



629.250  
COM

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Uso del Control Electrónico de Motores y la Inyección  
Electrónica de Combustible, en Motores a Gasolina”

### TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

### INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Juan Fernando Gómez Rey

GUAYAQUIL-ECUADOR



CIB - ESPOL



Año: 2002

## AGRADECIMIENTO

A mi querida esposa,  
a Juanfe y muy  
especialmente al Ing.  
Ernesto Martínez,  
quién ha dedicado  
gran parte de su  
tiempo a la  
orientación de este  
trabajo.



**CIB - ESPOL**

## **DEDICATORIA**

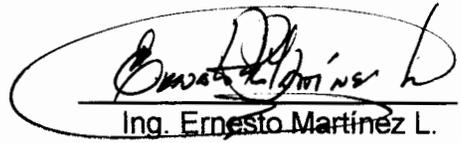
A mi querida esposa,  
a mis hijos, a mis  
padres y hermanos y  
a ese gran hombre,  
el abuelo.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Mario Patiño A  
SUBDECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS



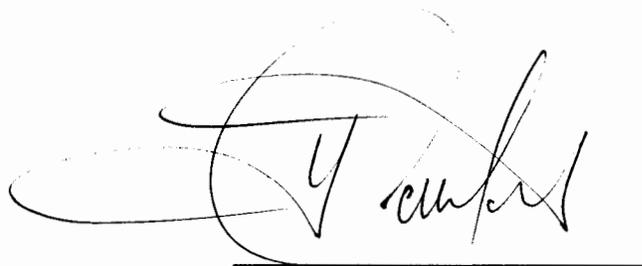
---

Ing. Francisco Andrade S.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Fernando Gómez Rey', is written over a solid horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Juan Fernando Gómez Rey.

## **RESUMEN**

El desarrollo de la siguiente tesis, se basa en la experiencia personal, obtenida sobre el diagnóstico de fallas en vehículos, dotados, desde los sistemas tradicionales de carburador y encendido convencional, hasta los mas sofisticados de control electrónico OBD II.

En el capítulo 1. se comienza detallando los diferentes elementos mecánicos que conforman el motor de combustión interna, orientando este estudio hacia el proceso de combustión; Se estudia cada uno de los gases de escape que se producen en este proceso, y se muestra como, manejando el contenido de cada uno de ellos en el producto de la combustión, se mejora la eficiencia del motor y por ende se reducen notablemente los índices de los elementos que contaminan el ambiente.

En el capítulo 2. Y 3. se estudian los factores que afectan el proceso de combustión y la eficiencia del motor, se ve en detalle cada uno de los sistemas que conforman el motor de combustión interna, se enlaza toda esta

información que se genera en cada uno de los sistemas, por medio de una computadora de abordo, se implanta en cada uno de estos sistemas, sensores, los cuales se conectan a la computadora central, emitiendo señales eléctricas, continuamente. Esta computadora hace los cálculos, de acuerdo a los programas preestablecidos, montados en ella, y los resultados de estos cálculos se convierten en señales eléctricas que son enviadas a los actuadores.

En el capítulo 4. se estudian las diferentes clases de computadoras, y la manera como los cambios en las legislaciones de los países, en cuanto a los índices de contaminantes ambientales permitidos, han hecho que estos sistemas evolucionen.

Como todo sistema que funcione, está sujeto a deterioro, daños operativos, fallas de diseño, adaptabilidad al medio ambiente, calidad de los combustibles; todos estos sistemas poseen procesos de autodiagnóstico, y será propósito fundamental de este trabajo, en el capítulo 5, estudiarlos a fondo.

El control electrónico de motor y la inyección electrónica de combustible, no solo ha incrementado la eficiencia en el funcionamiento del motor, sino que además ha servido en todo el mundo, para seleccionar los centros de servicio



automotriz, debido a que exige tres condiciones para efectuar el diagnóstico y mantenimiento respectivo:

Equipo especializado y computarizado, tanto en el campo de diagnóstico, como en el campo de la reparación y mantenimiento, con equipos como: escáner, computadores de diagnóstico, analizador de gases, limpiador de inyectores, etc.

Información sobre los sistemas que se diagnostican, la cual es muy especializada, debido a que los procedimientos, entre los diferentes sistemas, cambia año tras año.

Se concluye con un análisis económico, tanto de la implantación de los sistemas de control electrónico e inyección electrónica en los vehículos, costos de mantenimiento, costos de los equipos fundamentales de diagnóstico, la importancia de acudir a centros de servicio especializado, para vehículos dotados de estos sistemas y lo mas importante, como día a día, convertimos a nuestro principal contaminador ambiental, mundial, en una máquina eficiente e inofensiva para el ser humano.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VII
ANTECEDENTES.....	1
CAPITULO 1	
1. EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.....	2
1.1. Definición.....	3
1.2. Dispositivos mecánicos de un motor de combustión interna.....	4
1.3. El ciclo de cuatro tiempos.....	7
1.4. El proceso de combustión.....	9

1.5. La combustión y la Constitución mecánica del motor.....	10
1.6. El ciclo real de cuatro tiempos.....	11
1.7. Los gases de escape.....	19
1.8. Factores que afectan el proceso de combustión y la eficiencia del Motor.....	23
1.9. La cantidad de oxígeno.....	25
1.10. La potencia de la chispa.....	27
1.11. La relación de compresión.....	29
1.12. La temperatura.....	30
1.13. La velocidad del motor.....	31

## CAPITULO 2

### 2. CONTROL ELECTRONICO DEL MOTOR

2.1. El sistema de encendido.....	33
2.2. El sistema de refrigeración.....	35
2.3. El sistema de admisión de aire.....	36
2.4. El sistema de control de emisiones.....	38
2.5. El sistema de control lógico.....	44
2.6. El sistema de alimentación e inyección de combustible.....	46

## CAPITULO 3

3. LOS SENSORES Y SERVOCOMANDOS.....	47
--------------------------------------	----

3.1. Los sensores.....	48
3.1.1 Generadores.....	48
3.1.2 Modificadores de voltaje.....	50
3.2. Los actuadores.....	52
3.2.1 Actuadores de voltaje constante.....	53
3.2.2. Actuadores de voltaje variable.....	55

## CAPITULO 4

4. LOS ORDENADORES (MODULOS DE CONTROL).....	57
4.1. Ecm.....	59
4.2. Pcm.....	60
4.3. Vcm.....	61
4.4. Sistemas de control electrónico de motor OBD I.....	63
4.4.1. Constitución física.....	63
4.4.2. Flujo de información.....	64
4.4.3. Condiciones atmosféricas detectadas.....	64
4.4.4. Condiciones de accionamiento de sistemas de control de emisiones.....	65
4.5. Sistemas de control electrónico de motor OBD II.....	66
4.5.1. Condiciones atmosféricas detectadas.....	66

4.5.2. Condiciones de accionamiento de sistemas de control de Emisiones.....	67
4.5.3. Protocolos de los sistemas OBD II.....	68
4.5.4. Estrategia de operación limitada.....	68
4.5.5. El conector de diagnóstico.....	69
4.5.6. Monitoreo en los sistemas OBD II.....	70
4.5.7. Los ciclos en sistemas OBD II.....	71
4.5.8. Ciclo de calentamiento.....	71
4.5.9. Ciclo de funcionamiento o viaje.....	71
4.5.10. Ciclo de manejo.....	72
4.5.11. El monitoreo y los ciclos.....	72
4.5.12. El funcionamiento del testigo de advertencia de falla.....	73
4.5.13. La activación de la luz testigo.....	73
4.5.14. Los códigos de falla.....	74
4.5.15. Pruebas específicas de OBD II.....	75

