionamiento optimo se produce cuando se encuentra a una temperatura de unos 300°C.



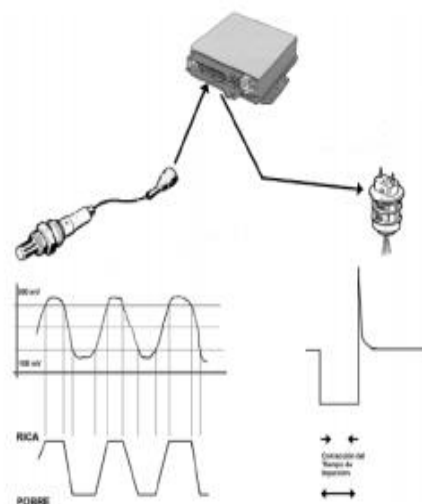
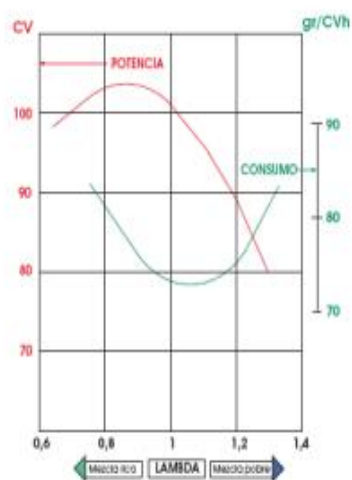
$$\lambda = \frac{\text{Peso real de aire consumido por Kg de gasolina}}{\text{Peso teórico de aire que se debería consumir por Kg. de gasolina}} = \frac{X}{14,7}$$

| Casos según mezcla real (x) |            |                 |           |
|-----------------------------|------------|-----------------|-----------|
| X                           | Aire       | Mezcla          | $\lambda$ |
| <14,7                       | Defecto    | Rica            | <1        |
| =14,7                       | Equilibrio | Estequiométrica | =1        |
| >14,7                       | Exceso     | Pobre           | >1        |

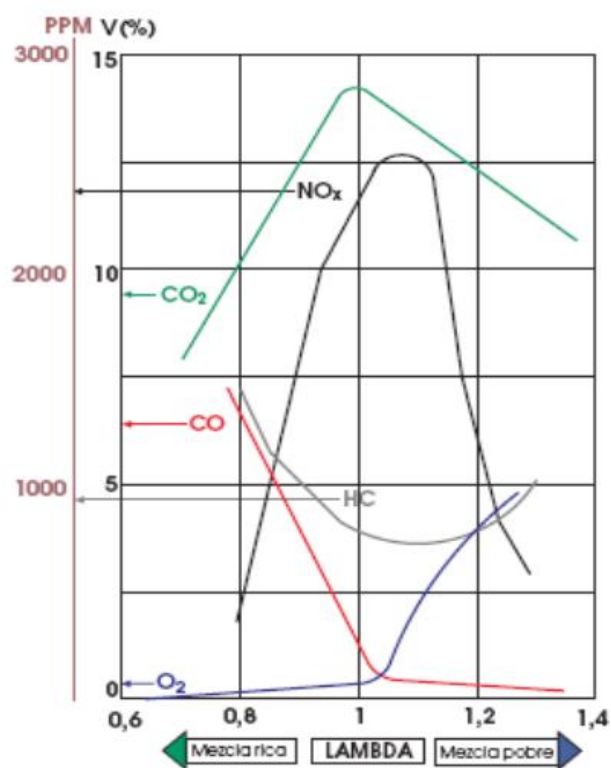
| Mezcla | %           | Consecuencias                                                                          |
|--------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Rica   | <0,75       | El motor se ahoga y la mezcla no inflama por lo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



La tensión que genera varía de 100mV a 900mV dependiendo de la composición de los gases tal y como se ve en la figura. Esta tensión se aplica a la UEC por su correspondiente pin. La UEC en función de este valor realiza un ajuste del tiempo de inyección para que la combustión se realice siempre en las proximidades de una  $\lambda=1$ . En la curva inferior vemos la curva de potencia y consumo en función de Lambda para un motor genérico



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



## La culata. Verificación y controles

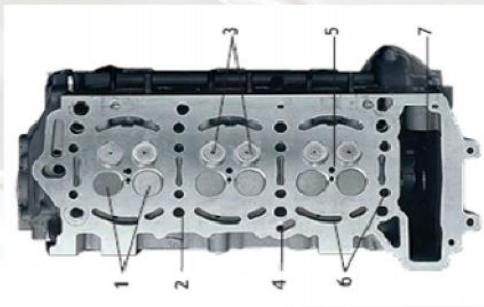
### 1. Introducción a la culata

#### DESCRIPCIÓN

La culata es la parte del motor que cierra los cilindros por su parte superior, se une al bloque mediante tornillo y, para hacer estanca la unión, se intercala la junta de culata.

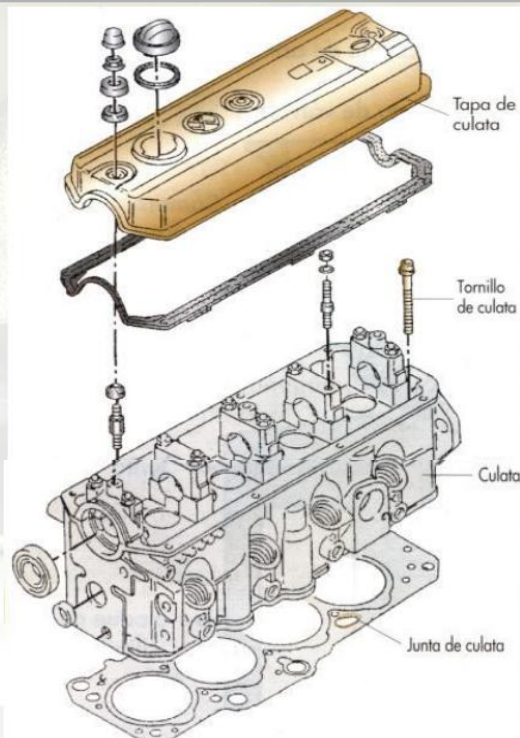
Es una pieza compleja en cuanto a su diseño y fabricación ya que ha de poseer una elevada resistencia a pesar de sus forma irregulares y de que contiene cantidad de conductos, orificios y taladros roscados.

En ella se forman las cámaras de combustión, las cámaras para el líquido de refrigeración y los conductos de admisión y escape. Además, sobre la culata se montan las válvulas, los colectores de admisión y escape, el árbol de levas, bujías, inyectores, etc.



