

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

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

Eficiencia Térmica de los Catalizadores

Sebastián Robalino Pontón

Francisco Javier Flores Peña

Director: Ing. Juan Carlos Rubio

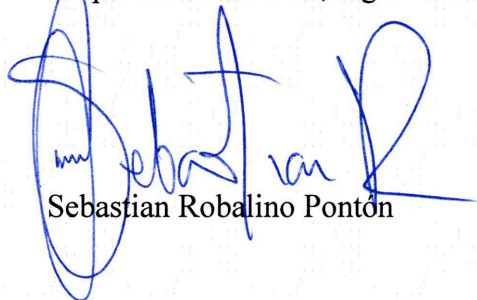
Codirector: Ing. Pablo Espinel

Quito, Julio 2018

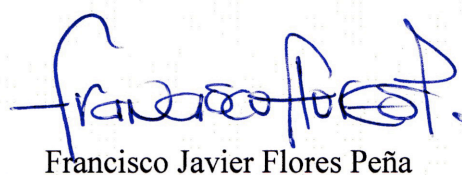
CERTIFICACIÓN

Nosotros, Sebastián Robalino Pontón y Francisco Javier Flores Peña declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o certificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según los establezca en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

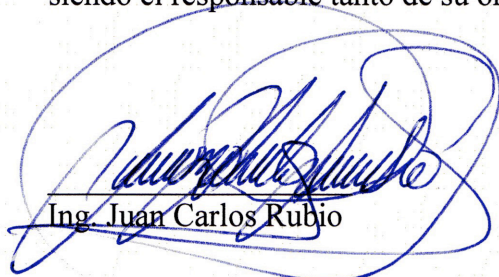


Sebastian Robalino Pontón



Francisco Javier Flores Peña

Yo, Ing. Juan Carlos Rubio, certifico que, conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.



Ing. Juan Carlos Rubio

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas las personas que me han acompañado en este camino, amigos y profesores que sin su apoyo y enseñanzas este camino habría sido más largo y aburrido.

Una dedicatoria especial a mis padres, que son mis cimientos y que sin ellos, sin su apoyo y cariño no sería nadie.

A mi mujer, que me guía, me respalda y me ayuda e inspira a ser mejor cada día.

Sebastián Robalino Pontón.

A todas esas personas que han formado parte de este camino, a mis hermanas y profesores, por el apoyo desinteresado en cada obstáculo que en mi vida se presenta, gracias porque hoy he llegado a cumplir una de mis metas.

A mis padres, por su aporte en mi vida, por su apoyo y sobre todo por la paciencia mantenida durante todo este proceso y que de una u otra manera han contribuido para cada uno de mis objetivos.

Francisco Javier Flores Peña.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia que a sido mi soporte e inspiración, a mi mujer que me acompaña en este camino y lo ilumina cuando se oscurece. A mis compañeros de aula con los que compartimos risas y conocimientos. Y a mis maestros que compartieron su experiencia, conocimientos y su amistad.

Sebastián Robalino Pontón.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, gracias al apoyo de mis maestros, padres, hermanas, amigos y compañeros de clase, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de esta etapa en mi vida.

Francisco Javier Flores Peña.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Certificación.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Artículo.....	
Resumen.....	vi

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
2.1 EFICIENCIA.....	1
2.2 TRANSFERENCIA DE CALOR.....	1
2.3 EFICIENCIA TERMICA.....	1
2.4 MEDIDOR DE GASES.....	1
2.5 CATALIZADOR.....	2
2.5.1 CATALIZADOR EN LOS VEHÍCULOS.....	2
2.5.2 CONCEPTO.....	2
2.5.3 FUNCIONAMIENTO DEL CATALIZADOR.....	2
2.5.4 TEMPERATURA DEL CATALIZADOR.....	3
2.5.5 RAZONES PARA QUITAR EL CATALIZADOR.....	3
2.5.6 RAZONES PARA NO QUITAR EL CATALIZADOR.....	4
2.5.7 TIPOS DE CATALIZADORES.....	4
3. METODOLOGÍA DE PRUEBAS.....	5
3.1 ANÁLISIS DE EFICIENCIA TÉRMICA DE VEHÍCULOS CON Y SIN CATALIZADOR.....	5
3.2 PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES.....	6
3.2.1 PRUEBAS DE MEDICIÓN DE GASES OMITIENDO LA FASE DE CALENTAMIENTO DEL MOTOR.....	6
3.2.2 PRUEBAS DE MEDICION DE GASES EN LA FASE DE CALENTAMIENTO.....	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
5. CONCLUSIONES.....	10
6. REFERENCIAS.....	10

ANEXOS INTRODUCCIÓN

Anexo 1 Ordenanzas emitidas por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.....	13
--	----

ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Anexo 2 Definición Eficiencia.....	31
Anexo 3 Transferencia de Calor.....	33
Anexo 4 Eficiencia Térmica.....	38
Anexo 5 Localización Sonda Lambda.....	40
Anexo 6 Catalizador	46
Anexo 7 Motores a Diesel y Motores Otto.....	55
Anexo 8 Proceso Químico Interno del Catalizador.....	66
Anexo 9 Funcionamiento del Catalizador.....	69
Anexo 10 Temperatura del Catalizador	77
Anexo 11 Razones del Catalizador.....	79

Anexo 12 Componentes del Catalizador.....	86
ANEXOS METODOLOGÍA DE PRUEBAS	
Anexo 13 Curvas típicas de emisiones.....	97
ANEXOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Anexo 14 Resultados de inyecciones con uso de Catalizador y sin Catalizador.....	115
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	118
CONCLUSIÓN.....	118

EFICIENCIA TÉRMICA DE LOS CATALIZADORES

Ing. Juan Carlos Rubio¹, Sebastián Robalino P.², Francisco Flores P.³

¹ Maestría en Administración de Negocios, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, título Ingeniería Mecánica, jrubio@internacional.edu.ec, Quito - Ecuador

² Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, srobalinop@hotmail.com, Quito - Ecuador

³ Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, francisconflores40@hotmail.es, Quito – Ecuador

RESUMEN

Introducción: El motor mediante los gases de escape elevan la temperatura del catalizador debido a la reacción química que sufren los gases a su paso por los filtros monolíticos, este dispositivo alcanza su eficiencia térmica alrededor de los 400° a 750°, que es la adecuada para su óptimo desempeño. **Fundamentación teórica:** En la fundamentación teórica se recopilaron conceptos clave de transferencias de calor, eficiencia térmica, catalizadores y su constitución y normas vigentes consideradas para la revisión vehicular en la ciudad de Quito. **Metodología:** En la metodología se explican la eficiencia que tiene el catalizador en temperaturas bajas vs temperaturas altas, para determinar los diferentes valores de óptimo rendimiento del catalizador en sus distintas temperaturas de trabajo y el estado del mismo. **Resultados:** Los resultados obtenidos determinan que el catalizador trabaja en óptimas condiciones cuando el vehículo se encuentra en temperatura ideal de funcionamiento, así el vehículo mejora notablemente sus emisiones de monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos no combustiónados (HCO) gracias a la acción del catalizador. **Conclusión:** Se concluye de esta manera que la eficiencia térmica del catalizador es basada en temperaturas de entre 400° a 750° (grados centígrados), por temperaturas inferiores a esta el catalizador no funciona

Palabras clave: Transferencia de calor, Catalizador, Medidor de gases, Emisiones, Temperatura.

ABSTRACT

Introduction: The engine by means of the exhaust gases elevates the temperature of the catalyst, reaching its thermal efficiency around 400 ° to 750 °, which is adequate for its optimal performance. **Theoretical foundation:** In the theoretical foundation, key concepts of heat transfer, thermal efficiency, catalysts and their constitution and current standards considered for vehicular review in the city of Quito were collected. **Methodology:** The methodology explains the efficiency of the catalyst in low temperatures vs. high temperatures, to determine the different values of optimum performance of the catalyst in its different working temperatures and the state of it. **Results:** The results obtained determine that the catalyst works in optimal conditions when the vehicle is at an ideal operating temperature, thus the vehicle significantly improves its carbon monoxide (CO) and unburned hydrocarbons (HCO) emissions thanks to the action of the catalyst. **Conclusion:** It is concluded in this way that the thermal efficiency of the catalyst is based on temperatures between 400° to 750 ° C (degrees Celsius), for temperatures below this the catalyst does not work

Key words: Catalyst, Gas Meter, Emissions, Standards, Temperature.

1. INTRODUCCIÓN

Investigaremos sobre los catalizadores para conocer sus beneficios y desventajas por medio de gráficas comparativas de eficiencia del mismo según sus condiciones y temperatura de trabajo, que permitirán demostrar como el catalizador disminuye los elementos polucionantes contenidos en los gases de escape producidos por el motor de un vehículo.

Reconoceremos las partes que hacen posible el proceso de catálisis de gases y compararemos gráficas de eficiencia en vehículos con catalizador y sin catalizador.

Por otro lado tomaremos en cuenta a los límites que establece el Distrito Metropolitano de Quito, que además de acuerdo con las ordenanzas emitidas por el Municipio es obligatorio que todo vehículo automotor nuevo que se incorpore a la circulación, cuente con un sistema de control de emisiones instalado y en perfecto estado de funcionamiento. Parte de estos sistemas, en el caso de motores a gasolina siendo de los más importantes: el convertidor catalítico, que garantizan el cumplimiento de los límites permitidos de emisiones. Este requerimiento será controlado previo la extensión del certificado de emisiones vehiculares. [1]

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A continuación, se analizará la información objetiva del tema planteado, de igual manera se estudiará los elementos constitutivos de un catalizador.

2.1 EFICIENCIA

Llamamos eficiencia a la capacidad de un sujeto, objeto, herramienta, sistema o proceso de realizar adecuadamente una función o trabajo.

La eficiencia en un vehículo depende de la calidad motora y de los agentes que realizan la labor de combustión, la eficiencia o rendimiento del motor, además es una medida de la capacidad para convertir la potencia mecánica disponible en el motor, en potencia de propulsión. [2].

Si hablamos directamente de la eficiencia del catalizador hablaríamos de la eficiencia térmica que se producirá con la catálisis.

2.2 TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor es la transmisión de energía que ocurre entre 2 cuerpos dada su diferencia en la temperatura, esta ciencia (termodinámica) busca predecir de la manera más exacta la transferencia de calor basándose en una serie de factores como los materiales o la constitución de los cuerpos, el medio ambiente y el estado de las partes en cuestión. Determinando así no solo la cantidad de energía sino también la rapidez con la que esta se transmite. [3]

2.3 EFICIENCIA TÉRMICA

La eficiencia térmica, (o simplemente eficiencia), de una máquina térmica se define como la razón entre el trabajo neto realizado y el calor absorbido durante un ciclo. [3].

Se puede pensar en la eficiencia como la razón de obtener energía por medio de un trabajo; pero si hablamos del catalizador, diríamos que es eficiencia térmica con la que el catalizador realizara un proceso químico-térmico reaccionando con los gases de escape para minorar sus componentes contaminantes.

2.4 MEDIDOR DE GASES

El funcionamiento del medidor de gases es de suma importancia, un correcto análisis de las proporciones de los gases puede dar lugar a diagnósticos muy importantes del funcionamiento del motor.

En la figura 2.1, podemos observar el funcionamiento de la sonda lambda, la misma que como se determina cuenta con el circuito principal de ingreso de gases, el que selecciona las partículas y las que no sirven son expulsadas por medio de una salida al drenaje, en el interior, las partículas entran a la cámara de medición por medio de la válvula, la misma que tiene conexión directa con el sensor de oxígeno que mide las partículas en la segunda cámara de medición.

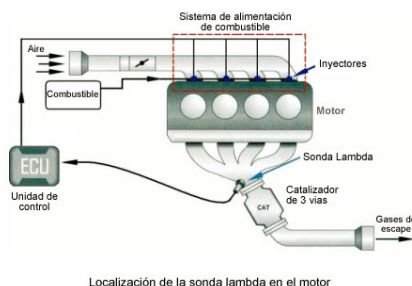


Figura 2.1 Localización de la sonda lambda en el motor.

Fuente. Aficionados a la mecánica.[4]

2.5 CATALIZADOR

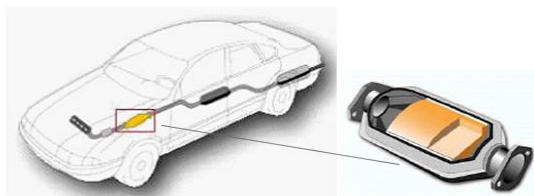
2.5.1 CATALIZADOR EN LOS VEHÍCULOS

El uso del catalizador a nivel mundial se da desde octubre de 1989 de forma obligatoria para los motores de gasolina de más de 2 litros, a partir de 1993 para todos los motores a gasolina y desde 1997 para todos los motores a diésel, a pesar de esto en Ecuador apenas hace menos de 5 años que se volvió indispensable, si lo que se busca es mantener los rangos correctos para la revisión anual obligatoria de cada vehículo.

Existe un debate fuerte sobre la dudosa moralidad de quitar este elemento, porque para empezar, suprimirlo es sinónimo de contaminación. A diferencia con modelos clásicos que nunca tuvieron catalizador, obviamente esos modelos quedan fuera del debate.

2.5.2 CONCEPTO

El catalizador es un dispositivo que se ubica en el sistema de escape como se puede observar en la figura 2.2, después del colector de escape debido a que los gases contaminantes mantienen una temperatura elevada en la cual el catalizador puede procesarlos.



Localización del catalizador en el vehículo

Figura 2.2 Localización catalizador

Fuente. Aficionados a la Mecánica, 2016. [4]

Cuando se instala un catalizador este promete reducir los productos que son contaminantes

dentro de los gases que provienen del escape, esto es producido durante el ciclo de combustión del motor, de la misma forma, existe uno específico para los motores a diésel.

Motor Otto - El de pistones con formación de mezcla homogénea, interior o exterior y encendido externo.

Motor Diesel - El de émbolos alternativos con mezcla de gas interior heterogénea y autoencendido. [5].

2.5.3 FUNCIONAMIENTO DEL CATALIZADOR

El catalizador convierte los gases contaminantes de escape que pasan por el mismo y en menos de 1 décima de segundo salen al sistema de escape como sustancias inocuas como el vapor de agua y oxígeno. El mismo contiene dentro de sí y dependiendo el modelo filtros de cerámica con metales preciosos en sus partes laterales (platino y rodio en el 1er filtro. Platino y paladio en el 2do). El filtro cerámico tiene miles de conductos diminutos por donde pasan los gases y reaccionan de manera en que se separan en el paso por los filtros y se combinan nuevamente a su paso por ellos sin alterarse ni oxidarse en su proceso. El éxito de este trabajo es el de maximar el contacto de los gases con los metales preciosos, es por esto que los filtros están diseñados con miles de conductos (hasta 60 x cm2) es así que la presencia del catalizador hace que reaccionen mutuamente dos sustancias químicas. [7].

El primer filtro de cerámica recubierto de platino y rodio se encarga de separar las moléculas del NOx para posteriormente unirse los átomos libres dando como resultado oxígeno y nitrógeno. Los gases pasan ahora al segundo filtro de platino y paladio aquí el oxígeno se separa y por las altas temperaturas este se combina con el CO formando así el CO2. Los hidrocarburos no combustionados se mezclan también con el oxígeno para generar así CO y vapores de agua

Proceso químico interno del catalizador

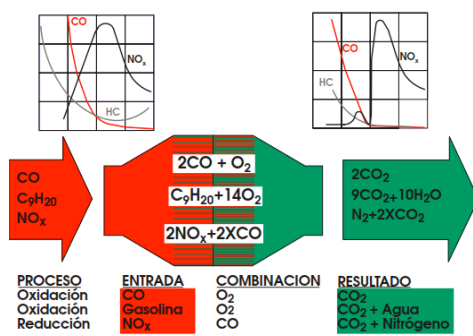


Figura 2.3 Proceso químico interno del catalizador

Fuente. https://www.as-sl.com/pdf/info_catalizador.pdf. [9]

El nivel promedio de vida por recomendación del fabricante del catalizador es de 80,000 km y para obtener el máximo aprovechamiento y su respectiva eficacia se debe considerar evitar lo siguiente:

- Mala instalación al momento de recambio del mismo
- Golpes en el catalizador y sistema de escape
- Se mantiene en altas revoluciones y pierde la potencia.
- Alerta de ruidos extraños en el tubo de escape.
- Se muestra en el tablero del vehículo encendido la falla de planta automotriz.
- El excesivo consumo de combustible. [8]
- Mal estado del motor (paso de aceite al sistema de escape o mala combustión: combustible no combustionado, hollín, aditivos)

2.5.4 TEMPERATURA DEL CATALIZADOR

El catalizador esta diseñado para mantener la temperatura ya que de esta dependerá su óptimo funcionamiento. Hablamos que los gases de escape salen de la cámara de combustión a una temperatura de alrededor de 500 grados centígrados y así calientan el catalizador

para que este pueda realizar su trabajo. El catalizador comienza a trabajar desde los 400 grados centígrados llegando a su máximo índice de eficiencia a los 750 grados centígrados, antes de los 400 grados el catalizador no realiza ninguna función y los gases contaminantes salen a la atmosfera sin ser tratados.

Podemos ver el estado del catalizador mediante la temperatura de salida de los gases de escape.

Si la temperatura de salida es mayor a la de entrada el catalizador esta funcionando correctamente, sin embargo si es mayor a 70 grados la diferencia de temperatura salida vs entrada hay un problema en el catalizador directamente o en el encendido.

Si la temperatura es menor a la salida el catalizador no esta trabajando ya sea por desgaste de los filtros, catalizador tapado y rotura/golpe carcasa del mismo.

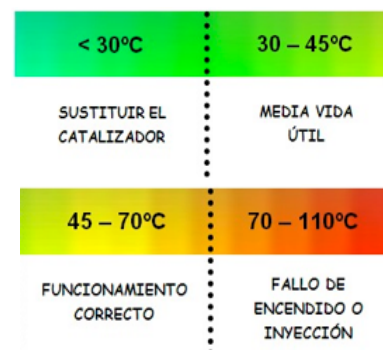


Figura 2.4 Estado del catalizador según la diferencia de temperatura de entrada y salida.

Fuente: Autoknet, 2017. [11]

2.5.5 RAZONES PARA QUITAR EL CATALIZADOR

La razón fundamental es la ganancia de prestaciones, especialmente en los motores atmosféricos. Como ya sabemos en el motor no solo se trata de que aspire mejor el aire (admisión), sino que los gases de la combustión salgan lo más rápido posible y no “ahoguen” el motor (escape). Incluso dependiendo del vehículo, hasta produce una reducción de consumo.

También podemos decir que es una forma relativamente barata de ganar potencia y buen sonido, sin que haga falta un motor grande o potente. [14]

2.5.6 RAZONES PARA NO QUITAR EL CATALIZADOR

La principal razón, legalidad aparte, es la del respeto medioambiental. Los vehículos a gasolina aumentaron muchísimo su respeto al medio gracias a dos modificaciones fundamentales, la canalización de los gases de escape y la utilización de gasolina sin plomo, mucho menos tóxica.

Si bien el catalizador y el silenciador reducen la rapidez de evacuación de los gases y por ende merman la capacidad del motor de revolucionar mas libremente, el beneficio en reducción de emisiones compensa esa "perdida de potencia" la cual no es mayormente representativa siempre y cuando estos esten en perfecto estado.

2.5.7 TIPOS DE CATALIZADORES

Catalizador de oxidación – También denominado de 2 vías, convierte los hidrocarburos y el monóxido de carbono en contenidos en los gases de escape por oxidación, combustión en vapor de agua y dióxido de carbono. El oxígeno necesario para la oxidación se obtiene de un ajuste de la mezcla o mediante la sopladura de aire en el sistema de escape delante del catalizador. El óxido de nitrógeno no puede ser transformado por el catalizador de oxidación.

[6].



Figura 2.5 Catalizador oxidante

Fuente. Aficionados a la Mecánica, 2016. [4]

Catalizador de dos vías - También llamado catalizador de tres vías de bucle abierto, tiene dos modos de funcionamiento:

- Cuando el motor está frío:** la alimentación del mismo se hace con una mezcla rica de combustible. Los gases de escape son entonces ricos en gasolina no quemada o parcialmente quemada (HC y CO). En esta condición la válvula envía aire al colector de escape para ayudar a completar la combustión de estos contaminantes. El oxígeno del aire adicional contribuye a que el HC se convierta en H_2O y CO_2 . De esta manera evita que el convertidor catalítico se sobrecargue.
- Cuando el motor se calienta:** el interruptor de vacío es sensible a la temperatura del refrigerante motor y cierra el paso del vacío a la válvula de control de aire. En consecuencia se inyecta aire en la toma intermedia del catalizador para reducir los monóxidos de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC).

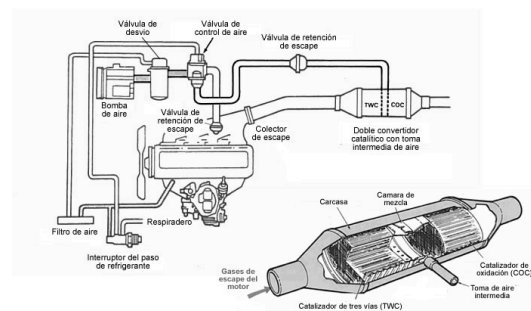


Figura 2.6 Esquema de un catalizador de toma intermedia de aire

Fuente. Aficionados a la Mecánica, 2016. [4]

Catalizador de tres vías: También llamado de "bucle cerrado". Son los más complejos, sofisticados y caros (siendo en la actualidad los más usados), y su evolución tecnológica a desbancado a los catalizadores llamados de doble cuerpo en los que la oxidación de los gases contaminantes era incompleta. Los catalizadores de este tipo se llaman de "tres vías", porque en ellos se reducen simultáneamente los tres elementos nocivos más importantes: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxido de nitrógeno (NOx).

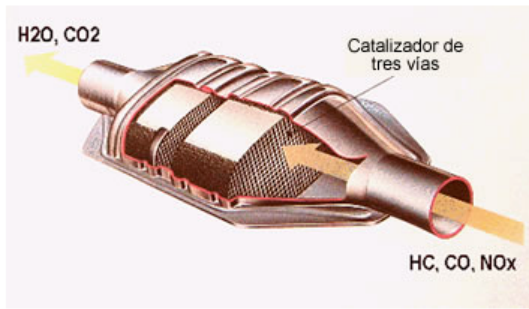


Figura 2.7 Catalizador de 3 vías
Fuente. Aficionados a la Mecánica, 2016. [4]

Componentes del catalizador

Exteriormente el catalizador es un recipiente de acero inoxidable, frecuentemente provisto de una carcasa-pantalla metálica antitérmica, igualmente inoxidable, que protege los bajos del vehículo de las altas temperaturas alcanzadas.

En su interior contiene un soporte cerámico o monolito, de forma oval o cilíndrica, con una estructura de múltiples celdillas en forma de panal, con una densidad de éstas de aproximadamente 450 celdillas por cada pulgada cuadrada (unas 60 por centímetro cuadrado). Su superficie se encuentra impregnada con una resina que contiene elementos nobles metálicos, tales como Platino (Pt) y Paladio (Pd), que permiten la función de oxidación, y Rodio (Rh), que interviene en la reducción.

Estos metales preciosos actúan como elementos activos catalizadores; es decir, inician y aceleran las reacciones químicas entre otras sustancias con las cuales entran en contacto, sin participar ellos mismos en estas reacciones. Los gases de escape contaminantes generados por el motor, al entrar en contacto con la superficie activa del catalizador son transformados parcialmente en elementos inocuos no polucionantes.

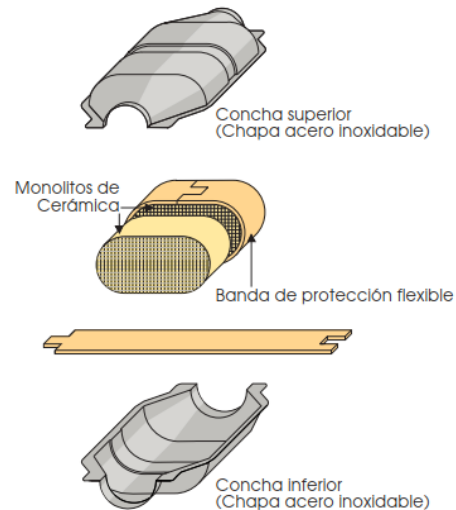


Figura 2.8 Componentes principales de la cámara del catalizador.

Fuente. https://www.as-sl.com/pdf/info_catalizador.pdf. [9]

3. METODOLOGÍA DE PRUEBAS

3.1 ANÁLISIS DE EFICIENCIA TÉRMICA DE VEHÍCULOS CON Y SIN CATALIZADOR.

Para poder comprobar la eficiencia del vehiculo se ecuentran graficas a continuación.

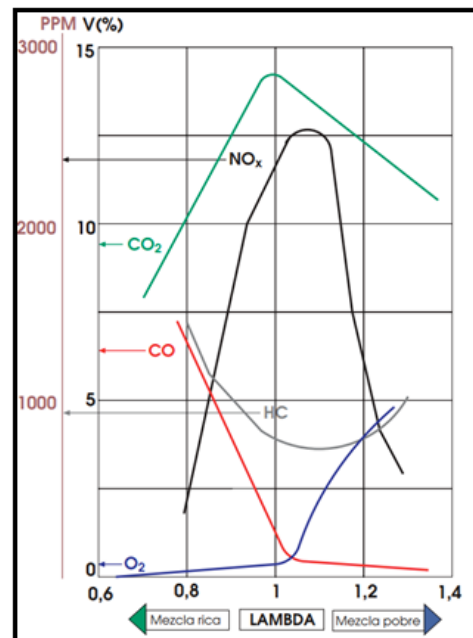


Figura 3.1 Curva típica. Emisión gases en función de Lambda para un motor genérico antes del Catalizador.

Fuente: AS Catalizadores, 2016. [9]

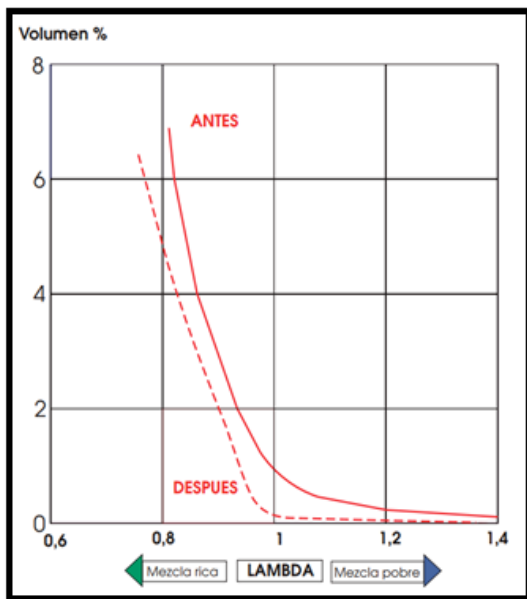


Figura 3.2 Emisiones CO (Gasolina parcialmente quemada) antes y después del catalizador.
Fuente: **Fuente:** AS Catalizadores, 2016. [9]

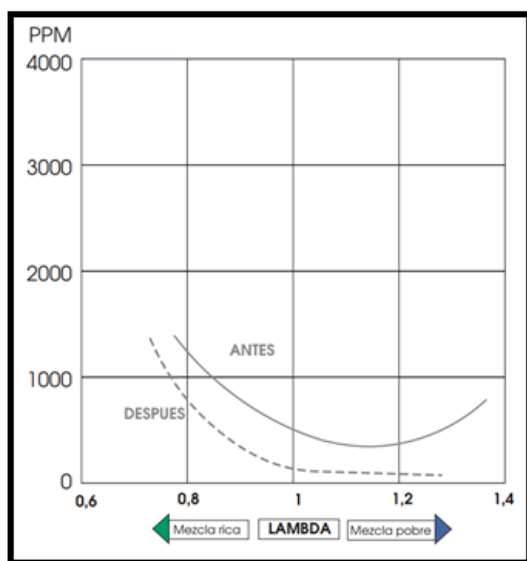


Figura 3.3 Emisiones HC (Gasolina sin quemar) antes y después del catalizador.
Fuente: **Fuente:** AS Catalizadores, 2016. [9]

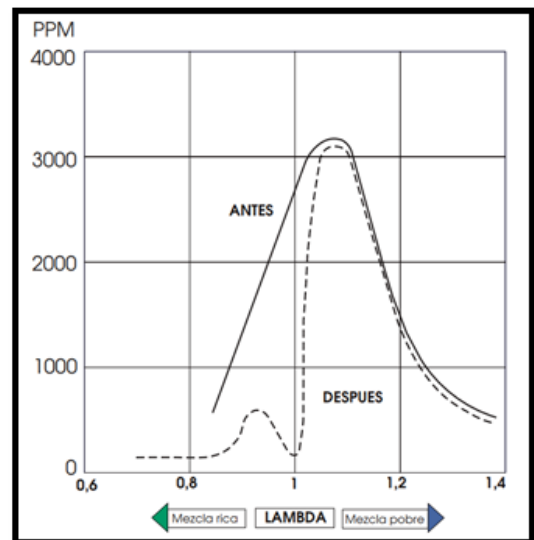


Figura 3.4 Emisiones de NOx (Óxido de Nitrógeno) antes y después del catalizador.
Fuente: **Fuente:** AS Catalizadores, 2016. [9]

3.2 PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES

Iniciamos con una inspección previa del estado del vehículo para garantizar su correcto desempeño y así obtener datos reales sin complicaciones por mal funcionamiento del automotor, al igual que al instrumento de medición al cuál se revisó la conexión de mangueras y estado del filtro.

Las pruebas consideradas a efectuar son: Pruebas de medición de gases omitiendo la fase de calentamiento del motor, pruebas de medición de gases en la fase de calentamiento y adicionalmente hemos obtenido resultados de pruebas en vehículos con inyección sin catalizar, inyección antes de catalizar e inyección después de catalizar para un motor a gasolina.

3.2.1. PRUEBAS DE MEDICION DE GASES OMITIENDO LA FASE DE CALENTAMIENTO DEL MOTOR.

El procedimiento realizado para la prueba, consta de la inspección de óptimas condiciones del vehículo, considerando:

- Revisión de fugas de aceites
- Revisión de la herramienta de medición (mangueras y filtros)

La prueba consta de la medición de los gases de escape en ralentí con el motor en frío, los resultados obtenidos se observan en la Figura 3.1. Medición de Aveo Emotion.



Figura 3.5. Medición Aveo Emotion
Fuente. Robalino, Flores, 2018.