## CAPITULO 5

5. PROCEDIMIENTOS PARA VERIFICAR RENDIMIENTOS.....	77
5.1. Procedimiento de diagnóstico general.....	77
5.1.1. Pruebas previas.....	78
5.1.2. Pruebas específicas del sistema.....	78

5.1.3. Pruebas específicas del sistema OBD II.....	79
5.1.4. Análisis de gases.....	79
5.2. Centros de diagnóstico especializado.....	88
5.2.1. Equipos de diagnóstico.....	88
5.2.2. Capacitación de personal.....	89

## CAPITULO 6

6. ANALISIS ECONOMICO.....	91
----------------------------	----

## CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
--	----

## APÉNDICES

## BIBLIOGRAFÍA



## ABREVIATURAS

A/C	Aire Acondicionado
ABS	Frenos Antibloqueo
AIR	Sistema Secundario de Inyección de Aire
BARO	Presión Barométrica
BL	Blue
BK	Black
BR	brown
CKP	Sensor de Posición de Cigüeñal
CMP	Sensor de Posición del Eje de Levas
CO	Monóxido de Carbono
DB	Dark Blue
DG	Dark Green
DLC	Conector de Diagnóstico
DTC	Código de Diagnóstico de Falla
ECT	Temperatura de Refrigerante de Motor
EGR	Recirculación de Gases de Escape
EVAP	Sistema de Emisiones Evaporativas
FTP	Procedimiento Federal de Prueba
GR	Green
GY	Gray
HC	Hidrocarburos
HO2S	Sensor de Oxígeno Calentado
IAC	Control de Aire en Mínimas
IAT	Temperatura de Aire de Admisión
IC	Control de Encendido
KS	Sensor de Detonación
LB	Light Blue
LG	Light Green
MAF	Flujo de Masa de Aire
MAP	Presión Absoluta del Múltiple
MIL	Lámpara Indicadora de Mal Funcionamiento
NOX	óxido de Nitrógeno
TP	Posición de Mariposa
VS	Velocidad del Vehículo

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Motor de Combustión interna.....	2
Figura 1.2. Conjunto Estático de un Motor.....	4
Figura 1.3. Conjunto Móvil.....	5
Figura 1.4. Conjunto Valvular.....	6
Figura 1.5. Ciclo de Cuatro Tiempos.....	8
Figura 1.6. Ciclo Real de Cuatro Tiempos.....	13
Figura 1.7. Reglajes de Distribución.....	16
Figura 1.8. Avances y Retrocesos.....	17
Figura 1.9. Sistema de Alimentación e Inyección.....	25
Figura 1.10. Válvula Bypass.....	27
Figura 1.11. Sistema de Encendido.....	28
Figura 1.12. Relación de Compresión.....	30
Figura 2.1. Diagrama de Encendido.....	33
Figura 2.2. Diagrama de Refrigeración.....	36
Figura 2.3. Diagrama de Admisión de Aire.....	37
Figura 2.4. Sistema EGR.....	38
Figura 2.5. Emisiones Evaporativas.....	40
Figura 2.6. Inyección de Aire.....	41
Figura 2.7. Convertidor Catalítico.....	42
Figura 2.8. Ventilación Positiva del Carter.....	43

Figura 2.9.	Sistema de Control Lógico.....	44
Figura 3.1.	Sensores y Actuadores.....	47
Figura 3.2.	Sensor de Oxígeno.....	49
Figura 3.3.	Inyectores.....	53
Figura 4.4.	Sistema OBDI.....	63
Figura 4.5.	Flujo de Información.....	64
Figura 4.6.	Censor de Velocidad de Giro.....	66
Figura 4.7.	Conector OBDII.....	69
Figura 5.1.	Curva de Gases Emitidos.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Residuos de la Combustión.....23
Tabla 2	Conflictos con el Computador.....76
Tabla 3	Niveles de CO y HC Permitidos .....95

## ÍNDICE DE PLANOS

	Pág.
Plano 1 ECM.....	59
Plano 2 PCM.....	60
Plano 3 VCM.....	62

## ANTECEDENTES

El comportamiento de los fenómenos atmosféricos, en los últimos años ha hecho que los entes administradores del medio ambiente , emprendan campañas para informar y a su vez regular a las compañía productoras de automóviles, en lo concerniente a las emisiones de gases contaminantes.

Cada vez se hace mas inevitable el uso del automóvil, para desplazarnos y por ende tenemos cada vez mas contaminado nuestro aire, con las consecuencias que todos conocemos, la destrucción de la capa de ozono, el efecto invernadero, la lluvia ácida, etc.

Este trabajo hace un estudio de la manera como los mecanismos de control de la combustión han evolucionado, de tal manera que en condiciones de buen funcionamiento, hoy por hoy, los índices de contaminación de un automóvil de última generación, debe tener emisiones de gases nocivos, muy cercanos a la nulidad.

Se enseña la manera como se debe diagnosticar cualquier tipo de vehículo, y se concluye en que se debe exigir en nuestro país al igual que en el resto del mundo un certificado de emisiones, que garantice que el vehículo cumple con los índices de gases contaminantes, permitidos por el departamento del medio ambiente.

# CAPITULO 1

## 1. EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

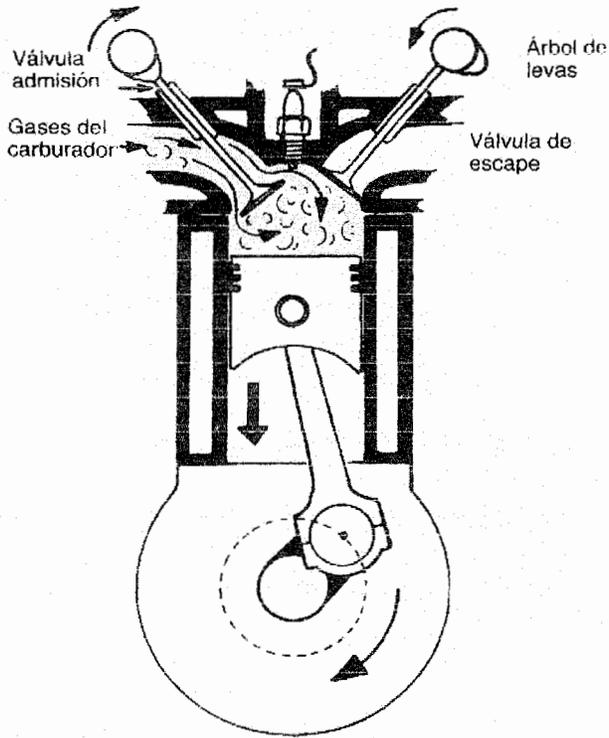


FIGURA 1.1. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

## 1.1. Definición

Se define un motor de combustión interna como el conjunto mecánico que transforma la energía calórica del combustible utilizado, en energía cinética o energía de movimiento. La transformación de esta energía se efectúa dentro del motor, en los cilindros, por medio de un proceso denominado combustión.