7.1. Detalles de una culata.

## La culata. Verificación y controles



### **La culata. Verificación y controles**



Las funciones que desempeña la culata tienen por lo tanto la gran relevancia correspondiente:

- Absorción de fuerzas
- Alojamiento del mecanismo de válvulas
- Alojamiento de los canales para el cambio de carga
- Alojamiento de las bujías
- Alojamiento de canales para el transporte de refrigerantes y lubricantes
- Limitación del cilindro por la parte superior
- Disipación del calor al líquido refrigerante
- Alojamiento de grupos auxiliares y sensores.

### **La culata. Verificación y controles**

De sus tareas se desprenden los siguientes esfuerzos:

- Fuerzas de gases, que se registran del atornillamiento de la culata
- Par de giro del árbol de levas
- Fuerzas de apoyo del alojamiento del árbol de levas.

El proceso de combustión que se desarrolla dentro del cilindro ejerce sobre la culata la misma fuerza que sobre el pistón.

### **La culata. Verificación y controles**

Los siguientes factores influyen sustancialmente en la forma de la culata:

- Número y posición de las válvulas
- Número y posición del árbol de levas
- Número y posición de las bujías
- Forma de los canales para el intercambio de gases.



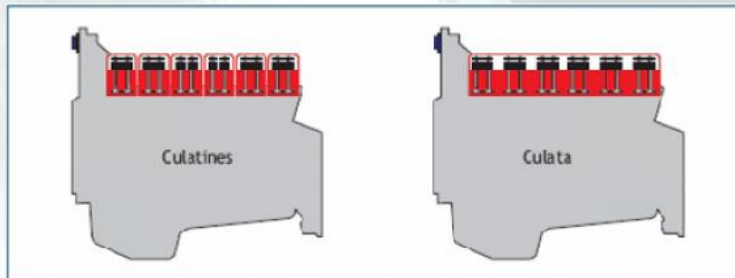
## La culata. Verificación y controles

### 2. Tipos de culatas

#### Número de elementos

Se dice que una culata es de una sola pieza, cuando consta básicamente de un único gran elemento de fundición.

Las culatas compuestas están formadas por varios elementos sueltos.



7.2. Diferencia entre culatines y culata.

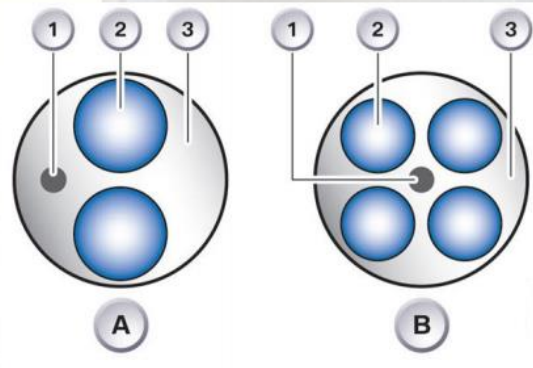


7.3. Culata refrigerada por el aire.

## La culata. Verificación y controles

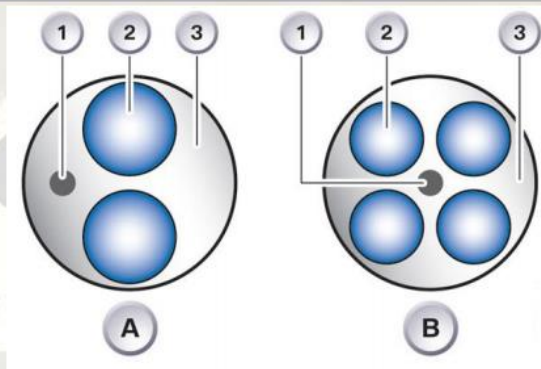
### Número de válvulas

Habitualmente los motores de cuatro tiempos de los primeros años tenían dos válvulas por cilindro. Una válvula de escape y otra de aspiración. Desde hace ya algunos años hay tendencia hacia los conceptos de válvulas múltiples, ya que mejoran el cambio de carga y permiten un mayor llenado de la cámara de combustión.



Esta es la comparación entre una cubierta de la cámara de combustión con dos y con cuatro válvulas. El diámetro de la válvula cuando hay dos válvulas es mayor, pero la superficie total de válvulas y con ello también la sección de flujos es claramente mayor cuando hay cuatro válvulas.

## La culata. Verificación y controles



Parte de la superficie de válvula de la culata de la cámara de combustión:

Una culata con cuatro válvulas permite por un lado una disposición central de las bujías de encendido en la culata de la cámara de combustión. Esto ofrece la ventaja de recorridos cortos de llama en la cámara de combustión.

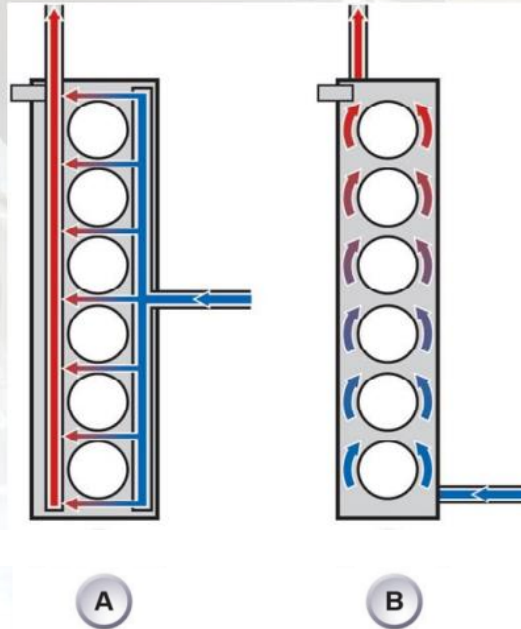
Con un mayor número de válvulas la estructura de la culata se torna mucho más compleja. También hay culatas con tres o cinco válvulas por cilindro en serie. En motores de carreras habían incluso de seis válvulas.

## La culata. Verificación y controles

### Concepto de refrigeración

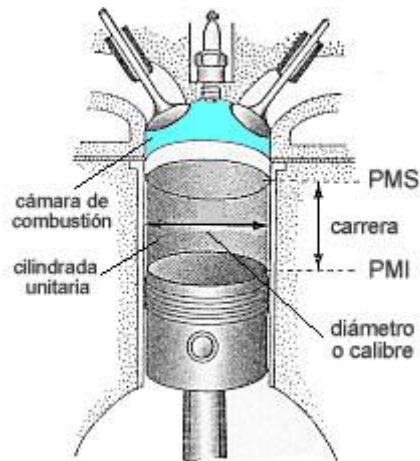
En realidad el tema de la refrigeración se tratará en un capítulo aparte. Sin embargo las culatas pueden diferenciarse según sea su tipo de refrigeración, puesto que hay conceptos constructivos diferentes.