RESULTADO EMISION DE GASES	
CO	0.96
CO2	12.70
CO corregido	0.96
HC	178
O2	2.19
NOx	-
Lambda	1.073
Temperatura	-
RPM	-
AFR	-
Temperatura Aceite	-

Tabla 3.1. Resultados de la medición efectuada

Los resultados se resumen como se puede observar presentan una anomalía en los Hidrocarburos No Combustionados (HC) que es 178 ppm.

3.2.2. PRUEBAS DE MEDICION DE GASES EN LA FASE DE CALENTAMIENTO.

El procedimiento realizado previo a iniciar las pruebas, consta de la inspección de óptimas condiciones del vehículo:

- Prueba de compresión
- Revisión de fugas de aceites
- Golpes y fugas en el sistema de escape.
- Revisión de mantenimientos y estado del aceite, filtros y bujías.
- Revisión de la herramienta de medición (mangueras y filtros)

PRIMERA PRUEBA - (FASE CALENTAMIENTO) - AVEO EMOTION.

Para efectuar la prueba consideramos la fase de calentamiento. [15]. La prueba consta de la medición de los gases de escape en ralentí y a plena carga con la temperatura óptima de funcionamiento del motor.

El primer modelo de vehículo considerado para aplicar las pruebas es un Aveo Emotion bajo las características descritas en la tabla 3.1.

Tabla 3.2. Características técnicas de los vehículos con motor a gasolina que se sometieron a las pruebas.

Vehículo:	Aveo Emotion
Tecnología:	OBD
Combustible:	SUPER
Tipo de catalizador:	3 vías
Sistema de frenos:	ABS
Materiales:	Pistón: plomo, cadmio, zinc y estaño
Aceites:	Valvoline 20W50
Bomba de combustible:	Eléctrica 12V BOSCH
Filtros:	Filtro de combustible Genuine GM

Fuente. Chevrolet, 2013. [12]



Figura 3.6. Medición Aveo Emotion
Fuente. Robalino, Flores, 2016.

Los resultados se resumen como se puede observar en la tabla 3.3, que se consideran normales y dentro de los parámetros, el nivel de partículas en los Hidrocarburos No combustionados (HC) son de 44 ppm, lo cual se considera dentro del rango normal.

Tabla 3.3. Resultados de la medición efectuada a vehículo aveo emotion.

Resultados	
CO	0.07
CO2	14.50
CO corregido	0.07
HC	44
O2	0.37
NOx	-
Lambda	1.009
RPM	-
Temperatura	-
Aceite	-

Fuente. Robalino, Flores, 2016.

SEGUNDA PRUEBA - (FASE CALENTAMIENTO) – VITARA SZ.

El segundo modelo de vehículo considerado para aplicar las pruebas es un Vitara SZ bajo las características descritas en la tabla 3.2.

Tabla 3.4. Características técnicas de los vehículos con motor a gasolina que se sometieron a las pruebas.

Vehículo:	Vitara SZ
Tecnología:	OBD
Combustible:	SUPER
Tipo de catalizador:	3 vías
Sistema de frenos:	ABS
Materiales del Pistón:	Plomo, cadmio y zinc
Aceites:	20 W 40
Bomba de combustible:	Electrica 12V Bosch 01455326
Filtros:	De aire y combustible

Fuente. Chevrolet, 2013. [12]

Prueba realizada en un Chevrolet Grand Vitara SZ 2.0 bajo las normas EURO del 2000 (norma europea sobre emisiones contaminantes es un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. Las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la Unión Europea con

implantación progresiva que son cada vez más restrictivas). [10]

El procedimiento realizado para la prueba, consta de la inspección de óptimas condiciones del vehículo:

- Prueba de compresión
- Revisión de fugas de aceites
- Golpes y fugas en el sistema de escape.
- Revisión de mantenimientos y estado de aceite, filtros y bujías.
- Revisión de la herramienta de medición (mangueras y filtros)

La prueba consta de la medición de los gases de escape en ralentí y a plena carga con la temperatura óptima de funcionamiento del motor.



Figura 3.7 Medición Vitara SZ

Fuente. Robalino, Flores, 2016.

Los resultados se resumen como se puede observar en la tabla 3.5 que se consideran normales y dentro de los parámetros, el nivel de partículas de los Hidrocarburos No Combustionados es de 65 ppm considerado dentro del rango normal.

Tabla 3.5 Resultados de medición Vitara SZ.

RESULTADO EMISION DE GASES	
CO	0.34
CO2	13.80
CO corregido	0.36
HC	65
O2	0.05
NOx	-
Lambda	0.989

RESULTADO EMISION DE GASES	
Temperatura	-
RPM	-
AFR	-
Temperatura Aceite	-

Fuente. Robalino, Flores, 2016.

TERCERA PRUEBA - (FASE CALENTAMIENTO) - D-MAX.

El tercer modelo considerado es una Chevrolet D-max año 2017, bajo las características descritas en la tabla 3.3:

Tabla 3.6 Características de Chevrolet D-MAX.

Vehículo:	D_max
Tecnología:	OBD
Combustible:	SUPER
Tipo de catalizador:	3 vías
Materiales:	Pistón: plomo, cadmio y estaño
Bomba de combustible:	Eléctrica 12V BOSCH 014 55326
Filtros:	Filtro de combustible Genuine GM

Fuente. Robalino, Flores, 2016.

El procedimiento realizado para la prueba, consta de la inspección de óptimas condiciones del vehículo:

- Prueba de compresión
- Revisión de fugas de aceites
- Golpes y fugas en el sistema de escape.
- Revisión de mantenimientos y estado dl aceite, filtros y bujías.
- Revisión de la herramienta de medición (mangueras y filtros)

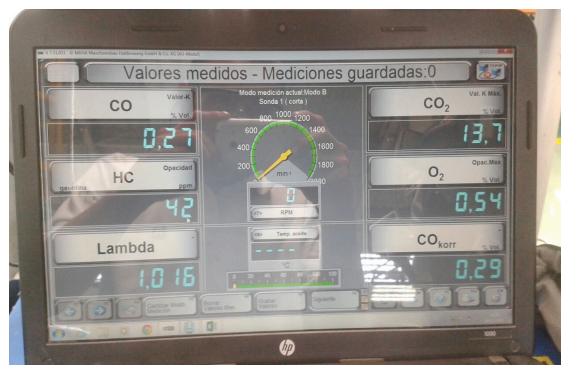


Figura 3.2.1. Medición D_Max

Fuente. Robalino, Flores, 2016.

Los resultados se resumen como se puede observar en la tabla 3.7 que se consideran normales y dentro de los parámetros principalmente en los Hidrocarburos No Combustionados (HC) que llegan a 42 ppm.

Tabla 3.7 Resultados emisión de gases Chevrolet D-Max..

RESULTADO EMISION DE GASES	
CO	0.27
CO2	13.70
CO corregido	0.29
HC	42
O2	0.54
NOx	-
Lambda	1.016
Temperatura	-
RPM	-
AFR	-

Fuente. Robalino, Flores, 2016.

El motivo de utilizar para las pruebas solo la marca Chevrolet es por su alta demanda y presencia en el mercado nacional.

PRUEBA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Realizamos una prueba de control de temperatura de los gases en el sistema de escape, antes de ingresar al catalizador y a su salida. Esta prueba nos permitió determinar el correcto funcionamiento del catalizador ya que la temperatura de salida es mayor a la de

ingreso al convertidor catalítico, la prueba se realizo con un termómetro laser.



Figura 3.2.2. Temperatura de ingreso al catalizador, motor en temperatura ideal de trabajo
Fuente. Robalino, Flores, 2018.



Figura 3.2.2. Temperatura a la salida del catalizador.
Fuente. Robalino, Flores, 2018.

A la salida el termómetro láser indica que el catalizador esta funcionando de manera correcta. La lectura del medidor de gases también refleja el correcto funcionamiento del mismo al generar una lectura menor a lo permitido por la ley

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como hemos indicado en las pruebas cuando un vehículo se encuentra frio el nivel de emisiones de acuerdo con la medición será

mayor ya que el catalizador aun no alcanza su temperatura de ideal de trabajo, determinando así que el catalizador no trabaja a bajas temperaturas y cuando este llega a su temperatura optima de trabajo la reducción de emisiones es notable.

Para comprobar si el catalizador es eficiente, se utilizó el analizador de gases y se determinaron una serie de elementos en la primera serie de pruebas. Como se observa en la tabla 4.1, cada una de magnitudes puede ser alterada en función del estado de la inyección.

- a) Resultados de inyección sin catalizar.
- Partiendo de la base de un motor que funciona correctamente, como se aprecia en la tabla 4.1, donde se muestran los valores de un vehículo sin catalizador y los gases después de pasar sin el mismo.

Tabla 4.1 Resultado de inyección sin catalizar.

	CARBURACIÓN	INYECCIÓN SIN catalizar
CO	Entre 1% y 2%	1 +- 0.5%
CO2	Mayor que 11%	Mayor que 12%
HC	Menor de 400 ppm	Menor que 300 ppm
O2	Menor de 3.5%	Menor de 2.5%
λ		
RPM		

Fuente: Edu.xunta, 2017. [13]

- b) Resultados de inyección con catalizador.
- Una vez realizado el procedimiento, se analizó los gases y su reducción en relación a la temperatura, como se aprecia en la tabla 4.2, existe una reducción de acuerdo a las especificaciones de funcionamiento del catalizador, en lo que se refiere a los gases.

Tabla 4.2 Resultados Inyección despues del catalizador.

	CARBURACIÓN	INYECCIÓN después del catalizador
CO	Entre 1% y 2%	Menor de 0.2%
CO2	Mayor que 11%	Mayor que 13.5%
HC	Menor de 400 ppm	Menor de 100 ppm
O2	Menor de 3.5%	Menor de 0.2%
λ		Entre 0.99 y 1.01
RPM		2000 RPM

Fuente: Edu.xunta, 2017. [13]

5. CONCLUSIONES

El catalizador catalítico es fundamental para la reducción de emisiones contaminantes a la atmosfera, el único inconveniente que tiene el mismo es el tiempo que no trabaja

hasta que el sistema se caliente. Si hablamos que en ciudad el recorrido promedio que realizan los usuarios particulares de automotores no llega a ser suficiente para que el catalizador alcance su temperatura ideal de trabajo vemos que esta falencia genera un alto grado de contaminación a pesar del uso del catalizar y correcto estado del mismo. Es por esto que como conclusión general llegamos a la necesidad de mejorar el tiempo de calentamiento del catalizador ya que en ese tiempo las emisiones producidas son altas y su función no se cumple como tal. Otra conclusión es que esta en nosotros contribuir con el cuidado del medio ambiente por lo que aconsejamos mantener el vehículo en óptimas condiciones a través de un plan adecuado de mantenimiento que además de contribuir con el medio ambiente también reducirá nuestros costos de mantenimiento al reducir así los mantenimientos correctivos que son los más costosos y generalmente se llega a ellos por fallar con los mantenimientos preventivos. Otra reflexión es la de contribuir también es con la utilización de transporte público y con las nuevas alternativas de vehículos eléctricos.

6. REFERENCIAS

- [1] Ordenanza Metropolitana No.038, del Concejo Metropolitano de Quito emitida el 26 de julio de 2000.
- [2] Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Publicado:2008, Actualizado: 2012. <https://definicion.de/eficiencia/>.
- [3] <http://termodinamica-2011.blogspot.com/p/formulas.html>
- [4] <http://www.aficionados-alamecanica.net/sonda-lambda.htm>
- [5] BOSCH. 1996. Manual de la técnica del automóvil, Editorial Reverté, S.A., Barcelona.
- [6] Catalizadores. 2017. Disponible en <http://www.aficionadosalamecanica.net/catalizadores.htm>. Consultada el 15 de abril de 2017.
- [7] Crouse, W. 1993. Mecánica del automóvil II. Editorial Marcombo, S.A. Barcelona.
- [8] Tubosilescapes. 2017. El catalizador. Obtenido de <http://www.tubosilescapes.com.ar/catalizadores.htm>.
- [9] AS-Catalizadores https://www.as-sl.com/pdf/info_catalizador.pdf
- [10] https://es.wikipedia.org/wiki/Normativa_europea_sobre_emisiones
- [11] <https://www.autoknet.com/en/preguntas/ver/como-comprobar-el-catalizador/#>
- [12] Manual del usuario Chevrolet, 2013.
- [13] <http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS+DE+GASES.pdf>
- [14] <https://www.motorpasion.com/tuningpreparaciones/catalizar-o-no-catalizar-he-aqui-la-cuestion>
- [15] Guevara, María Gabriela, 2010, Universidad Politécnica Nacional Metodología de pruebas para la evaluación de convertidores catalíticos en motores a gasolina

ANEXO 1 - INTRODUCCIÓN



ORDENANZA METROPOLITANA No. 038

EL CONCEJO METROPOLITANO DE QUITO

Visto el informe No. IC-2000- 417 de la Comisión de Medio Ambiente e Higiene, de 18 de julio del 2000; y,

CONSIDERANDO:

Que, es deber del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito precautelar la salud y bienestar de la población quiteña afectada por la contaminación del aire; así como velar por el manejo adecuado de los recursos naturales y la preservación del patrimonio histórico y arquitectónico evitando su deterioro y destrucción;

Que, en el Registro Oficial No. 100, del 04 de enero de 1999 se publican y disponen como obligatorias en todo el país, las Normas Técnicas Ecuatorianas: NTE INEN 2 204, límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina; NTE INEN 2 207, límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel, y NTE INEN 2 205, requisitos del bus urbano tipo;

Que, en el Registro Oficial No. 215, del 18 de junio de 1999, se publica y dispone como obligatoria en todo el país, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 938:99.6R. Derivados del petróleo. Gasolina, que establece los requisitos que debe cumplir la gasolina destinada al uso en motores de combustión interna de encendido por chispa, exceptuando los de aviación, y que dispone la producción de tres tipos de gasolina sin la adición de tetraetilo de plomo;

Que, en el Registro Oficial No. 215 del 18 de junio de 1999, se publica y dispone como obligatoria en todo el país, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:99.4R. Derivados del petróleo. Diesel, que establece los requisitos que debe cumplir el diesel que se comercializa en el país disponiendo el diesel No.2 de bajo contenido de azufre, para uso de automotores a diesel;

Que, el art. 234 del Capítulo 3 De los gobiernos seccionales autónomos, contenido en el Título XI de la Organización Territorial y Descentralización de la Constitución Política de la República del Ecuador, dispone que el Concejo Municipal, podrá planificar, organizar y regular el tránsito y transporte terrestre, en forma directa, por concesión, autorización u otras formas de contratación administrativa;

Que, mediante resolución No. 269, del 11 de julio de 1995, el Concejo Metropolitano de Quito, en sesión pública ordinaria, resuelve autorizar el concesionamiento del servicio de verificación y control de la contaminación vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito;



038

ORDENANZA METROPOLITANA No.

Que, con fecha 17 de diciembre de 1998, el Municipio Metropolitano de Quito suscribió un convenio con el Ministerio de Gobierno y la Policía Nacional para la ejecución de los servicios de ingeniería, fiscalización y control policial de tránsito y control ambiental en su jurisdicción;

Que, la prevención y el control de la contaminación de la atmósfera, requieren de regulaciones específicas, siendo imperativo tomar acciones definitivas para que la calidad del aire en Quito no vaya en detrimento acelerado, y

En ejercicio de la facultad privativa que para la prevención y control de la contaminación ambiental le confieren el numeral 3 del artículo 2 y el numeral 2 del artículo 8 de la Ley de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito,

EN USO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES,**EXPIDE**

LA ORDENANZA SUSTITUTIVA DEL CAPITULO IV, PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION VEHICULAR, DEL TITULO V DEL LIBRO II, DEL CODIGO MUNICIPAL.

Art. 1.- Sustitúyase el actual Capítulo IV, del Título V, del Libro II, por el siguiente:

CAPÍTULO IV**Del control de la Contaminación Vehicular****Art. II.374 DISPOSICIONES GENERALES**

ÁMBITO.- Las disposiciones establecidas en el presente capítulo son de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria para todas las personas naturales y jurídicas, públicas y privadas, que comercialicen, posean o conduzcan vehículos automotores en el Distrito Metropolitano de Quito

RESPONSABILIDADES.- La unidad técnica-administrativa encargada del ambiente, constituye el soporte técnico de la Municipalidad, para ejercer sus facultades en la prevención y el control de la contaminación vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito y le corresponde:

- a) La planificación, aplicación, supervisión y fiscalización del control de la contaminación de origen vehicular en el Distrito.
- b) La definición y actualización de los manuales de procedimientos e instrucciones de carácter técnico que se requieran, para la aplicación de las disposiciones contenidas en el presente capítulo,



ORDENANZA METROPOLITANA No. 038

Art. 376 DE LOS VEHÍCULOS QUE UTILICEN COMBUSTIBLES ALTERNOS

Los vehículos que funcionen con motores accionados por combustibles alternos estarán sujetos a los mismos límites máximos de emisión de gases establecidos en el presente capítulo para vehículos a gasolina.

Art. 377 DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES NUEVOS

Sin perjuicio a disponer del CERTIFICADO AMBIENTAL PARA VEHÍCULOS NUEVOS, los propietarios de vehículos nuevos destinados a cualquier tipo de uso en el Distrito Metropolitano de Quito, deberán obtener el CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES y el ADHESIVO AMBIENTAL correspondiente.

Art. 378 DEL SISTEMA DE ESCAPE DE LOS VEHÍCULOS

Todo vehículo automotor a gasolina o diesel que circule en el Distrito Metropolitano de Quito, debe disponer de un sistema de escape en perfectas condiciones de funcionamiento, sin ninguna salida adicional a las de diseño que provoque dilución de los gases de escape o fuga de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no serán aceptadas aunque se encuentren bloqueadas el momento de la medición.

Art. II.379 DE LA VERIFICACIÓN DE LAS EMISIONES VEHICULARES

CONCESIÓN DE LA VERIFICACIÓN A EMPRESAS PRIVADAS.- El Municipio Metropolitano de Quito a través del Comité de Concesiones, licitará el servicio de verificación de emisiones vehiculares a empresas privadas especializadas (CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES). La operación de los CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES, será indelegable e intransferible.

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, anualmente pondrá en conocimiento de la ciudadanía los nombres y direcciones de los CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizados. La tarifa del servicio deberá ser pagada por el usuario, directamente a los CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizados.

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, no reconocerá, ni autorizará la existencia y funcionamiento de ningún servicio de los denominados de preverificación de emisiones vehiculares; en consecuencia, la existencia y funcionamiento de ese tipo de servicios será considerado ilegal.

FACULTADES DE LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES AUTORIZADOS.- Son facultades de los CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizados las siguientes:



ORDENANZA METROPOLITANA No. 038

1. Entregar el **CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES** y el **ADHESIVO AMBIENTAL** al propietario del vehículo que haya comprobado el cumplimiento de las normas de emisión establecidas en el presente capítulo, de conformidad con los equipos y procedimientos de medición aprobados por la Municipalidad,
2. Entregar el **COMPROBANTE DE RECHAZO** al propietario del vehículo que incumpla con las normas de emisión vehiculares o con los requerimientos de prueba establecidos en los procedimientos definidos por la Municipalidad.
3. Retirar el **ADHESIVO AMBIENTAL** de la verificación de emisiones anterior para no obstaculizar la identificación vigente.

EMISION DE CERTIFICADOS DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES Y ADHESIVOS AMBIENTALES.- El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito será el único responsable de la emisión directa a los **CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES** autorizados, de los **CERTIFICADOS DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES** y de los **ADHESIVOS AMBIENTALES** respectivos.

El valor del **CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES** y del **ADHESIVO AMBIENTAL** será fijado y revisado anualmente por el Concejo Metropolitano.

Art. II.380 MECANISMOS DE CONTROL

CONTROL ALEATORIO.- El Municipio del Distrito Metropolitano, realizará de forma directa o delegará la realización de operativos para el control del cumplimiento de las disposiciones establecidas en el presente capítulo, para lo cual coordinará con la Policía Nacional.

El control se realizará de forma aleatoria en la vía pública y comprenderá la verificación de:

- a) La validez y vigencia del **CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES** y del **ADHESIVO AMBIENTAL**,
- b) El cumplimiento de los límites máximos permitidos de emisión contenidos en el presente capítulo.

En caso de incumplimiento, se emitirá una citación escrita y el propietario del vehículo dispondrá de 15 días calendario, contados a partir de la fecha de emisión de la citación, para acercarse a cualquiera de los **CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES** autorizados por la Municipalidad, a comprobar que el vehículo cumple con las disposiciones establecidas en el presente capítulo.

Cuando el vehículo citado, se presente a la verificación de emisiones y en su primer intento, obtenga un resultado de rechazo, el **CENTRO DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES** autorizado, procederá a retirar el **CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES** y el adhesivo respectivo. Dicha prueba será gratuita, el costo de cualquier prueba posterior deberá ser asumida por el propietario del vehículo.

CONTROL EN LA MATRICULACIÓN.- El **CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES** y el **ADHESIVO AMBIENTAL**, es requisito obligatorio previo para la matriculación



ORDENANZA METROPOLITANA No.

038

vehicular, para cuyo efecto se deberá determinar los Convenios con la Policía Nacional de Tránsito.

SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES.- Es obligatorio que todo vehículo automotor nuevo que se incorpore a la circulación en el Distrito Metropolitano de Quito, cuente con un sistema de control de emisiones instalado y en perfecto estado de funcionamiento. Parte de estos sistemas, en el caso de motores a gasolina, puede ser un convertidor catalítico o cualquier tecnología similar o más eficiente, incorporada o no al motor, control de emisiones evaporativas tales como, canister, PCV y otros, que garanticen el cumplimiento de los límites permitidos de emisiones. Este requerimiento será controlado previo a la extensión del certificado de control de emisiones vehiculares.

Art. II. 381 DEL EXPENDIO DE COMBUSTIBLES

CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES.- El diesel y la gasolina que se expendan en el Distrito Metropolitano de Quito, deben cumplir las especificaciones de calidad establecidas para el Distrito Metropolitano de Quito.

PROHIBICIÓN DEL EXPENDIO Y USO DE GASOLINA CON PLOMO.- Se prohíbe el expendio de gasolina con plomo así como la circulación de vehículos que utilicen ese combustible en el Distrito Metropolitano de Quito.

EXPENDIO Y USO DE DIESEL DE BAJO CONTENIDO DE AZUFRE PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.- Se prohíbe el expendio y el uso de diesel para uso automotor que no cumpla con los requisitos establecidos para el diesel de bajo contenido de azufre dispuestos en el Distrito Metropolitano de Quito.

FILTRACIÓN DEL DIESEL.- Todas las estaciones de servicio que expendan diesel en el Distrito Metropolitano de Quito, deberán instalar sistemas de filtración que garanticen la calidad de este combustible en el expendio. El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, se encargará de vigilar el cumplimiento de estas disposiciones en su jurisdicción.

Art. II. 382 OBLIGACIONES DE LOS PROPIETARIOS DE VEHÍCULOS EN LA VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES

Son obligaciones del propietario o conductor del vehículo las siguientes:

1. Asistir a los CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizados a verificar las emisiones de su vehículo, semestral o anualmente según sea el caso, en la fecha y período señalado para el efecto.
2. Presentar ante el personal del CENTRO DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES, los documentos legales que permiten la circulación de su vehículo en el Distrito Metropolitano de Quito y dejar en poder del Centro, el documento original del CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES de la verificación inmediata anterior, sin alteraciones, esto es sin tachaduras, enmendaduras o mutilaciones y el ADHESIVO AMBIENTAL respectivo correspondiente a la verificación inmediata anterior.



038

ORDENANZA METROPOLITANA No.

DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES, el propietario del vehículo debe entregar al CENTRO DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizado, una copia del comprobante de pago de multa, previo a la prueba de verificación de emisiones vehiculares.

MULTA POR NO ASISTIR A LAS CITACIONES DISPUESTAS EN EL CONTROL ALEATORIO.- Se aplicará una multa equivalente a USD 20 dólares, que tendrá que ser cancelada previo a la obtención del CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES.

MULTA POR NO DISPONER DEL CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES.- Se aplicará una multa equivalente a USD 40 dólares, a los propietarios de los vehículos que en los operativos de control aleatorio, se verifique que no poseen el CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES actualizado, luego del plazo de la convocatoria

MULTA POR EXPENDIO DE COMBUSTIBLES QUE NO CUMPLAN CON LOS REQUISITOS EXIGIDOS.- Se aplicará una multa en sucres equivalente a USD 1500 dólares a los locales de expendio que incumplan con lo previsto en el Art. II. 381 de este Capítulo. En caso de reincidencia se procederá con la clausura por treinta días del establecimiento.

MULTA POR NO OTORGAR EL CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL PARA VEHICULOS NUEVOS O POSEER UN CERTIFICADO FALSO.- Serán sancionados con una multa equivalente a USD 5000 dólares, los distribuidores y comercializadores de vehículos automotores nuevos que no otorguen el CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL PARA VEHÍCULOS NUEVOS. Se aplicará igual sanción para quienes presenten certificados falsos.

Para el caso en que se compruebe que el CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL PARA VEHÍCULOS NUEVOS, carece de legitimidad, los vehículos comprometidos podrán ser retirados de circulación.

CUMPLIMIENTO DE LOS PAGOS DE LAS MULTAS.- En todos los casos, las multas deberán ser pagadas dentro de un plazo no mayor a los 15 días laborables posteriores a la fecha de su imposición; caso contrario, se recargará el 1% del valor de la multa por cada día de mora que transcurra hasta llegar al 100% de la misma.

Se requerirá que todas las multas impuestas, se encuentren canceladas previo a la obtención de los CERTIFICADOS DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES y el ADHESIVO AMBIENTAL. El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, remitirá a todos los CENTROS DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizados, los listados de los propietarios pendientes del pago de las multas.

LOS VEHÍCULOS EN TRÁNSITO.- Dentro del Distrito Metropolitano de Quito, deberán cumplir con los límites permitidos de emisiones establecidos en las normas nacionales NTE INEN 2204:98 para vehículos a gasolina y NTE INEN 2207:98 vigentes, para vehículos a diesel y su incumplimiento motivará las mismas sanciones contempladas en el presente capítulo.



038

ORDENANZA METROPOLITANA No.

3. En caso de verificaciones no aprobatorias, portar el respectivo COMPROBANTE DE RECHAZO, el CENTRO DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES tiene la obligación de entregar la constancia escrita que motivó el rechazo, según sea el caso.
4. Cumplir con el pago de multas por incumplimiento. Previo a la medición, debe presentar el comprobante de pago de multa respectivo con los recargos correspondientes si fuera del caso, y entregar una copia del mismo al CENTRO DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES.
5. Presentar el vehículo para la verificación, en buenas condiciones mecánicas, con el motor encendido a temperatura normal de operación y circulando normalmente.
6. Portar el COMPROBANTE DE RECHAZO correspondiente, si el vehículo no aprueba la verificación, en donde se indique el plazo máximo hasta cuando el propietario del vehículo o su representante, debe obtener el CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES Y EL ADHESIVO AMBIENTAL.
7. Exigir el CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES Y EL ADHESIVO AMBIENTAL respectivos, cuando el vehículo aprueba la verificación de emisiones.
8. Además de las disposiciones contenidas en los numerales anteriores, cuando se hayan cambiado las placas de circulación del vehículo, su propietario o conductor, deberá dejar en poder del CENTRO DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizado, una copia simple legible de anverso y reverso del acta respectiva levantada por la autoridad de tránsito oficialmente autorizada para el efecto.
9. Para el caso de los vehículos que hayan sido citados durante los controles aleatorios en la vía pública; el propietario o conductor del vehículo, deberá entregar al CENTRO DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizado, la citación original o copia legalizada que respalda su asistencia. En caso de que el vehículo, asista fuera del plazo establecido en la citación, debe entregar además, el comprobante de pago de multa y recargos a que hubiere lugar; caso contrario, el CENTRO DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES autorizado, no podrá proceder con la medición.
10. Cuando de la verificación de emisiones vehiculares realizada, se determine que el vehículo excede los límites máximos permitidos de emisión, su propietario estará obligado a efectuar las reparaciones necesarias y llevar a cabo las verificaciones subsecuentes que se requieran, hasta que las emisiones satisfagan las normas establecidas.
11. En caso de pérdida o robo el propietario del vehículo debe tramitar la reposición del CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES y del ADHESIVO AMBIENTAL, a más tardar dentro de los 5 días hábiles posteriores al evento.

Art. II. 383 DE LAS SANCIONES

Las sanciones que se imponen a los incumplimientos de las disposiciones contenidas en el presente capítulo, son las siguientes:

MULTA POR NO ASISTIR A LAS VERIFICACIONES PERIÓDICAS DENTRO DEL PLAZO.- Los propietarios o legítimos poseedores de vehículos automotores, que no hubiesen presentado sus vehículos a verificar dentro del periodo que les corresponda, serán sancionados con una multa equivalente a USD 20 dólares. Para la obtención del CERTIFICADO



638

ORDENANZA METROPOLITANA No.**TABLA 5. Límites máximos de emisiones de escape para vehículos nuevos a diesel en condiciones de prueba dinámica* (ciclos europeos)**

Categoría	Peso Bruto del Vehículo (kg)	Peso de Referencia	CO g/km	HC g/km	N0x g/km	Partículas g/km	Ciclos de prueba ⁽⁴⁾
M1 (1)	= < 3500		2,72	0,97 ⁽⁴⁾		0,14	ECE - 15 + EUDC
M1 (2), N1		< 1250	2,72	0,97 ⁽⁴⁾		0,14	
		> 1250 < 1700	5,17	1,4 ⁽⁴⁾		0,19	
		> 1700	6,9	1,7 ⁽⁴⁾		0,25	
N2, N3, M2, M3 ⁽³⁾	> 3500		4,0	1,1	7,0	0,15	ECE - 49

* Prueba realizada a nivel del mar

(1) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas

(2) Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

(3) Unidades g/kwh

(4) HC + N0x

M1: Vehículos automotores que tengan por lo menos cuatro ruedas y están destinados al transporte de hasta 8 personas más el conductor

M2: Vehículos automotores que tengan por lo menos cuatro ruedas y están destinados al transporte de más de 8 personas más el conductor y cuya masa máxima no supere las 5 toneladas

M3: Vehículos automotores que tengan por lo menos cuatro ruedas y están destinados al transporte de más de 8 personas más el conductor y cuya masa máxima supere las 5 toneladas

N1: Vehículos automotores que tengan por lo menos cuatro ruedas y están destinados al transporte de carga con una máxima no superior a 3,5 toneladas

N2: Vehículos automotores que tengan por lo menos cuatro ruedas y están destinados al transporte de carga con una masa máxima superior a 12 toneladas

N3: Vehículos automotores que tengan por lo menos cuatro ruedas y están destinados al transporte de carga con una masa máxima superior a 12 toneladas

LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS DE OPACIDAD PARA VEHÍCULOS EN CIRCULACIÓN CON MOTOR A DIESEL.-

Todo vehículo a diesel en circulación, en condiciones de prueba estática, no podrá emitir humos con opacidad superior a los valores indicados en la TABLA 6 aplicando el método de aceleración libre. Para vehículos con más de un escape, se realizará la prueba en cada uno de los escapes y el resultado final corresponderá al máximo valor obtenido.