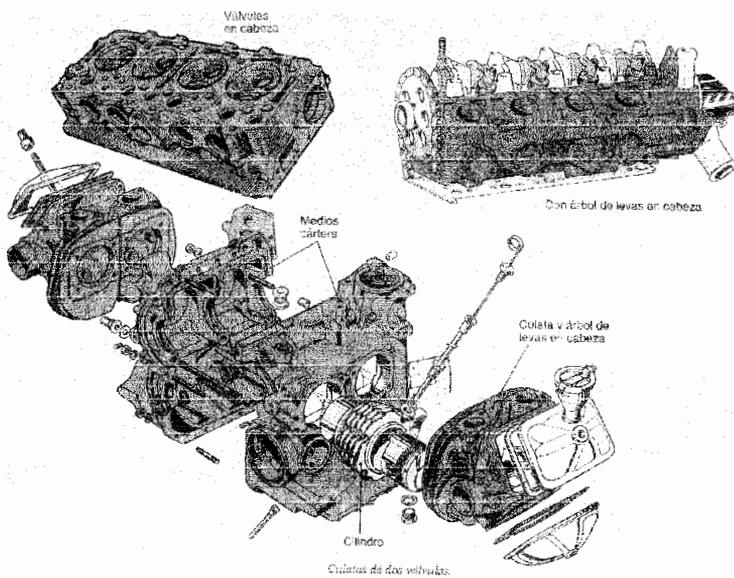
El fin primordial de transformar o extraer energía, es el de producir el movimiento rotacional de las ruedas, con la suficiente potencia para no solo desplazar el vehículo, sino para hacerlo a la velocidad deseada, y con la carga que se necesite transportar.

De esta definición se desprende que en el motor de combustión interna existen dos factores de primordial importancia: El primero tiene que ver con el movimiento, que genera la energía calórica, que se basa en principios mecánicos o cinemáticos.

Comenzaremos con los principios cinemáticos.

## 1.2. Dispositivos mecánicos de un motor de combustión interna

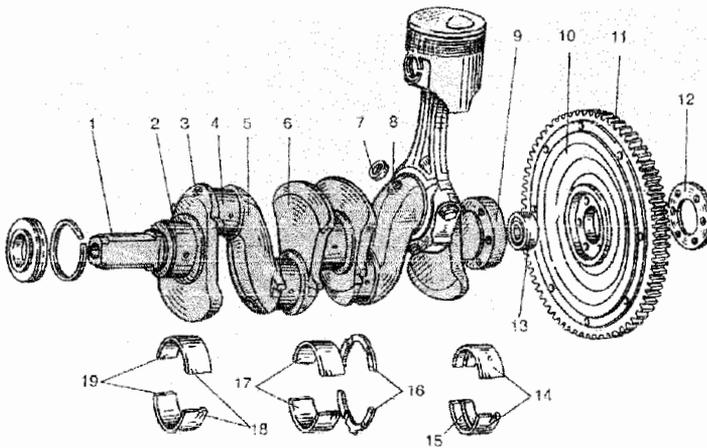
Un motor de combustión interna en su estado más simple, está constituido por tres sistemas fundamentales, que son: el conjunto estático, conjunto móvil y sistema valvular.



**FIGURA 1.2. CONJUNTO ESTÁTICO DE UN MOTOR**

Los elementos que constituyen el conjunto estático son: El bloque motor, el cuerpo de la culata, el cárter o conjunto inferior, los apoyos de bancada y los cilindros.

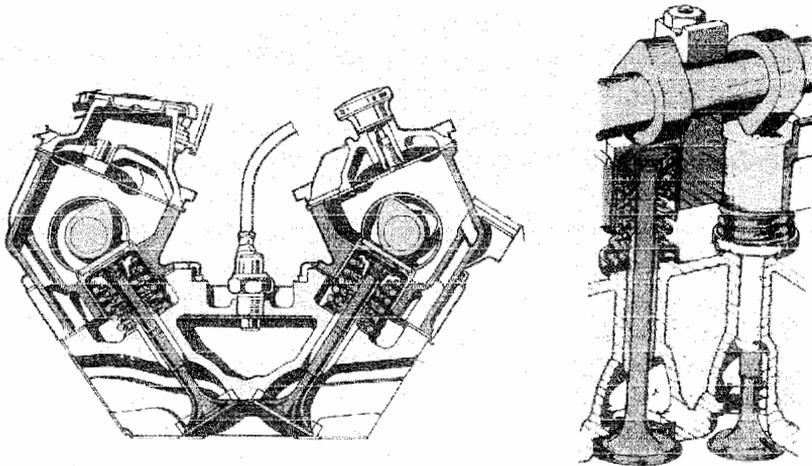
La función principal del conjunto estático es la de servir de soporte o apoyo de todos los demás dispositivos que conforman el motor.



### FIGURA 1.3. CONJUNTO MÓVIL

Los dispositivos que conforman el conjunto móvil son: El pistón y los anillos, la biela, el cigüeñal.

El conjunto móvil tiene varias funciones: mantener la hermeticidad en el cilindro, permitir que la presión que existe dentro de la cámara después del proceso de combustión, se transforme en movimiento, transformar el movimiento lineal del pistón, en movimiento circular en el cigüeñal, transformar la energía extraída en el proceso de combustión a la caja de velocidades en forma de potencia.



## FIGURA 1.4. CONJUNTO VALVULAR

### 1.3. Conjunto valvular

Los mecanismos que conforman el sistema valvular son: El conjunto de válvulas, el eje de levas, los engranajes de mando y la correa o cadena de transmisión

No existe una sola función del sistema valvular, en el caso de las válvulas su función es la de servir de compuerta para permitir la entrada de mezcla y salida de gases de escape. Además al estar cerradas contribuyen a la hermeticidad del cilindro. Los demás dispositivos del sistema permiten la abertura y el cierre de las válvulas.

### 1.3. El ciclo de cuatro tiempos

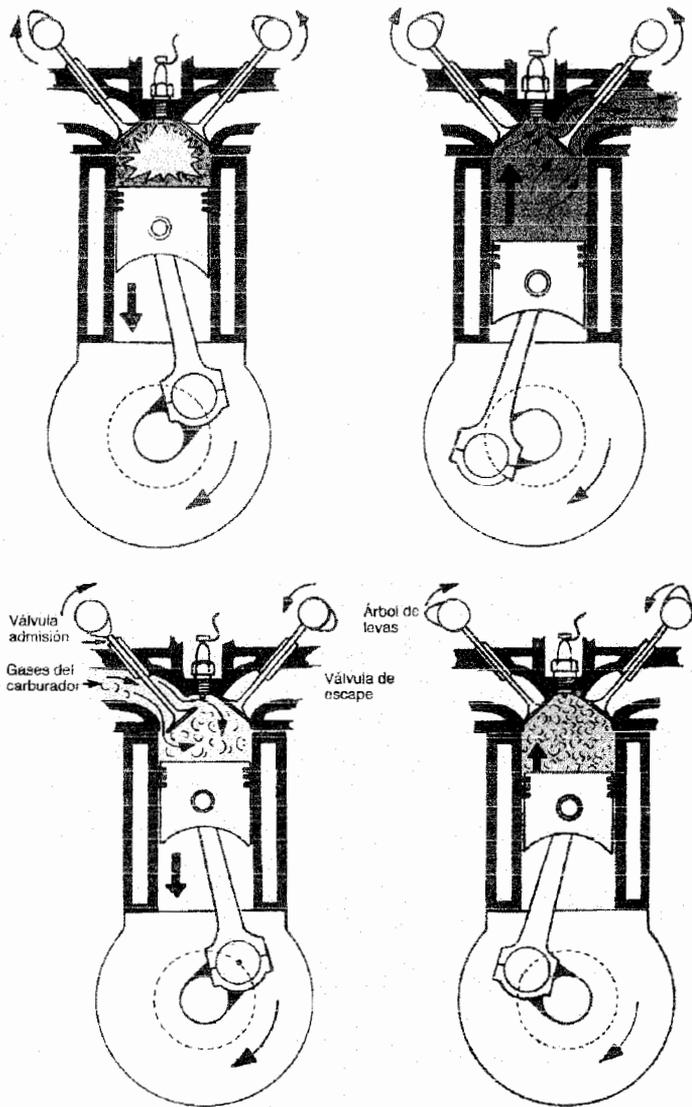
La mayoría de los motores de combustión interna, trabajan con base en un ciclo de cuatro tiempos, guiados por el ciclo termodinámico de Otto, por lo tanto el ciclo de cuatro tiempos de un motor de combustión interna, basa su eficiencia en la variación de la temperatura, tanto en el proceso de compresión isentrópico, como en el calentamiento a volumen constante. El ciclo consiste en dos carreras ascendentes y dos descendentes, del pistón.