- Refrigeración de corriente transversal
- Refrigeración de corriente longitudinal
- Combinación de ambas.



## 2.17 ANEXO 21

### Relación de compresión



La **relación de compresión** en un motor de combustión interna es el número que permite medir la proporción en que se ha comprimido la mezcla de aire-combustible (Motor Otto) o el aire (Motor Diésel) dentro de la cámara de combustión de un cilindro. Para calcular su valor teórico se utiliza la fórmula siguiente:

$$RC = \frac{\frac{\pi}{4} * d^2 * s + V_c}{V_c}$$

- d = diámetro del cilindro.
- s = carrera del pistón desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior
- V<sub>c</sub> = volumen de la cámara de combustión.
- RC = es la relación de compresión y es adimensional.

Independientemente al número de cilindros, la fórmula se aplica a uno solo. Ejemplo: un motor de cuatro cilindros en línea (4L) con 1.4 litros de desplazamiento, se divide el desplazamiento entre el número de cilindros (1 400 cc / 4 = 350 cc). A este valor se le suma el volumen de la cámara ( 350 cc + 40 cc = 390 cc y se divide por el volumen de la cámara (390 cc / 40 cc = 9.75). La relación de compresión de este motor es de 9.75:1. O sea, la mezcla se comprime en la cámara 9.75 veces.

La relación de compresión es uno de los factores que influyen en el funcionamiento de un motor de combustión interna, que a su vez actúa sobre el **rendimiento térmico** de este motor. El rendimiento térmico, para decirlo de forma sencilla, es la forma en que ese motor aprovecha de la mejor manera posible la energía proveniente de la combustión de la **mezcla aire-combustible**.



### 3. MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1 ANEXO 22

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - 11

##### MOTORIZACIONES Y CAJAS DE CAMBIOS

| Modelos<br>Tipos variantes versiones | GASOLINA                         |                           |                           |                               |                           |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|                                      | 2CHFX<br>2AHFX<br>2SHFX<br>2EHFX | 2CK6D<br>2AK6D            | 2CKFW<br>2AKFW<br>2EKFW   | 2CKFU<br>2AKFU<br>2EKFU       | 2HKFU<br>2KKFU            |
| <b>MOTORES</b>                       | <b>1,1 litros</b>                | <b>1,4 litros</b>         | <b>1,4 litros</b>         | <b>1,4 litros 16V</b>         |                           |
| Cilindrada (cm <sup>3</sup> )        | 1 124                            | 1 360                     | 1 360                     | 1 360                         |                           |
| Diámetro x carrera (mm)              | 72 x 69                          | 75 x 77                   | 75 x 77                   | 75 x 77                       |                           |
| Potencia máxima norma CEE (kW)       | 44,1                             | 55                        | 55                        | 65                            |                           |
| Régimen de potencia máxima (r.p.m.)  | 5 500                            | 5 500                     | 5 500                     | 5 250                         |                           |
| Par máximo norma CEE (Nm)            | 94                               | 118                       | 120                       | 135                           |                           |
| Régimen de par máximo (r.p.m.)       | 2 700                            | 2 800                     | 2 800                     | 3 250                         |                           |
| Carburante                           | Sin plomo                        | Con plomo autorizado      | Sin plomo                 | Sin plomo                     |                           |
| Catalizador                          | Si                               | No                        | Si                        | Si                            |                           |
| <b>Caja de cambios</b>               | Manual<br>(5 velocidades)        | Manual<br>(5 velocidades) | Manual<br>(5 velocidades) | Automática<br>(4 velocidades) | Manual<br>(5 velocidades) |
| <b>Capacidad aceite (en litros)</b>  |                                  |                           |                           |                               |                           |
| Motor (con cambio del filtro)        | 3,2 (2) - 3,4 (3)                | 3 (2) - 3,25 (3)          | 3 (2) - 3,25 (3)          | 3 (2) - 3,25 (3)              | 3 (2) - 3,5 (3)           |
| Caja de cambios-diferencial          | 2                                | 2                         | 2                         | -                             | 2                         |

(2) Vaciado por gravedad - (3) Vaciado por aspiración

### 3.2 ANEXO 23

#### FUGAS DE AGUA OJO CON LA CULATA

En la mayoría de motores el elemento que retira la alta temperatura de la combustión es el agua. Como fluido imprescindible para el correcto funcionamiento, su presencia es estrictamente necesaria para evitar daños irreparables a la máquina.

Por tal motivo, a la primera señal de fuga se debe declarar el estado de alerta mecánica, revisar con precaución el nivel de agua del vaso recuperador e ir rápidamente al taller.

Sin embargo, sucede con frecuencia que el diagnóstico apresurado indica el cambio de una manguera o de la tapa del radiador, pero la avería puede estar dentro del motor.

El empaque de la culata es una pieza elaborada de materiales resistentes a las temperaturas y a las presiones internas del motor, que tiene como función permitir el paso del aceite que lubrica las válvulas y el eje de levas mientras evita que el agua que refrigera tanto la culata como el bloque se ponga en contacto con el aceite, además de mantener la presión de la cámara de combustión.

Cuando este empaque se daña ocurren varios acontecimientos que pueden ser aislados o simultáneos: - El agua y el aceite se ponen en contacto, con lo que el lubricante pierde sus propiedades y se pone en peligro las superficies internas del motor.

- Aunque la principal causa del daño de este empaque es el recalentamiento, el derrame de agua dentro del motor termina por imposibilitar la transferencia de calor.

- A veces sucede que el daño del empaque no es tan grave como para provocar la emulsión de agua y aceite, sino que parte de la compresión de la máquina comienza a escaparse por las galerías de refrigeración.

Cuando esto sucede, esa inyección de gas a presión se va por las mangueras y termina por perforarlas.

Es en ese momento cuando los mecánicos inexpertos se devanan el cerebro cambiando innecesariamente piezas y cobrando por arreglos que no llevan a ninguna solución.

Para arreglar estas averías, el único camino válido es cambiar el empaque de la culata, no sin antes investigar las causas por las cuales se produjo el recalentamiento y su posterior daño.