Los equipos y procedimientos técnicos para la realización de esta prueba serán establecidos por la unidad técnica administrativa encargada del ambiente.

TABLA 6. Límites máximos de opacidad permitidos para vehículos a diesel (prueba de aceleración libre)

Año modelo	% Opacidad
2001 y posteriores	50
2000 y anteriores	60



ORDENANZA METROPOLITANA No.

038

LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS EN CIRCULACIÓN CON MOTOR A GASOLINA.- Todo vehículo en circulación con motor a gasolina, no debe superar en condiciones de prueba estática y de prueba de aceleración simulada (PAS), los valores que se indican en la TABLA 3. Para vehículos con sistema de doble escape, la medición debe ser realizada en los dos escapes de forma simultánea. Los equipos y procedimientos técnicos para la realización de esta prueba serán los dispuestos por la unidad técnica administrativa encargada del ambiente.

TABLA 3. Límites máximos permitidos de emisiones para vehículos en circulación con motor a gasolina en condiciones de prueba estática y prueba dinámica de aceleración simulada (PAS)

Año modelo	Monóxido de Carbono % vol. CO	Hidrocarburos ppm vol. HC	Oxígeno % vol. O ₂ (máx)	Dilución (CO+CO ₂) (% vol)	
				Mín	Máx
2006 y posteriores	0,5	125	6	7	18
2000 a 2005	1,0	200	6	7	18
1990 a 1999	4,5	750	6	7	18
1989 y anteriores	6,5	1200	6	7	18

LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS NUEVOS A DIESEL.- Los límites máximos permitidos de emisión para los vehículos nuevos a diesel en condiciones de prueba dinámica, no deberán superar los valores que se indican en las TABLAS 4 y 5.

TABLA 4. Límites máximos de emisiones de escape para vehículos nuevos a diesel en condiciones de prueba dinámica* (ciclos americanos)

Categoría	Peso bruto del vehículo (Kg.)	Peso del vehículo cargado (Kg.)	CO g/km	HC g/km	N0x g/km	Partículas g/km.	Ciclos de prueba
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	0,12	FTP-75
Vehículos Medianos	≤ 3860	≤ 1700	6,2	0,5	0,75	0,16	
		1700 - 3860	6,2	0,5	1,1	0,08	
Vehículos Pesados**	> 3860		15,5	1,3	5,0	0,1 ***	Trasiente Pesado

* Prueba realizada a nivel del mar

** en g/Bhp-h (gramos/brake Horse Power-hora)

*** para buses de pasajeros el valor es 0,07 g/bHP-h

Vehículo liviano: es aquel vehículo automotor tipo automóvil o derivado de éste, diseñado para transportar hasta 12 pasajeros

Vehículo mediano: es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto es menor o igual a 3860 Kg., cuyo peso neto vehicular es menor o igual a 2740 kg y cuya área frontal no exceda de 4,18 m². Este vehículo debe estar diseñado para: transportar carga o para convertirse en un derivado de este tipo, para transportar más de 12 pasajeros, o ser utilizado u operado fuera de carreteras o autopistas y contar para ello con características especiales

Vehículo pesado: es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto es superior a 3860 kg, o cuyo peso neto es superior a 2740 kg, o cuya área frontal excede de 4,18 m²

**ORDENANZA METROPOLITANA No.****038****Art. II.375 LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS DE EMISIONES VEHICULARES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS NUEVOS A GASOLINA. - Los límites permitidos de emisión de los vehículos nuevos a gasolina en condiciones de prueba dinámica, no deberán superar los valores que se indican en las TABLAS 1 y 2.

TABLA 1. LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS NUEVOS A GASOLINA EN CONDICIONES DE PRUEBA DINÁMICA* (CICLOS AMERICANOS)

Categoría	Peso bruto del vehículo (Kg.)	Peso del Vehículo Cargado (Kg.)	CO g/km	HC g/km	N0x g/km	Ciclos de Prueba	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP-75	2
Vehículos Medianos	= < 3860	= < 1700	6,2	0,5	0,75		2
		1700 - 3860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados **	> 3860		14,4	1,1	5,0	Trasiente Fcsoado	3
	= < 6350						
	> 6350		37,1	1,9	5,0		4

* Prueba realizada a nivel del mar

** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)

Vehículo liviano: es aquel vehículo automotor tipo automóvil o derivado de éste, diseñado para transportar hasta 12 pasajeros

Vehículo mediano: es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto es menor o igual a 3860 Kg. cuyo peso neto vehicular es menor o igual a 2740 Kg. y cuya área frontal no excede de 4,18 m². Este vehículo debe estar diseñado: para transportar carga o para convertirse en un derivado de este tipo, para transportar más de 12 pasajeros, o ser utilizado u operado fuera de carreteras o autopistas y contar para ello con características especialesVehículo pesado: es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto es superior a 3860 Kg., o cuyo peso neto es superior a 2740 Kg., o cuya área frontal excede de 4,18 m²**TABLA 2. LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS NUEVOS A GASOLINA EN CONDICIONES DE PRUEBA DINÁMICA* (CICLOS EUROPEOS)**

Categoría	Peso bruto del vehículo (kg.)	Peso del Vehículo Cargado (kg.)	CO g/km	HC + N0x g/km	Ciclos de Prueba	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 (1)	= < 3500		2,72	0,97	ECF 15+ EUDC	2
M1 (2), N1		< 1250	2,72	0,97		2
		> 1250 < 1700	5,17	1,4		2
		> 1700	6,9	1,7		2

* Prueba realizada a nivel del mar

(1) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas

(2) Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas
M1: Vehículos automotores que tengan por lo menos cuatro ruedas y están destinados al transporte de hasta 8 personas más el conductor

N1: Vehículos automotores que tengan por lo menos cuatro ruedas y están destinados al transporte de carga con una máxima no superior a 3,5 toneladas



c) La revisión y actualización periódica de las normas de emisión de origen vehicular en el Distrito,

La Comisaría Ambiental sin perjuicio de otras atribuciones asignadas, constituye el soporte legal de la Municipalidad en la imposición de sanciones por incumplimiento de las normas y procedimientos establecidos en la presente ordenanza.

REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN.- Las disposiciones establecidas en el presente Capítulo serán revisadas periódicamente, pudiendo ser modificadas en cualquier momento, con el objeto de actualizarlas, teniendo como base criterios relacionados con los avances tecnológicos y los requerimientos de calidad del aire para la jurisdicción, los mismos que serán determinados por el Concejo Metropolitano previo informe de la unidad técnica administrativa encargada del ambiente.

CONTROL.- Se establece, **el control anual** de emisiones a todo vehículo automotor de uso regular (vehículos particulares) y *el control semestral* a todo vehículo de uso intensivo de transporte de carga y público (urbano, interparroquial, escolar y taxi) que circule en el Distrito Metropolitano de Quito.

ADHESIVO AMBIENTAL Y CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES.- Todo vehículo automotor que circule en el Distrito Metropolitano de Quito, debe portar en un lugar visible del parabrisas, el ADHESIVO AMBIENTAL actualizado, como constancia de aprobación de la norma de emisión vehicular exigida por la Municipalidad. Además, todo propietario de vehículo debe disponer del CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES actualizado.

El **CERTIFICADO DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES**, incluirá entre otros datos de identificación del vehículo y su propietario, los valores de emisión según los resultados de la prueba, así como la vigencia del documento, los cuales deben ser impresos automáticamente, sin ninguna interferencia humana que altere el resultado obtenido en la medición.

CERTIFICADO AMBIENTAL PARA VEHÍCULOS NUEVOS.- Todo vehículo automotor nuevo, a diesel o gasolina, que se comercialice en el Distrito Metropolitano de Quito, debe disponer del CERTIFICADO AMBIENTAL PARA VEHÍCULOS NUEVOS. En el CERTIFICADO AMBIENTAL PARA VEHÍCULOS NUEVOS, debe constar los resultados de la medición y el procedimiento de prueba aplicado al vehículo prototipo, sujeto a lo dispuesto en las TABLAS 1, 2, 4 y 5 del presente capítulo. Es obligación del agente comercializador, suministrar una copia de esta certificación a quienes adquieran los vehículos.



038

ORDENANZA METROPOLITANA No.

RECAUDACIONES.- La Dirección General Financiera, se encargará de la recaudación de las multas impuestas, así como de la emisión a los concesionarios de los CERTIFICADOS DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES y ADHESIVOS AMBIENTALES, y del traspaso de la asignación económica prevista en el presente capítulo para la operación y mantenimiento continuos e ininterrumpidos de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito.

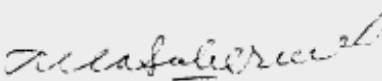
ARTICULO FINAL

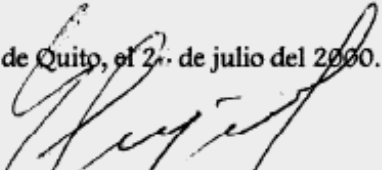
Dejase sin efecto lo contemplado en el CAPÍTULO IV, TÍTULO V, DEL LIBRO II DEL CODIGO MUNICIPAL y las demás disposiciones reglamentarias del mismo

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

La presente Ordenanza entrará en vigencia, una vez que haya concluido el proceso de concesión del servicio de verificación de emisiones vehiculares y entren en operación los Centros de Verificación destinados para el efecto.

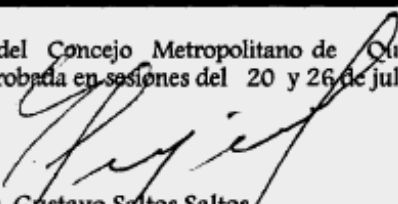
Dada en la Sala de Sesiones del Concejo Metropolitano de Quito, el 24 de julio del 2000.


Sr. Alfonso Laso Bermeo
**PRIMER VICEPRESIDENTE DEL
CONCEJO METROPOLITANO**


Dr. Gustavo Saltos Saltos
**SECRETARIO GENERAL DEL
CONCEJO METROPOLITANO**

CERTIFICADO DE DISCUSION

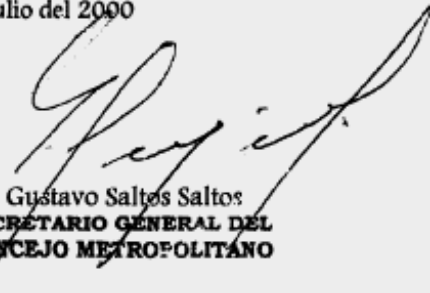
El infrascrito Secretario General del Concejo Metropolitano de Quito, certifica que la presente Ordenanza fue discutida y aprobada en sesiones del 20 y 26 de julio del 2000.


Dr. Gustavo Saltos Saltos
SECRETARIO GENERAL DEL CONCEJO METROPOLITANO

Alcaldía del Distrito Metropolitano.- Quito, 27 de julio del 2000

EJECUTESE


Ec. Roque Sevilla Larrea
**ALCALDE DEL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO**
RB.


Dr. Gustavo Saltos Saltos
**SECRETARIO GENERAL DEL
CONCEJO METROPOLITANO**

Capítulo 2 CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES

El incremento del número de vehículos que circulan en las ciudades del mundo ha sido calificado como la principal fuente de contaminación ambiental, por esta razón, la industria automotriz está desarrollando nuevas tecnologías, que incluyen: sistemas de control de emisiones, motores más eficientes, mejor calidad de combustibles entre otros, con el afán principal de contribuir con la reducción de los efectos contaminantes producto de la combustión en el interior de los motores, pretendiendo así reducir en un elevado porcentaje los elementos contaminantes.

El control de las emisiones contaminantes y específicamente las vehiculares ha ido desarrollándose con el paso de los últimos años, cada país ha diseñado los métodos y las normas para las pruebas de emisión que se los ha implementado a los ya existentes programas de inspección y mantenimiento de los vehículos, que ayudan a controlar que los sistemas y mecanismos para reducir las emisiones cumplan con los requerimientos.

Dichas normas han sido creadas en base a otras ya existentes en países desarrollados como los pertenecientes a la Comunidad Europea así como también en los Estados Unidos donde a pesar de esto, existen aún diversos sectores que todavía no poseen programas de inspección y mantenimiento vehicular.

Una manera de conocer los porcentajes de las emisiones contaminantes de un automóvil es a través de los llamados analizadores de gases (para los vehículos a gasolina) y los opacímetros (para vehículos diesel) y los niveles de aprobación varían dependiendo de las normas establecidas por la ciudad o país donde se está realizando dicho procedimiento.

Para manejar de manera adecuada los valores admisibles de emisiones contaminantes, se han formulado una serie de normativas que muestran parámetros de trabajo y de emisiones vehiculares bajo los cuales los vehículos deben funcionar para reducir los niveles de contaminación de éstos.

Tanto la Unión Europea como la EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos), trabajan en la creación de normas que permitan mejorar la calidad del aire. Dichas instituciones tienen sus propias normas bajo las cuales se rigen y las que han sido diseñadas en base a estudios y pruebas.

Ambas normas de reglamentación pretenden reducir drásticamente los niveles de contaminación, al igual que el material particulado fruto de las combustiones incompletas.

2.1 NORMA:

Una norma no es más que un conjunto de requisitos que reglamentan o rigen procesos o productos para garantizar un grado óptimo de control.

En la figura (Fig. 2.1) se muestra la evolución temporal de las normativas anticontaminación.

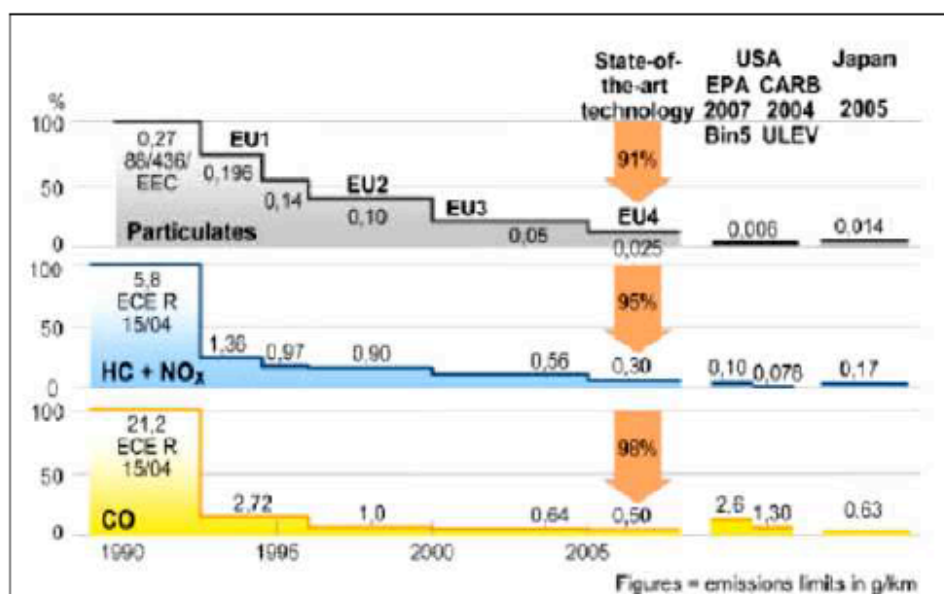


Fig.2.1. Evolución temporal de las normativas anticontaminación.¹⁰

¹⁰ PORTILLA, A, LOS MATERIALES EN EL CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES, Escuela Politécnica Nacional-Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito- Ecuador

2.1.1 NORMATIVAS EUROPEAS EURO PARA LA REDUCCION DE EMISIONES VEHICULARES:

Las normas de emisión EURO son un programa de medidas reglamentarias creadas por la Comisión Europea y aprobadas por el Parlamento Europeo por el que se establecen requisitos técnicos para la homologación de vehículos de motor en el campo de las emisiones vehiculares, creadas para evitar que difieran de un estado a otro, aplicable a países miembros de la Unión Europea, y sirven para determinar los límites máximos autorizados de emisiones contaminantes para vehículos móviles.

Estas normas son aplicables a los vehículos nuevos que se comercializan en la Unión Europea, y con el paso de los años van implementándose nuevos parámetros que cada vez restringen más los niveles permitidos de emisiones para estos vehículos. Son aplicables además a los vehículos que se encuentran ya en circulación. Los gases de escape que regulan estas normas son:

- Óxidos de nitrógeno NO_x.
- Monóxido de carbono CO.
- Hidrocarburos no combustionados HC.
- Material particulado.

Las normas EURO han sido establecidas según la fecha de puesta en servicio del vehículo se las clasifica de acuerdo a la Tabla 2.1 por ejemplo:

Tabla 2.1. Puesta en servicio de la norma EURO:

NORMA EURO	NORMA EURO	AÑO DE PUESTA EN SERVICIO
	0	Después de 1988
	I	Después de 1993
	II	Después de 1996
	III	Después de 2000
	IV	Después de 2005
	V	Después de septiembre de 2009 para la recepción y enero de 2011 para la matriculación de vehículos.
	VI	Después de septiembre de 2014 para la recepción y septiembre de 2015 para la matriculación de vehículos.

[Autoría Propia]

En Europa se han venido aplicando varias normas de emisiones, desde la EURO 0, hasta la EURO V, la misma que entró en vigencia en el año 2008. En la figura (Fig.2.2) se muestran los límites de las normativas anticontaminación europea.

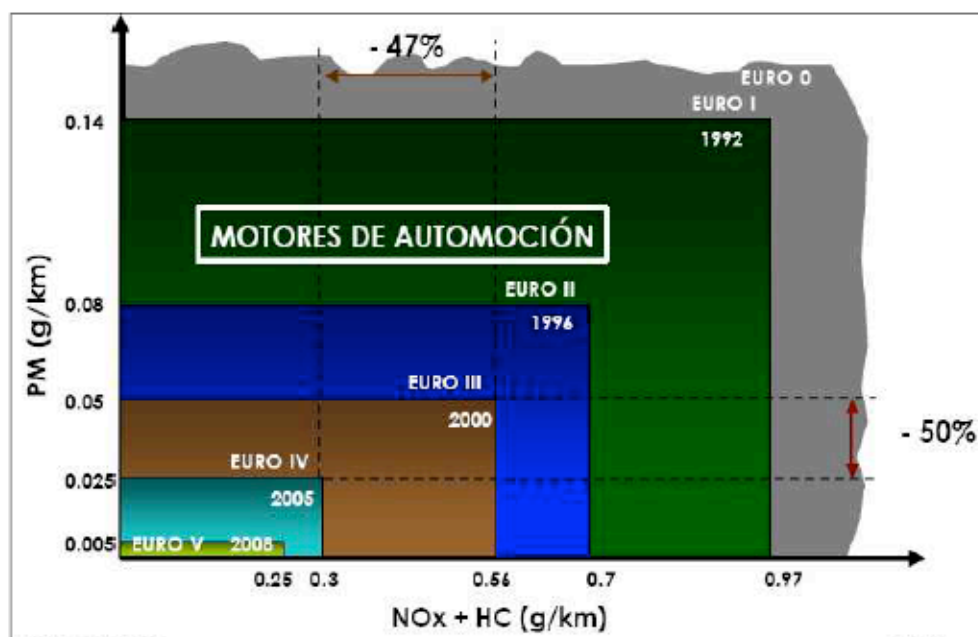


Fig.2.2. Límites de las normativas anticontaminación europea EURO, para vehículos livianos.

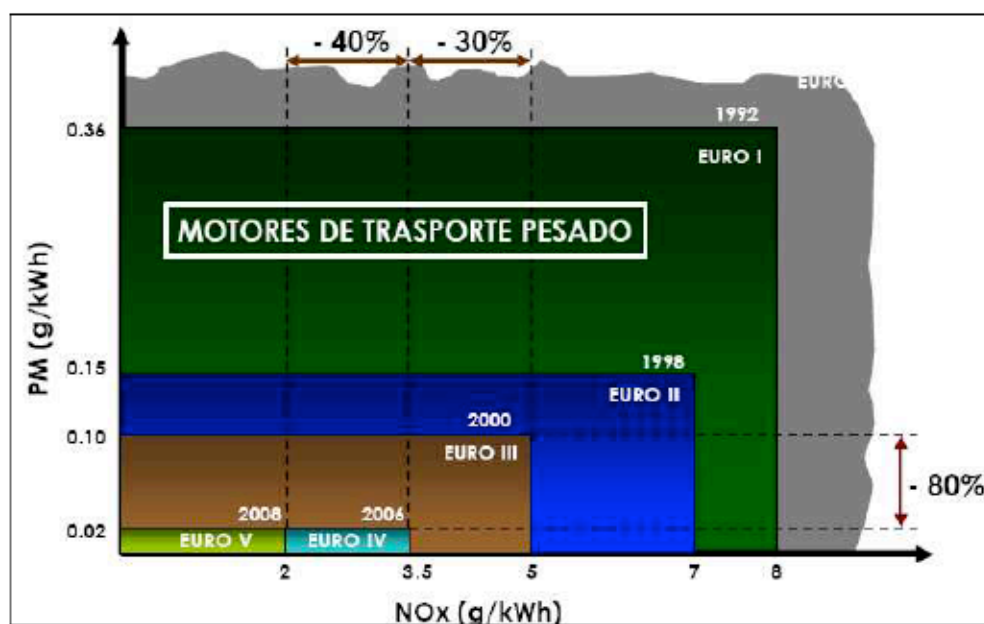


Fig.2.3. Límites de las normativas anticontaminación europeas EURO, para vehículos pesados.

2.1.2 LÍMITES DE EMISIONES PARA LAS NORMAS EURO

Cada una de estas tiene un rango máximo de medida de los gases emitidos que se describe a continuación en¹¹:

Tabla 2.2. Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros $\leq$ a 1305 kg (categoría N1 - I), en g/km.

TIPO	FECHA	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Gasolina						
EURO I	Octubre 1994	2.72	-	0.97	-	-
EURO II	Enero de 1998	2.2	-	0.5	-	-
EURO III	Enero de 2000	2.30	0.20	-	0.15	-
EURO IV	Enero de 2005	1.0	0.10	-	0.08	-
EURO V	Septiembre de 2010	1.0	0.075	-	0.06	0.005

Tabla 2.3. Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros 1305 kg-1760 kg (categoría N1 - II), en g/km

Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Gasolina						
EURO I	Octubre de 1994	5.17	-	1.4	-	-
EURO II	Enero de 1998	4.0	-	0.65	-	-
EURO III	Enero de 2001	4.17	0.25	-	0.18	-
EURO IV	Enero de 2006	1.81	0.13	-	0.10	-
EURO V	Septiembre de 2010	1.81	0.13	-	0.075	0.005

Tabla 2.4. Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros 1760-3500 kg (categoría N1 - III), en g/km.

TIPO	FECHA	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Gasolina						
EURO I	Octubre de 1994	6.9	-	1.7	-	-
EURO II	Enero de 1998	5.0	-	0.8	-	-
EURO III	Enero de 2001	5.22	0.29	-	0.21	-
EURO IV	Enero de 2006	2.27	0.16	-	0.11	-
EURO V	Septiembre de 2010	2.27	0.16	-	0.082	0.005

¹¹ Tablas 2.2 – Tabla 2.5: Tomadas de la norma EURO 5 y 6, Anexo 1.

Tabla 2.5. Normas sobre emisiones para vehículos N₂ y N₃.

Tipo	Fecha	CO (g/kWh)	NOx (g/kWh)	HC (g/kWh)	PM (g/kWh)
Euro 0	1988-1992	12.30	15.8	2.60	-
Euro I	1992-1995	4.90	9.00	1.23	0.40
Euro II	1995-1999	4.00	7.00	1.10	0.15
Euro III	1999-2005	2.10	5.00	0.66	0.10
Euro IV	2005-2008	1.50	3.50	0.46	0.02
Euro V	2008-2012	1.50	2.00	0.46	0.02

2.2 SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES:

Se entiende como sistema de control al conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.¹²

Los sistemas de control de emisiones vehiculares son todas aquellas tecnologías que han sido desarrolladas para reducir los elementos contaminantes producidos por los automóviles en el proceso de combustión, dichos sistemas son instalados en los motores en una determinada ubicación dependiendo de la función que vayan a cumplir; con esto se pretende reducir de forma significativa los elevados niveles de contaminantes contenidos en los gases de escape.

Dentro de lo que es el sistema de control de emisiones vehiculares destacan los siguientes sistemas:

- Sistema de ventilación positiva del Cáster (PCV).
- Sistema cerrado de control evaporativo (Canister).
- Sistema de recirculación parcial de gases de escape (EGR).
- Sistema de inyección adicional de aire al ducto de escape.
- Sensor de oxígeno (Sonda Lambda).
- Convertidor catalítico.

¹² http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
ANEXO 2 – DEFINICIÓN EFICIENCIA


Definición
 .DE

introduce la palabra a definir

BUSCAR

NAVEGAR POR

CATEGORÍAS

INICIALES

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

DEFINICIÓN DE
EFICIENCIA

La noción de **eficiencia** tiene su origen en el término latino *efficientia* y refiere a la **habilidad de contar con algo o alguien para obtener un resultado**. El concepto también suele ser equiparado con el de **fortaleza** o el de **acción**.

ÚLTIMAS DEFINICIONES



DEFINICIÓN DE
geografía humana

DEFINICIÓN DE
geometría euclidiana

DEFINICIÓN DE
geomorfología

DEFINICIÓN DE
geolocalización

DEFINICIÓN DE
geografía económica

ANEXO 3 – TRANSFERENCIA DE CALOR

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA

[¿EN QUE CONSISTE?](#)

[ENUNCIADO DE CLAUSIUS Y KELVIN PLANK](#)

[FORMULAS](#)

[MAQUINAS TERMICAS](#)

[PROCESOS REVERSIBLES E IRREVERSIBLES](#)

[EJERCICIOS](#)

[VIDEOS](#)

FORMULAS

Q_c = Energía que se absorbe (el subíndice C se refiere a caliente)

Q_f = Energía que se cede (el subíndice F se refiere a frío)

ΔU = "Cero" Debido a que la sustancia de trabajo se lleva a través de un ciclo, su energía interna inicial y final es la misma, por lo que la variación de energía interna es cero.

$$\Delta U = Q + W$$

$$Q_{\text{neto}} = Q_c - Q_f$$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, donde m=masa; c=capacidad calorífica; T=cambio de temperatura.

Dependiendo el estado de la materia a evaluar puede ser la capacidad de evaporación o de fusión.

Por lo tanto el trabajo es:

$$W = / Q_c / - / Q_f /$$

Donde Q_c y Q_f se toman como cantidades positivas. Si la sustancia de trabajo es un gas, el trabajo neto realizado en un proceso cíclico es igual al área encerrada por la curva que representa a tal proceso.

Eficiencia térmica o Rendimiento:

La eficiencia térmica, e (o simplemente eficiencia), de una máquina térmica se define como la razón entre el trabajo neto realizado y el calor absorbido durante un ciclo:

$$e = W / Q_c ; e = Q_c - Q_f / Q_c ; e = 1 - Q_f / Q_c$$

Datos personales



Eduardo C.
Ciudad, Santa Ana, El Salvador

[Ver todo mi perfil](#)

¿Que te parece este artículo?

Excelente	0 (0%)
Bueno	0 (0%)
Malo	0 (0%)

Votos hasta el momento: 0
Encuesta cerrada

Email

Se ha producido un error en este gadget.

Archivo del blog

▼ 2011 (1)

▼ diciembre (1)

Seguidores

Seguidores (11)



¿EN QUE CONSISTE LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA...

1

Introducción

La transferencia de calor es aquella ciencia que busca predecir la transferencia de energía que puede ocurrir entre cuerpos materiales, como resultado de una diferencia de temperatura. La termodinámica enseña que esta transferencia de energía se define como calor. La ciencia de la transferencia de calor no sólo trata de explicar cómo puede ser transferida la energía calorífica, sino también trata de predecir la rapidez a la que se realizará este intercambio bajo ciertas condiciones especificadas. El hecho de que un régimen de transferencia de calor sea el objetivo deseado de un análisis, señala la diferencia entre la transferencia de calor y la termodinámica. La termodinámica se ocupa de sistemas en equilibrio; se puede utilizar para predecir la cantidad de energía requerida para pasar un sistema de un estado de equilibrio a otro; no puede usarse para predecir qué tan rápido se realizará un cambio, ya que el sistema no se encuentra en equilibrio durante el proceso. La transferencia de calor completa al primer y segundo principios de la termodinámica, al proporcionar reglas experimentales adicionales que se pueden utilizar para establecer rapidez de transferencia de energía. Tal como en la ciencia de la termodinámica, las reglas experimentales utilizadas como base del tema de la transferencia de energía son muy simples y se les puede ampliar con facilidad para que abarquen diversas situaciones prácticas.

Como un ejemplo de los diferentes tipos de problemas que son tratados por la termodinámica y la transferencia de calor, considérese el enfriamiento de una barra de acero caliente que se coloca en un recipiente con agua. La termodinámica puede usarse para predecir la temperatura de equilibrio final de la combinación de la barra de acero y agua. La termodinámica no nos dirá cuánto tardará en alcanzar esta condición de equilibrio o cuál será la temperatura de la barra después de pasado un cierto tiempo antes que se alcance la condición de equilibrio. La transferencia de calor puede usarse para predecir la temperatura tanto de la barra como del agua, en función del tiempo.

La mayor parte de los lectores conocerán los términos utilizados para indicar los tres modos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. En este

CAPITULO 1

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.1 Introducción. ¿Qué es la Termodinámica?

La Termodinámica es una herramienta analítica teórica y práctica que interpreta fenómenos naturales desde el punto de vista de las relaciones de materia y energía. La palabra "Termodinámica" fue usada por vez primera en 1850 por W. Thomson (Lord Kelvin) como combinación de los vocablos griegos "termo" (calor) y "dínamos" (potencia o fuerza), aunque actualmente se usa como opuesto a estático.

La Termodinámica estudia el intercambio de energía en sus diversas formas, su interacción con los equipos, las propiedades de la materia y el uso racional de la energía. Dado que no se puede concebir industria sin uso de energía, esta ciencia tiene una gran importancia práctica y se aplica en todas las ramas de la Ingeniería.