Cada carrera, denominada tiempo, recibe el nombre de la acción que se realiza en el momento, admisión, compresión, expansión y escape.

En el tiempo de admisión, se introduce la mezcla aire/combustible, dentro del cilindro. La mezcla ha sido preparada antes de que entre al cilindro, ya sea por el carburador o por el sistema de inyección de combustible.

Tal como su nombre lo indica, en el tiempo de combustión se comprime la mezcla, incrementando su temperatura, para incrementar la eficiencia del proceso. En este tiempo se inicia el evento de la combustión.

Estando el pistón en el PMI, con las válvulas cerradas, comienza su recorrido ascendente, comprimiendo la mezcla. En un momento determinado, de su recorrido, se produce la chispa entre los electrodos de la bujía y se enciende la mezcla.



**FIGURA 1.5. CICLO DE CUATRO TIEMPOS**

En el proceso de combustión, se libera una gran cantidad de energía calórica, que aumenta la presión de la cámara. El aumento de la presión, mueve al pistón y lo fuerza en un movimiento descendente. Este es el tiempo en el que se desarrolla la potencia

El proceso de combustión comienza en el segundo tiempo y termina a unos pocos grados del recorrido del cigüeñal en el tercer tiempo, llegando en algunos motores, hasta a llegar a unos 10 grados de giro en este tiempo.

En el tiempo de escape, se permite la salida de los gases formados en el proceso de combustión.

#### **1.4. El proceso de combustión**

Se define la combustión, como el proceso en el cual el combustible y el aire, se unen, quemándose y generando una enorme cantidad de calor, que aumentará la presión de la cámara; la presión, es la manifestación de la energía que hará posible el trabajo sobre el pistón, que se manifestará en movimiento lineal, alternativo. Todos los mecanismos que constituyen un motor, están diseñados para, o bien

hacer posible que la combustión exista, o bien para aprovechar la energía extraída del proceso.

### **1.5. La combustión y la constitución mecánica del motor**

Un motor puede considerarse conformado por dos grupos principales de sistemas: El primer grupo lo forman los sistemas que permiten que el proceso de combustión suceda. El segundo grupo lo conforman los sistemas que aprovechan y utilizan la energía liberada en el proceso, para transmitirla en forma de potencia.

Los sistemas que hacen posible que la combustión exista son:

- El sistema de alimentación, el cual suministra la cantidad necesaria de combustible, a la presión necesitada, (Mezcla adecuada).
- El sistema de encendido, genera el alto voltaje necesario, para que se produzca la chispa en la bujía, en el momento preciso.
- El sistema de refrigeración, mantiene la temperatura necesaria de funcionamiento, para que la combustión suceda adecuadamente.
- El conjunto móvil, prepara todo el proceso para que la combustión suceda eficientemente y genera alta potencia.

- El sistema de inyección, pulveriza o gasifica la mezcla.

Los sistemas que aprovechan y utilizan la energía liberada en el proceso de combustión, son:

- El conjunto móvil, sobre el pistón se ejerce la presión, que es la que produce el movimiento.
- El sistema de control y recirculación de gases, aprovechan la energía liberada para evitar la salida de gases nocivos a la atmósfera.
- El sistema de carga, ya que debido al movimiento generado en el cigüeñal, se comanda el movimiento en el alternador, movimiento necesario para la generación de corriente eléctrica.

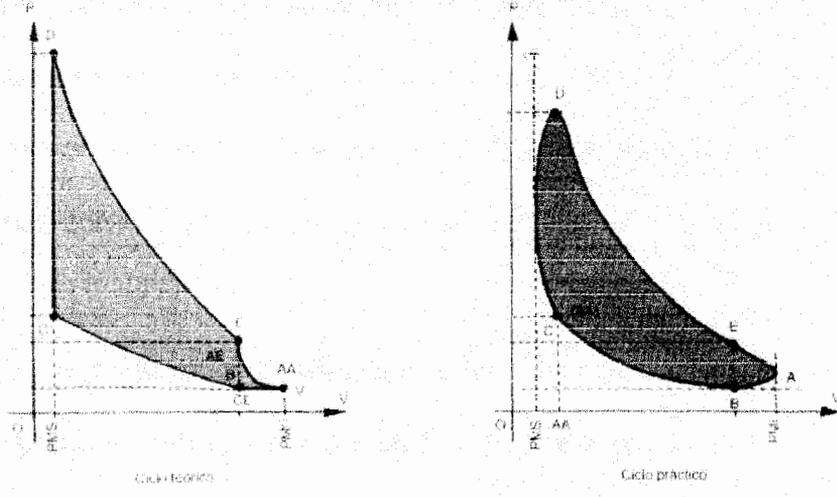
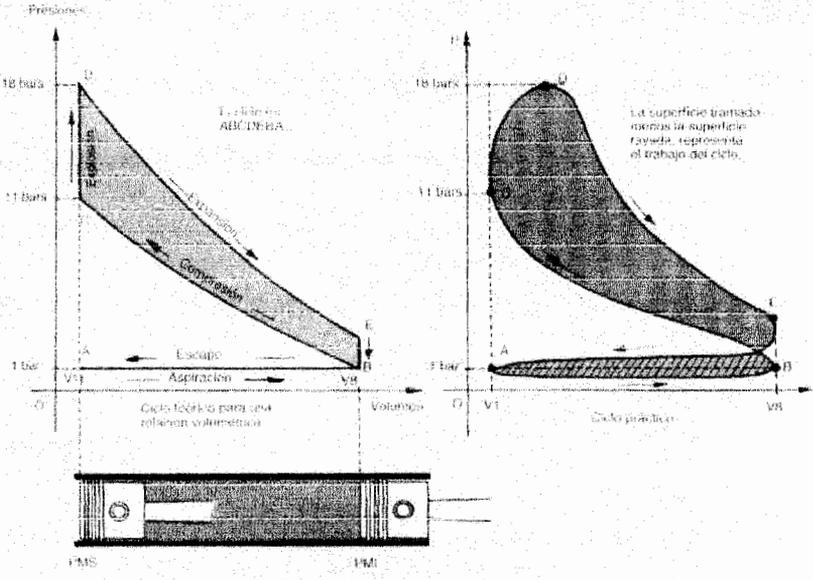
## 1.6. El ciclo real de cuatro tiempos

El ciclo estudiado hasta el momento, ha sido un ciclo teórico, ya que en realidad el ciclo tiene variaciones, éstas son: En el ciclo real, las



válvulas se abren antes de PMS, en el tiempo de admisión, y antes del PMI en el tiempo de escape, con el fin de:

Primero, permitir una mayor entrada de mezcla en el tiempo de admisión. Segundo, en el tiempo de escape, dada la mayor cantidad de mezcla que se ha quemado, se necesita un mayor tiempo para permitir la salida de los gases de escape.



**FIGURA 1.6. CICLO REAL DE CUATRO TIEMPOS**

El avance y el retroceso que se da en un determinado motor, a la hora de abrir y cerrar las válvulas, viene condicionado por el tipo de curva de par o de potencia que se desea obtener de él.