### 3.3 ANEXO 24

**TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)**

| Año modelo           | % Co <sup>a</sup>     |                          | ppm HC <sup>a</sup>   |                          |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                      | 0 - 1500 <sup>b</sup> | 1500 - 3000 <sup>b</sup> | 0 - 1500 <sup>b</sup> | 1500 - 3000 <sup>b</sup> |
| 2000 y posteriores   | 1,0                   | 1,0                      | 200                   | 200                      |
| 1990 a 1999          | 3,5                   | 4,5                      | 650                   | 750                      |
| 1989 y anteriores    | 5,5                   | 6,5                      | 1000                  | 1200                     |
| <sup>a</sup> Volumen |                       |                          |                       |                          |

### 4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

**TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina**

(prueba dinámica) (ciclos americanos  
FTP-75, g/mi)

| Categoría              | 50,000 millas/5 años |      |      |             | 100,000 millas/10 años <sup>a</sup> |      |      |             |
|------------------------|----------------------|------|------|-------------|-------------------------------------|------|------|-------------|
|                        | CO                   | THC  | NMHC | NOx<br>g/mi | CO                                  | THC  | NMHC | NOx<br>g/mi |
| Vehículos de pasajeros | 3,4                  | 0,41 | 0,25 | 0,4         | 4,2                                 | -    | 0,31 | 0,6         |
| LLDT, LVW < 3750 lbs   | 3,4                  | -    | 0,25 | 0,4         | 4,2                                 | 0,80 | 0,31 | 0,6         |
| LLDT, LVW > 3750 lbs   | 4,4                  | -    | 0,32 | 0,7         | 5,5                                 | 0,80 | 0,40 | 0,97        |

|                                                                                                                                                                                                               |     |      |  |     |     |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|--|-----|-----|------|------|------|
| HLDT, ALVW < 5750<br>lbs                                                                                                                                                                                      | 4.4 | 0.22 |  | 0.7 | 6.4 | 0.80 | 0.46 | 0.08 |
| HLDT, ALVW > 5750<br>lbs                                                                                                                                                                                      | 5.0 | 0.29 |  | 1.1 | 7.2 | 0.80 | 0.56 | 1.52 |
| <sup>a</sup> Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDT, THC y LDT.<br><br>Abreviaturas:<br><br>PBV      Peso bruto vehicular<br><br>LVW      Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs) |     |      |  |     |     |      |      |      |

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

**TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina**  
**(prueba dinámica 8/69/CE)**

| Categoría                                                            | Clase | Peso de referencia (PR)<br>kg | CO<br>g/km | HC<br>g/km | HC + NOx<br>g/km | NOx  | Ciclo de prueba                              |
|----------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------|------------|------------|------------------|------|----------------------------------------------|
| M <sup>a</sup>                                                       | -     | Todas                         | 2,3        | 0,2        | -                | 0,15 | ECE + EUDC<br>(también conocido como MVEG-A) |
| N1 <sup>b</sup>                                                      | I     | PR < 1 305                    | 2,3        | 0,2        | -                | 0,15 |                                              |
|                                                                      | II    | 1 350 < PR ≤ 1 760            | 4,17       | 0,25       | -                | 0,18 |                                              |
|                                                                      | III   | 1 760 < PR                    | 5,22       | 0,29       | -                | 0,21 |                                              |
| <sup>a</sup> Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg. |       |                               |            |            |                  |      |                                              |

### 3.4 ANEXO 25

#### FSA 740: SISTEMA DE ANÁLISIS VEHICULAR UNIVERSAL CON PRUEBA DE SENSORES

FSA 740: El sistema universal de diagnóstico para un trabajo efectivo en el taller Solo con el FSA de Bosch: El generador de señales hace posible la prueba de sensores incluyendo cables y conexiones cuando están instalados. Para una exacta localización de la falla: Tecnología de medición y despliegue en el monitor para el componente respectivo, el cual es probado de una forma rápida y sin necesidad de removerlo. Análisis de motores: El módulo de medición del FSA, con su extensa variedad de sensores, puede realizar todas las funciones de medición de señales relacionadas con el motor de los analizadores de motores clásicos como señales de encendido primario y secundario, velocidad, sincronización del cilindro N° 1 y momento de encendido. Diagnóstico de ECU (Unidades de control): El escáner KTS 540 inalámbrico realiza la lectura de la memoria de errores en el sistema electrónico del vehículo. Diseño de sistema modular: Adaptable a los sistemas de diagnóstico existentes y expandible a un sistema completo de prueba para el taller. Sistema de PC con componentes individuales óptimamente conjuntados Además del módulo de medición FSA y el equipamiento de sensores, el FSA 740 también incluye una PC de alto rendimiento con un monitor de pantalla plana TFT, control remoto e impresora.

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Diagnóstico de ECU</b><br>Instrucciones de localización de averías con el extenso software de taller ESI[tronic] <sup>1</sup>                                                                                                              |  |
|  | <b>Generador de señales</b><br>Para simulación de señales de sensores.<br><b>Prueba de componentes</b><br>Prueba de componentes eléctricos y electrónicos.<br><b>Prueba de motores</b><br>Para medición de señales relacionadas con el motor. |                                                                                      |
| <sup>1</sup> ESI[tronic] requiere suscripción.                                      |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                      |

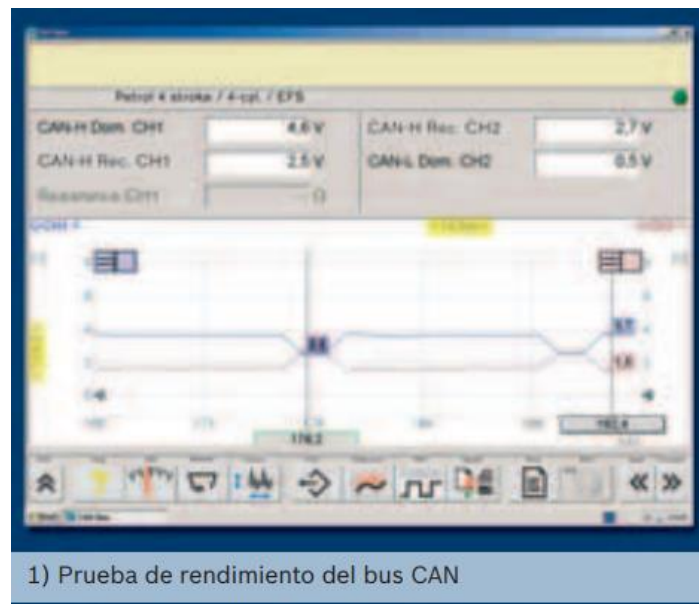
**Sistema de análisis de emisiones con BEA 050 y RTM 430**  
Para un análisis exhaustivo de emisiones de motores de gasolina y diesel, el FSA puede ser escalable con el BEA 050 y RTM 430 sin ningún problema