La formulación de leyes en el campo de la Termodinámica es tan general que estas parecen oscuras. A menudo se describen relaciones energéticas y másicas sin especificar la índole de los procesos que las originan. Esto es así porque las leyes que se estudian tienen aplicación y vigencia en todos los fenómenos naturales, y restringirlas de algún modo sería destruir su significado. A la Termodinámica no le incumben los detalles constructivos de un determinado proceso que produce una cierta transformación, sino la transformación en sí, y la estudia desvinculada de todo detalle que quite generalidad a su estudio. Esto no le impide obtener relaciones válidas y útiles, tan generales que son aplicables a todos los procesos industriales.

En general, nos limitaremos a establecer nuestro análisis en base al balance de masa, de energía y de entropía, haciendo abstracción del funcionamiento interno del proceso. Esto es, la Termodinámica trata a los procesos como cajas negras sin interesarse en su funcionamiento interno, salvo como una cuestión complementaria, pero esos detalles se pueden eliminar por completo sin afectar la validez del análisis termodinámico.

1.1.1 Presión

Se define la presión en un fluido en reposo como la fuerza compresiva normal por unidad de área (esfuerzo normal de compresión) que actúa sobre una superficie sumergida en el seno del fluido. Si se piensa que las partículas del fluido se encuentran en movimiento irrestricto, con direcciones al azar, cuando se encuentran con una superficie sólida se produce un choque. Este choque ejerce sobre la superficie (por imperio de la primera ley de Newton) una fuerza proporcional a la variación de velocidad. La suma de todas las fuerzas debidas al impacto de partículas en la unidad de área es la presión.

Propiedad es cualquier característica evaluable de un sistema. Su valor depende de las condiciones en las que este se encuentra. Las propiedades termodinámicas son aquellas que se relacionan con la energía, y definen el estado termodinámico del sistema. Las dos propiedades mas conocidas y usadas por la relativa facilidad de su medición son la presión y la temperatura. Se suele hablar de presión *absoluta* y presión *manométrica*. Presión manométrica es la medible con un manómetro en un recinto cerrado, también llamada en inglés "gauge pressure". Presión absoluta es la presión manométrica mas la presión atmosférica. El término *absoluto* en la escala de temperaturas tiene otro significado, que trataremos mas adelante.

Todos los cálculos en Termodinámica se hacen sobre la base de temperaturas absolutas, y la mayoría de las veces (salvo que se indique lo contrario) con presiones absolutas.

En el caso de un cuerpo totalmente sumergido en un fluido en reposo, como este lo rodea por completo y los impactos se producen en todos los puntos de la superficie del cuerpo, la presión (que, recordemos, es un vector) actúa en dirección normal a la superficie sin importar su posición.

El cuerpo está en reposo si la suma de fuerzas es menor que el peso del cuerpo. Si es mayor, el cuerpo flota, es decir, resulta impulsado hacia arriba.

A una presión definida de este modo se la llama presión *estática* y es una propiedad de estado. Mas adelante vamos a definir exactamente qué se entiende por propiedad de estado. En un fluido en movimiento puede existir además de la presión estática otra presión originada por el choque de las partículas en movimiento contra una superficie sólida. A esta presión se la llama *dinámica*. Las técnicas de medición que tenemos permiten medirlas por separado, de modo que se puede medir la presión estática en un punto del fluido donde este está estancado, y también se puede medir la suma de presión estática y dinámica en otro punto donde el fluido está en movimiento. Por la definición anterior es obvio que la presión estática o la di-

1.1 Energía y sociedad

La *termodinámica* se define como el estudio de la energía, sus formas y transformaciones, así como sus interacciones con la materia. Antes de iniciar este estudio, es útil reflexionar sobre el lugar y utilidad que tiene esta disciplina, no sólo en el *currículum* del ingeniero y del científico sino en el marco mismo de la sociedad.

1.1.1 Valor de la energía

La disponibilidad de la energía y la habilidad de las personas para aprovechar esa energía en forma útil ha transformado nuestra sociedad. Hace apenas unos siglos, la mayoría de la población luchaba por subsistir produciendo la comida de consumo local. Actualmente, en muchos países una pequeña fracción de la fuerza de trabajo total produce abundante comida para toda la población y mucha de esta gente queda libre para otras actividades. Es posible viajar grandes distancias en poco tiempo mediante la elección de transportes (incluyendo tanto viajes a la órbita de la tierra como a nuestro satélite natural más cercano, por ejemplo); es posible la comunicación instantánea con personas en cualquier lugar de la tierra; se tienen los medios para controlar grandes cantidades de energía a nuestro antojo personal en forma de automóviles, herramientas eléctricas, aparatos y condicionamiento del bienestar en las viviendas.

¿Cómo se produjeron esos cambios? Fueron el resultado de una combinación de inventiva e ingenio, acoplados con una esmerada construcción teórica por algunos grandes científicos e ingenieros a través de los años. La historia de este desarrollo de la ciencia básica y de la ingeniería tal como ahora se conocen es, además de interesante, una fuente de inspiración, pero resulta muy larga para resumirla aquí. En el apéndice A se presenta una breve historia del desarrollo de la termodinámica clásica.

Como resultado del desarrollo de la ciencia y de las aplicaciones termodinámicas ha crecido la habilidad para obtener energía, transformarla y emplearla para satisfacer las necesidades de nuestra sociedad, cambiándola de una sociedad agraria a una moderna. En la definición de termodinámica se ve claramente que esta ciencia no sólo es útil a los ingenieros en sus vidas profesionales sino que ha jugado, y continúa haciéndolo, un papel vital en el desarrollo de la sociedad.

1.1.2 Necesidad de comprender la energía y sus formas

Dada su generalidad, la termodinámica es la ciencia básica que sirve de punto de partida para el estudio de muchos otros temas de ingeniería; el más obvio es la *transferencia de calor*, el cual se refiere a cómo la energía pasa de un material o de un lugar a cierta temperatura, a otro material o a otro lugar a una temperatura diferen-

ANEXO 4 – EFICIENCIA TÉRMICA

física fluidos y termodinamica

"creer es mas fácil que pensar. He ahí la razón de que hayan mas creyentes"

INICIO

AMPLIA CONOCIMIENTOS

BIOGRAFÍAS

FÍSICA DE FLUIDOS Y TERMODINAMICA

PREGUNTAS

Eficiencia térmica o Rendimiento:

La eficiencia térmica, e (o simplemente eficiencia), de una máquina térmica se define como la razón entre el trabajo neto realizado y el calor absorbido durante un ciclo:

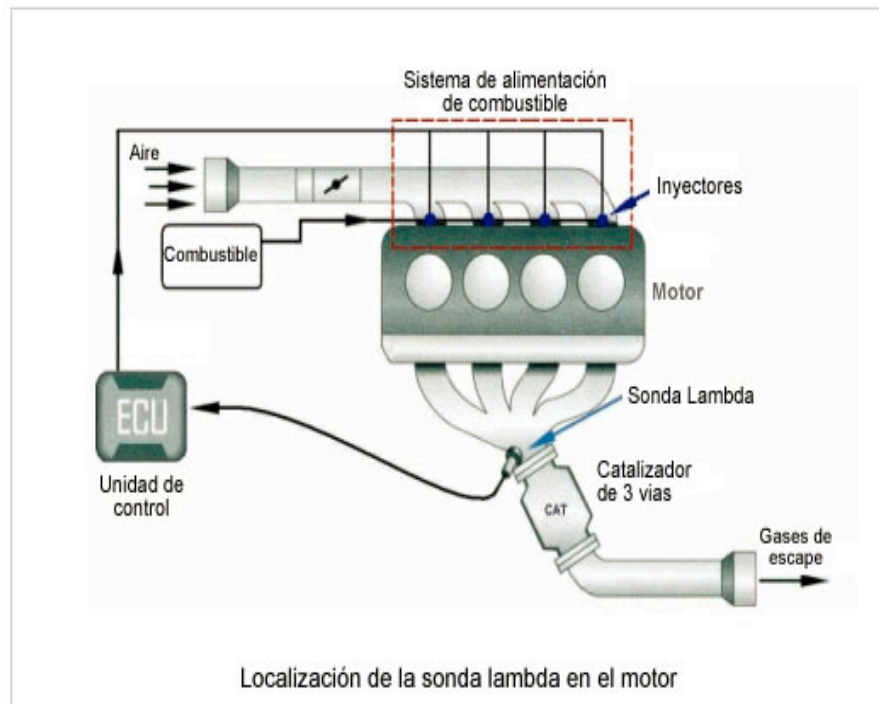
$$e = W/Q_c ; e = Q_c - Q_f / Q_c ; e = 1 - Q_f / Q_c$$

Se puede pensar en la eficiencia como la razón de lo que se obtiene (trabajomecánico) a lo que se paga por (energía). Este resultado muestra que una máquina térmica tiene una eficiencia de 100% ($e = 1$) sólo si $Q_f = 0$, es decir, sino se libera calor a la fuente fría. En otras palabras, una máquina térmica con una eficiencia perfecta deberá convertir toda la energía calórica absorbida Q_c

ANEXO 5 – LOCALIZACIÓN Sonda LAMBDA

Localización de la sonda lambda en el motor

La sonda lambda esta dispuesta en el sistema de escape delante del catalizador. La señal de la sonda es conducida a la unidad de control del motor. Se pueden emplear sondas lambda de dos puntos (como las estudiadas hasta ahora) o sondas lambda de banda ancha (regulación lambda permanente). Detrás del catalizador puede encontrarse otra sonda lambda (regulación con dos sondas). Esta sonda es siempre una sonda de dos puntos.



Funcionamiento

Mediante el circuito de regulación formado con ayuda de una o dos sondas lambda pueden identificarse y corregirse desviaciones de una relación de aire y combustible determinada. El principio de regulación se basa en la medición del contenido de oxígeno residual en los gases de escape. El contenido de oxígeno residual es una medida para la composición de la mezcla de aire y combustible aportada al motor.

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.

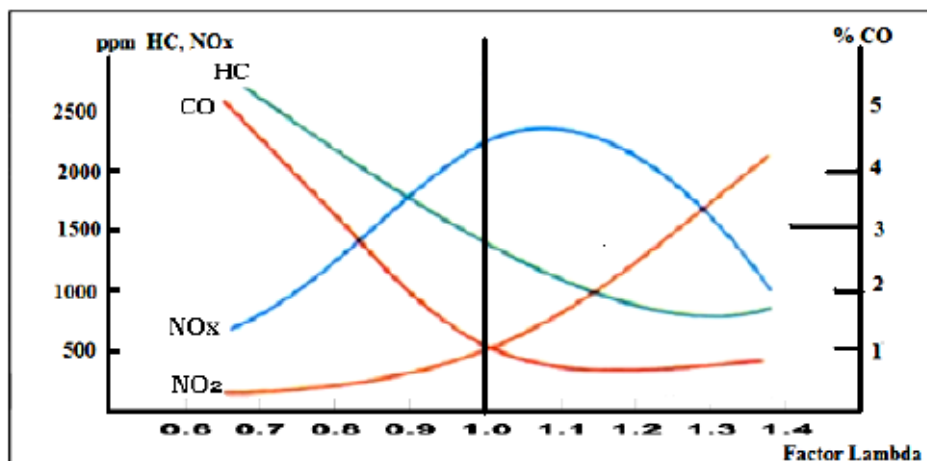


Fig. 1.27. Concentración de contaminantes en un motor de gasolina⁴.

1.5.5 GASES DE ESCAPE Y FACTOR LAMBDA (λ):

La relación aire combustible (factor lambda) tiene una influencia decisiva sobre la emisión de gases contaminantes.

1.5.5.1 Monóxido de carbono (CO):

Las emisiones aumentan en mezclas ricas ($\lambda < 1$). El oxígeno existente no es suficiente para completar la combustión por lo que el contenido de CO es elevado, el CO disminuye para mezclas pobres ($\lambda > 1$), el oxígeno presente es abundante por lo que la combustión tiende a completarse.

1.5.5.2 Dióxido de Carbono (CO₂):

La concentración alcanza valores máximos para valores cercanos a 1. El valor de CO₂ puede dar una idea de la "calidad" de la combustión, obsérvese en la figura

⁴ <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2001/santa-fe-sur/motor/images/conver10.jpg>.

(Fig.1.28) que el pico de valor máximo de CO_2 corresponde prácticamente con una mezcla con un factor λ ligeramente superior a 1,00.

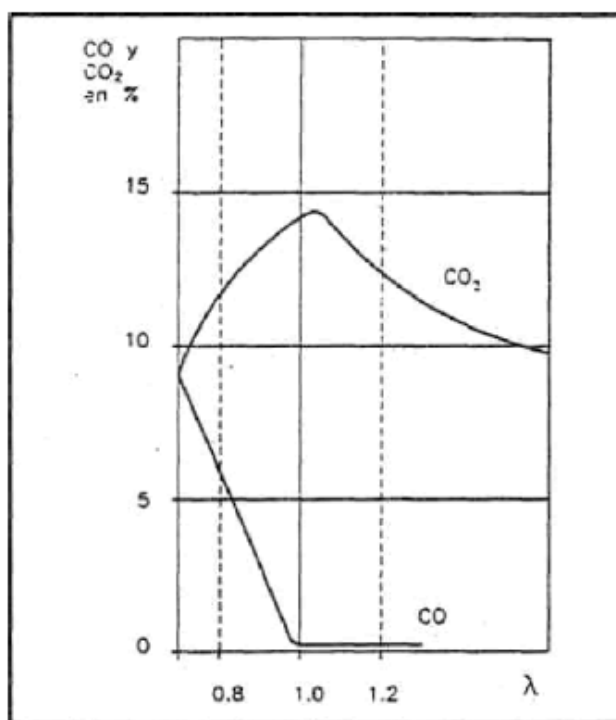


Fig. 1.28. Variación de los porcentajes de CO y CO_2 en función al factor lambda.⁵

1.5.5.3 Hidrocarburos no combustionados (HC):

La concentración de hidrocarburos sin quemar se reduce a valores mínimos para relaciones aire combustible ligeramente superiores a la relación estequiométrica, es decir para mezclas pobres (cuando $\lambda = 1,2$).

Con mezclas ricas no es posible quemar por completo los hidrocarburos por falta de oxígeno. Por el contrario, con mezclas muy pobres ($\lambda > 1,2$) se pueden tener retrasos en la combustión, dificultad de propagación de la llama o fallos de encendido al haberse superado los límites de inflamabilidad; obsérvese figura (Fig.1.29). En este caso la combustión resulta incompleta y se comprueba un aumento significativo de los HC emitidos en el escape.

⁵ <http://institutoleonardo.iespana.es/descargas/gases.pdf>.

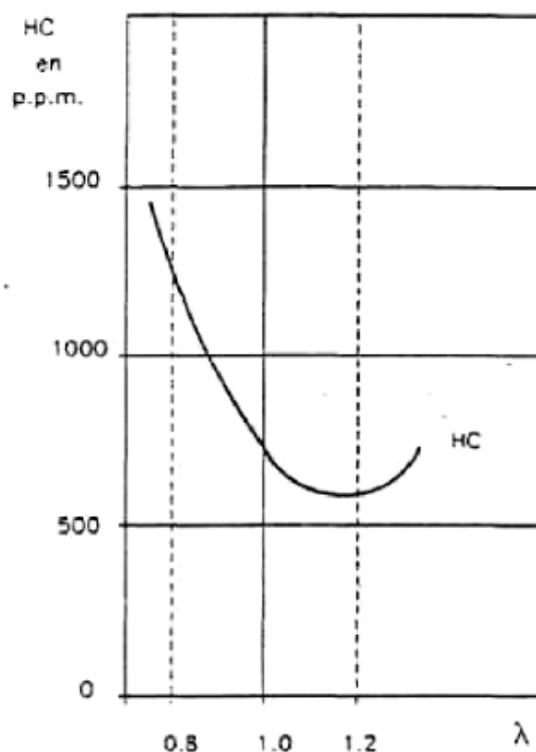


Fig. 1.29.- Variación del porcentaje de HC en función del factor lambda⁶.

1.5.5.4 Óxidos de Nitrógeno (NO_x):

Una mezcla pobre contiene una cantidad mayor de oxígeno que facilita la formación de NO_x. Para valores $\lambda = 1,1$ ligeramente superior a la relación estequiométrica ($\lambda = 1,0$) se obtiene la concentración máxima de NO_x. (Fig.1.30).

Si aumenta aún más la dosificación, disminuye la temperatura de combustión y por consiguiente se reduce la cantidad de óxidos de nitrógeno aunque exista exceso de oxígeno.

⁶ <http://institutoleonardo.iespana.es/descargas/gases.pdf>.

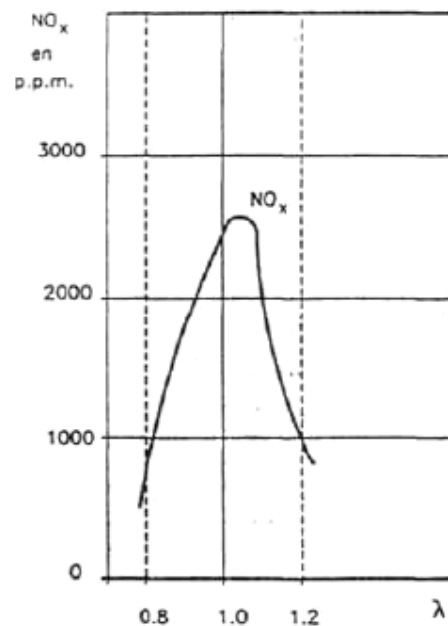


Fig. 1.30.- Variación del porcentaje de NOx en función del factor lambda.⁷

Tabla 1.2. Interpretación de diversos valores de factor lambda.

MEZCLA	LAMBDA (λ)	INTERPRETACION
RICA	Menos De 0,75	El motor se ahoga. La mezcla es poco inflamable. Si se enriquece más la mezcla, el motor llegara a pararse por exceso de combustible.
	Entre 0,85 y 0,95	Mezcla rica. Entre estos factores de λ es donde el motor entrega más potencia de forma continua, pero este tipo de mezcla tiene efectos secundarios por lo que no puede usarse para la conducción normal.
IDEAL	Entre 0,95 y 1,05	Mezcla correcta. Este es el factor λ con el que debe funcionar el motor tanto en ralentí como en régimen estacionario.
POBRE	Entre 1,05 y 1,15	Mezcla pobre. El motor pierde potencia, pero se consigue un consumo mínimo de combustible.
	Entre 1,15 y 1,30	Mezcla muy pobre. El motor pierde mucha potencia y el consumo aumenta. Se producen problemas de auto encendido y falsas explosiones en el escape.
	Más De 1,30	La mezcla no es inflamable. El motor no funciona.

[Autoría Propia]

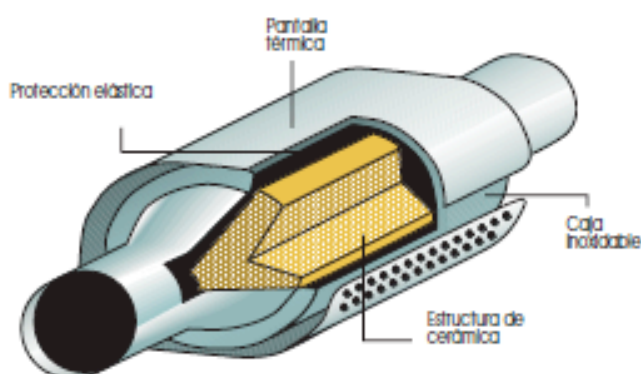
⁷ <http://institutoleonardo.iespana.es/descargas/gases.pdf>

ANEXO 6 - CATALIZADOR



En qué consiste el catalizador

El catalizador tiene como misión disminuir los elementos polucionantes contenidos en los gases de escape de un vehículo mediante la técnica de la catálisis. Se trata de un dispositivo instalado en el tubo de escape, cerca del motor, ya que ahí los gases mantienen una temperatura elevada. Esta energía calorífica pasa al catalizador y eleva su propia temperatura, circunstancia indispensable para que este dispositivo tenga un óptimo rendimiento, que se alcanza entre los 400 y 700 grados centígrados.



Exteriormente el catalizador es un recipiente de acero inoxidable, frecuentemente provisto de una carcasa-pantalla metálica antitérmica, igualmente inoxidable, que protege los bajos del vehículo de las altas temperaturas alcanzadas.

En su interior contiene un soporte cerámico o monolito, de forma oval o cilíndrica, con una estructura de múltiples celdillas en forma de panal, con una densidad de éstas de aproximadamente 450 celdillas por cada pulgada cuadrada (unas 70 por centímetro cuadrado). Su superficie se encuentra impregnada con una resina que contiene elementos nobles metálicos, tales como Platino (Pt) y Paladio (Pd), que permiten la función de oxidación, y Rodio (Rh), que interviene en la reducción. Estos metales preciosos actúan como elementos activos catalizadores; es decir, inician y aceleran las reacciones químicas entre otras sustancias con las cuales entran en contacto, sin participar ellos mismos en estas reacciones. Los gases de escape contaminantes generados por el motor, al entrar en contacto con la superficie activa del catalizador son transformados parcialmente en elementos inócuos no polucionantes.



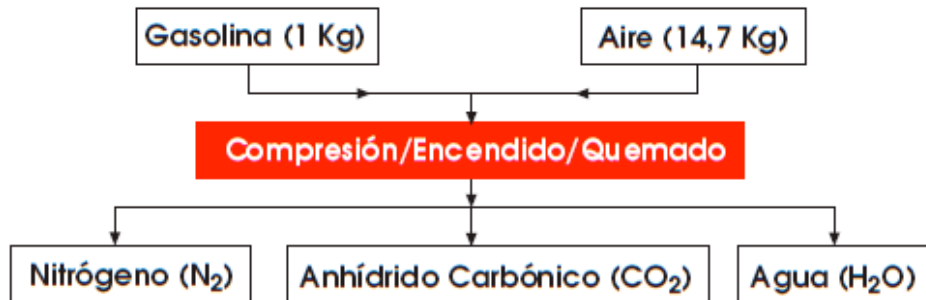
Combustión en motores de explosión

Combustible = Gasolina formada por Hidrocarburos (HC)

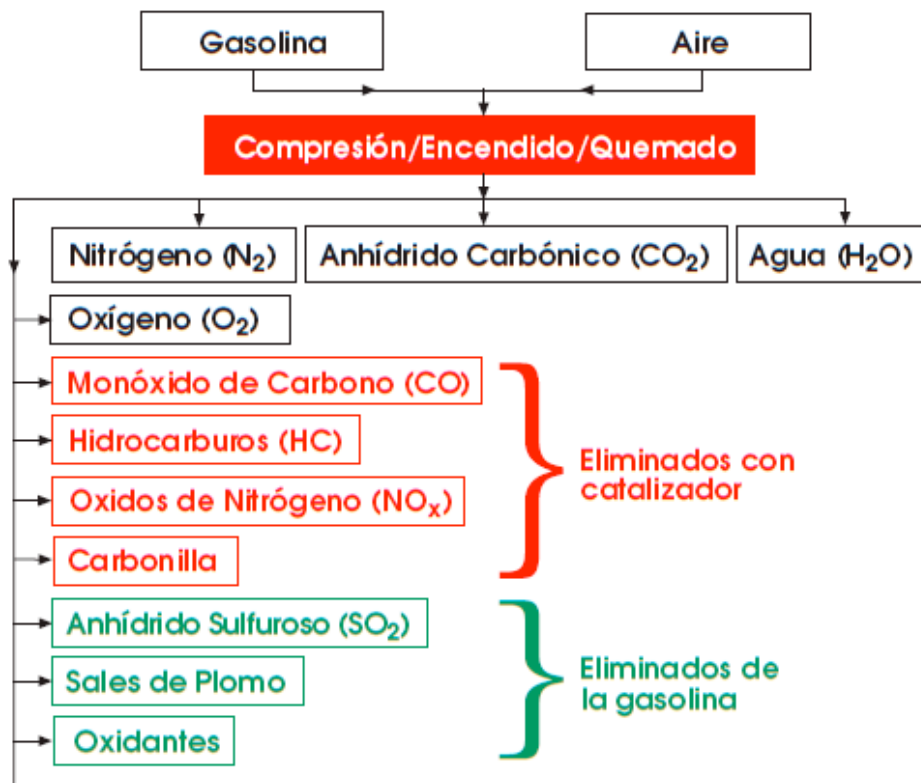
Comburente = Oxígeno (O_2)

El O_2 procede del aire atmosférico (en volumen 21% de O_2 y 79 % de N_2)

* Combustión ideal con mezcla estequiométrica



* Combustión real





Tipos de gases producidos en la combustión y sus consecuencias

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

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

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

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.

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

Contaminantes El Monóxido de Carbono, en concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la Hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en Carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.

La falta de oxígeno en la combustión hace que ésta no se produzca completamente y se forme Monóxido de Carbono en lugar de Dióxido de Carbono. En un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indican la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.



Los Hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El Benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de Aldehídos y Fenoles.

La presencia simultánea de Hidrocarburos, Oxidos de Nitrógeno, rayos ultravioleta y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímico, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.

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

El Plomo es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetra-etilo 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.



Coeficiente Lambda y características de mezcla

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

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

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

El volumen total de la instalación silenciadora en un turismo equivale aproximadamente de tres a ocho veces la cilindrada del motor. Según sean la cilindrada y el tipo del silenciador, la instalación de los gases de escape pesa entre 8 y 40 kg.

Catalizador

El cuerpo del catalizador es de acero de alta calidad resistente al calor. Contiene monolitos cerámicos con recubrimiento activo. Se utiliza suspensión elástica para compensar los coeficientes de dilatación diferentes del acero y de la cerámica y para proteger al monolito sensible a los golpes y las vibraciones. Para ello se han consolidado dos sistemas diferentes:

El alojamiento en tejido de alambre de acero fino altamente resistente al calor es insensible a temperaturas extremas de los gases de escape y a pulsaciones fuertes del gas en el margen de altas velocidades. Debido al poco aislamiento al calor de este alojamiento, los tubos y el cuerpo del catalizador a menudo se aíslan más.

El alojamiento en esteras de hinchamiento consta de un fieltro de fibras cerámicas compuesto a su vez de fibras de silicato de aluminio y de trocitos micáceos expansivos. Ambas sustancias están unidas entre sí por látex acrílico. Por influencia de la temperatura la estera se expande y aprieta al monolito a una posición inamovible. Puesto que la estera de hinchamiento es un buen aislante, cumple además con aislamiento adicional del calor. Sin embar-

go, puede suceder que con calor excesivo la estera siga dilatándose y exista el peligro de rotura del monolito. A temperatura excesivamente baja la presión de la estera de hinchamiento es demasiado pequeña. El monolito puede moverse y romperse. Las pulsaciones de los gases de escape pueden llevar a efectos de erosión en la estera de hinchamiento.

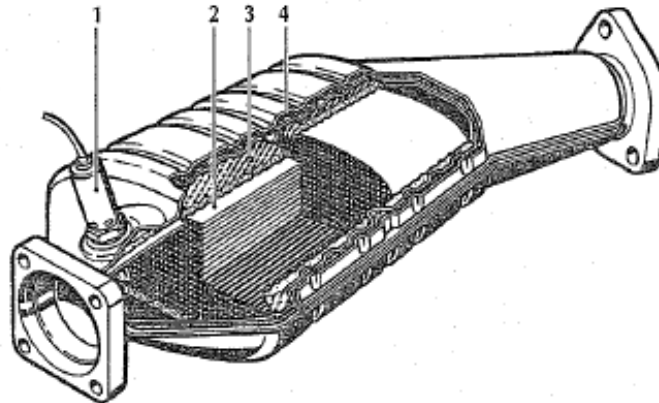
Para limitar las dilataciones longitudinales y obtener una mejor mezcla de los gases de escape, se emplean a menudo varios monolitos en un mismo catalizador. La forma del embudo de entrada al catalizador debe estar conformada cuidadosamente para obtener una distribución uniforme del gas en el monolito. La forma externa del cuerpo cerámico depende de la disponibilidad de espacio debajo del vehículo, y puede ser triangular, rectangular o redonda.

Una alternativa al monolito cerámico es el catalizador metálico. Consta de una lámina metálica finamente ondulada, de 0,05 mm de espesor, soldada en un proceso de alta temperatura. Al igual que en el catalizador cerámico, su superficie está recubierta con material catalíticamente activo. Por sus paredes delgadas puede haber una cantidad mayor de canales en la misma superficie. Esto significa menor resistencia contra los gases de escape, lo cual es ventajoso para la optimización de vehículos de altas prestaciones.

Los catalizadores también evidencian efectos acústicos. Debido a los tubos estre-

Catalizador de dos cuerpos y tres vías

1 Sonda lambda para regulación lambda, 2 Monolito, 3 Alojamiento de tejido de alambre, 4 Armazón doble aislado térmicamente



chos cerámicos, forman un sinnúmero de pequeñas fuentes de sonido. Las ondas de sonido se anulan en parte por interferencias o son amortiguadas por rozamientos.

Al dimensionar instalaciones de gases de escape, el catalizador debe ser adaptado cuidadosamente, porque influye mucho por su alta resistencia al flujo, al transcurso de las vibraciones en la instalación y al comportamiento de potencia del motor (véase también "Recombustión catalítica", pág. 489).

Silenciadores

Los silenciadores deben alisar las pulsaciones de la presión de los gases de escape y hacerlas lo menos audibles posible. Para ello hay básicamente dos principios básicos: la reflexión y la absorción. Según estos principios los silenciadores pueden ser por reflexión o por absorción, pero la mayoría de ellos constan de la combinación de ambos. La ubicación de los silenciadores es de gran importancia para la calidad de la amortiguación del sonido, porque junto con los tubos de la instalación de los gases de escape forman un sistema capaz de oscilar con resonancias propias. La meta es ajustar las instalaciones con profundidad máxima para que sus frecuencias propias no exciten las posibles resonancias en la carrocería. Para evitar sonidos del cuerpo y para el aislamiento térmico la parte inferior de la carrocería, los silenciadores frecuentemente son de doble pared y capa aislante. Según sean las condiciones de espacio debajo del vehículo, los silenciadores se construyen como "recipiente enrollado" o de medios cascos.