En teoría, la admisión debería durar desde que el pistón empieza a bajar desde su PMS. Hasta que llega al PMI, lo que correspondería a un giro del cigüeñal de  $180^\circ$ .

En realidad no sucede así. Por una parte, la válvula de admisión comienza a abrirse antes de que el pistón haya llegado al punto muerto superior, debido a la imposibilidad de abrir la válvula de golpe, ya que con un perfil de árbol de levas esto no puede hacerse. De esta manera cuando el pistón realmente se encuentra en el PMS, la válvula ya se encuentra parcialmente abierta. Esto se conoce como avance de apertura de admisión y se designa por AAA.

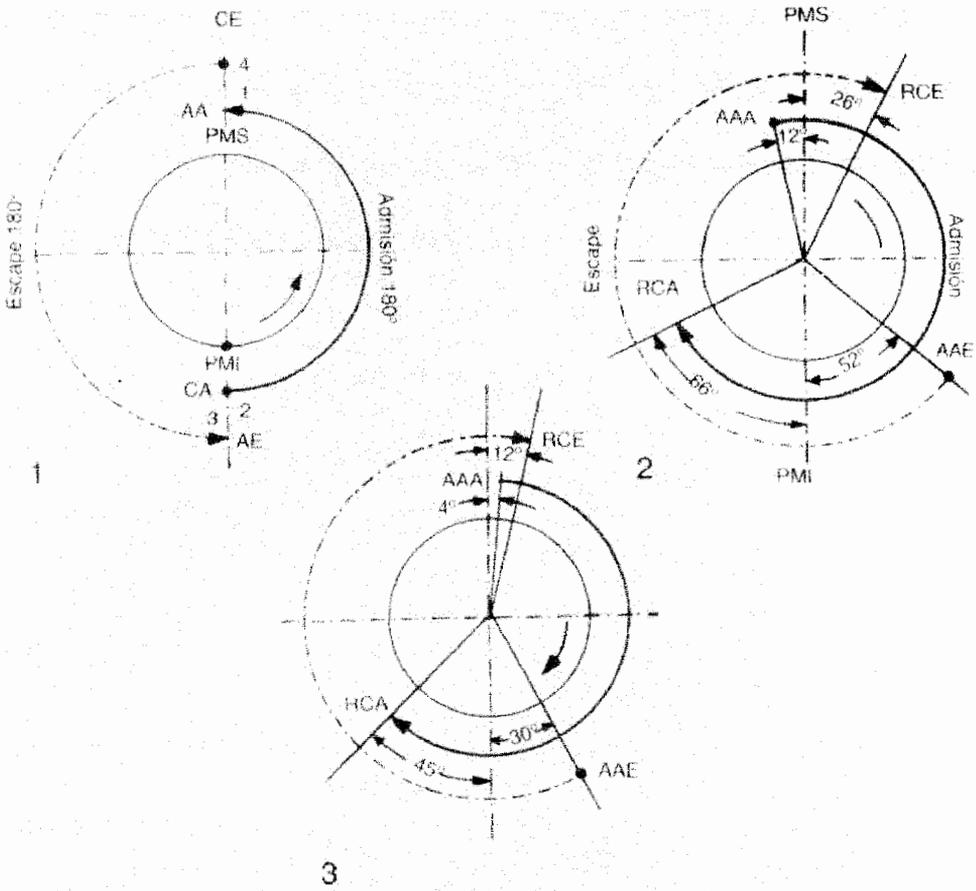
Por otra parte, tampoco la válvula se cierra una vez alcanzado el PMI, ya que para mejorar el rendimiento del motor, se aprovecha la inercia de los gases de admisión, que aunque el pistón haya comenzado a subir, siguen llenando el cilindro, debido a la gran inercia que alcanzan. Esto se conoce como retraso del cierre de admisión, y se designa por RCA

Con la válvula de escape sucede algo parecido. Esta válvula no abre en el momento en que el pistón llega al PMI en su carrera de trabajo empujado por los gases producidos en la explosión, sino que lo hace unos cuantos grados antes. Este avance de apertura de escape (AAE) es necesario hacerlo por dos razones.

Primera, por la imposibilidad de abrir la válvula de escape de golpe, ya que, al igual que la de admisión, está obligada a seguir el perfil del árbol de levas y no puede conseguir una apertura instantánea de la válvula.

La segunda razón es que es necesario adelantar su apertura para impedir que se produzcan fenómenos de choque por los gases procedentes de la combustión en el momento que el pistón llega al final de su carrera encontrando la válvula cerrada.

También en la válvula de escape se retrasa el cierre, después de que el pistón ha alcanzado de nuevo el PMS, en su carrera de expulsión de gases, retraso que se hace con la intención de que todos los gases quemados puedan salir del cilindro y que incluso ayuden a la entrada de los de admisión. Este retraso de cierre del escape se designa por RCE.

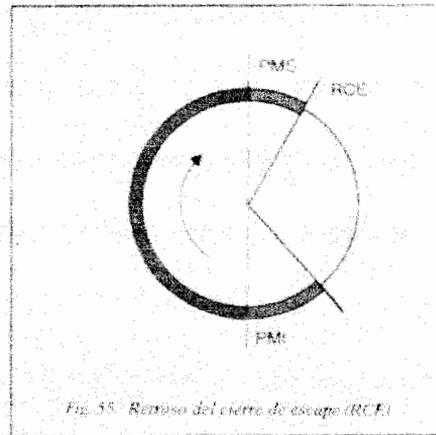
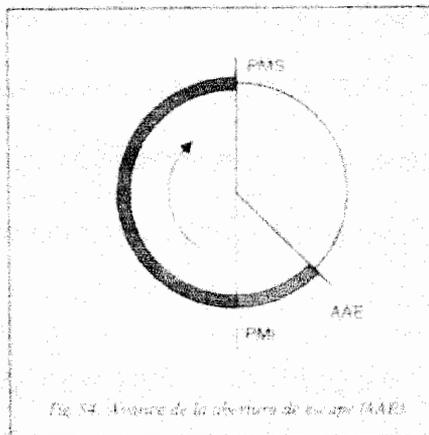
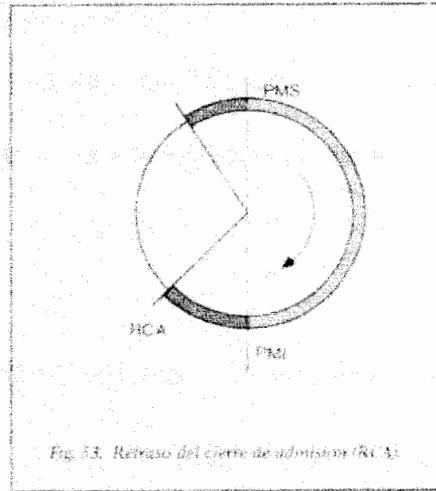
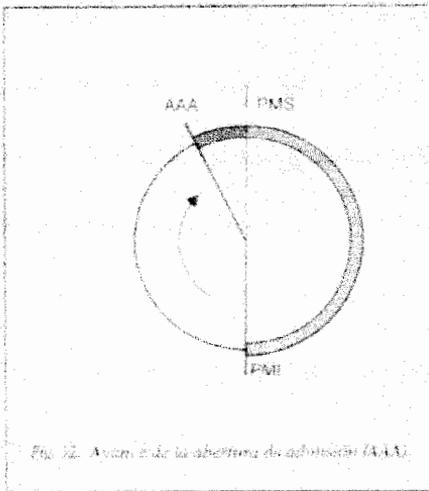


**FIGURA 1.7 REGLAJES DE DISTRIBUCIÓN**

En este momento, denominado cruce de válvulas, la inercia que produce la salida de los gases de escape, ayuda a la entrada de los de admisión, mejorando con ello el llenado de los cilindros.