El software completo para el FSA 740 El taller se encuentra apoyado en el sistema de análisis

vehicular FSA de Bosch por el software exhaustivo. El programa básico “SystemSoft[plus]” está incluido en el equipo suministrado y contiene procedimientos de prueba generales así como información de conexiones, pasos de prueba y el software para el generador de señales, multímetro y osciloscopio universal. El software CompacSoft[plus] contiene la prueba de componentes, conexión específica al vehículo e información de pruebas además de datos específicos para los pasos de prueba. Para el uso y expansión de la base de datos vehicular,

información de conexiones y pruebas, incluyendo la extensión de prueba de componentes, es necesaria una suscripción al CompacSoft[plus]. La tecnología de medición FSA está complementada perfectamente por el software de taller ESI[tronic] de Bosch. Aquí el mecánico encontrará toda la información importante concerniente a los vehículos y a los procedimientos de prueba Ejemplos de innovación y facilidad de uso

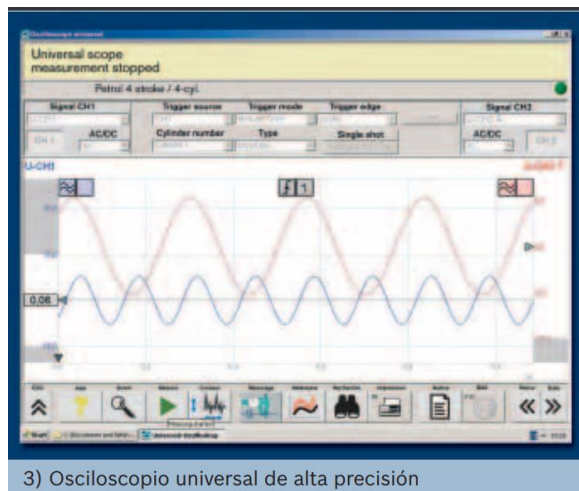
Función práctica de prueba del bus CAN: Los talleres ahora pueden llevar a cabo una prueba de función física de los sistemas bus CAN en el vehículo – prácticamente imposible hasta ahora debido a las altas velocidades de transmisión



Generador de señales versátil: Para prueba de sensores incluyendo cables y conexiones. De esta manera, es posible saber si una ECU, una alimentación, un conector o un sensor es donde se localiza la avería. Esto permite una eficiente eliminación del fallo sin el común reemplazo de partes “sospechosas de defecto”



3) Osciloscopio universal potente: Los nuevos regimenes de frecuencia alcanzan hasta 50 MHz. Esto provee suficientes reservas para la prueba de componentes futuros en los vehículos.



3) Osciloscopio universal de alta precisión

Prueba de funcionamiento de sensor de rueda Con el KTS 540 se diagnostica vía la ECU “Sin señal del sensor de rueda trasera izquierda” Posibles causas de la falla • Sensor de velocidad defectuoso • Conexión o alimentación del sensor defectuosa Localización de la falla vía una prueba del sistema del vehículo • Simulación de la señal del sensor con el generador de señales • Si el KTS 540 no diagnostica la falla más, el sensor de velocidad entonces está defectuoso: de otra manera el conector o la alimentación se encuentran mal Prueba de componente: bus CAN Vía el diagnóstico de las ECU por medio de la unidad de control central, el KTS 540 diagnostica una falla en la comunicación con alguna de las unidades de control satélite. Posibles causas de la falla • Unidad de control satélite defectuosa • Falla en la conexión bus CAN entre la unidad de control central y la unidad de control satélite • Señal de interferencia Localización de la falla vía una prueba del sistema del vehículo • Prueba de rendimiento de la conexión del bus CAN que indica que el bus está trabajando en orden • Causa de la falla: unidad de control satélite defectuosa

Prueba de componente: control de presión del turbo El KTS 540 diagnostica vía el diagnóstico de la ECU “Control de presión del turbo fuera de rango” Posibles causas de la falla • El turbocompresor no está funcionando • Falla en las mangueras o tubos • Sensor de masa de aire defectuoso Localización de la falla vía una prueba del sistema del vehículo • Medición de la presión de la carga de aire en el múltiple de admisión • Presión en ralentí: 0 bar; plena carga: 0.8 bar; causa de la falla: sensor de masa de aire defectuoso • Presión con plena carga: 0 bar; causa de la falla: Turbo o mangueras/tubos defectuoso Prueba de componente: medición de corriente máxima de batería El vehículo tiene problemas de arranque después de un tiempo largo de estar parado, el KTS 540 no diagnostica ninguna falla Localización de la falla vía una prueba del sistema del vehículo • La corriente máxima de la batería es medida • Diagnóstico: la corriente máxima de la batería está claramente arriba del valor específico del fabricante • Causa de la falla: el voltaje de alimentación del radio fue incorrectamente conectado. Se intercambiaron los cables de alimentación continua con el del switch.

### 3.13 DATOS TECNICOS FSA 740

|                                                        |               |
|--------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Volumen de suministro FSA 740</b>                   |               |
| • Carro                                                |               |
| • Módulo de medición con soporte para sensores         |               |
| • Unidad de alimentación con conexiones principales    |               |
| • PC con sistema operativo Windows XP                  |               |
| • Monitor, mouse e impresora                           |               |
| • Control remoto                                       |               |
| • Sistema de diagnóstico KTS 540                       |               |
| • Software SystemSoft[plus]*                           |               |
| <b>Sensores:</b>                                       |               |
| • Cable de conexión para Multi 1                       |               |
| • Cable de conexión para Multi 2                       |               |
| • Cable de conexión para B+/B-                         |               |
| • Cable de conexión para terminales 1/15 (Uni-line IV) |               |
| • Transmisor de medición 3 x KV+/Rt                    |               |
| • Transmisor de medición 3 x KV-/Sw                    |               |
| • Pinza de disparo                                     |               |
| • Pinza de 1000 A                                      |               |
| • Estroboscopio                                        |               |
| • Sensor de temperatura de aceite                      |               |
| • Medición de presión de aire con manguera             |               |
| <b>Accesorios:</b>                                     |               |
| Pinzas de 30 A                                         | 1 687 224 969 |

|                                                                                   |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Sensor de temperatura de aire                                                     | 1 687 230 060           |
| Cable para sensor de temp. de aire                                                | 1 684 465 517           |
| Equipo suplementario BEA 050                                                      | 1 687 001 576           |
| Equipo suplementario RTM 430<br>(funciona en conjunto con BEA 050)                | 1 687 001 577           |
| <b>Paquete de encendido primario</b>                                              | 0 688 100 017           |
| Cables de conexión: BMW, Opel                                                     |                         |
| <b>Paquete de encendido secundario</b>                                            | 0 688 100 002           |
| Cables de conexión: Audi, BMW, MB<br>Adaptador de prueba: A, B, C/D, E,<br>F/X, Y |                         |
| <b>Medidas (Al x An x L)</b>                                                      | 1785 x 680 x 670 mm     |
| <b>Peso</b>                                                                       | 91 kg                   |
| <b>Voltaje de alimentación</b>                                                    | 90 – 264 VCA / 47-63 Hz |
| <b>Rango de temperatura de operación</b>                                          | 5 °C – 40 °C            |
| <b>Números de parte</b>                                                           |                         |
| FSA 740 (sin KTS 540 y sin Teclado)                                               | 0 684 010 722           |
| FSA 740 (con BEA 050 y RTM 430 sin teclado)                                       | 0 684 010 725           |



