

ANALISIS DE LOS GASES DE ESCAPE DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

Revisado por : Erick Folch C.

El presente artículo explica los fundamentos básicos del análisis de gases de escape de un motor de combustión interna.

Del resultado del proceso de combustión del motor se obtienen diversos gases y productos, entre ellos los mas importantes son el CO (monóxido de carbono), el CO₂ (dióxido de carbono), el O₂ (Oxígeno) , Hidrocarburos no quemados (HC), Nitrógeno , Agua y bajo ciertas condiciones Nox (óxidos de Nitrógeno).

Un correcto análisis de las proporciones de los gases puede dar lugar a diagnósticos muy importantes del funcionamiento del motor.

El analizador de gases de escape analiza la química de estos gases y nos dice en que proporciones se encuentran los mismos.

Todos estos productos se obtienen a partir del aire y del combustible que ingresa al motor, el aire tiene un 80 % de Nitrógeno y un 20 % de Oxígeno (aproximadamente).

Podemos entonces escribir lo siguiente:

AIRE + COMBUSTIBLE =====> CO + CO₂ + O₂ + HC + H₂O + N₂ + Nox (bajo carga)

Una combustión completa, donde el combustible y el oxígeno se queman por completo solo produce CO₂ (dióxido de carbono) y H₂O (agua).

Este proceso de una combustión completa y a fondo muy pocas veces se lleva a cabo y entonces surge el CO (monóxido de carbono) y consiguientemente aparece O₂ (Oxígeno) y HC (Hidrocarburos) , tengamos en cuenta que la aparición de los mismos es porque al no completarse la combustión "siempre queda algo sin quemar."

Los valores normales que se obtienen a partir de la lectura de un analizador de gases conectado a un motor de un vehículo de Inyección Electrónica son los siguientes:

CO < 2 % O₂ < 2%

CO₂ > 12% HC < 400 ppm.

El nitrógeno normalmente así como entra en el motor, sale del mismo y en la medida que el motor no este bajo una carga importante no forma óxidos de Nitrógeno.

Vamos a estudiar cada uno de estos gases:

CO (monóxido de carbono):

El monóxido es resultado del proceso de combustión y se forma siempre que la combustión es incompleta, es un gas toxico, inoloro e incoloro. Valores altos del CO, indican una mezcla rica o una combustión incompleta. Normalmente el valor correcto esta comprendido entre 0,5 y 2 %, siendo la unidad de medida el porcentaje en volumen.

CO₂ (dióxido de Carbono):

El dióxido de Carbono es también resultado del proceso de combustión, no es tóxico a bajos niveles, es el gas de la soda, el anhídrido carbónico.

El motor funciona correctamente cuando el CO₂ está a su nivel más alto, este valor porcentual se ubica entre el 12 al 15 %. Es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión.

Como regla general, lecturas bajas son indicativas de un proceso de combustión malo, que representa una mala mezcla o un encendido defectuoso.

HC (Hidrocarburos no quemados):

Este compuesto representa los hidrocarburos que salen del motor sin quemar.

La unidad de medida es el ppm, partes por millón de partes, recordemos que el porcentaje representa partes por cien partes y el ppm, partes por millón de partes.

La conversión sería 1%=10000 ppm.

Se utiliza el ppm, porque la concentración de HC en el gas de escape es muy pequeña.

Una indicación alta de HC indica:

- Mezcla rica, el CO también da un valor alto.
- Mala combustión de mezcla pobre.
- Escape o aceite contaminado.

El valor normal está comprendido entre 100 y 400 ppm.

O₂ (Oxígeno):

Este compuesto es el oxígeno del aire que sobra del proceso de combustión.

Un valor alto de Oxígeno puede deberse a mezcla pobre, combustiones que no se producen o un escape roto.

Un valor de 0% significa que se ha agotado todo el oxígeno, si el CO es alto es indicativo de una mezcla rica. Normalmente el Oxígeno debe ubicarse debajo del 2 %.

Nox (óxidos de Nitrógeno):

Los óxidos de Nitrógeno se simbolizan genéricamente como Nox, siendo la "x" el coeficiente correspondiente a la cantidad de átomos de Nitrógeno, puede ser 1, 2, 3 etc.

Estos óxidos son perjudiciales para los seres vivos y su emisión en muchos lugares del mundo se encuentra reglamentada. Los óxidos de Nitrógeno surgen de la combinación entre sí del oxígeno y el nitrógeno del aire, y se forman a altas temperaturas y bajo presión. Este fenómeno se lleva a cabo cuando el motor se encuentra bajo carga, y con el objetivo de disminuir dicha emisión de gases, los motores incorporan el sistema EGR (recirculación de gas de escape).