Estos tiempos de adelanto y retraso en el cierre de las válvulas tienen un momento en el régimen de giro del motor en que el llenado es óptimo,

momento que lógicamente coincide con el par máximo, ya que en este momento se quema la mayor cantidad de gases posible y por lo tanto el empuje sobre la cabeza del pistón es el mayor que se produce en toda la gama de regímenes de giro del motor.



## FIGURA 1.8. AVANCES Y RETRASOS

Ahora bien, si se varían los tiempos de apertura, también variamos el momento en el que se produce el par máximo, y de ahí que este varíe en función del diagrama de distribución elegido. En cualquier caso, unos tiempos de apertura largos permitirán al motor respirar a regímenes altos de giro, desplazando también el par máximo hacia arriba. Con esta elección se consigue también mayor número de caballos, pero en cambio el motor no gira bien en baja, debido a que al ser los tiempos de apertura largos los gases no alcanzan a pocas vueltas una velocidad suficiente de llenado de los cilindros.

Por el contrario, si se escoge un diagrama de distribución con tiempos o ángulos de apertura cortos, el motor responderá bien a pocas vueltas, estando su par máximo situado a bajas revoluciones, ya que los cilindros no necesitan mucha velocidad en los gases para ser llenados, pero presenta el inconveniente de que, en cuanto el motor empieza a subir de vueltas, el par comienza a descender, quedándose rápidamente sin potencia.

Lo ideal sería poder disponer de un motor en el que fuese posible variar su diagrama en función de la velocidad de giro, de tal manera que se pudiera tener un par lo más alto posible en toda la gamma de revoluciones entre las que se mueve un motor normal de automóvil.

Teóricamente el instante en que se produce el salto de la chispa entre los electrodos de la bujía, es cuando el pistón se encuentra en el PMS. La combustión no es un proceso instantáneo, aunque sí muy rápido, lo que significa que dado que el pistón está en permanente movimiento, cuando la combustión se haya completado, el pistón se encontrará en un punto de su recorrido descendente, punto que es diferente al PMS, que es cuando la presión dentro de la cámara es más alta.

### **1.7. Los gases de escape**

Los gases de escape son los compuestos gaseosos, formados en el proceso de combustión, producto de la unión de los átomos de oxígeno con los átomos que conforman la molécula de los hidrocarburos. Los principales gases de escape son:

El bióxido o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), es un gas inerte, que aparentemente no afecta la salud, pero es uno de los principales responsables del efecto de invernadero, ya que al no reaccionar con otros compuestos, permanece en la atmósfera y evita que el calor generado en la tierra salga al espacio. Este efecto de invernadero es el

que ha aumentado la temperatura del planeta en las últimas décadas. Es el producto principal de la combustión, ya que es su formación se genera la mayor cantidad de calor en el proceso. Su presencia en los gases de escape en el porcentaje adecuado es un índice de una combustión eficiente.

Dependiendo de las características del motor, el porcentaje de CO<sub>2</sub> emitido debe estar entre 12 y 16% del total de gases que salen por el tubo de escape.

El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), es un producto formado por la unión del hidrógeno contenido en las moléculas del hidrocarburo, y el oxígeno presente en el aire. El vapor de agua es un gas oxidante y corrosivo, el cual al unirse con los óxidos forma ácidos, que son los principales responsables del daño en los exhostos, además de que contribuyen a la formación de la lluvia ácida en el ambiente. El vapor de agua es el elemento que se encuentra en mayor cantidad en los gases de escape entre un 50 y un 75%.

El monóxido de carbono (CO), es un gas invisible, sin olor, sabor, ni color, producto de un mal proceso de combustión, ya sea por variaciones de la mezcla estequiométrica, fallas mecánicas o combustión

incompleta. Es el parámetro principal en el diagnóstico por emisión de gases, y su valor en porcentaje depende del año y modelo del vehículo. Se ha encontrado que en la formación de CO, se pierde un 72% de energía calórica con respecto a la formación de CO<sub>2</sub>, lo que significa que en la formación de éste gas se pierde eficiencia en el funcionamiento del motor.

Los hidrocarburos no quemados (HC), son simplemente moléculas de hidrocarburos no quemados en el proceso de combustión, o sea gasolina no quemada. Es el segundo parámetro en importancia en el análisis de gases de escape. Su presencia en los gases que salen por el exhosto, es un indicativo de combustión incompleta, ya sea por fallas mecánicas, eléctricas o mezcla fuera de especificaciones.

Los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el nitrógeno es un elemento que se encuentra en grandes cantidades en el aire y entra conjuntamente con el oxígeno a la cámara de combustión y participa de manera conjunta en la combustión. Su unión con el oxígeno en diferentes proporciones depende de cuan alta esté la temperatura. A mayor temperatura, mayor será la cantidad de NO<sub>x</sub>, que se formará. La presencia de No<sub>x</sub>, en atmósfera húmeda aumenta la formación de ácidos, contribuyendo al incremento de la lluvia ácida. Es un elemento sumamente nocivo para la



CIB - P

salud, ya que en presencia de hidrocarburos no quemados incrementa la formación de Smog y Ozono, el cual afecta las mucosas nasales y los ojos, siendo uno de los responsables del incremento de los daños oculares. En cualquier motor se formará Nox, especialmente en cercanías de los electrodos de las bujías, en donde la temperatura es mas alta (cerca de 2500 °F o 1370 °C), pero la cantidad se incrementará con el aumento de la relación de compresión, o cuando existen daños en el sistema de refrigeración que incrementen la temperatura. En la formación de los Nox, se utiliza el oxígeno necesario para la formación de CO, disminuyendo la eficiencia del motor.

Los óxidos de azufre (SOX), el azufre se encuentra como un elemento extraño en la gasolina y al igual que, con el nitrógeno, cuando la temperatura es suficientemente alta, forma óxidos, utilizando el oxígeno necesario en la formación de CO<sub>2</sub>, incrementando la formación de CO.