### 3.14 ADAPTADORES UNIVERSALES

#### Adaptadores universales 2/3/4/5 - pines

Terminal de hoja, forma de Y, terminales banana en forma Y

##### Numero de parte

|                                                                                                         |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>2-pines</b>                                                                                          | 1 684 463 093 |
| Inyectores, sensores lambda                                                                             |               |
| <b>3-pines</b>                                                                                          | 1 684 463 342 |
| Sensor de presión del múltiple de admisión, sensor de árbol de levas, sensor de referencia de velocidad |               |
| <b>4-pines</b>                                                                                          | 1 684 463 343 |
| <b>5-pines</b>                                                                                          | 1 684 463 344 |

#### Adaptadores universales 2/3/4/5 - pines

Terminal de hoja, forma de Y, conector oval con terminales banana

##### Numero de parte

|                                                                                                                                                               |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>3-pines</b>                                                                                                                                                | 1 684 463 447 |
| Sensor de árbol de levas, cigüeñal, Sensor de presión                                                                                                         |               |
| <b>4-pines</b>                                                                                                                                                | 1 684 463 448 |
| Sensor lambda, cable adaptador primario con conector Oval para bobina de encendido con cable universal (1 684 462 211)                                        |               |
| <b>5-pines</b>                                                                                                                                                | 1 684 463 478 |
| Sensor de masa de aire como adaptador primario en Conjunto don el cable adaptador primario (1 684 462 374)                                                    |               |
| <b>6-pines</b>                                                                                                                                                | 1 684 463 449 |
| Servomotor de mariposa de aceleración como adaptador Primario en conjunto con el cable adaptador universal (1 684 462 374) para prueba de rieles de encendido |               |



Adaptador universal 1 684 463 479, 6-pines

1 684 463 240, sensores lambda 4 x 1 -pin

#### Adaptador universal 6 pines

1 684 463 479

Terminal en pin, forma de Y  
E-gas, unidad de control de válvula de mariposa, sensor de pedal ME 2.0

#### Adaptador universal 2 pines

1 684 463 477

Terminal de hoja, forma de Y con terminales banana,  
Válvula de purga de canister, sensor de detonaciones,  
Control de presión del turbo

#### Cable adaptador 2 pines

1 684 463 492

Forma de Y  
Señal de inyección (p.ej. para VW, Audi, Seat, Skoda, Ford)

#### Adaptador es universales 3 x ¼ x 1 pin

Terminal en pin, forma de Y

##### Número de parte (sensores lambda)

|                   |        |               |
|-------------------|--------|---------------|
| <b>3 x 1 pin:</b> | 2.1 mm | 1 684 463 236 |
| <b>4 x 1 pin:</b> | 1.6 mm | 1 684 463 237 |
|                   | 2.1 mm | 1 684 463 238 |
|                   | 2.3 mm | 1 684 463 239 |
|                   | 2.5 mm | 1 684 463 240 |

## 3.6 ANEXO 26

### 3.6.1 Vacuómetro

Este aparato (fig. inferior) permite efectuar ensayos muy rápidos, pero muy interesantes en lo que concierne al estado de funcionamiento de las válvulas, el carburador y el encendido. Un motor se comporta como un compresor. Comprime y aspira los gases. Toda fuga en el bloque estanco que constituye se traduce en una caída de rendimiento. La fuga se aprecia en el vacuómetro (depresiómetro).

La experiencia ha demostrado que cada defecto de estanqueidad se traduce en una inestabilidad o en una caída de presión característica de cada defecto, que será denotado por el depresiómetro. El depresiómetro reproducido en la figura está graduado en medidas inglesas.

Una graduación de 0 a 30 en el sentido de las agujas del reloj sirve para evaluar la depresión. Una atmósfera es igual a la presión de una columna de mercurio de un cm<sup>2</sup> de base y de 760 mm de altura o 30 pulgadas. Por consiguiente, si la aguja indica 30 pulgadas o 760 mm cuando el aparato está sometido a una depresión, estaremos en presencia de un vacío absoluto (lo que en la práctica nunca se presenta). Si la aguja está en el 0, esta indicación corresponde a un nivel barométrico de 760 mm o 30" (pulgadas), o sea la presión atmosférica media.

A la derecha del 0, la graduación sirve para evaluar la presión de la bomba de gasolina. El depresiómetro se conecta en el colector de admisión, ya sea en la toma de depresión o vacío del distribuidor. También se puede colocar debajo del carburador una falsa brida con toma de depresión.



Nota: El racor del depresiómetro se conecta en el motor de modo que haya una perfecta estanqueidad, porque una fuga falsearía la lectura. Estando caliente el motor, se le hace girar al ralenti ligeramente acelerado, 600/700 r. p. m. en un motor rápido (maneta de avance en el máximo). Con motores de 2 ó 4 cilindros conviene cerrar ligeramente la llave de toma de depresión, o estrangular ligeramente la tubería fin de eliminar las pulsaciones de la aguja.

Nota: Hay que señalar que la altitud influye en la lectura de los depresiómetros. Es normal que

un motor que da por ejemplo una indicación de vacío de 17 al nivel del mar, a 1.000 m de altitud de una lectura inferiores 1 o 2 puntos

#### 4. Resultados y discusiones

##### 4.1 Procedimiento para la toma de datos

En la presente investigación se analizaron varios puntos como la cilindrada del motor, la carrera del pistón, diámetro del mismo, compresión y vacío del motor y se realizó un análisis de gases de escape para el proyecto nos basamos en las normas INEN 2204 actualmente se utiliza para la revisión vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito.

1. Se utilizó un Peugeot berlina 206 año 2007 el cual se procede a ser analizado con varios empaquetes de la culata, Utilizando como variable principal la modificación de la relación de compresión, esto se logró gracias al aumentando la altura de la cámara de combustión.



2. Con las medidas proporcionadas por el fabricante procedemos a obtener los parámetros iniciales de la investigación como la compresión del vehículo y el vacío.