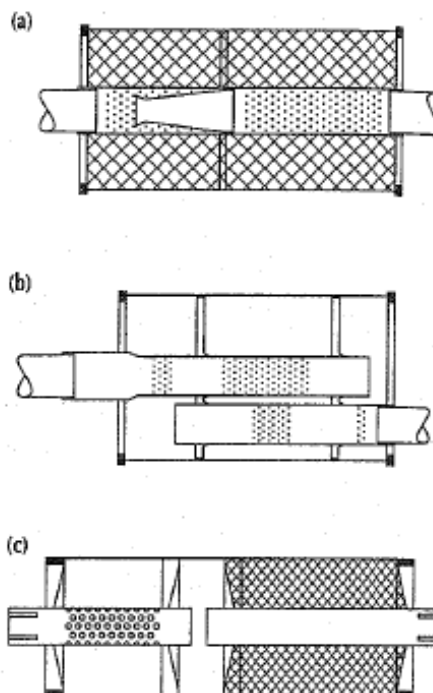
Los silenciadores por reflexión constan de cámaras de diferentes longitudes unidas por tubos. Un amortiguamiento especialmente eficaz para frecuencias bajas lo producen los saltos de sección entre tubos y cámaras, así como también las desviaciones de los gases de escape producidas por los tubos de unión entre las cámaras y los resonadores. Cuantas más cámaras sean posibles, tanto mayor es el amortiguamiento del silenciador.

Los silenciadores por reflexión causan mayor presión contraria a los gases de escape, normalmente tienen más pérdida de rendimiento y son más pesados.

Los silenciadores por absorción se componen de una cámara a través de la cual pasa un tubo perforado. La cámara está llena de un material que absorbe el sonido. El sonido atraviesa las perforaciones y entra en el material absorbente, donde atraviesa por rozamiento y se transforma en calor. El material absorbente consiste mayormente en lana mineral de fibra larga (lana de basalto o de piedra) con una densidad de llenado de 120 a 150 g/l. El amortiguamiento depende de la densidad de llenado, del grado de absorción del material y de la longitud y espesor de la capa de la cámara. El amortiguamiento es de banda muy ancha y comienza ya a frecuencias muy altas. La conformación de las perforaciones y la conducción del tubo a través de la lana asegura que el material no sea expulsado por las pulsaciones del gas de escape. A veces se protege a la lana mineral con una capa de lana de acero fino alrededor del tubo perforado.

Principios de los silenciadores

- (a) Silenciador por absorción
- (b) Silenciador por reflexión
- (c) Combinación entre (a) y (b)



frío los contaminantes son indicados en g/ ensayo, mientras que en el ensayo en caliente son referidos a la longitud del recorrido, es decir calculados para g/km (tabla 6). En Japón las normas sobre gases de escape incluyen una limitación de las pérdidas por evaporación, que se determinan según el método SHED.

Aparatos de medición de los gases de escape

El legislador ha incorporado la comprobación de los gases de escape también para los vehículos en circulación.

En los talleres de automóviles existen aparatos de medición de los gases de escape que son imprescindibles para la graduación óptima de la preparación de la mezcla y de ayuda para la localización de averías del motor.

Procedimientos de medición

Para la medición de los gases de escape en los talleres se ha impuesto finalmente sólo el procedimiento por infrarrojos.

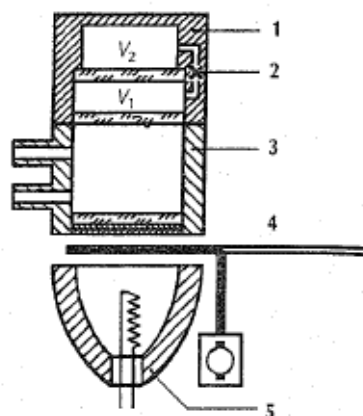
Se basa en el principio de que la luz infrarroja es absorbida fuertemente por determinados componentes de los gases de escape y además a una longitud de onda característica del componente en particular. Según tipos, existen aparatos contrastables para un componente (por ejemplo, CO) o para varios componentes (para CO/CH, CO/CO₂, CO/CH/CO₂, etc.)

Cámara de medición

Un radiador caliente, aproximadamente a 700 °C, irradia rayos infrarrojos que atraviesan una cubeta de medición y penetran en una cámara de recepción, en la cual se encuentra encerrado un gas con una proporción de CO definida. Con ello se absorberá allí una parte de la radiación específica de CO. Esta absorción provoca una elevación de la temperatura del gas, la que a su vez tiene como consecuencia el paso de gas a través de un medidor de caudal, al segundo volumen compensador V₂. Puesto que la radiación es interrumpida rítmicamente por un disco interruptor rotatorio, se origina una circulación básica alterna entre ambos volúmenes V₁ y V₂. El medidor de caudal convierte esta circulación en señal eléctrica alterna. Cuando se

Cámara de medición por el método infrarrojo (principio)

1 Cámara de recepción con los volúmenes de compensación V₁ y V₂, 2 Medidor de caudal, 3 Cubeta de medición, 4 Disco interruptor rotatorio con motor, 5 Radiador infrarrojo



mide un gas con proporciones variables de CO, al pasar por la cubeta de medición absorbe una parte de la energía de la radiación, según la proporción que tenga de CO, que resulta perdida para la cámara de recepción. Como consecuencia de ello disminuye la circulación de base en la cámara de recepción. De este modo la variación de la señal de base alterna es una medida del contenido de CO en el gas medido.

Comprobación del catalizador

En vehículos con catalizador regulado puede efectuarse la comprobación directa de su funcionamiento con la ayuda de un "componente guía". Por lógica se emplea para ello CO, que después del catalizador no debe sobrepasar una proporción del 0,3% en volumen. Sin embargo es premisa que lambda se sitúe exactamente en 1,00 ($\pm 0,01$). Lambda se puede determinar con la ayuda de la composición de los gases de escape a la salida del tubo de escape. El aparato comprobador de los gases de escape calcula lambda por las proporciones de los componentes de los gases de escape CO, HC, CO₂ y O₂ y unas constantes para NO y para la composición del combustible HC_v. El contenido de O₂ se mide por otra parte con una sonda electroquímica.

ANEXO 7 – MOTORES A DIESEL Y MOTERES OTTO

El motor Otto

Se entiende por motor Otto el de pistones con formación de mezcla homogénea, interior o exterior y encendido externo. La mezcla homogénea de combustible y aire se comprime luego en el tiempo de compresión a unos 20 a 30 bar ($\epsilon = 8$ a 12). La temperatura final resultante de la compresión, de 400 a 500 °C, queda todavía por debajo de los límites de autoencendido de la mezcla, por lo que poco antes del PMS hay que encenderla con una chispa.

La combustión consiguiente y de ella el rendimiento de potencia, dependen esencialmente de la velocidad de inflamación que se pueda conseguir y con ello de la duración de la combustión.

Formación de mezcla

Misión del sistema de formación de mezcla en el motor Otto:

Producción de mezclas de aire y carburante combustibles y homogéneas. Homogéneas sólo lo pueden ser las mezclas de gas o gas-vapor, es decir, todo el carburante debe ser vaporizado antes del encendido. Si no se puede conseguir completamente la vaporización del carburante, por ejemplo en el arranque en frío, porque las temperaturas necesarias para ello son demasiado bajas, hay que añadir tanto más combustible para que la fracción de éste que se vaporiza lleve a una relación aire-combustible que sea combustible (enriquecimiento de la mezcla en el arranque en frío).

Además de la homogeneización de la mezcla, el sistema de formación de la mezcla puede regular también la carga del motor. Puesto que las mezclas homogéneas de aire y combustible sólo se queman del todo en un margen estrecho de λ (0,8 a 1,2), la regulación de la carga debe realizarse por la cantidad de mezcla que entra en el cilindro (regulación cuantitativa), lo cual se consigue por mayor o menor estrangulamiento de la entrada de combustible en el cilindro de trabajo a carga parcial (regulación por reducción de paso). Finalmente, la formación de mezcla debe realizarse de forma que se produzcan variaciones mínimas en la relación aire-combustible, de un cilindro a otro y de un ciclo a otro.

Los motores con carburador y los de inyección pueden realizar esta exigencia con diversas ventajas y muestran en el campo característico del motor comportamientos opuestos. La mariposa de estrangulamiento que se emplea ocasiona en el campo inferior de la carga, en el punto de entrada del equipo de formación de la mezcla del carburador, una distribución desigual del aire y con ello del llenado del cilindro (en la instalación de formación de mezcla monopunto de un carburador o de una instalación de inyección monopunto o central). Sin embargo la presión descendente del tubo de aspiración tiene un efecto positivo en la proporción de carburante y con ello —como indica la figura— en la composición de la mezcla de cilindro a cilindro; es decir que resultan llenados diferentes de los cilindros a relación constante de aire/combustible (coeficiente aire) λ . Al aumentar la carga, es decir, al aumentar la presión en el tubo de aspiración, aumenta la desigualdad del reparto de la mezcla.

En la inyección secuencial en el tubo de aspiración o directa, la variación cuantitativa relativa, de cilindro a cilindro, en la zona inferior de carga resulta más desfavorable. Puesto que simultáneamente en la zona inferior del campo característico el reparto de aire en los distintos cilindros es irregular, se produce una mayor diferencia en la distribución de aire-combustible a los cilindros. Al aumentar la carga y obtenerse con ello una mejor distribución del aire, la variación de λ es menor.

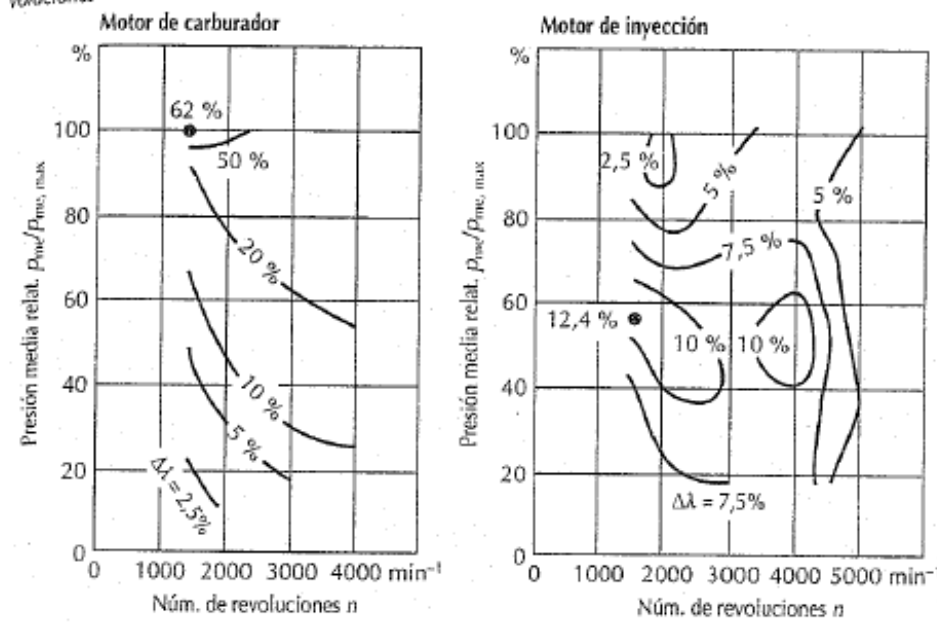
En ambos sistemas de formación de mezcla la relación de aire a vapor de combustible (λ real), en el arranque en frío y durante la fase de marcha en caliente, deben corregirse por enriquecimiento.

Encendido

El sistema de encendido debe estar en situación de inflamar con seguridad en el instante preciso a la mezcla comprimida, incluso en condiciones desfavorables y teniendo en cuenta el movimiento de la mezcla y las variables proporciones de aire/combustible. Disponiendo las bujías en zonas de fácil acceso de la mezcla y con un movimiento ordenado de la mezcla, se puede mejorar la seguridad del encendido, sobre todo en la zona pobre y en el caso de carga parcial extrema. También

Formación de mezcla

Diferencia en la proporción aire-combustible λ de los distintos cilindros con respecto a la carga y el número de revoluciones



puede resultar ventajosa la disposición de las bujías en pequeñas cámaras auxiliares, las llamadas cámaras de encendido.

La energía de encendido necesaria depende de las mezclas aire/combustible empleadas. En las de aire/gasolina, en la zona estequiométrica, se precisa una energía de encendido de 0,2 mJ. Por el contrario, las mezclas pobres y las ricas precisan hasta 3 mJ por encendido.

Proceso de la combustión

La primera reacción térmica que se produce entre el suministro de energía de encendido de la chispa y la reacción exotérmica de la mezcla aire/combustible, la denominada fase de inflamación, es casi constante con el tiempo y sólo depende de la composición de la mezcla. Esto significa un retraso del encendido que aumenta y varía con λ , al aumentar el número de revoluciones del motor y con él el movimiento del pistón.

El transcurso de la liberación de calor viene determinado principalmente por la forma de la cámara de combustión y la posición del punto de encendido; la duración de la combustión la determina principalmente la velocidad de propagación

de la llama (velocidad de combustión). La velocidad de combustión, para un exceso de aire de aprox. 10%, o sea $\lambda = 0,9$ es máxima y llega a 20 a 40 m/s. Viene determinada por los procesos de difusión en el frente de la llama, así como por la fuerza de la turbulencia y desarrollo de la temperatura en la porción de mezcla (gas final) todavía no quemada.

La fuerza de la turbulencia en la cámara de combustión o en el frente de llama puede ser modificada, entre otras cosas, por la configuración de los órganos de admisión de la mezcla, la forma de la cámara de combustión (por ejemplo, con bordes productores de turbulencia), y el grado de aprovechamiento del movimiento del pistón ("circulación de compresión"). También puede generarse por sí sola aprovechando la propagación de la llama y la elevación de presión relacionada con la misma, y en todo caso depende de parámetros del motor tales como: compresión, temperatura del aire de aspiración y número de revoluciones.

La elevación de presión durante la combustión también es decisiva para la evolución de la temperatura del gas final,

siempre que se puedan despreciar la conductividad y la radiación térmicas.

Resulta favorable para un bajo consumo de combustible y de ello un elevado rendimiento, el tener por un lado un tiempo de combustión corto, o sea, velocidades de combustión elevadas, y por otro lado la posición correcta de la liberación de calor de acuerdo con el movimiento del émbolo. El punto crítico de la liberación de calor debería pues estar situado muy cerca (a unos 5° a 10° del cigüeñal) después del punto muerto superior. Un punto crítico de transformación demasiado avanzado eleva las pérdidas de calor por las paredes y las pérdidas mecánicas (elevada presión de cresta). Una liberación de calor retrasada conduce a una utilización desfavorable del calor (grado de calidad) y elevadas temperaturas de los gases de escape.

La posición correcta de la liberación de calor debe asegurarse con precisión por medio de la elección del instante del encendido, teniendo en cuenta:

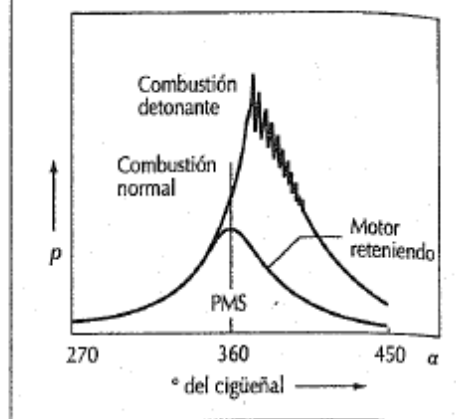
- El estado de la mezcla (λ)
- La dependencia de la turbulencia de los parámetros del motor y
- Los procesos de inflamación que discurren constantes en el tiempo y debido a ello los retrasos en el encendido de diferentes magnitudes.

Problemas y limitaciones del encendido

En la práctica, la seguridad de la inflamabilidad y propagación de la llama impiden empobrecer la mezcla hasta coeficientes de aire $\lambda > 1,3$ en motores con formación exterior de mezcla y encendido externo, aun cuando esto sería ventajoso para mejorar el rendimiento teórico (exponente politrópico) el intercambio de gas (menores pérdidas en el estrangulamiento), y disminuir las pérdidas de calor por las paredes y por disociación (disminución de la temperatura de combustión). Se hacen pruebas en este sentido con motores de gasolina-metanol.

El mejorar el rendimiento de la carga parcial con una mayor compresión hace que aparezca un cambio de la combustión con picado a plena carga. Se habla de combustión con picado o combustión detonante cuando las velocidades de la llama son del orden de la velocidad del sonido.

Combustión detonante en comparación con la combustión normal y con motor reteniendo en el diagrama $p-\alpha$

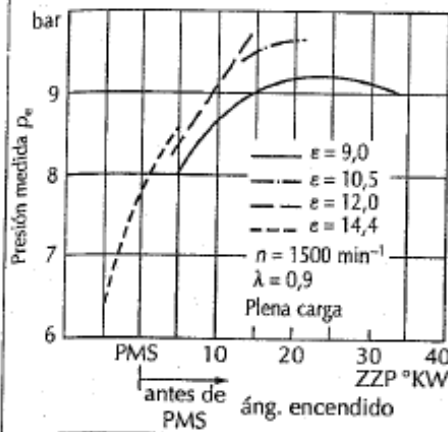


Esto puede presentarse especialmente hacia el final de la combustión, cuando el gas final está ya muy comprimido y a elevada temperatura. En comparación con la combustión normal, en la combustión detonante se producen elevadas crestas de presión que se propagan con la velocidad del sonido en la cámara de combustión y dañan los émbolos, la junta y la culata. La peligrosa combustión detonante puede disminuirse por medio de aditivos al combustible o con una mezcla más grasa (refrigeración interna adicional).

La idea hoy generalmente aceptada de retrasar el instante del encendido para evitar la combustión detonante no está totalmente exenta de problemas, especialmente en motores de alta compresión, ya que la curva característica del encendido (presión media en función del instante del encendido) discurre cada vez con más pendiente al aumentar la compresión, con lo cual además de una pérdida de presión media se alcanzan temperaturas extremadamente elevadas en los gases de escape. Para relaciones de compresión $\varepsilon = 12$ a 13 es necesario el conocimiento seguro y evitar la combustión detonante.

La escasa capacidad de empobrecimiento de la mezcla en el motor Otto condiciona, en amplias zonas del diagrama característico, la regulación de la carga por la masa de aire aspirado. Esto se puede conseguir por estrangulación, es decir, por

Presión media tolerable en el límite detonante en función de la relación de compresión y del ángulo de encendido



la densidad de aire, o por cierre adelantado de la válvula de admisión, o sea, por duración de la admisión. El procedimiento más sencillo técnicamente es el de regulación por estrangulamiento, aunque es el más desfavorable desde el punto de vista de rendimiento.

Rendimiento de la potencia, rentabilidad

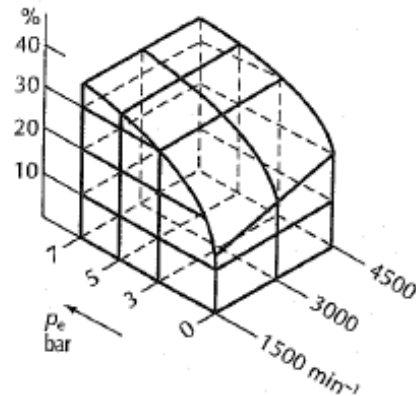
El rendimiento indicado de un motor con formación exterior de mezcla y encendido externo desciende principalmente en la zona inferior del diagrama característico (ver figura). Las causas hay que buscarlas tanto en la calidad de la combustión (turbulencia demasiado pequeña, densidad de carga demasiado pequeña), como en el rendimiento desfavorable del intercambio de gas.

El rendimiento mecánico desfavorable de esa zona del diagrama ocasiona una nueva disminución del rendimiento efectivo.

Todas las medidas que son apropiadas para evitar esa zona inferior del diagrama mejoran por consiguiente el rendimiento general del motor.

Por corte de combustible a un cilindro determinado, los cilindros alimentados tienen más carga, y con ello la calidad de la combustión y el rendimiento del intercambio de gas se mejoran. Inmovilizando además la válvula de intercambio de gas del cilindro sin combustión, se reduce aun más el trabajo de intercambio de gas.

Ciclo del rendimiento indicado de un motor Otto, con regulación por estrangulamiento, con respecto a la carga y al número de revoluciones

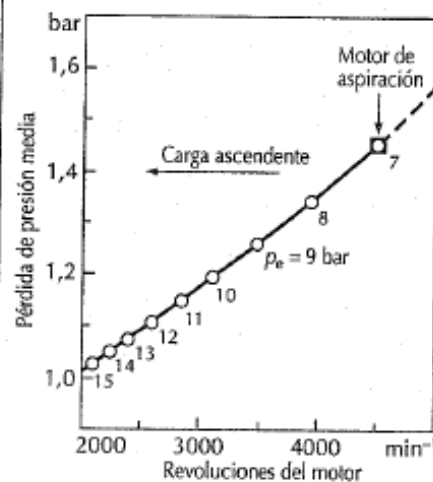


Al separar un cilindro, también se detiene su tracción y se puede mejorar así adicionalmente el rendimiento mecánico.

Mientras que estas medidas no están aún del todo desarrolladas para la fabricación en serie, la reducción del número de revoluciones del motor produce igualmente mejoras de la calidad y del rendimiento del intercambio de gas. Además, se reduce la presión media del rozamiento y se mejora así el rendimiento mecánico.

Pérdidas (rozamiento) y presión media en función de las revoluciones del motor

Motor Otto 5 l, $P_e = 130 \text{ kW}$ = constante a carga creciente del motor, p_e presión media



El motor diesel

Por motor diesel se entiende el de émbolos alternativos con mezcla de gas interior heterogénea y autoencendido. En el tiempo de compresión se comprime el aire entre 30 y 55 bar con lo que se calienta de 700 a 900 °C. Esta temperatura es suficiente para el autoencendido del combustible inyectado, se alcanza cerca del punto muerto superior del émbolo poco antes del final de la compresión. El ciclo de la combustión subsiguiente, así como la utilización del aire para el combustible aspirado y con ello la presión media alcanzable dependen decisivamente de la formación de la mezcla en los procedimientos heterogéneos.

Formación de la mezcla

En las mezclas heterogéneas la relación aire/combustible λ cubre la zona desde aire puro en la periferia del chorro de inyección ($\lambda = \infty$) hasta el combustible puro en el centro del mismo ($\lambda = 0$).

La figura muestra esquemáticamente la distribución de λ y la zona de llama correspondiente para una gota aislada en reposo. Puesto que esa zona aparece en principio para cada gota del chorro inyectado, resulta posible la regulación de la carga en la formación de mezcla heterogénea por medio de la cantidad de combustible introducida. Se habla de "regulación por calidad".

La combustión, al igual que para las mezclas homogéneas, tiene lugar en el margen relativamente estrecho de $0,3 < \lambda < 1,5$. El transporte de masas necesario para conseguir estas mezclas combustibles tiene lugar por difusión y turbulencias y se realiza por medio de los portadores de energía de formación de mezcla que se describen a continuación, y también por la propia combustión.

Energía cinética del chorro de combustible

Depende del gradiente de presión en el orificio de la tobera de inyección y determina, junto con la forma de ésta, que fija el cono del chorro y la velocidad consiguiente de la inyección del combustible, el espacio de interacción aire/combustible y la variedad de tamaños de gota en ese espacio.

La energía del chorro viene influenciada por la capacidad de transporte de la bom-

ba de inyección y la sección de paso de la tobera de inyección.

Energía calorífica

La energía calorífica de las paredes de la cámara de combustión y del aire comprimido sirve para vaporizar el combustible inyectado (por un lado en forma de película sobre la pared y por el otro en forma de gotas).

Forma en la cámara de combustión

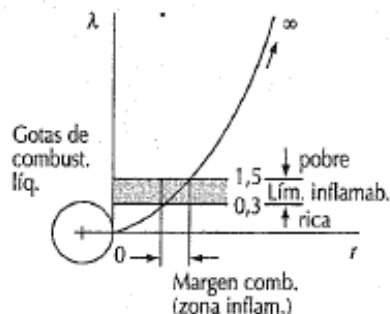
La forma de la cámara de combustión se puede utilizar, dándole la forma apropiada, para que con el movimiento del pistón produzca turbulencia (corriente de compresión).

Movimiento ordenado del aire (espiral)

Movimiento forzado del aire de combustión dentro de la cámara de combustión, mayormente en forma de corriente giratoria que mejora la conducción del aire hacia el chorro de combustible y aleja de él los gases quemados si el sentido del combustible y el de rotación del aire discurren aproximadamente perpendiculares entre sí y preceden a la "vaporización de gotas".

En la vaporización de la película de la pared, el movimiento giratorio del aire cuida de la eliminación de la capa de vapor y la separación térmica del gas de combustión del gas fresco. Las microturbulencias superimpuestas por el movimiento giratorio consiguen la mezcla rápida del combustible con el aire. El movimiento giratorio ordenado del aire se consigue o bien por una forma especial del canal de admisión o por desplazamiento de una parte de la carga del cilindro a una cámara auxiliar simétrica de rotación (por medio de un canal que desemboca tangencialmente).

Evolución de la relación aire-combustible λ en gotas sueltas en reposo



Combustión parcial en una cámara anexa
La combustión parcial del combustible en una cámara anexa produce una elevación de presión en esta cámara con respecto al espacio principal de combustión, con lo que se introducen a presión por uno o más canales de unión los gases parcialmente oxidados y el combustible vaporizado, que se mezclan allí intensamente con el resto del aire de combustión.

La utilización de una o generalmente varias de estas posibilidades de formación de mezcla en una combinación práctica lleva al proceso de combustión diesel.

Procedimientos de inyección directa

Este concepto comprende los procedimientos en los que se prescinde de la subdivisión del espacio de la combustión.

Tanto el procedimiento de inyección por chorro como también el procedimiento de inyección por toberas de orificios múltiples son definidos como procedimientos de distribución del aire.

Procedimiento de inyección por chorro

Se compone de una cámara de combustión ancha de media caña en el émbolo y una tobera de 6 a 8 orificios dispuesta en el centro. Utiliza fundamentalmente la energía del chorro de inyección y trabaja sin circulación giratoria del aire. Este procedimiento se había utilizado hasta ahora casi siempre en los grandes motores diesel lentos que trabajan con gran exceso de aire, pero de forma creciente el procedimiento de inyección por chorro se hace cada vez más interesante para motores sobrealimentados de vehículos industriales, a causa de la legislación cada vez más se-

vera con los gases de escape, los tiempos de inyección cada vez más retrasados para reducir los NO_x y las altas presiones de inyección para reducir la emisión de partículas.

Procedimiento de combustión con toberas de orificios múltiples

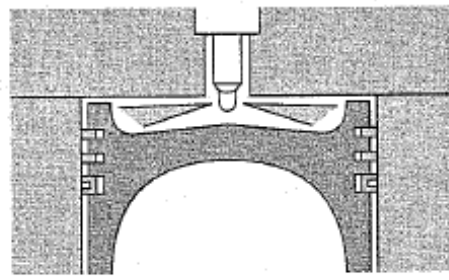
Este procedimiento incorpora una media caña en el émbolo claramente más estrecha, como cámara de combustión y una tobera de 3 a 5 orificios, también dispuesta en el centro. Hoy en día se emplea en los motores diesel de vehículos industriales livianos (motores de aspiración) así como también en motores diesel rápidos de furgonetas y de automóviles.

Para aumentar la intensidad y la velocidad de la formación de la mezcla (formación secundaria de mezcla) así como también mejorar el aprovechamiento del aire, se aprovecha, además de la energía del chorro de inyección, la energía de la corriente del aire de combustión que entra en el cilindro. Esto en la mayoría de las veces sucede en forma de corriente en espiral, producida por los órganos de admisión.

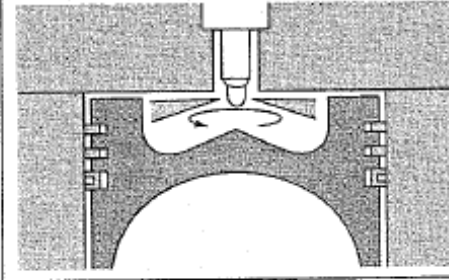
Para esto se escoge la velocidad de rotación del aire de tal modo, que la mezcla aire/combustible que se forma del chorro de inyección y del aire en torbellino durante el tiempo de inyección, llene plenamente el segmento de la cámara de combustión hasta la próxima inyección de la secuencia de combustión.

Si el espacio de la cámara de combustión no queda cubierto totalmente, se reduce el rendimiento del aire y con ello la producción de potencia. Si la mezcla cu-

Forma de la cámara de combustión para el sistema de inyección por chorro sin movimiento de giro del aire



Forma de la cámara de combustión y disposición del inyector para el procedimiento de toberas de orificios múltiples y movimiento de giro del aire



bre más que el espacio entre inyecciones, por la acumulación de combustible y escasez de aire se produce mucha carbonilla.

Procedimiento M

El procedimiento de combustión de la MAN (Procedimiento M), que distribuye preferentemente al combustible en las paredes de la cámara de combustión, utiliza para la formación de la mezcla además de la energía del chorro inyectado, sobre todo el calor de las paredes de la cámara de combustión y la corriente giratoria de aire. Para ello el combustible inyectado se proyecta contra la pared de la cámara por medio de una tobera de un solo orificio dispuesta excéntricamente en una estrecha cámara de combustión de media caña y según el sentido de giro del aire, forma una película que se vaporiza y mezcla intensamente con el torbellino de aire ya existente en la cámara de combustión. El procedimiento aprovecha muy bien el aire, con valores de enturbiamiento (emisión de hollín) bajos del gas de escape.

Procedimientos de combustión en cámara auxiliar

Los procedimientos de combustión en cámara auxiliar son apropiados para motores diesel pequeños rápidos, principalmente para turismos. En este sector se imponen por un lado grandes exigencias a la velocidad de formación de la mezcla y a la utilización del aire (λ "móvil") y por otro, en cuanto al precio, deben evitarse instalaciones de inyección caras para la obtención de elevadas energías del chorro inyectado.

Además de esto, para conseguir un buen llenado del cilindro, se pueden utilizar, no sin problemas en este caso, los canales o

lumberras de admisión que producen movimientos giratorios.

La combustión separada de una mezcla muy grasa en la cámara secundaria y otra relativamente magra en la cámara principal hace que las emisiones de NO_x y de CO sean muy reducidas.

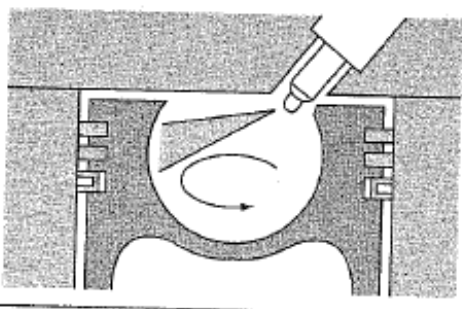
Procedimiento con cámara de turbulencia

Este procedimiento se caracteriza por una cámara auxiliar de forma casi esférica anexa a la cámara de combustión principal, que tiene casi el 50 % del volumen de compresión total. La cámara auxiliar está conectada con la principal por un canal que desemboca tangencialmente orientado hacia el centro del pistón. Incluye también la tobera y la bujía de incandescencia (auxiliar de arranque). En la cámara de turbulencia se produce en el tiempo de compresión una fuerte turbulencia, en la cual el combustible —igual que en el procedimiento M— es inyectado excéntricamente contra la pared de la cámara y en sentido giratorio. La calidad de la combustión viene determinada por aspectos críticos como pueden ser la conformación de la cámara de turbulencia (p.ej. con superficies adicionales de evaporación de la mezcla en el punto de choque del chorro de inyección en la pared de la cámara) así como también la disposición de las toberas y de las bujías de incandescencia. El procedimiento entonces es apropiado para números muy altos de revoluciones ($> 5000 \text{ min}^{-1}$), tienen un buen aprovechamiento del aire y una emisión muy baja de partículas.