El EGR esta constituido por una válvula, de accionamiento neumático o eléctrico, que permite que partes de los gases de escape pasen a la admisión del motor, y de esta forma se encarezca la mezcla. Si bien el motor pierde potencia, la temperatura de combustión baja y ello lleva aparejado una disminución en la emisión de Nox.

Tenemos que destacar que la válvula EGR, se abre en motores nafteros sólo bajo condiciones de carga y su apertura es proporcional a la misma.

El sistema EGR disminuye las emisiones de óxidos de nitrógenos, por una baja significativa en la temperatura de la cámara de combustión, como consecuencia del ingreso del gas de escape a la misma.

Relación Lambda:

Se define a la relación Lambda como $Rel. \text{Lambda} = R. \text{Real} / 14.7$

Siendo Real la relación en peso aire- combustible real que tiene el motor en ese momento. La relación ideal aire-combustible es de 14.7 gr. de aire y 1 gr. de nafta.

Supongamos que el motor esta funcionando con una mezcla un poco rica, por ejemplo con una relación 13.8:1, entonces la relación lambda será

$$R. \text{Lambda} = 13.8/14.7$$

Vemos que este valor será 0.9.

En resumen una relación lambda menor que 1, significa que la mezcla aire combustible se esta produciendo en una condición de riqueza.

Una relación lambda mayor que 1, significa que la relación aire combustible se esta efectuando en una condición de pobreza.

Tengamos presente algo muy importante:

Una relación lambda = 1, significa que el aire y el combustible han sido mezclados en la proporción exacta, lo que no implica que el motor después queme bien esos productos. Esto puede interpretarse como que a pesar que la mezcla es correcta, el motor puede tener deficiencias y quemar mal esa mezcla.

Este concepto es importante porque nos puede indicar problemas en el motor, como una mala puesta a punto de la distribución, un encendido defectuoso, combustiones desparejas por inyectores sucios, etc.

Analizadores de Gases Infrarrojos

Funcionamiento y principios básicos:

Actualmente existen diversos tipos de sistemas para análisis de gases de escape.

Trataremos a continuación la teoría y explicación del funcionamiento de los analizadores de gases de escape infrarrojos. La energía infrarroja IR es una forma de luz. La longitud de onda de esta energía es más larga que la de la luz que nosotros podemos llegar a ver, de todas maneras el



ser humano no puede ver la energía infrarroja directamente desde sus ojos. De hecho existen algunos dispositivos que pueden detectar la presencia de ondas de luz infrarroja.

Muchos gases tienen la propiedad de absorber ondas de luz específicas. Los gases principales en el campo de trabajo automotriz como lo son: monóxido de carbono, hidrocarburos, dióxido de carbono, etc. tienden a absorber las bandas estrechas de longitudes de ondas infrarrojas 5 ó 6 veces más largas que la luz visible. La absorción del ancho de las bandas de cada uno de los componentes de un gas es relativamente estrecha. Afortunadamente hay un muy pequeño lapso de absorción de bandas en varios gases presentes en una corriente de gases.

Es posible detectar la presencia de un gas, por medición del equivalente de la luz infrarroja absorbida en una onda particular de energía infrarroja que pasa a través de las células contenidas en la mezcla de un gas. Si un gas absorbe un espectro de luz infrarroja, y este espectro es característico y específico de dicho gas, entonces la indicación de esta absorción puede ser usada como indicación de la concentración de dicho gas.

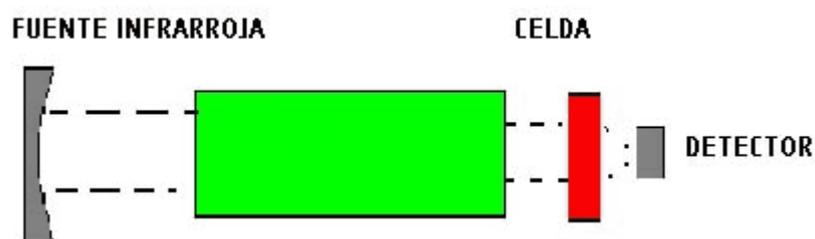
La concentración de un gas que se quiere medir puede ser expresada porcentualmente de acuerdo a la absorción de IR que pasa a través de una celda que contenga ese gas en una mezcla de gases.