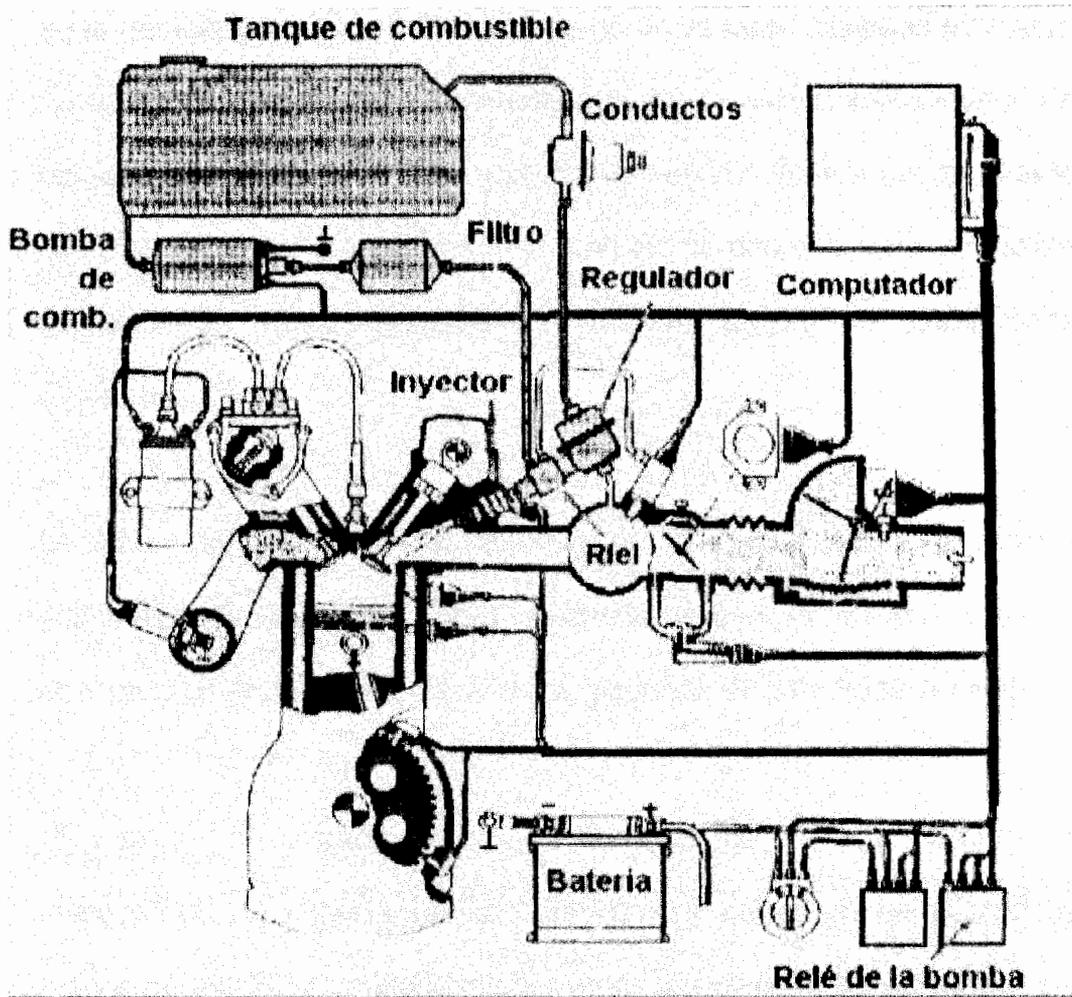
Gases emitidos	%	Efecto
CO <sub>2</sub>	12-16	Indicador de eficiencia
Vapor de H <sub>2</sub> O	50-75	Lluvia ácida
CO	0-6	pérdida de eficiencia
HC	100-700 PPM	Combustión incompleta
NOX	6-16	Lluvia ácida
SOX	Depende de gasolina	Ineficiencia

## TABLA 1.1 REDIDUOS DE LA COMBUSTIÓN

### 1.8. Factores que afectan el proceso de combustión y la eficiencia del motor

La gasificación es el principal factor que afecta en la eficiencia del motor, para mezclar de una forma completa el combustible y el aire, se necesita que el tamaño de las gotas de la gasolina sea el más pequeño posible, y así garantizar que dichas gotas puedan ser rodeadas completamente por el oxígeno existente en el aire. A mayor diámetro de la gota, mayor cantidad de oxígeno, para que se realice la combustión completa.

La gasificación garantiza un fácil inicio de la combustión, permitiendo además que sea lo más completa posible. La gasificación de la gasolina que se encuentra en forma líquida en el tanque de combustible, se logra en los vehículos de inyección electrónica, con la muy alta presión, que genera la bomba eléctrica de combustible, para forzar la salida del líquido a través de una pequeña salida en el inyector. El combustible es pulverizado en un patrón cónico, formando una neblina de gasolina, que se mezcla con el aire que ha entrado por el múltiple de admisión. El sistema que permite la gasificación del combustible, se denomina sistema de alimentación, funciona suministrando la cantidad necesaria de combustible a una alta presión para su completa pulverización. El sistema de alimentación e inyección es un sistema de bancos, o puntos de inyección, controlado por un microcomputador, para lograr un suministro de combustible dosificado, y así obtener una proporción ideal en la mezcla. Los componentes principales son: Tanque de combustible, bomba eléctrica de alta presión, filtro de combustible, riel distribuidor, computadora EEC-IV, regulador de presión, interruptor de inercia, inyectores, relé de la bomba.



**FIGURA 1.9. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN E INYECCIÓN**

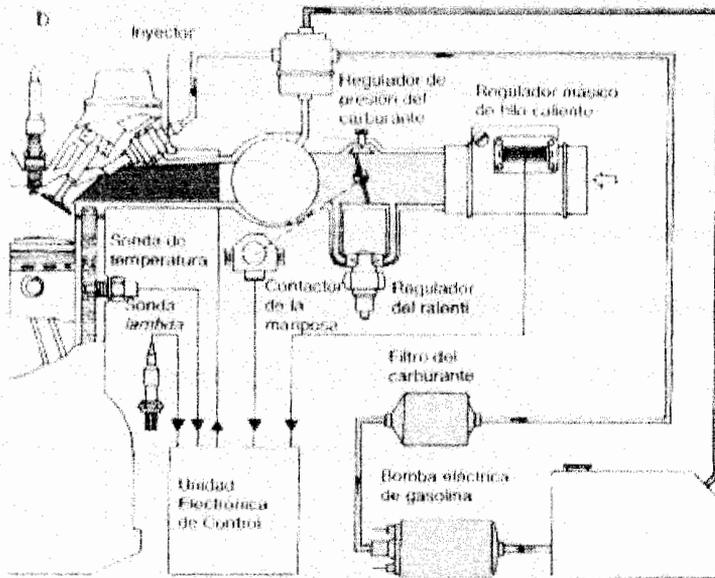
### 1.9. La cantidad de oxígeno

La combustión necesita del oxígeno para que se efectúe, una disminución o aumento en la cantidad de este elemento, tiene como consecuencia una combustión incompleta, lo que resulta es un aumento

en la cantidad de CO y HC en los gases de escape. Hasta el momento no existe en el mercado un vehículo que pueda controlar la cantidad de oxígeno que existe en el aire, por lo que el único control que se puede efectuar, es medir la temperatura y cantidad de aire que entra al múltiple de admisión, para mantener la mezcla según las condiciones requeridas.

El único control sobre la cantidad de aire que ejerce el control electrónico del motor, es sobre la válvula de bypass, en el circuito del aire, para controlar la marcha mínima, según la carga y RPM del motor.

El sistema de admisión de aire, en los sistemas multipuntos o multipuertos, la entrada del aire se hace a través de un cuerpo de mariposa, montado horizontalmente antes del múltiple de admisión. En la parte superior del múltiple se localiza una válvula solenoide denominada de bypass. Esta válvula se utiliza para el control de la entrada de aire en marcha mínima, ya que la mariposa del acelerador se encuentra totalmente cerrada. De esta manera puede permitirse un ingreso controlado de aire dependiendo de condiciones de carga y RPM.