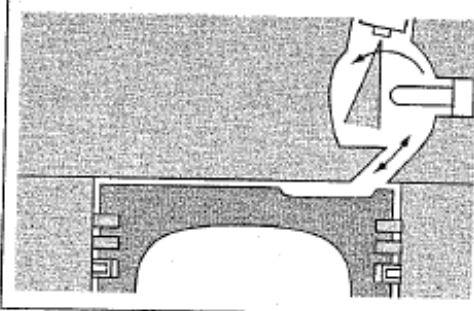
Procedimiento con antecámara

El procedimiento con antecámara se caracteriza por una cámara auxiliar lo más

Forma de la cámara de combustión y disposición de la tobera para el procedimiento M, de MAN



Forma de la cámara de combustión y disposición de la tobera para el procedimiento de cámara de turbulencia



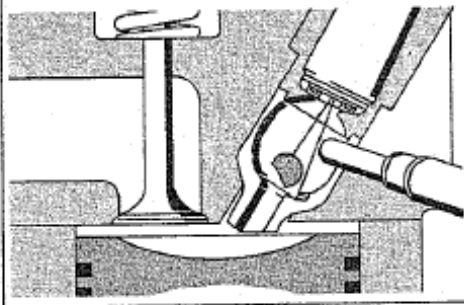
centrada posible con la principal de combustión que ocupa del 25 al 35 % del volumen de la compresión. La antecámara lleva también la tobera de inyección y la bujía de incandescencia (auxiliar de arranque). Está unida con la cámara de combustión principal por varios orificios, para asegurar la más completa absorción posible del aire de la cámara principal por los gases combustibles que salen de la antecámara. Una forma optimizada de la antecámara utiliza además una superficie de choque situada debajo de la tobera ("tetón bola") para la preparación rápida de la mezcla (especialmente formada) y para provocar un movimiento ordenado del aire en la antecámara. Esta corriente de compresión se topa con el chorro de inyección dirigido oblicuamente a ella y origina, junto a la bujía también colocada corriente abajo", una combustión extremadamente pobre en contaminantes y una emisión de partículas fuertemente reducida. El procedimiento tiene muy buen aprovechamiento del aire y también es apropiado para revoluciones muy elevadas.

Ciclo de la combustión

Entre el inicio de la inyección y con ello el inicio de la preparación de la mezcla, y el inicio de la reacción exotérmica (comienzo del encendido) transcurre un tiempo determinado: el retraso del encendido. Éste depende de:

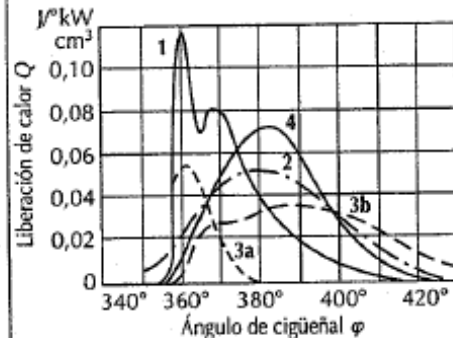
- la facilidad de encendido del carburante (índice de cetano),
- la presión final de compresión (relación de compresión, grado de sobrealimentación),

Forma de la cámara de combustión y disposición de la tobera para el procedimiento con antecámara



Procesos de liberación de calor

1 Inyección directa con repartición de aire (motor de aspiración optimizado en su consumo), 2 Inyección directa con distribución en la pared optimizada en cuanto a emisión de ruidos, 3 En el procedimiento con cámara auxiliar (3 a) y en cámara principal (3 b); 4 En inyección de chorro optimizada en sus gases de escape (motores con aire de alimentación refrigerado y con sobrealimentación)



- la temperatura final de la compresión (relación de compresión, temperatura del componente, refrigeración de la sobrealimentación) y
- del tipo de preparación de la mezcla.

La combustión, que se produce con el inicio del encendido, se divide en dos fases. En la fase de llama de "mezcla previa" se quema el combustible inyectado hasta el inicio del encendido y que está mezclado con el aire. El combustible inyectado después del inicio del encendido se quema en una "llama de difusión". La rápida fracción de llama de mezcla previa en la combustión total es la causa principal de la elevación de presión, y con ello del ruido de la combustión así como de la cantidad de óxido de nitrógeno. La combustión lenta de la llama de difusión causa sobre todo la formación de carbonilla e hidrocarburos sin quemar.

El proceso de liberación de calor de una combustión diesel depende por lo tanto directamente de la clase de formación de la mezcla y se puede modificar entre amplios límites por variación de los parámetros antes mencionados. Pero también depende de la selección del punto de encendido y de la duración del proceso de inyección (diámetro de la tobera), mediante los cuales se puede influenciar fuertemente en la formación de NO_x .

El diagrama muestra el "transcurso de la liberación de calor" para los diferentes procedimientos de inyección. La combustión en dos fases del procedimiento con cámara auxiliar permite además dirigirla mediante la selección de los diámetros de las comunicaciones entre las cámaras auxiliar y principal.

Problemas y limitaciones de la combustión

Como en los motores diesel el combustible inyectado se inflama por autoencendido, el combustible ha de tener una buena inflamabilidad (CN 45 a 50). A pesar de la elevada relación de compresión se pueden presentar problemas de encendido en el arranque —especialmente en el arranque en frío— pues a causa de las pocas revoluciones del motor al ponerlo en marcha, la compresión no empieza hasta después de estar cerradas las válvulas de admisión (o sea, marcadamente después del punto muerto inferior), con lo que la relación de compresión efectiva, y de ésta la temperatura de la compresión, desciende mucho.

Las piezas frías del motor favorecen además la cesión de calor del aire comprimido (exponente politrópico $1,1 < n < 1,2$). La relación $T_1 = T_0 \cdot \varepsilon^{n-1}$ indica que por disminución de la compresión efectiva o del exponente politrópico, se reduce en la misma proporción la temperatura final de la compresión. Además, a número de revoluciones bajas la preparación del combustible no es satisfactoria (gotas grandes de combustible), y el movimiento del aire es escaso. Obteniendo un tiempo de vaporización más largo (empezando antes la inyección) y con una elevación apreciable de la cantidad de combustible sobre la cantidad a plena carga (aportación de mayor cantidad de combustible de fácil ebullición) se resuelve sólo en parte el problema del arranque, ya que los componentes de más difícil ebullición del combustible del motor se pierden en forma de humo blanco o azul. Por ello son necesarios los medios auxiliares de arranque en forma de bujías de incandescencia o instalaciones de arranque con llama, sobre todo en los motores pequeños.

Puesto que en los procesos heterogéneos una parte importante de la formación de mezcla discurre durante la combustión, se

llega en la llama de difusión a sobreengrasamientos locales y con ello, en parte ya con coeficientes medianos de exceso de aire, a una elevación de la emisión de humo negro. La relación aire-combustible que puede utilizarse dentro de los límites de humos impuestos por la ley, es una medida de la calidad de la utilización del aire. Los motores con cámara auxiliar marchan en el límite de emisión de humos con un exceso de aire del 10 al 25 %; los motores diesel de inyección directa con un 40 a 50 %. También hay que tener en cuenta que los motores diesel de gran volumen, por la carga térmica que imponen sus piezas deben funcionar con marcado exceso de aire.

Puesto que en la combustión heterogénea siempre se tiene que formar hollín, no se puede realizar un motor diesel sin producción de hollín.

La emisión de hollín se pudo reducir, en los motores modernos diesel, por debajo del límite visible aumentando la presión de inyección, con el cambio hacia procedimientos optimizados de inyección por chorro con amplia cavidad de combustión y números altos de orificios de tobera, así como con el uso de la sobrealimentación turbo de los gases de escape y la refrigeración del aire de alimentación. A pesar de ello se sigue estudiando la recogida regenerativa y posterior combustión del hollín mediante filtros de quemado de hollín para usos especiales.

Como en los procesos de combustión de autoencendido la parte de combustible, que se vaporiza durante el retraso del encendido y se mezcla con aire, se quema muy rápidamente, puede producirse en los diferentes estados de carga, cuando esta parte es muy alta, una "combustión dura" con consecuencias negativas sobre el ruido del motor. Estos estados de carga pueden ser p.ej.: marcha en ralentí, carga parcial baja en motores sobrealimentados y carga alta en motores rápidos de aspiración.

Esto se puede remediar por reducción del retardo de encendido por precalentamiento del aire de succión, por sobrealimentación o por alta compresión y/o reducción de la alimentación de combustible. La reducción de la alimentación de combustible en la inyección directa normalmente se consigue mediante una

inyección previa, mientras que en el procedimiento con cámara auxiliar se obtiene por conformación especial de la tobera (tobera de espiga de estrangulación).

No hay que confundir la combustión dura específica de este procedimiento con el llamado golpeteo diesel o efecto diesel que aparece principalmente en las zonas media y baja del diagrama característico de los motores diesel, por deficiencias del sistema formador de la mezcla, como por ejemplo, inyector con carbonilla, que son la causa del sonido metálico que se manifiesta a impulsos.

Los siguientes fundamentos son los que condicionan la concepción de un motor diesel de altas presiones punta con su consiguiente efecto sobre la elección del material y su dimensionado:

- la alta compresión necesaria por motivos de arranque y de ruidos,
- el procedimiento de combustión con punto de encendido lo más alto posible por motivos del consumo de combustible y
- la sobrealimentación cada vez más frecuentemente utilizada.

Puesto que los motores diesel además también a carga plena tienen que funcionar con exceso de aire, generalmente tienen densidades de potencia menores que los motores Otto.

Procedimientos híbridos

Los motores híbridos poseen características del motor diesel y del motor Otto.

Carga por capas

En los motores de carga por capas se enriquece la mezcla en la zona de la bujía de incandescencia hasta garantizar su inflamación, pero la combustión en el centro tiene lugar en una mezcla muy pobre. De este modo, se consiguen consumos a carga parcial parecidos a los de los diesel y sobre todo emisiones con bajo contenido de NO_x y CO.

En los procedimientos "abiertos", que poseen la mayoría de las características del tipo diesel (regulación de la calidad, inyección a alta presión, etc.) se busca mediante formación interna de la mezcla (Texaco, TCCS, Ford, PROCO, Ricardo, MAN-FM, KHD-AD) la inflamabilidad en la bujía, mientras que en el resto de la cá-

mara de combustión se va empobreciendo la mezcla hasta llegar al aire puro.

Los procedimientos con formación interna de mezcla están próximos a los motores diesel en lo que concierne a la utilización del aire.

En los procedimientos con cámaras que tienen las propiedades del motor Otto puro (regulación por estrangulamiento, aspiración de la mezcla, etc.), la bujía se instala en una pequeña cámara auxiliar, la cámara de encendido (volumen del 5 al 25 % del volumen de compresión). La cámara de encendido está comunicada con la cámara de combustión principal por uno o más orificios (canales de inyección).

En ello o se inyecta una parte del combustible en la cámara por medio de una válvula de inyección adicional (VW, Porsche, SKS), o bien se aspira una parte de la mezcla aire-combustible por una válvula adicional en la cámara (Honda, CVCC).

Los inconvenientes de este procedimiento son la fabricación cara y la mayor emisión de HC a causa de las bajas temperaturas de los gases de escape y de esto la poca o ninguna reacción posterior en el tramo de escape.

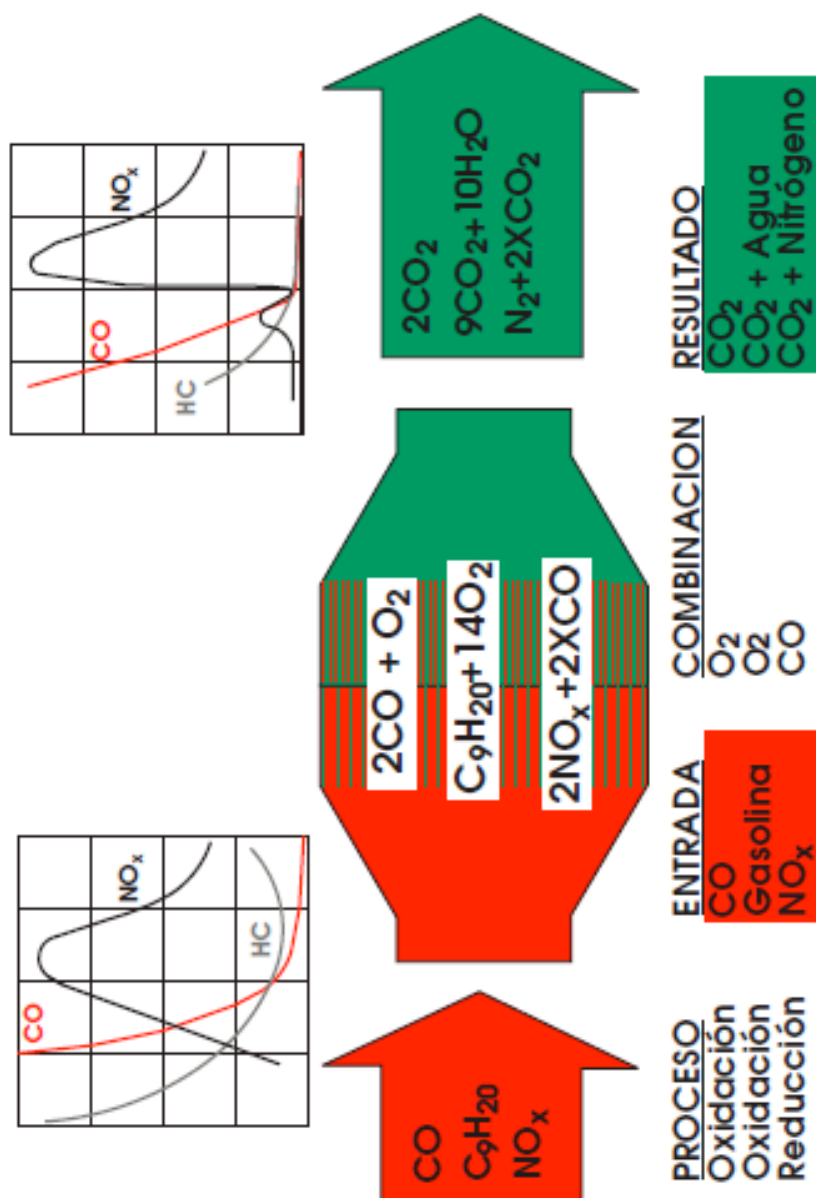
Motores para varios combustibles

Los motores para varios combustibles imponen pocos requisitos, o ninguno a la facilidad de encendido o detonancia del combustible utilizado y pueden trabajar con combustibles de calidades diversas sin perjudicar al motor. Puesto que el combustible puede tener pocas propiedades antidetonantes, existe el peligro en el caso de formación exterior de mezcla, de combustión explosiva o encendido adelantado. Los motores para varios combustibles trabajan por eso exclusivamente con formación interna de mezcla y retardo de la inyección (tipo diesel). La bomba de inyección para el servicio multicomcombustible está prevista con un canal de engrase circular para el elemento de la bomba a través del que se engrasa la aguja con aceite de motor del engrase a presión centralizado y se evita el paso de combustible al eje de levas de la bomba. Como por otra parte la inflamabilidad de los combustibles no garantiza (o sólo difícilmente garantiza) el autoencendido, los motores para varios combustibles tienen una compresión extre-

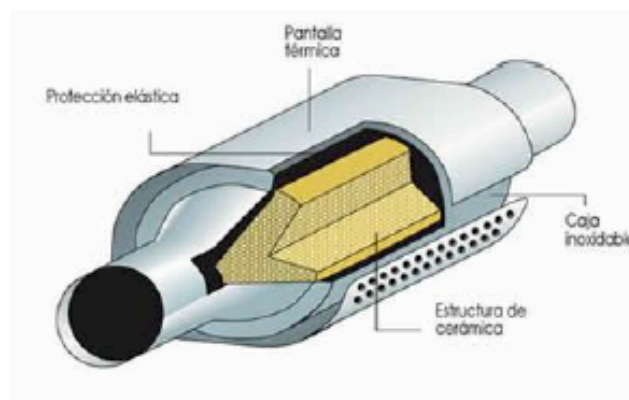
ANEXO 8 – PROCESO QUIMICO INTERNO DEL CATALIZADOR



Proceso químico interno del catalizador



El catalizador – Principales problemas



Su Catalizador no debería haber fallado. Si ha ocurrido, probablemente su vehículo tiene un problema.

Si solo sustituye el catalizador no solucionara el problema. Si su catalizador necesita ser cambiado, uno de los siguientes problemas ha contribuido a su falla.

1. Necesidad de puesta a punto del motor

Varios problemas pueden ocurrirle a un catalizador como consecuencia de un motor que no está a punto. Cuando un motor funciona fuera de sus correctas especificaciones, un desgaste y daño innecesario puede causarse al catalizador así como al propio motor. El daño es a menudo el resultado de una incorrecta mezcla de aire / gasolina, un incorrecto retraso o avance de la ignición, un retraso en la chispa de la bujía... etc. Cualquiera de estas fallas puede originar el

desperfecto del catalizador.

2. Gasolina sin quemar está llegando al catalizador

La gasolina, que proporciona la energía, ha de quemarse únicamente en la cámara de combustible. Cualquier gasolina que salga de tal cámara sin haberse quemado, entrará en el sistema de escape y podrá encenderse por la temperatura existente dentro del catalizador. Esto puede sobrecalentarlo y causar su fusión. Posibles causas son: la incorrecta mezcla, incorrecto retraso o avance de la ignición, defecto en las bujías, sensor de oxígeno defectuoso, inyector defectuoso, válvula de control defectuosa..., Etc.

3. Aceite o anticongelante está llegando al catalizador

El aceite o anticongelante entrando en el sistema de escape puede obstruir el paso por el catalizador al crear carbonilla que impregna sus paredes cerámicas. Estos depósitos de carbonilla crean dos problemas: Primero, impiden que el catalizador actúe sobre el flujo de gases y segundo, al obstruir los poros de la cerámica se crea un aumento de la contrapresión e incluso un retorno de calor y gases al motor. El motor, en ese caso, puede estar recibiendo gases de escape dentro de la cámara de combustión reduciendo el rendimiento del siguiente ciclo-motor. El resultado es una clara pérdida de potencia y un sobrecalentamiento de los componentes del motor. Las posibles causas son: segmentos desgastados, asientos de válvulas desgastados, juntas defectuosas, componentes del motor dañados... etc.

4. Bujías o sus cables dañados

Bujías que no dan chispa o que la dan defectuosa, causan que gasolina sin quemar entre en el sistema de escape. Tal gasolina se enciende dentro del catalizador por su alta temperatura y origina la fusión total o parcial de la cerámica. Las bujías y cables deben ser controlados regularmente y sustituidos si se detecta cualquiera daño o desgaste.

5. Sensor de oxígeno dañado

Un fallo en el sensor da una lectura incorrecta de los gases de escape, ocasionando sus órdenes a la unidad de control el que se genere una mezcla muy rica, pudiendo fundirse la cerámica; o muy pobre y el vehículo no pasara la Inspección Técnica ya que los hidrocarburos no se transformarán en elementos inocuos a su paso por el catalizador.

6. Roturas de soporte o golpes en el catalizador

La cerámica de un catalizador está hecha de un frágil, ligero y muy delgado material. Está protegida por una densa banda aislante que mantiene a la cerámica fija en su lugar y la protege de daños. Sin embargo, golpes contundentes o soportes rotos o con mala fijación en el sistema de escape pueden originar la fractura de la cerámica. Una vez fracturada, la cerámica se va soltando, interrumpiendo el paso de los gases y generando una mayor contrapresión que aumenta la temperatura del motor y reduce la potencia. En algunos casos los trozos de cerámica pueden llegar a desmenuzarse, siendo posteriormente arrastrados por los gases y vaciando el catalizador.

ANEXO 9 – FUNCIONAMIENTO DEL CATALIZADOR

EL CATALIZADOR

Tubosil Escapes empresa líder en la fabricación de sistemas de escapes originales y deportivos para todo tipo de automotores, camiones, motos, etc., se complace en presentar su nueva línea de catalizadores tipo original para el mercado de reposición.

Este lanzamiento, inédito en Argentina, nos convierte en el 1er fabricante de catalizadores para automotores para el mercado de reposición de la República Argentina. Para lograr este objetivo hemos desarrollado una nueva línea de fabricación con la inversión en estudios previos, nuevas matrices y dispositivos, soldadura robótica y la presentación de las piezas con un embalaje especial que remarca la presencia del catalizador en estos productos.

Tubosil Escapes continua con la innovación, único camino para seguir con el liderazgo en el rubro.

Los catalizadores o convertidores catalíticos tienen la finalidad de transformar la mayoría de las sustancias contaminantes que salen por el escape en sustancias inocuas.

Los catalizadores actuales eliminan tres contaminantes principales: monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y óxido de nitrógeno y su eficiencia depende de la relación de la mezcla entre el aire y el combustible. Esa relación es controlada por la sonda lambda que monitorea la cantidad de oxígeno libre en el escape y con ese dato se comunica con la computadora del auto que hace los cálculos corrigiendo con la inyección la mejor relación de mezcla posible.

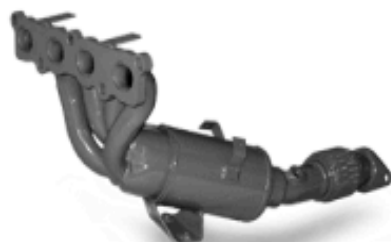
Por lo tanto la mezcla optimizada llega al catalizador que consiste en un recipiente metálico que en su interior contiene un soporte cerámico o monolito de forma cilíndrica u ovalada, con una estructura de múltiples celdillas en forma de panal. La superficie de este monolito se encuentra impregnada con una resina que contiene elementos nobles metálicos, tales como platino, paladio y rodio. Estos metales actúan como catalizadores, o sea transforman los gases nocivos en gases inocuos como el dióxido de carbono y vapor de agua.

La vida media del catalizador es de aprox. 80.000 Km y para obtener el máximo aprovechamiento y eficacia hay que evitar determinados errores como ser:

-  Incorrecta puesta a punto del motor por falta de mantenimiento.
-  Fallas en el encendido puede provocar aumento de la temperatura y posterior fusión de los metales preciosos.
-  Consumo de aceite excesivo del motor que puede obstruir el monolito.
-  Tratar de arrancar el motor empujando el vehículo.

La falla del catalizador es avisada por diversas anomalías como ser:

-  Pérdida de potencia a altas revoluciones.
-  Ruidos extraños en el tubo de escape.
-  Se enciende la luz del tablero de instrumentos que señala una falla en la planta motriz.
-  Excesivo consumo de combustible.



1.6.4 EFECTOS PUNTUALES DE LOS GASES CONTAMINANTES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE:

Los diversos gases contaminantes afectan a los seres vivos, siendo las personas los más afectados en su salud.

1.6.4.1 Monóxido de Carbono (CO):

Reduce la capacidad de la sangre de absorber oxígeno. El CO empieza a invadir el espacio que ocupa el oxígeno en la hemoglobina, disminuyendo así el contenido de oxígeno en la sangre, transformando la hemoglobina que es la que transporta el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función, por eso, con un pequeño porcentaje de CO (apenas un 0,3%) una persona puede morir en 30 minutos.

1.6.4.2 Óxidos de Nitrógeno (NO_x):

No sólo irritan la mucosa sino que en combinación con los hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen ácidos nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación. El dióxido de nitrógeno (NO₂) de olor picante que provoca irritación a los órganos respiratorios y el cual en altas concentraciones resulta nocivo para la salud.

1.6.4.3 Hidrocarburos no combustionados (HC):

Dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy elevado, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de aldehídos y fenoles.

Capítulo 3 . CONVERTIDORES CATALITICOS

En la actualidad existen millones de vehículos a gasolina que circulan por el mundo, cada uno de los cuales representa una fuente de contaminación, debido a los altos niveles de gases que emiten, lo que en ciudades grandes con un alto número de habitantes resulta más notoria, ocasionado graves problemas ambientales y de salud.

En búsqueda de solucionar este problema, diversos países han emprendido proyectos con el fin de desarrollar por un lado normas que limiten la cantidad de emisiones gaseosas de un vehículo y por otro lado la búsqueda de medios más eficientes y menos contaminantes de los motores, lo que motivó a la creación, desarrollo y uso de los convertidores catalíticos, entre otros sistemas de control de emisiones.

3.1 EL CONVERTIDOR CATALITICO:

El convertidor catalítico fue desarrollado debido a la necesidad de controlar y reducir las emisiones contaminantes, su principal función es la transformación de los gases peligrosos en otros menos nocivos para el ambiente y perjudiciales para la salud.

Este dispositivo (Fig. 3.1) empezó a ser utilizado a partir del año 1975, sufriendo considerables modificaciones con el paso de los años, lo que ha permitido reducir los niveles de emisiones contaminantes manteniéndolas dentro de los rangos establecidos en las normas, dichas mejoras han permitido la reducción de las emisiones convirtiéndolo en un dispositivo altamente efectivo que permite reducir el 90%¹⁷ de los gases nocivos.

¹⁷ EASTERN CATALYTIC CONVERTERS, 2009, "Catálogo Universal Converters".
www.eastemcatalytic.com ;(Julio 2009).

En la Tabla 3.1 se especifica cómo actúa el convertidor catalítico sobre cada gas y la efectividad de dicho proceso¹⁸

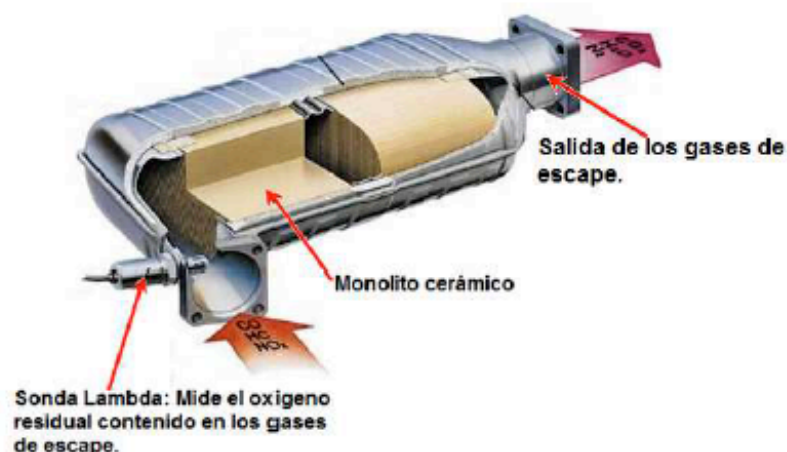


Fig. 3.1 Convertidor catalítico

Tabla 3.1 Transformación de los gases contaminantes a otros menos nocivos y la efectividad del proceso.

Gas inicial	Transformado a	Efectividad
Monóxido de Carbono CO	CO ₂	70%
Hidrocarburos HC	CO ₂ + H ₂ O	70%
Óxidos de nitrógeno NOx	N ₂ + O ₂	60%

[Autoría Propia]
Extraído del anexo A11

Estos resultados son fruto de años de investigación (Fig. 3.2), que han conseguido un refinamiento mejor de los combustibles, lo que incluye una eliminación total o parcial del plomo que interfiere en el correcto funcionamiento del catalizador, llegando hasta en algunos casos la eliminación de la capacidad de reaccionar adecuadamente a los procesos químicos; sumándose además a esto la implementación de nuevas tecnologías que incluyen el uso de convertidores catalíticos y tecnologías más limpias preocupadas del medio ambiente.

¹⁸ http://www.ecovehiculos.gob.mx/referencias2.php?referencia_id=81 (Enero 2010).

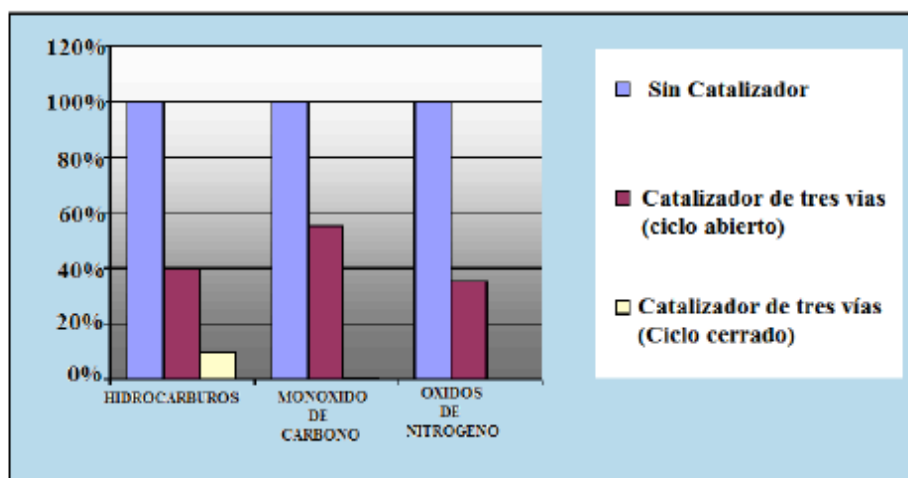


Fig. 3.2. Comparación de las emisiones con y sin convertidor catalítico

A pesar de los innumerables beneficios que trae consigo la implementación del convertidor catalítico en los sistemas de escape, hay que tener en cuenta que su uso resta potencia al motor, afectando además al consumo de combustible (alrededor de un 5% más de combustible), además de que el convertidor catalítico tiene una vida limitada de unos 80000 km aproximadamente, pese a esto las normas anti contaminación establecen el uso obligatorio del mismo y un continuo mantenimiento e incluso el intercambio en el caso de que no cumpla con los niveles establecidos¹⁹.

3.1.1 UBICACIÓN:

El convertidor catalítico forma parte del sistema de escape, como se aprecia en la figura (Fig. 3.3), en una posición cercana al motor, detrás de la sonda lambda, con el fin de adquirir rápidamente la temperatura de funcionamiento (250°C aproximadamente), aunque no es totalmente efectivo hasta que supera los 400°C,

¹⁹ EASTERN CATALYTIC CONVERTERS, 2009, "Catálogo Universal Converters".
www.easterncatalytic.com ;(Julio 2009).

llegando a alcanzar 900°C en condiciones extremas de uso del vehículo que le permita funcionar bajo condiciones óptimas de trabajo²⁰.