El método frecuentemente usado en analizadores de gases de escape para poder medir la concentración de los gases presentes en la mezcla, consiste en hacer pasar luz infrarroja por una celda que contiene el gas, y detectar la energía absorbida por cada uno de los gases con detectores apropiados. Estos detectores consisten en un filtro óptico formado por un lente que permite solo pasar las longitudes de onda del espectro infrarrojo correspondientes al gas cuya concentración se quiere medir.

Luego de este filtro, la luz es censada por un sensor óptico electrónico

(fotodiodo o fototransistor).

Esquemáticamente:



Entre la celda de medición y el emisor de infrarrojo existe un disco ranurado que deja pasar la luz infrarroja en intervalos irregulares (CHOPPER), en el caso el analizador de gases sea de dos gases existe un filtro para cada uno de estos gases, la celda de medición es también sometida a una leve temperatura que es controlada por un dispositivo.

Los sensores ópticos, así constituidos envían señales eléctricas a circuitos electrónicos amplificadores, los cuales terminan marcando en un display los valores de cada uno de los gases que son sensados por estos dispositivos.

RESUMEN:

Motores sin catalizador

- CO 1-2 %
- CO₂ > 13%
- O₂ < 2%
- HC < 300ppm
- Nox, depende de la condición de carga del motor.

En motores con catalizador se busca disminuir las concentraciones de monóxido de carbono, Hidrocarburos y óxidos de nitrógenos.

Los catalizadores pueden tener varias vías, y se denomina vía, a la posibilidad de disminuir cada uno de los gases.

Por ejemplo un catalizador de 2 vías, disminuye las emisiones de CO y HC. Uno de 3 vías, las emisiones de CO, HC y Nox.

El sensor lambda, ubicado antes del catalizador, le asegura al mismo una concentración mínima de oxígeno a los efectos de que pueda trabajar. Tengamos presente que para cada uno de los procesos químicos que se llevan a cabo en un catalizador, siempre hace falta Oxígeno.

Cuando el motor se encuentra frío, el oxígeno resulta insuficiente, ya que la mezcla es rica, a los efectos de garantizar oxígeno aun en esas condiciones, los motores más ecológicos incorporan la bomba de aire (bombea aire al sistema de escape), para que el convertidor (o catalizador) pueda trabajar.

Norma de Emisión para Vehículos Particulares Antiguos con Motor Otto o a Gasolina:

La emisión de contaminantes por el tubo de escape de los vehículos motorizados de encendido por chispa (ciclo Otto) de dos y cuatro tiempos, considerará el Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC) (sólo para motores de cuatro tiempos) y humo visible.

La verificación del CO y HC se hará en forma instrumental utilizando el método infrarrojo no dispersivo. La verificación de humo visible se hará en forma visual, permitiéndose solamente la emisión de humo blanco (vapor de agua).

La verificación de las emisiones se realizarán en ralentí y en un modo de alta velocidad, esto es a 2.500 +/-300 r.p.m. (revoluciones por minuto).

Los métodos de control y los valores máximos permitidos son los mismos en las plantas de revisión técnica como en la vía pública. Valores máximos permitidos

AÑOS DE USO DEL VEHICULO	% MAXIMO DE CO EN VOLUMEN	CONTENIDO MAXIMO DE HC (ppm)
13 Y MAS	4.5	800
12 A 7	4.0	500
6 Y MENOS	4.0	300

Fórmula de cálculo de los años de uso del vehículo

$$\text{Años de uso del vehículo} = \text{AA} - \text{AFV} + 1$$

AA: año actual AFV: año de fabricación del vehículo 1: Constante

A manera de ejemplo, su vehículo es de año de fabricación 1995, y la verificación de gases se realiza durante el año 1997, se obtiene:

$$\text{Años de Uso} = 1997 - 1995 + 1 = 3$$

Por lo tanto las emisiones máximas permitidas para ese vehículo, de acuerdo con la tabla anteriormente señalada corresponden a 3.0% de CO y 300 ppm de HC.

A continuación se presenta una tabla resumen, con los valores máximos permitidos según el año de fabricación.

VALORES MAXIMOS PERMITIDOS SEGUN AÑO DE FABRICACION

AÑO DE FABRICACION DEL VEHICULO	% CO	HC (ppm)
1999	4.0	300
1998		
1997		
1996		
1995		
1994		
1993	4.5	500
1992		
1991		

1989		
1988		
1987 Y POSTERIOR	4.5	800

Norma de Ingreso para Vehículos Particulares Livianos Nuevos con Motor Otto o a Gasolina:

Los vehículos motorizados livianos cuya primera inscripción en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados del Servicio de Registro Civil e Identificación, se solicite a contar del 1 de septiembre de 1992, sólo podrán circular en la Región Metropolitana, en el territorio continental de la V Región y en la VI Región, si son mecánicamente aptos para cumplir con los estándares señalados por el Decreto Supremo N° 211/91 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, lo que deberá ser acreditado por las empresas importadoras de los vehículos a través de una certificación de emisiones por modelo de vehículo.