**Tabla 1:** Medidas internas del motor Peugeot 206

|                    |      |
|--------------------|------|
| Carrera de pistón  | 77mm |
| Diámetro de pistón | 75mm |

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| Cámara de combustión | 36 cm <sup>3</sup> |
|----------------------|--------------------|

Fuente: Peugeot 206 motor 1.4Cc

| Numero de cilindros | Valores  |
|---------------------|----------|
| Cilindro.-1         | 125 psi  |
| Cilindro.-2         | 125 psi  |
| Cilindro.-3         | 130 psi  |
| Cilindro.-4         | 125 psi  |
| Vacío de motor      | 15 in hg |

**Fuente:** Motor Peugeot 206



Cilindro # 1



Cilindro # 2



Cilindro # 3



Cilindro # 4

Segunda medición de compresión

| Numero de cilindros | Valores  |
|---------------------|----------|
| Cilindro.-1         | 120 psi  |
| Cilindro.-2         | 120 psi  |
| Cilindro.-3         | 125 psi  |
| Cilindro.-4         | 120 psi  |
| Vacío de motor      | 14 in hg |

## 4.2 Materiales y métodos

Se procede a medir los valores de los gases de escape en la sede en Quito de la Universidad Internacional del Ecuador con un analizador Bosch FSA 740 es una herramienta que cuenta con un sistema de comprobación de sensores de inyección, diagnostico de unidades de control (ECU), simulador de señales de sensores, cuenta con analizador de gases para motores a gasolina y diésel, comprobación de sistemas de bobinas de encendido, también cuenta con scanner y osciloscopio para gasolina y diésel, y comprobaciones de red CAN.



## 4.3 Análisis de datos

Los análisis de las pruebas realizadas en la ciudad de Quito a 2800 msnm con tres tipos de grosores diferentes en el empaque de culata nos arrojaron los siguientes resultados.

HC

*estándar*

*empaquete 3.00 mm*

*empaquete 4.5 mm*

| A 736 rpm | A 2500 rpm | A 736 rpm | A 2500 rpm | A 736 rpm | A 2500 rpm |
|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| 107 ppm   | 68 ppm     | 31 ppm    | 44 ppm     | 23 ppm    | 28ppm      |

Tabla

CO

*estándar*

*empaquete 3.00 mm*

*empaquete 4.5 mm*

| A 736 rpm   | A 2500 rpm  | A 736 rpm  | A 2500 rpm  | A 736 rpm  | A 2500 rpm |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
| 0.18 % vol. | 0.16 % vol. | 0.12% vol. | 0.27 % vol. | 0.20% vol. | 0.19% vol. |

## O2

### *estándar*

### *empaquete 3.00 mm*

### *empaquete 4.5 mm*

| A 736 rpm   | A 2500 rpm  | A 736 rpm  | A 2500 rpm  | A 736 rpm  | A 2500 rpm  |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| 0.25 % vol. | 0.51 % vol. | 0.40% vol. | 0.70 % vol. | 0.53% vol. | 0.44 % vol. |

## Lambda

### *estándar*

### *empaquete 3.00 mm*

### *empaquete 4.5 mm*

| A 736 rpm | A 2500 rpm | A 736 rpm | A 2500 rpm | A 736 rpm | A 2500 rpm |
|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| 1.002     | 1.016      | 1.075     | 1.021      | 1.066     | 1.011      |

## CO2

### *estándar*

### *empaquete 3.00 mm*

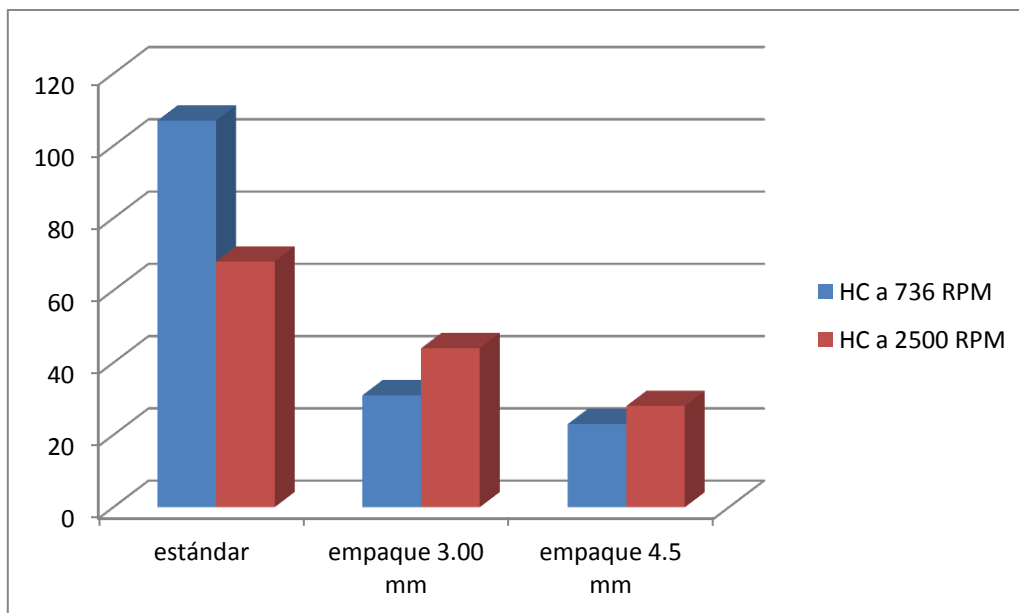
### *empaquete 4.5 mm*

| A 736 rpm    | A 2500 rpm  | A 736 rpm  | A 2500 rpm | A 736 rpm  | A 2500 rpm |
|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 15.00 % vol. | 14.8 % vol. | 14.0% vol. | 15.0% vol. | 14.6% vol. | 14.9% vol. |