Fig. 3.3. Ubicación del convertidor catalítico en el automóvil

3.1.2 FUNCIONAMIENTO:

El convertidor catalítico es el encargado de neutralizar los tres gases más dañinos que emite el motor de combustión interna: Hidrocarburos no combustionados (HC), Monóxido de carbono (CO) y Óxidos de nitrógeno NO_x .

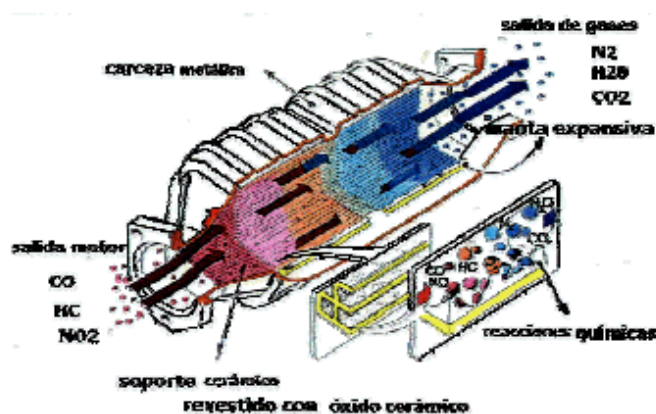


Fig. 3.4. Corte de un convertidor catalítico y gases al ingreso y a la salida

²⁰ Gonzales, J; Gonzales P; 2002; Catálisis, "Automóvil y Medio Ambiente" Anuales de la Real Sociedad Española de Química; Departamento de Ingeniería Química; Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco.

Los gases de escape producto de la combustión en el interior de los cilindros son expulsados hacia el exterior del motor a través del sistema de escape, antes de salir completamente del vehículo se filtran a través del convertidor catalítico como se aprecia en la figura (Fig. 3.4) el cual es calentado por estos gases que tienen una temperatura mayor a los 200°C, las mejores condiciones de funcionamiento de los catalizadores suceden a partir de esta temperatura. Un vehículo en condiciones normales de uso, arrancando en frío, alcanza estas condiciones en apenas 30 segundos. Esta condición es necesaria para que se activen los metales catalizadores. A medida que los gases de escape pasan por el convertidor catalítico, reaccionan con el recubrimiento de metales preciosos y se transforman en gases inertes como: agua (H_2O), Nitrógeno (N_2) y Dióxido de Carbono (CO_2) que resultan menos perjudiciales a la salud y el medio ambiente.

Para que el convertidor catalítico funcione adecuadamente se requiere que los componentes gaseosos que ingresen en éste sean teóricamente equivalentes producto de una combustión completa, lo que implica un factor lambda igual a 1, dichas condiciones son indispensables para el correcto funcionamiento del convertidor catalítico además que evitarán que éste se deteriore rápidamente.

3.1.3 ELEMENTOS:

Para el desarrollo de los nuevos diseños de convertidores catalíticos para la protección del medio ambiente se ha tomado en cuenta tres elementos indispensables:

- Selección de un material catalítico con las suficientes posibilidades de llevar a cabo la reducción de los productos.
- Diseño geométrico adecuado, tanto en forma como en tamaño del convertidor catalítico.
- Forma y el tamaño de los monolitos, así como el material del que son fabricados.

ANEXO 10 – TEMPERATURA DEL CATALIZADOR

COMPROBACIÓN DE TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO



Fg.1



Arrancar el motor y esperar a que se alcance la temperatura de funcionamiento del motor y catalizador, a continuación utilizando un termómetro de infrarrojos se mide la temperatura justo antes y después del catalizador (Fg.1). Una vez obtenidas las temperaturas se saca la diferencia entre ellas (Ejemplo: temperatura de salida 350 °C - temperatura de entrada 300 °C= 50°C), y se compara en la tabla de temperaturas:

ESTADO DEL CATALIZADOR SEGÚN LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE ENTRADA Y SALIDA

< 30°C	30 – 45°C	45 – 70°C	70 – 110°C
SUSTITUIR EL CATALIZADOR	MEDIA VIDA ÚTIL	FUNCIONAMIENTO CORRECTO	FALLO DE ENCENDIDO O INYECCIÓN

- < 30°C: el catalizador no realiza conversiones catalíticas, por rotura del monolito cerámico o degradación de los metales preciosos. Sustituir por uno nuevo.
- 30°C - 45°C: le queda un 50% de vida, recomendamos revisarlo cada 30.000 km.
- 45°C - 70°C: en perfectas condiciones, pero es aconsejable revisarlo periódicamente.
- 70°C - 110°C: es un indicador de que el motor no funciona correctamente (fallo de encendido, inyección o toma de aire), lo que hace un aumento excesivo de temperatura. Solucionar con la mayor brevedad posible, para evitar la rotura o degradación del [catalizador](#).

ANEXO 11 – RAZONES DEL CATALIZADOR

Catalizar o no catalizar, he aquí la cuestión



Compartir

f 18



♥ GUARDAR

💬 180 COMENTARIOS

5 Diciembre 2010 JAVIER COSTAS

SUSCRÍBETE A MOTORPASION

Recibe un email al día con nuestros artículos:

Hoy he asistido a una pequeña *quedada* de coches, la mayoría de corte deportivo, y de esa mayoría, casi todos tenían el catalizador suprimido. Desde octubre de 1989 es obligatorio para los gasolina de más de 2 litros, a partir de 1993 para todos los gasolina y

Tu correo electrónico

Suscribir

Síguenos

Usamos cookies para personalizar su experiencia. Si sigue navegando estará aceptando su uso. [Más información](#)

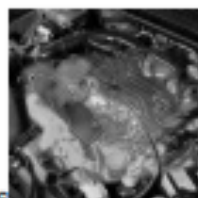
f 18



Esta pieza, entre el colector de escape y el colín de escape, tiene como misión reducir las emisiones de gases tóxicos. Su supresión comporta una leve mejora de prestaciones, al tener el motor un escape más rápido, y un cambio en la acústica, que suele ser valorada por los apasionados por los coches en ese sentido.

TE RECOMENDAMOS

Existe un debate caliente sobre la dudosa moralidad de quitar este elemento, porque para empezar suprimirlo es ilegal. Otra cosa es que hablemos de un modelo clásico que nunca tuvo catalizador, y esos coches se quedan fuera del debate. Intentaré aunar los dos puntos de vista.



¿Qué pasa al arrancar en frío un motor? Esta cámara térmica te enseña lo que tus ojos no ven



Este BMW X6 M de Manhart está listo para cualquier aventura... pero sólo habrá cinco unidades



"Smokey" Nagata-san, de Top Secret, se separa de su Toyota Supra V12 de los 354 km/h. Y ahora puede ser tuyo

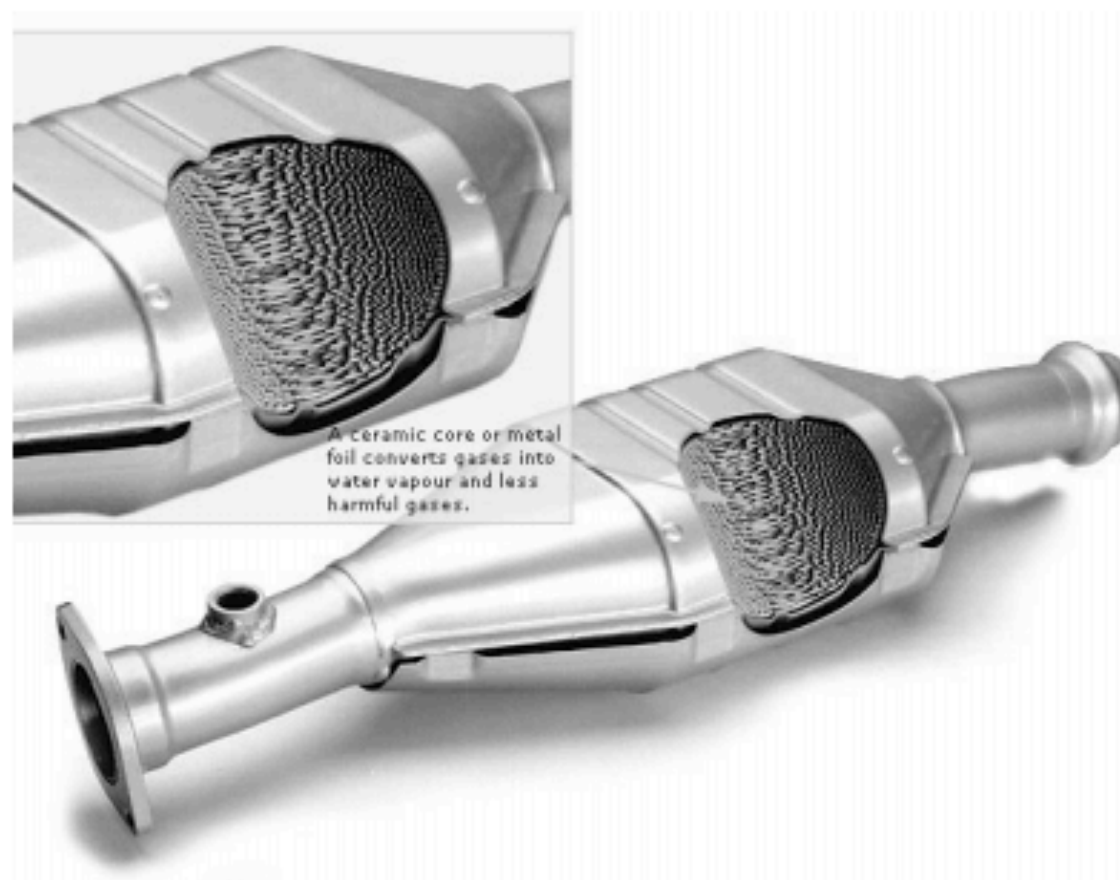
Razones para quitar el catalizador

El reclamo fundamental es la **ganancia de prestaciones**, especialmente en los atmosféricos. No solo se trata de que el motor aspire mejor el aire (admisión), sino que los gases de la combustión salgan lo más rápido posible y no "ahoguen" el motor (escape). Dependiendo del coche, hasta produce una reducción de consumo.

También podemos hacer un descargo de conciencia, y pensar que a kilometrajes bajos o al ser un coche de muy poco uso, total, cualquier utilitario diesel con catalizador está contaminando más, y que así no estamos haciendo daño a nadie (lo cual es muy iluso). Cada uno se engaña como quiere.

Es una forma relativamente barata de ganar potencia y buen sonido, sin que haga falta un motor grande o potente. También podemos pensar en que total, en 60 años estaremos

mueritos, y que como el bosque es de todos, hay que quemar nuestra parte. Es sin duda un planteamiento de lo más solidario.



Razones para conservar el catalizador

La principal razón, legalidad aparte, es la del respeto medioambiental. Los gasolina aumentaron muchísimo su respeto al medio gracias a dos modificaciones fundamentales, **la catalización de los gases de escape y la utilización de gasolina sin plomo**, mucho menos tóxica.

Cuando tenemos una **combustión perfecta**, los residuos resultantes son dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O) y nitrógeno puro (N_2). Es decir, cuando un gramo de gasolina reacciona con 14,7 gramos de aire puro, $\lambda = 1$. Pero estamos hablando de condiciones ideales, ¿y en el resto de condiciones?

Para empezar, la gasolina no es pura, lleva residuos y aditivos que no son combustibles, cada vez menos, pero ahí están. Por otra parte, cuando la combustión es imperfecta aparecen más gases: **monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (HC) y óxidos**

de nitrógeno (NO_x). Repasa el [minicurso de contaminación atmosférica](#) para identificarlos y saber su peligrosidad.



El catalizador tiene dos funciones principales. Por una parte hace una **reducción catalítica**, rompe las moléculas NO para generar N_2 y O_2 , es decir, nitrógeno y oxígeno puros, ya presentes en la naturaleza y en principio inofensivos para la vida.

Por otra parte, tenemos la **oxidación catalítica**. El famoso sensor lambda, antes del catalizador, mide la presencia de monóxido de carbono. Dependiendo de lo que lea esa sonda, se aumentará la proporción de oxígeno en la mezcla mandando instrucciones a la inyección, y reduciendo por tanto el volumen de CO y de hidrocarburos sin quemar (no impide la emisión al 100%).

En cristiano, el catalizador reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno, que causan lluvia ácida, y de monóxido de carbono, que es venenoso y ataca al ozono. En un garaje lo suficientemente pequeño el CO puede llegar a ser letal de necesidad si existe en el volumen suficiente, produciendo la famosa muerte dulce.



Si suprimimos el catalizador, a cambio de una mejora poco significativa de prestaciones, estamos incurriendo en una auténtica putada para el aire que respiramos todos. No

que una vez finalizado el proceso de reacción se recupera y vuelve a su estado original. A pesar de que es una pieza fundamental en las reacciones químicas generadas no forma parte de ellas, no se consume quedando inalterada, por lo que no requiere reemplazos continuos.



Fig. 3.13. Ejemplo del funcionamiento del catalizador

Independientemente del material del que estén fabricados, cada panel se encuentra recubierto por una película microscópica de una aleación de metales preciosos que en su mayoría son sustancias activas como óxidos de aluminio, metales nobles como platino, rodio, paladio u aceleradores y retardadores específicos que aumentan retardan la acción catalítica de los metales nobles, que además de producir la reacción funcionan como amortiguador para proteger los paneles de los golpes. La cantidad de estos metales en el catalizador varía de 0,85 a 4,53 g/automóvil.

La película de metales preciosos que recubre los paneles es la encargada de atrapar los gases de escape calientes al pasar estos por las celdas del monolito y debido a la temperatura que son expulsados reaccionan químicamente reduciendo los gases nocivos y generando unos menos contaminantes.

3.1.3.4.1 Métodos de preparación:

Los métodos utilizados para la preparación de los catalizadores se pueden dividir en tres grupos.

3.1.3.4.1.1 Másicos:

Los monolitos son preparados directamente con el material catalíticamente activo, se disponen incorporando todos los componentes del catalizador en etapas

anteriores a su conformado, una dificultad que surge en este proceso es que parte de ellos quedan embutidos dentro de la estructura del monolito con escasas posibilidades de llevar a cabo su función.

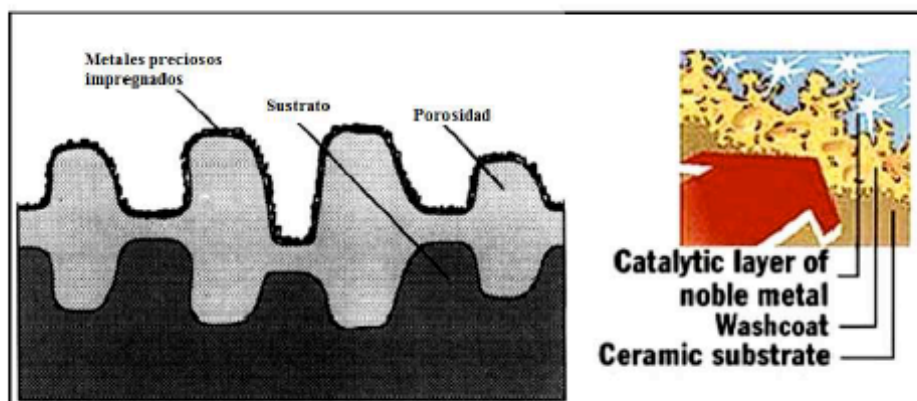


Fig. 3.14. Ampliación de la superficie rugosa del monolito.

3.1.3.4.1.2 Impregnados:

Los elementos catalíticamente activos se depositan sobre el monolito previamente conformado. La preparación de éstos se la realiza por depósitos de los materiales activos sobre monolitos previamente fabricados. Los elementos catalizadores son adicionados a los monolitos mediante inmersiones sucesivas en un medio acuoso donde se encuentran disueltos los componentes catalíticos, el problema de este proceso se debe a que en ocasiones la porosidad de los monolitos no es suficiente y los componentes no se adhieren con facilidad o en las cantidades necesarias.

3.1.3.4.1.3 Recubiertos:

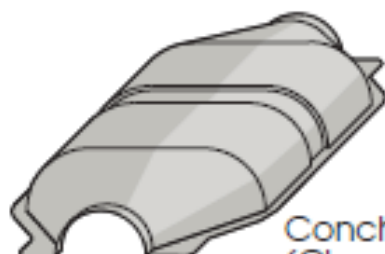
Los compuestos catalíticos térmicamente activos se depositan sobre el monolito soporte con ayuda de un material de alta porosidad que sirve de interface²⁴. Suelen tener una superficie de contacto mayor que en el caso anterior, lo que le permite tener un recubrimiento uniforme y lo que le hace lo suficientemente estable. La preparación de catalizadores a partir de estos materiales

²⁴ Interface, interfaz, dispositivo que conecta 2 elementos

ANEXO 12 – COMPONENTES DEL CATALIZADOR

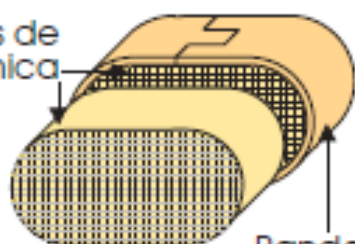


Componentes principales de la cámara del catalizador

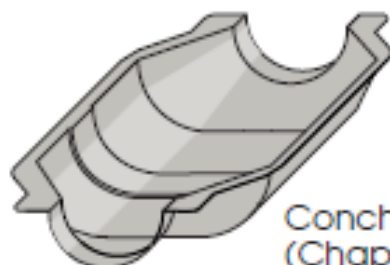


Concha superior
(Chapa acero inoxidable)

Monolitos de
Cerámica



Banda de protección flexible



Concha inferior
(Chapa acero inoxidable)

El convertidor catalítico se encuentra conformado por los siguientes elementos (Fig. 3.5):

- Carcasa metálica
- Revestimiento aislante.
- Monolitos

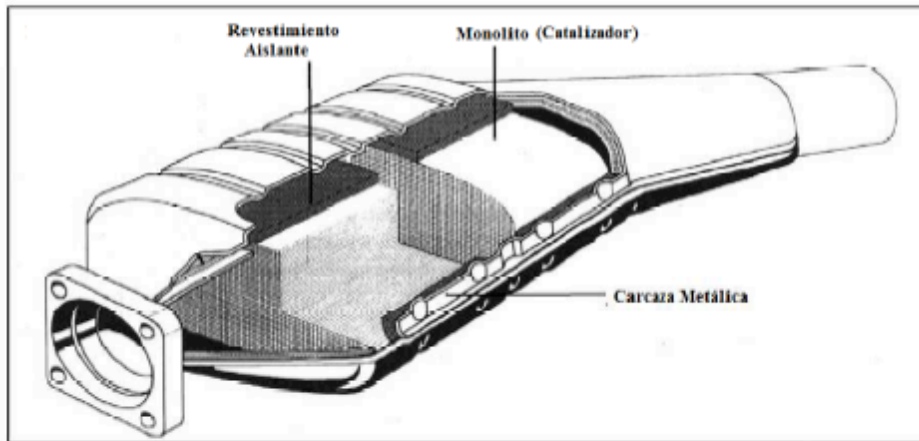


Fig. 3.5. Elementos que conforman el convertidor catalítico

3.1.3.1 Carcasa metálica:



Fig. 3.6. Carcasa del convertidor catalítico, parte superior e inferior.²¹

²¹ [www. Threeway.en.alibaba.com](http://www.Threeway.en.alibaba.com)

La carcasa metálica (Fig. 3.6) tiene la forma muy similar a la de un silenciador, está fabricada de acero inoxidable, sellada y aislada, es la encargada de proteger a los monolitos del convertidor catalítico del exterior pues provee rigidez y fijación a los mismos, además de hermeticidad y amortiguación de las posibles vibraciones, la mitad superior e inferior son completamente sólidas, con la diferencia entre ellas que la inferior se encuentra cubierta por una pantalla perforada con pequeños orificios que permiten disipar el calor generado en el interior evitando que éste se recaliente. Esto sirve para ayudar especialmente a los vehículos bajos.

3.1.3.2 Revestimiento Aislante:

Es una malla metálica que envuelve al monolito con el propósito de cerrar posibles espacios dejados entre la carcasa y los monolitos (Fig. 3.7), entre sus funciones está de que sirve como colchón para amortiguar las vibraciones generadas, además, aísla de las altas temperaturas generadas en el convertidor catalítico (entre 400° y 800°C) al exterior de éste evitando que éstas tengan un contacto directo con el medio ambiente lo que puede incluso generar incendios.

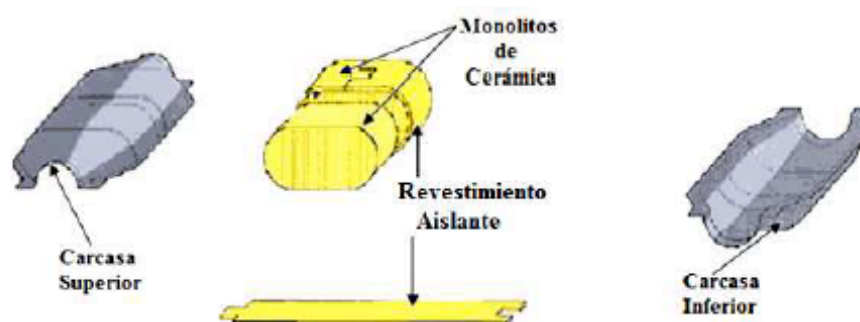


Fig.3.7. Detalle de partes del convertidor catalítico

3.1.3.3 Monolitos:

Se encuentran en el interior de la carcasa y recubiertos por la malla protectora, son de forma ovalada o cilíndrica, en su fabricación se utiliza una gran variedad de materiales (Tabla 3.2) , dependiendo del tipo de requerimientos de los mismos, por ejemplo, los que son utilizados en la empresa automotriz (monolitos cerámicos), se precisa que éstos posean una alta resistencia al choque térmico,

por lo cual se utiliza cordierita²² ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) que tiene un bajo coeficiente de dilatación térmica, mientras que los monolitos metálicos son utilizados cuando la resistencia al impacto es alta.

Tabla 3.2. Algunos materiales utilizados en la fabricación de monolitos

Materiales	Composición
γ - alúmina	Al_2O_3
Silice	SiO_2
Dióxido de Titanio	TiO_2
Zirconia	ZrO_2
Carburo de silicio	SiC
Nitruro de silicio	Si_3N_4
Carbón activo	C
Aluminato de magnesio	$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
Zeolita	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
Mullita	$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
Sepiolita	$3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{MgO}$
Cordierita	$2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$
Metálicos	Fe-Cr-Al
Titanato de aluminio	$\text{TiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

[Autoría Propia]

3.1.3.3.1 Características:

Su estructura es similar a un panal de abejas (celdillas), juntos forman millares de canales paralelos sumamente delgados y atravesados longitudinalmente, están dispuestos de tal forma que su superficie de contacto equivale a tres canchas de fútbol. El número de canales o celdas por unidad de superficie de sección transversal generalmente está comprendido entre 1 – 100 celdas/cm² (por lo general 70 celdas/cm²), con espesores de pared que varían entre los 0,2 y 1,4mm. En cuanto a dimensiones externas se suelen preparar con longitudes de 10 – 150 cm y diámetros comprendidos entre los 3 – 30 cm.

El tamaño de las celdas del monolito normalmente está condicionado por la presencia y el grosor de las partículas o cenizas en suspensión. La textura porosa del material y el espesor de las paredes de las celdas del catalizador son

²² La **cordierita**, es un mineral formado por un silicato de magnesio y aluminio, de fórmula $\text{Al}_3\text{Mg}_2\text{AlSi}_5\text{O}_{18}$. En cerámica, los materiales con su composición, son muy utilizados en los elementos donde se requiere baja expansión térmica y alta resistencia al choque térmico, como son los elementos del horno, placas de carga, soportes, estanterías para platos etc.). La cordierita ofrece una baja resistencia.

parámetros importantes a los procesos de transferencia de masa y calor que hacen posible la transformación deseada.

La sección transversal (Fig. 3.8) es preferiblemente redonda u ovalada para el uso en vehículos, aunque existen también celdas catalíticas cuadradas pero éstas en cambio son utilizadas en el ámbito industrial.

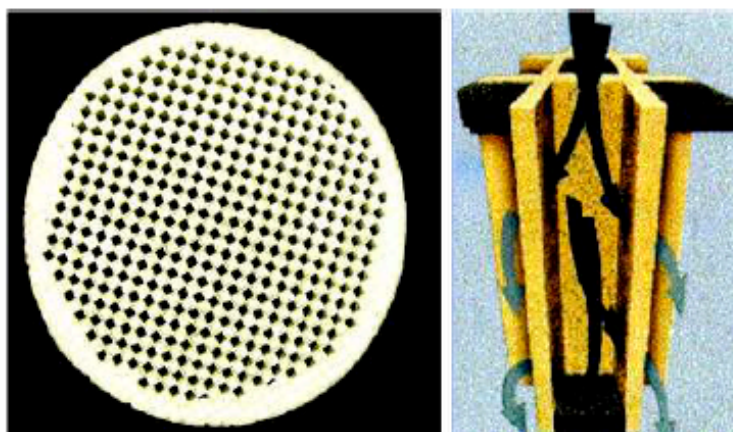


Fig. 3.8 Monolito cerámico, Vista frontal y detalle de la sección transversal donde se muestra la dirección de flujo de los gases de escape.

En el diseño de estos elementos se considera fundamentalmente el material utilizado en su fabricación, geometría y dimensiones de la sección transversal y geometría y dimensiones externas, cuyos valores dependen de la aplicación específica del catalizador.

Cada una de las celdas del monolito están formadas por una superficie rugosa que permite aumentar la superficie de contacto de los gases de escape hasta unas 7000 veces²³, en esta superficie rugosa se encuentran incrustados los metales nobles cuya composición química tiene gran importancia en la duración del convertidor catalítico que permiten llevar a cabo el proceso de catálisis.

²³ Blanco, Jesús; "Catálisis para la Protección Ambiental"; Instituto de Catálisis y Petroquímica; CSIC.

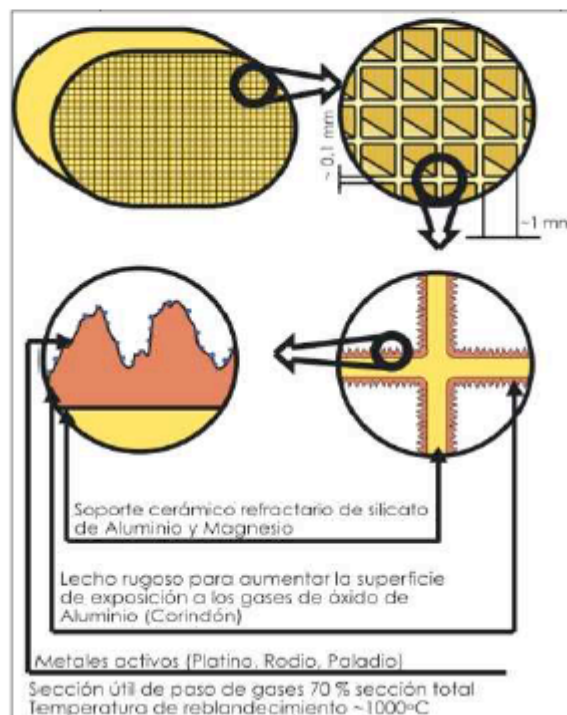


Fig. 3.9. Constitución del monolito

3.1.3.3.2 Clasificación:

La clasificación de los monolitos depende del material del cual han sido fabricados, pudiéndose anotar los cerámicos y metálicos.

3.1.3.3.2.1 Monolito Cerámico:

Básicamente está compuesto por silicato de magnesio-aluminio, es de forma cilíndrica, el proceso de fabricación se lo hace por medio de la extrusión de la pasta formada por la unión de todos los materiales pulverizados, después de lo cual es sometido a tratamiento térmico. (Fig. 3.10).



Fig. 3.10. Proceso de extrusión para la fabricación de monolitos cerámicos.

Este tipo de monolito es el más usado puesto que resulta más económico y de fácil adquisición.

3.1.3.3.2.2 *Monolito Metálico:*

Está compuesto por hojas metálicas de 0,01 mm de espesor arrollado en espiral para hacer una estructura igual a la del monolito anterior, tiene mayores ventajas respecto al cerámico como una mayor resistencia a las altas temperaturas y su menor contrapresión al motor. Este tipo de catalizador es muy poco empleado debido a su elevado costo (Fig. 3.11).



Fig.3.11. Monolito metálico enrollado

Estos monolitos son corrugados de manera tal que las hojas metálicas planas y onduladas se disponen alternativamente, para posteriormente ser enrolladas dando lugar a monolitos de estructura semejante a los mostrados en la figura (Fig. 3.12).