El mismo Decreto señala que los vehículos motorizados livianos de año de fabricación 1994 o posterior cuya primera inscripción en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados del Servicio de Registro Civil e Identificación, se solicite a contar del 1 de septiembre de 1994, sólo podrán circular en el país si son mecánicamente aptos para cumplir con los estándares señalados por el Decreto Supremo N° 211/91 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, lo que deberá ser acreditado por las empresas importadoras de los vehículos a través de una certificación de emisiones por modelo de vehículo.

Para poder circular en las vías públicas de Chile, los vehículos livianos deberán cumplir con la normativa para vehículos en uso (D.S. N°211/93), la cual señala que la emisión de contaminantes por el tubo de escape de los vehículos con motor a gasolina, considerará la medición de, a lo menos, Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Dióxido de Carbono (CO₂) y las revoluciones del motor (R.P.M.).

Las mediciones de gases deberán efectuarse en ralentí (entre 350 y 1.100 r.p.m.) y en un modo de alta velocidad (entre 2.200 y 2.800 r.p.m.).

GASES DE ESCAPE	VALOR MAXIMO PERMITIDO
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	0,5 %
HI DROCARBUROS (HC)	100 ppm

MONOXIDO DE CARBONO (CO) + DIOXIDO DE CARBONO (CO2)	6%
---	----

Norma de Ingreso para Vehículos Particulares Medianos Nuevos con Motor Otto o a Gasolina:

Los vehículos motorizados medianos de año de fabricación 1994 o posterior cuya primera inscripción en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados del Servicio de Registro Civil e Identificación, se solicite a contar del 01 de septiembre de 1995, sólo podrán circular en la Región Metropolitana, en el territorio continental de la V Región y en la VI Región, si son mecánicamente aptos para cumplir con los estándares señalados por el Decreto Supremo N° 54/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, lo que deberá ser acreditado por las empresas importadoras de los vehículos a través de una certificación de emisiones por modelo de vehículo.

Para poder circular en las vías públicas de Chile, los vehículos medianos deberán cumplir con la normativa para vehículos en uso (D.S. N°54/94), la cual señala que la emisión de contaminantes por el tubo de escape de los vehículos con motor Otto o a gasolina, considerará la medición de, a lo menos, Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC) y las revoluciones del motor (R.P.M.).

Las mediciones de gases deberán efectuarse en ralentí (entre 350 y 1.100 r.p.m.) y en un modo de alta velocidad (entre 2.200 y 2.800 r.p.m.).

Los valores máximos permitidos de contaminantes para este tipo de vehículos son los siguientes:

% CO	HC (ppm)
0.5	100

Norma de Ingreso para Vehículos Particulares Pesados Nuevos con Motor Otto o a Gasolina:

Los vehículos motorizados pesados cuya primera inscripción en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados del Servicio de Registro Civil e Identificación, se solicite a contar del 1 de septiembre de 1994, sólo podrán circular en la Región Metropolitana, en el territorio continental de la V Región y en las regiones IV, VI, VII, VIII, IX y X, si son mecánicamente aptos para cumplir con los estándares señalados en la norma europea EURO1 o en la

norma americana EPA91, y los que se inscriban a partir del 1 de septiembre de 1998 con EURO2 o EPA94 respectivamente, de acuerdo a lo establecido por el Decreto Supremo N° 55/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, lo que deberá ser acreditado por las empresas importadoras de los vehículos a través de una certificación de emisiones por modelo de motores.

Para poder circular en las vías públicas de Chile, los vehículos pesados deberán cumplir con la normativa para vehículos en uso(D.S. N°55/94), la cual señala que la emisión de contaminantes por el tubo de escape de los vehículos con motor a gasolina, considerará la medición de, a lo menos, Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC) y las revoluciones del motor (R.P.M.).

Las mediciones de gases deberán efectuarse en ralentí (entre 350 y 1.100 r.p.m.) y en un modo de alta velocidad (entre 2.200 y 2.800 r.p.m.).

Los valores máximos permitidos de contaminantes para este tipo de vehículos son los siguientes:

% CO	HC (ppm)
0.5	100