### 4.4 Comparativa de resultados

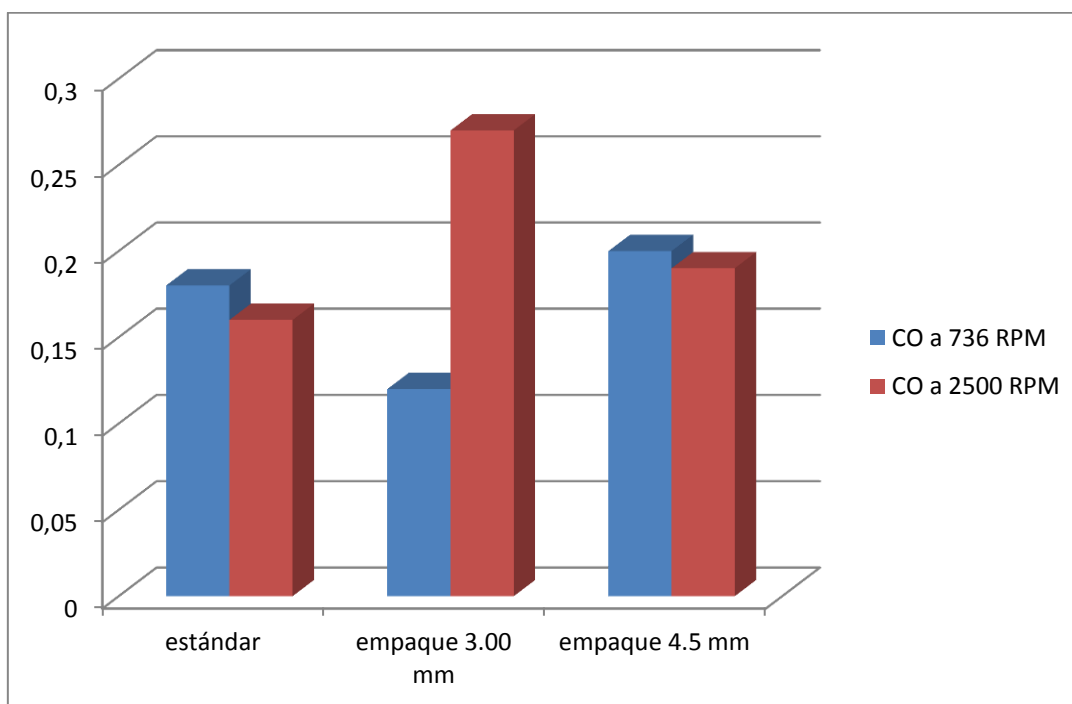
Con el empaque estándar un HC de 107 ppm en 736 RPM y de 68 ppm a 2500 RPM estos valores cumplen con la normativa y en la segunda medición con el empaque de 3.00 mm tenemos una reducción de 31 ppm en 736 RPM. El HC en 2500 RPM obtuvo una reducción de 24 ppm.

A continuación procedemos a Comparar las mediciones del empaque 1.5 mm (estándar) y 4.5 mm (sobre medida) los HC disminuyeron 84 ppm en 736 RPM y de 40 ppm en 2500 RPM.



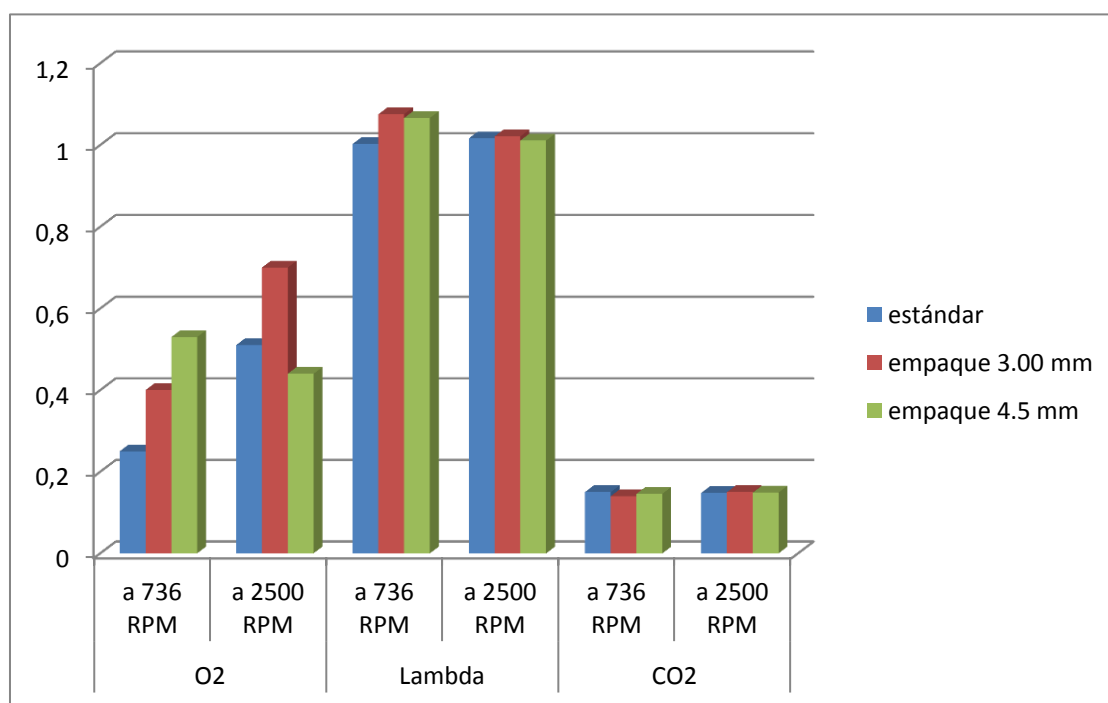
La comparación en el CO (monóxido de carbono) en la primera medición con el empaque de 1.5 mm (estándar) nos da como resultado 0.18 % vol. A 736 RPM Y 0.16 % vol. A 2500 RPM. La medición con el empaque de 3.00 mm con una medición de 0.12 % a 736 RPM comparando con la primera medición en el empaque de 1.5 mm hay una reducción de 0.06% vol. En CO, a 2500 RPM no da una 0.27 % vol. Con un aumento de 0.15 % vol. De CO aun con este aumentó está dentro de la norma.

Con el empaque de 4.5 mm tenemos un CO de 23 ppm a 736 RPM comparado con el empaque de 1.5mm tenemos una aumento de 0.02% vol. CO, en la medición a 2500 RPM se obtiene una medida de 0.19% vol. Comparado con el empaque de 1.5 mm existe un aumento del 0.02% vol. De CO.



Los demás parámetros son los siguientes datos y su respectiva comparación

|                   | O <sub>2</sub> |            | Lambda    |            | CO <sub>2</sub> |            |
|-------------------|----------------|------------|-----------|------------|-----------------|------------|
|                   | a 736 RPM      | a 2500 RPM | a 736 RPM | a 2500 RPM | a 736 RPM       | a 2500 RPM |
| <b>estándar</b>   |                |            |           |            |                 |            |
| empaquete 3.00 mm | 0,25           | 0,51       | 1,002     | 1,016      | 0,15            | 0,148      |
| empaquete 4.5 mm  | 0,4            | 0,7        | 1,075     | 1,021      | 0,14            | 0,15       |
| empaquete 4.5 mm  | 0,53           | 0,44       | 1,066     | 1,011      | 0,146           | 0,149      |





#### 4.5 Conclusiones

Se determinó que al aumentar la relación de compresión se logró reducir en un gran porcentaje los gases de escape dado que hay mejor mezcla entre el aire y combustible y la mezcla se quema de mejor manera

Se concluye que al aumentar la relación de compresión se produce menor contaminación aumentando la vida útil del catalizador y la potencia se ve afectada un porcentaje mínimo lo cual nos permite mejorar los niveles de contaminación y cumple el objetivo establecido.