Disposición

Placas planas y onduladas dispuestas de forma alternativa



Enrollado

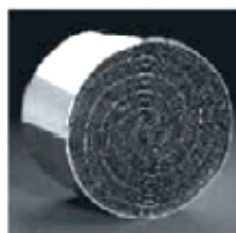


Fig.3.12. Disposición de las placas en el monolito metálico corrugado

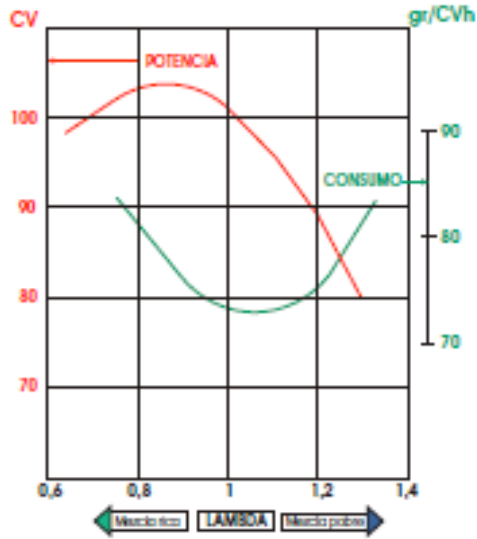
3.1.3.4 Catalizadores:

Los catalizadores son sustancias que permiten alterar la velocidad de generación de las reacciones químicas (Fig.3.13), una característica importante de éstos es

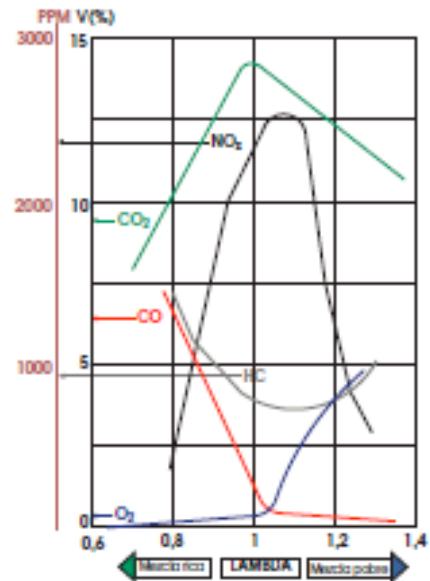
METODOLOGIA DE PRUEBAS
ANEXO 13 – CURVAS TIPICAS DE EMISIONES



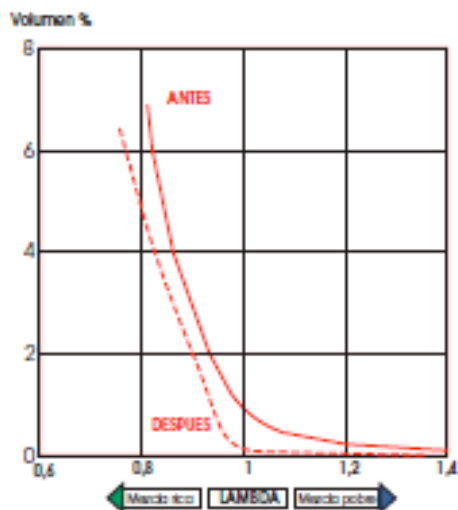
Potencia y consumo en función de Lambda para un motor genérico



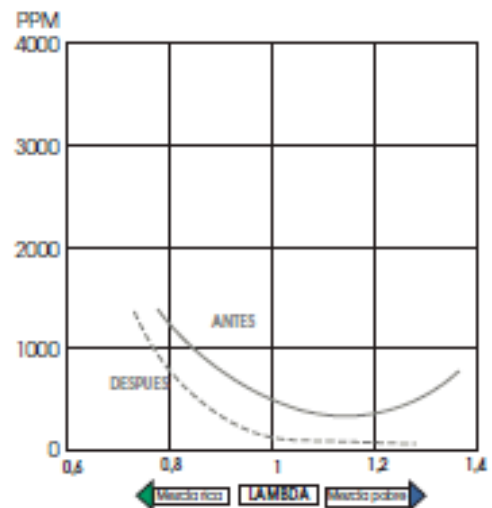
Emisión gases en función de Lambda para un motor genérico antes del Catalizador



Emisiones CO (Gasolina parcialmente quemada) antes y después del catalizador



Emisiones HC (Gasolina sin quemar) antes y después del catalizador



ANEXO 13 - PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES

Existen tres tipos básicos de convertidores catalíticos para vehículos y los cuales serán analizados con mayor profundidad en el capítulo 3. Cada tipo utiliza diferentes métodos y sustancias químicas para reducir los elementos nocivos en las emisiones del escape. Los modelos antiguos de convertidores utilizaban un catalizador granulado, pero la mayoría de los convertidores modernos ahora están diseñados con un catalizador cerámico con estructura de panal que fluye fácilmente. El tipo de convertidor requerido para un vehículo en particular varía según el año del modelo, el tamaño del motor. Algunos vehículos utilizan más de un convertidor para cumplir con las normas de reducción de emisiones¹⁵.

2.3 EQUIPOS DE MEDICION PARA CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES:

2.3.1 ANALIZADORES DE GASES:

Los porcentajes de concentración de gases contaminantes emitidos por los motores de combustión interna requieren ser medidos con el fin de evaluarlos y compararlos con parámetros preestablecidos, se puede determinar las condiciones de funcionamiento de los motores de combustión interna. Dichas mediciones se realizan en equipos calificados y calibrados que permiten obtener los valores reales con un mínimo margen de error, obteniendo una medida real de lo que está ocurriendo en el motor.

Los analizadores de gases muestran el valor de la medición, la interpretación de estos datos se hace en base a las normas nacionales o internacionales bajo parámetros preestablecidos.

Estos permiten realizar mediciones de la concentración de los productos presentes en los gases de salida. Dependiendo del tipo de analizador de gases, se pueden realizar mediciones de hasta cinco tipos diferentes de gases: HC, CO₂, CO, NO_x, y O₂.

¹⁵ <http://mzprosil.com/?secc=informacion4.php>

2.3.1.1 Principios de funcionamiento:

Los analizadores de gases funcionan en base de dos principios de funcionamiento:

- El principio de medición infrarroja no dispersa, para el CO , CO_2 y HC .
- Las celdas electroquímicas para medir NO_x y O_2 .

2.3.1.1.1 *Medición Infrarroja no dispersa:*

Se la realiza mediante detectores infrarrojos. La fuente principal de la radiación infrarroja es el calor o la radiación térmica, cualquier objeto que tenga temperatura superior al cero absoluto (-273°C o 0°K) irradia ondas en la banda infrarroja, la que proporciona la información que no puede ser obtenida mediante una imagen de luz visible.

2.3.1.1.2 *Celdas electroquímicas (galvánica):*

Básicamente está formada por dos electrodos ya sea del mismo material o de diferente, que contienen un electrolito absorbente, la presencia del O_2 genera una reacción electroquímica entre los electrodos, similar al funcionamiento de una pila. La corriente eléctrica resulta proporcional a la concentración de oxígeno. Este principio se utiliza en la determinación de la concentración de O_2 .

2.3.1.2 Tipos de Analizadores de Gases:

2.3.1.2.1 *Analizadores de un solo gas:*

Miden solo CO , generalmente el gas es medido en porcentaje en volumen o relacionado con la mezcla estequiométrica. El analizador de CO determina, altos niveles de contaminación y problemas de preparación de la mezcla.

2.3.1.2.2 *Analizadores de dos gases:*

- Monitorea CO medido en porcentaje de volumen mientras que los HC son medidos en ppm¹⁶.

2.3.1.2.3 *Analizadores de cuatro gases:*

- Monitorea CO, CO₂ y O₂ en porcentaje de volumen, los HC en ppm.
- Algunos analizadores presentan información sobre la mezcla estequiométrica, en peso relacionándola con la mezcla estequiométrica 14,7:1 (factor λ).

Sea cual fuere el analizador de gases a utilizar, se realiza el mismo procedimiento para la obtención de los datos, esto es, se toma directamente la muestra de gases del tubo de escape y éstos son llevados al interior del analizador de gases a través de una sonda flexible insertada en la parte final del tubo de escape, la muestra circula por la cámara que analiza la misma y mide el contenido de cada componente, el cual puede ser observado en el monitor del computador.

Antes de iniciarse el ensayo y toma de datos, debe realizarse un breve estudio del manual de operaciones del analizador de gases seleccionado para familiarizarse con sus partes y conocer el manejo del mismo, así como de la posibilidad de variación de parámetros.

2.3.1.3 **Calibración de los analizadores de gases:**

La calibración de estos equipos puede ser automática, la cual se realiza al encender el equipo (auto-calibración), o puede ser manual, dependiendo de los requerimientos del usuario, ésta debe realizarse como máximo cada tres meses.

¹⁶ **PPM: Partes por millón**, es una unidad de medida que se refiere a los mg (miligramos) que hay en un kg de disolución; como la densidad del agua es 1, 1 kg de solución tiene un volumen de aproximadamente 1 litro, los ppm son también los mg de una sustancia en un litro expresado de otra forma, mg/l (Siguiendo el mismo razonamiento, los ppm también son los gramos que contiene cada metro cúbico, g/m³) Para calcular los ppm se divide el peso en mg por el volumen en litros, por ejemplo, una disolución de 15 gramos (g) en 3 metros cúbicos de agua: $15 \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g} = 15000 \text{ mg}$; $3 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ l/m}^3 = 3000 \text{ l}$; Concentración: $15000 / 3000 = 5 \text{ mg/l} = 5 \text{ ppm}$. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Ppm>)

2.3.1.4 Proceso de análisis de gases:

- Encender el analizador de gases.
- Someter al equipo a la prueba de fugas.
- Someter al equipo a un periodo de calentamiento y estabilización.
- Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de muestra.
- Verificar que la transmisión del vehículo esté en neutro.
- Encender el vehículo y esperar un tiempo prudencial para que éste alcance una temperatura adecuada de funcionamiento.
- Ubicar la sonda de temperatura en el orificio de medición del aceite.
- Verificar que la temperatura del vehículo esté estable.
- Verificar que no existan fugas a lo largo del tubo de escape (esto se consigue tapando el tubo de escape).
- Verificar que no exista emanaciones de humo azul, por el tubo de escape.
- Colocar el sensor de rpm en la primera bujía del motor y verificar el valor de rpm en la pantalla del computador.
- Introducir la sonda del analizador de gases en el tubo de escape.
- Preparar el sistema para realizar la prueba de gases.
- Esperar el tiempo de respuesta del equipo.
- Acelerar el vehículo a las revoluciones requeridas,
- Cuando se tome los datos debe procurarse que éstos se hayan estabilizado lo más posible.
- Grabar los datos en el computador.
- Realizar el número de pruebas necesarias.
- Sacar la sonda del tubo de escape.
- Apagar el equipo.

2.3.1.5 Analizadores de gases de pruebas:

2.3.1.5.1 Analizador de gases MGT5:

- Analizador de gases para motores ciclo Otto, analiza cuatro de los cinco gases de escape: CO, CO₂, HC y O₂. Opcional: NO_x.
- Funciona mediante el software EUROSISTEM, es de fácil manejo, y distintas posibilidades de visualización de datos.
- Puede ser conectado a una computadora así como también posee un terminal de mano con impresora integrada.
- De fácil mantenimiento gracias a su construcción sencilla, los componentes sujetos a desgaste y que necesitan ser intercambiados se encuentran bajo las tapas de mantenimiento.
- La calibración del equipo puede realizarse de manera sencilla siguiendo las indicaciones del menú sin necesidad de un técnico.
- Alto nivel de fiabilidad en la obtención de resultados.
- Posee una unidad filtrante que retira el condensado y lo elimina.
- La sonda flexible tiene un alcance de hasta 8 metros de largo.
- La sonda de los gases de escape de acero afinado (longitud 400 mm) con tubo de toma flexible de acero trenzado, con grapa retén y pieza de cierre.



Fig. 2.9. Analizador de gases MGT5.

2.3.1.5.2 Analizador de gases NEXTECH:

Es un moderno analizador de gases diseñado para cumplir los rigurosos requerimientos en el control de emisiones. Tiene capacidad para medir cuatro gases (CO , HC , CO_2 y O_2) y proporciona además la medida del factor lambda y cálculos del cociente aire/combustible. Los resultados de medición es controlada por seis paneles LED, además que los resultados de la prueba se pueden imprimir en la impresora incorporada.

Esta unidad además está provista de un software para computadora lo que permite el almacenamiento y análisis de los datos. Puede incrementarse además la medición a cinco gases.



Fig. 2.10. Analizador de gases NEXTECH NGA 6000.

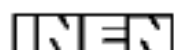
Características importantes:

- Exactitud, estabilidad y durabilidad excepcionales.
- Tiempo de reacción menor a 10 segundos.
- Ajuste automático de calentamiento 2 a 8 minutos.
- Software y cables para acoplar a computadora.
- Portable tamaño ligero (compacta).
- Facilidad de cambio de repuestos.
- Prueba de HC residuales.

Tabla 4.1. Ejemplos de Ciclos de manejo internacionales:

PAÍS	PRUEBA (QUIEN LA DESARROLLA)	CARACTERÍSTICAS
EUROPA	NEFZ - Nuevo ciclo de conducción Europeo 1992	Con anticipación de 40 segundos (fase de calentamiento), antes de que comience la medición de los gases de escape. Fig. 4.5
		Sin anticipación de 40 segundos. Entro en vigor con la emisión de la norma EURO III, donde las mediciones empiezan inmediatamente con la puesta en marcha del motor. Lo que significó un mayor rigor en el método de medición ya que en este participan todos gases de escape que se producen durante el arranque en frío. Fig. 4. 6]
USA	FTP-75 EPA (Environmental Protection Agency) 1996	Se llevo a cabo una revisión de manejo federal (Federal Test Procedure FTP), el FTP no contiene velocidades por encima de 85 km/h. A pesar de que se tiene como referencia los ciclos europeos para compararlos con los valores de EEUU, siempre existe un cierto tipo de restricciones que se notan el este ciclo Fig. 4. 7.
JAPON	Ciclo de 6Etapas	En Japón se usan dos ciclos de 6 etapas para camiones pesados de más de 2.5 t o camiones transportando más de 10 pasajeros, uno es para Diesel y el otro para gasolina/Gas LP. Las emisiones totales se expresan en ppm como un promedio pesado de las 6 etapas
	Ciclo de 13 Etapas	Este ciclo más reciente es para vehículos pesados y se lleva a cabo en 13 etapas en motor de banco. Las etapas de prueba son idénticas para vehículos a Diesel o a gasolina, sin embargo los factores de peso en el cálculo de los promedios de emisiones son diferentes; las emisiones se presentan en g/kWh.
INTERNACIONAL (ISO)	ISO- 8178	Ciclo compuesto de varias etapas estacionarias. Es usado para motores de potencia no usados para el transporte en los EUA y Europa.

[Autoría Propia]



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 2:1996

EMISIONES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y MOTORES DE VEHÍCULOS USADOS.

Primera Edición

EMISSIONS FROM USED MOTOR VEHICLES AND MOTORS.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del aire, emisiones de escapes, motores, automotores usados, diagnóstico.

MC 08.06-001

CDU: 614.72

CIIU: 8100

ICS: 13.040.50-43.060.20

Reglamento Técnico Ecuatoriano Obligatorio	EMISIONES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y MOTORES DE VEHÍCULOS USADOS.	RTE INEN 2:1996 1996-08
1. OBJETO 1.1 Este reglamento técnico establece los requisitos que deben cumplir los vehículos automotores usados o reconstruidos y los motores usados o reconstruidos de vehículos automotores que se importen al país. 2. DEFINICIONES 2.1 Para los efectos de este reglamento, se adoptan las definiciones contempladas en la GPE INENISO/IEC 2, la NTE INEN-ISO 8402 y las que a continuación se detallan: 2.1.1 <i>Certificación de la casa fabricante</i>: Documento expedido por la casa fabricante de un vehículo automotor en el cual se consignan los resultados de la medición de las emisiones de los contaminantes del aire. 2.1.2 <i>Ciclo FTP-75</i>: Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos y publicado en el Código Federal de Regulaciones, partes 86 a 99. 2.1.3 <i>Ciclo USA-13</i>: Es el ciclo de estado estacionario establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los motores de vehículos pesados a gasolina y diesel y publicado en el Código Federal de Regulaciones. 2.1.4 <i>Emisiones de gases de escape</i>: Son las cantidades de Hidrocarburos (HC), Monóxido de Carbono (CO) y Óxidos de Nitrógeno (NOx) emitidas a la atmósfera a través del escape de un vehículo como resultado de su funcionamiento. 2.1.5 <i>Emisiones de vapores</i>. Es la concentración de hidrocarburos evaporados bajo determinadas condiciones de ensayo. 2.1.6 <i>Humo</i>: Es la materia que se desprende al quemar los combustibles y que en las emisiones de escape reduce la transmisión de la luz. 2.1.7 <i>Método SHED</i>: Procedimiento aprobado por la Agencia de Protección del medio ambiente de los Estados Unidos (EPA) para determinar las emisiones de vapores en vehículos a gasolina mediante la recolección de éstos en una cabina sellada en la que se coloca el vehículo sometido a prueba. SHED es la sigla correspondiente al nombre de dicho método (Sealed Housing For Evaporative Determination). 2.1.8 <i>Opacidad</i>: Es el grado de reducción de la intensidad de la luz visible cuando esta pasa por una sustancia. 2.1.9 <i>Opacímetro</i>: Instrumento que mide la opacidad de una muestra de gases de un escape y lo expresa en porcentaje. 2.1.10 <i>Porcentaje de opacidad</i>: Es la unidad de medición que permite determinar el grado de opacidad del humo en una fuente emisora. 2.1.11 <i>Peso vehicular</i>: Es el peso real del vehículo en condiciones de operación con todo el equipo estándar de fábrica y con combustible a la capacidad nominal del tanque. 2.1.12 <i>Peso bruto vehicular</i>: Es el peso vehicular, más la capacidad de pasajeros y/o su carga útil. (Continúa) DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del aire, emisiones de escapes, motores, automotores usados, diagnóstico.		

2.1.12 Peso bruto vehicular: Es el peso vehicular, más la capacidad de pasajeros y/o su carga útil.

2.1.13 Vehículo liviano (Light-Duty Vehicle): transportar hasta 12 pasajeros o su equivalente. Es aquel vehículo automotor diseñado para

2.1.14 Vehículo tipo jeep o camioneta liviana (Light-Duty Truck): Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto vehicular es menor a 3 856 kg o su peso vehicular es menor a 2 722 kg y que tenga una área frontal menor a 4,18 m² Que sea:

- 1) Diseñado para transportar carga o una variación de dicho vehículo.
- 2) Diseñado para transportar más de 12 pasajeros, o
- 3) Diseñado con características especiales que lo permitan circular fuera de calles y carreteras convencionales.

2.1.15 Vehículo pesado (Heavy-Duty Truck): Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto vehicular es mayor a 3 856 kg o que tenga un área frontal superior a 4,18 m².

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Para su importación, los vehículos automotores usados o reconstruidos y los motores usados o reconstruidos deben tener una certificación de la casa fabricante, actualizada a la fecha de exportación, sobre el nivel de emisiones de escape y de emisiones evaporativas.

3.2 Emisiones de gases de escape para vehículos automotores a gasolina.

3.2.1 Procedimiento de evaluación de emisiones de escape. El procedimiento de evaluación base para las certificaciones será el ciclo FTP- 7 5 a nivel del mar para vehículos livianos, vehículos tipo jeep o camioneta liviana; y, para los vehículos pesados el procedimiento base para las certificaciones será el método de prueba USA-13. (Ver Anexo A).

3.2.2 Procedimiento de evaluación de emisiones de vapores. El procedimiento de evaluación base para certificaciones de emisiones de vapores será el método SHED. (Ver Anexo B).

3.3 Emisión para vehículos automotores a diesel

3.3.1 Procedimiento para medir emisiones de humo para vehículos automotores a diesel. El método para medir las emisiones de humo provenientes de escape de fuentes móviles a Diesel, será la prueba estática en libre aceleración. (Ver Anexo C).

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Para su importación, los vehículos automotores usados o reconstruidos y los motores usados o reconstruidos deben tener el certificado de la casa fabricante Que garantiza el cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente reglamento, en idioma español y ser avalado por un organismo certificador acreditado para dicho efecto y que sea reconocido por el INEN. Este certificado debe ser notariado y visado en el Consulado del Ecuador en el País de origen del automotor o motor, según sea el caso.

4.2 Control del producto

4.2.1 Todo vehículo automotor usado o motor usado que no cumpla con lo establecido en el presente reglamento y las NTE INEN relacionadas con este tema, será declarado producto no conforme y se rechazará su nacionalización de acuerdo con la ley orgánica de aduanas.

4.3 A partir del año 2 000 los valores máximos de emisiones de vehículos automotores a gasolina, serán:

(Continúa)

4.3.1 Requisitos de emisiones de gases de escape

CATEGORÍA	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km),
Vehículo Liviano	2,11	0,25	0,62
Vehículo Tipo Jeep o Camioneta Liviana	11,18	1.06	1,43
Vehículo Pesado	25,0	10,0 (*)	
(*) Emisiones correspondientes a HC+NOx, medidas en g/HPh(**)			
(**) 1 HPh = 0,7457 kWh			

4.3.2 Requisitos de emisiones evaporativas

Categoría	Emisiones evaporativas (g)
Vehículos livianos	60
Vehículos tipo Jeep o camioneta liviana	60
Vehículos pesados	60

4.4 A partir del año 2 000 los valores máximos de emisiones de vehículos automotores a diesel, serán:

4.4.1 Requisitos de emisiones de gases de escape

Categoría	Opacidad %
Vehículos livianos	60
Vehículos tipo Jeep o camioneta liviana	60
Vehículos pesados	60

4.5 Las disposiciones técnicas de este reglamento podrán ser cambiadas en cualquier momento si los métodos de ensayo o los procedimientos de evaluaciones son modificados en función del avance tecnológico.

(Continúa)

ANEXO A

A.1 CICLO DE USO DEL MODELO AMERICANO 13
(US 13 - MODE CYCLE)

Consiste en trece modos estabilizados de manejo como se indica en la tabla,
 se expresan en g/bhph (1 bhph "brake horse power hour" = 0,745 7 kWh)

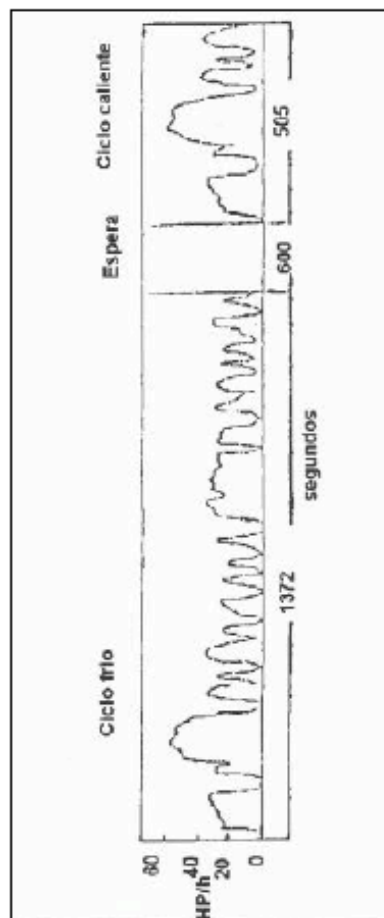
MODELO	VELOCIDAD	CAPACIDAD DE CARGA %	FACTORES DE PESO		
			USA	ECE	(1)
1	Marcha en vacío	-	0,20/3	0,25/3	0,151
2	Máxima velocidad de rotación	10	0,08	0,08	0,023
3		25	0,08	0,08	0,062
4		50	0,08	0,08	0,044
5		75	0,08	0,08	0,060
6		100	0,08	0,25	0,017
7	Marcha en vacío	-	0,0667	0,25/3	0,151
8	Máxima velocidad de potencia	100	0,08	0,10	0,069
9		75	0,08	0,02	0,074
10		50	0,08	0,02	0,094
11		25	0,08	0,02	0,073
12		10	0,08	0,02	0,031
13	Marcha en vacío	-	0,0667	0,25/3	0,151

(1) Simulación del ciclo de oscilación momentánea (ciclo de uso del modelo americano 13)

(Continúa)

A.2 ESQUEMA URBANO DE MANEJO EN DINAMOMETRO (Federal test procedure 75)

Llamado esquema urbano de manejo en dinamómetro (UDDS urban dynamometer driving schedule). Simula una ruta urbana de 12,07 km de largo con paradas frecuentes a rangos de velocidad desde 0 km/h hasta 91,2 km/h a una velocidad promedio de 31,5 km/h. Tiene una duración de 22 minutos y 52 segundos y un 17,8% del tiempo que el motor está en relanti, lo cual simula condiciones de manejo en tránsito de horas pico.



(Continúa)

ANEXO B**MÉTODO SHED**

(Cabina sellada para la determinación de vapores)
(Sealed housing for evaporative determination)

1. Tener el vehículo por una hora con el capot cerrado y las ventanas y cajuela abiertas.
2. Luego medir la concentración de hidrocarburos.
3. Expresar los resultados como la masa de hidrocarburos evaporados, tomando en consideración la relación HC del combustible utilizado.

(Continúa)

ANEXO C**PRUEBA ESTÁTICA EN LIBRE ACELERACIÓN**

- a) Encerar el opacímetro.
- b) Proceder a encender el vehículo y operar a marcha mínima (Ralentí hasta lograr la temperatura normal de operación del motor.
- c) Colocar la transmisión en neutro con el motor a marcha mínima, acelerar el motor a máxima velocidad estable y sin carga, y regresar el motor a marcha mínima.
- d) Repetir la operación indicada en c) por seis veces, a intervalos de 10 segundos.
- e) Descartar la primera medición, y registrar en un formato de control sistematizado cada una de las mediciones observadas en el opacímetro, reportar el valor máximo obtenido como el valor de opacidad.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 8402:1997	<i>Gestión de la calidad y aseguramiento de la calidad. Vocabulario.</i>
Guía de Práctica Ecuatoriana GPE INEN-ISO/IEC 2:1996	<i>Términos generales y definiciones concernientes a la normalización y actividades conexas.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Código Federal de Regulaciones. Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, EPA. USA, 1992.

Proyecto de acuerdo del CINAIE. *Normas de importación de artículos usados.* Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. Quito, 1997.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: RTE INEN 2	TÍTULO: EMISIONES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y MOTORES DE VEHÍCULOS USADOS.	Código: MC 08.06-901
---------------------------------	---	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1996-06-19	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
---	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Comité Interno del INEN

Fecha de iniciación: 1996-07-08

Fecha de aprobación: 1996-07-09

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)

Dr. Hugo Ayala

Inq. Hernán Córdor

Bioq. María Altamirano

Bioq. Silvana Torres

Ing. Guido Zurita

Tlqo, Omar Cazares

Inq. Gustavo Jiménez

Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

SUBDIRECTOR TÉCNICO

DIRECCIÓN DE DESARROLLO Y

CERTIFICACIÓN DE LA CALIDAD

DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA

DIRECTORA DE VERIFICACIÓN ANALÍTICA

DIRECTORA DE VERIFICACIÓN ANALÍTICA

DIRECCIÓN DE PESAS Y MEDIDAS Y

PROTECCIÓN AL CONSUMIDOR

DIRECCIÓN DE ASEGURAMIENTO

METROLÓGICO

DIRECTOR DE NORMALIZACIÓN

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1996-07-31

Oficializada como: Obligatoria

Por Acuerdo Ministerial No.

241 de 1996-07-31

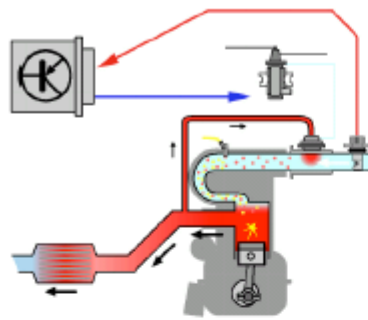
Registro Oficial No. 1008

de 1996-08-10

RESULTADOS Y DISCUSIÓN
ANEXO 14 –

CONTROL FUNCIONAMIENTO EGR.

Control por aire aspirado.



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

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

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

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

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

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

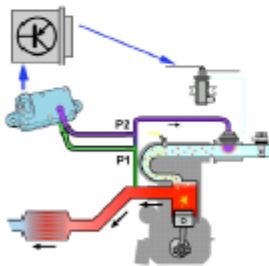
Control de posición de la válvula EGR.

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

Suele ir en EGR de membrana o electromagnéticas.

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

Control por sensor de presión.



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

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

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

Normativa de emisiones.

ANALISIS DE GASES.

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

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

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

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

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

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

	CO		HC		NOx		HC+NOx		Partículas
	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	DIESEL
EURO 1	2.72	-	-	-	-	-	0.97	-	-
EURO 2	2.3	-	-	-	-	-	0.8	-	-
EURO 3	2.30	0.64	0.20	-	0.15	0.50	-	0.55	0.050
EURO 4	1.00	0.50	0.10	-	0.08	0.25	-	0.30	0.025

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

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

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

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

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

Normativa E-OBD

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

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

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

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

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

Verificación y diagnóstico de los gases de escape.

VALORES DENTRO DE UN MARGEN CORRECTO.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas efectuadas en el catalizador se han dividido en diversas, las mismas que primeramente fueron realizadas en un vehículo con inyección sin catalizar, inyección antes de catalizar e inyección después de catalizar para un motor a gasolina.

Las tres pruebas fundamentales en el catalizador son:

CO (Monóxido de carbono)

CO₂ (Dióxido de Carbono)

HC (Hidrocarburo)

O₂ (Oxígeno)

RPM (Revoluciones por Minuto)

Para comprobar si el catalizador es eficiente, se utilizó el analizador de gases y se determinaron una serie de elementos en la primera serie de pruebas. Como se observa en la tabla 4.1, cada una de magnitudes puede ser alterada en función del estado de la inyección.

c) Resultados de inyección sin catalizar.

Partiendo de la base de un motor que funciona correctamente, como se aprecia en la tabla 4.1, donde se muestran los valores de un vehículo sin catalizador y los gases después de pasar sin el mismo.

Tabla 4.1 Resultado de inyección sin catalizar.

	CARBURACIÓN	INYECCIÓN SIN catalizar
CO	Entre 1% y 2%	1 +/- 0.5%
CO ₂	Mayor que 11%	Mayor que 12%
HC	Menor de 400 ppm	Menor que 300 ppm
O ₂	Menor de 3.5%	Menor de 2.5%
λ		
RPM		

Fuente: Edu.xunta, 2017. [13]

d) Resultados de inyección con catalizador.

Una vez realizado el procedimiento, se analizó los gases y su reducción en relación a la temperatura, como se aprecia en la tabla 4.2, existe una reducción de acuerdo a las especificaciones de funcionamiento del catalizador, en lo que se refiere a los gases.

Tabla 4.2 Resulta Inyección despues del catalizador.

	CARBURACIÓN	INYECCIÓN después del catalizador
CO	Entre 1% y 2%	Menor de 0.2%
CO ₂	Mayor que 11%	Mayor que 13.5%
HC	Menor de 400 ppm	Menor de 100 ppm
O ₂	Menor de 3.5%	Menor de 0.2%
λ		Entre 0.99 y 1.01
RPM		2000 RPM

Fuente: Edu.xunta, 2017. [13]

CONCLUSIONES

La eficiencia térmica dentro del catalizador es crucial al momento de entrar en funcionamiento pues a altas temperaturas se producen reacciones de una forma más rápida, haciendo así que los gases de escape sean mejor catalizados y de esta forma al salir sean menos contaminantes.

Un catalizador en perfecto estado debería en teoría reducir del 30 hasta 50% de la tasa de contaminación en un vehículo a gasolina y 40 a 60% en uno a diésel, obviamente siempre y cuando la temperatura del catalizador sea eficiente y capaz de realizar el proceso químico.

El catalizador reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno, que causan lluvia ácida, y de monóxido de carbono, que es venenoso y ataca al ozono. En un garaje lo suficientemente pequeño el CO

puede llegar a ser letal de necesidad si existe en el volumen suficiente, produciendo la muerte, por ende los sistemas de catálisis del vehículo deben estar en un óptimo funcionamiento además de ser eficientes al momento de reaccionar con los gases y la temperatura.