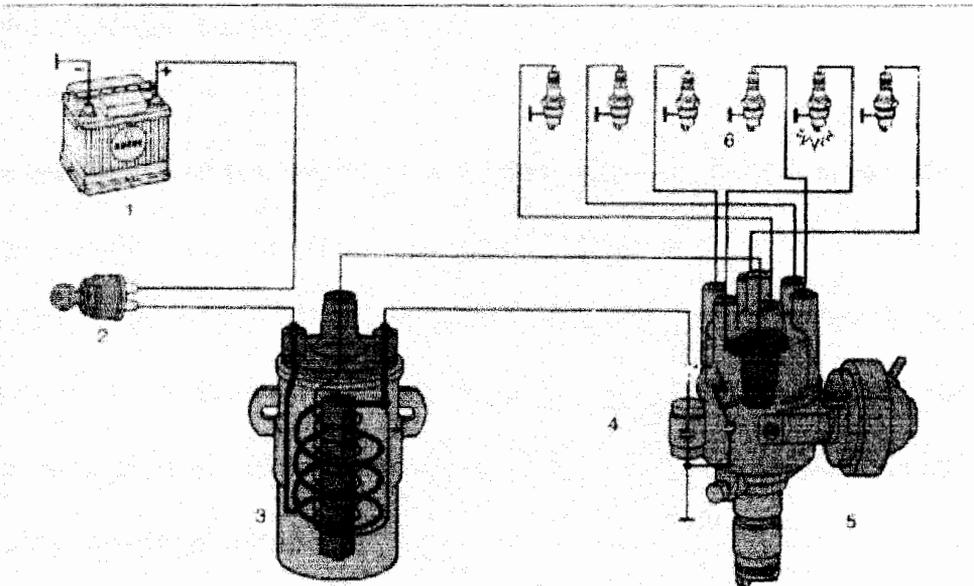


## FIGURA 1.10. VÁLVULA BYPASS

### 1.10. La potencia de la chispa

El voltaje de la chispa que salta entre los electrodos de la bujía, es el factor que inicia el proceso de la combustión. El rompimiento de la molécula es esencial para que la combustión suceda, ya que el calor que se genera es producto, primero del rompimiento del hidrocarburo, y segundo de la formación de  $\text{CO}_2$ . Al disminuir el voltaje, se dificulta el rompimiento de la molécula, ya que la energía necesaria disminuye, lo que se traduce en una combustión incompleta. El sistema que controla no solo el voltaje, sino del tiempo de encendido se denomina sistema de encendido, el cual genera el pulso de alto voltaje, que se convierte

en una chispa eléctrica entre los electrodos de la bujía, además de controlar el tiempo de encendido. Los componentes son: el distribuidor que es el encargado de generar una señal de referencia, además de suministrar el alto voltaje a cada bujía; la bobina de encendido, sin resistencia externa, para que circule un mayor flujo de corriente por el bobinado primario, a fin de generar un mayor voltaje; y el módulo de encendido, que controla el circuito de la bobina.

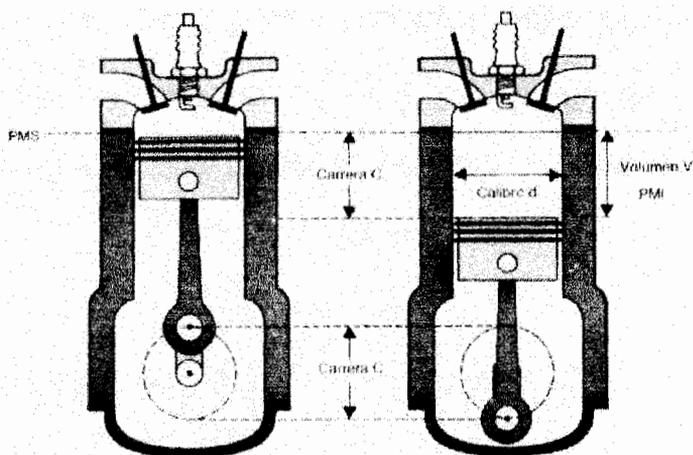


**FIGURA 1.11. SISTEMA DE ENCENDIDO**

### 1.11. La relación de compresión

Una mezcla se comprime para agilizar el proceso de combustión, ya que permite el acercamiento de las moléculas, disminuyendo el tiempo de combustión, y facilita el rompimiento de las moléculas del hidrocarburo aumentando su temperatura. Al existir fallas en la compresión debidas a fugas, la presión, y la temperatura bajan, disminuyendo la energía que el proceso termodinámico aporta a la mezcla, lo que causa una disminución de la eficiencia.

La tendencia en los vehículos actuales, es la de tener una relación de compresión cada vez mas alta, con el fin de mejorar la potencia y la eficiencia del motor. Al disminuir el tiempo de la combustión, se puede extraer mas trabajo en menos tiempo, lo que permite un más alto rango de revoluciones. El sistema que permite el proceso termodinámico se denomina conjunto móvil.



$$R_c = \frac{\text{Volumen cilindro} + \text{volumen cámara}}{\text{volumen cámara}} = \frac{V + v}{v}$$

## FIGURA 1.12. RELACIÓN DE COMPRESIÓN

### 1.12. La temperatura

Para que la combustión pueda efectuarse eficiente y rápidamente, la temperatura de la cámara de combustión debe ser la necesaria que es la denominada temperatura de funcionamiento.

Una temperatura menor, puede producir una condensación de la mezcla causando una disminución en la velocidad de la mezcla, que

resulta en una combustión incompleta. Una temperatura mayor, incrementará la formación de NOX y SOX, lo que incrementa la formación de CO, que significa una mala combustión, o una menor eficiencia.

### **1.13. La velocidad del motor**

Después de superar cierto valor de RPM, la velocidad del motor disminuye tanto la eficiencia como la potencia, ya que da menos tiempo para que el proceso de combustión suceda, entre suficiente mezcla, o la bobina de encendido se sature completamente.

# CAPITULO 2

## 2. EL CONTROL ELECTRONICO DE MOTOR

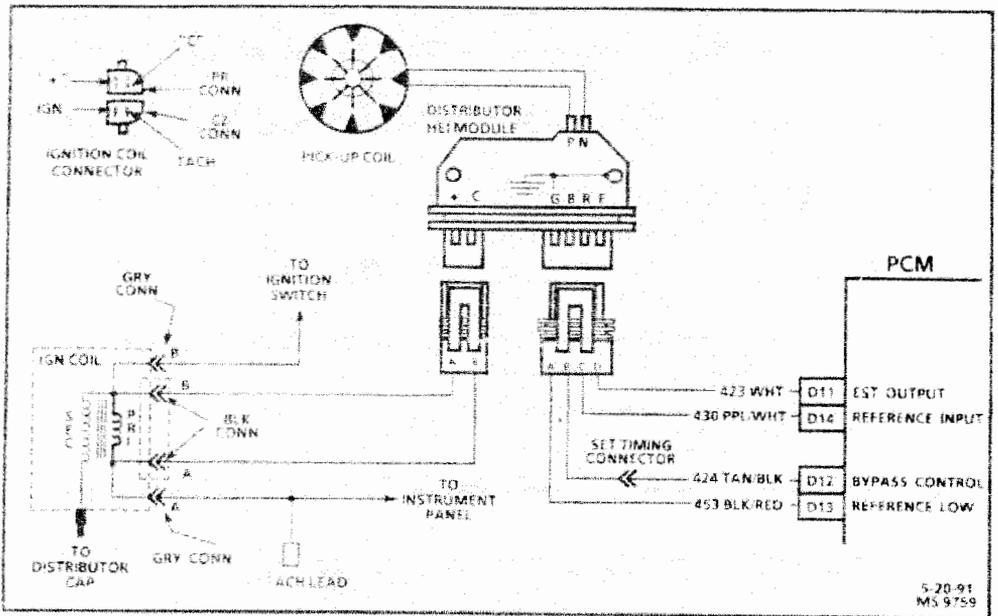
Se considera al motor como un mecanismo complejo, compuesto de varios sistemas, que por un lado hacen posible que el proceso de combustión exista, y por otro, de sistemas que aprovechan la potencia generada por el proceso, para transformarla en movimiento.

En lo que respecta al motor, el control electrónico ha sido diseñado para controlar uno de los sistemas constitutivos, con dos objetivos principales que son obtener la máxima potencia posible, controlando todo el proceso de combustión y mantener las emisiones de gases de escape, dentro de los parámetros de control de las entidades gubernamentales de cada país.

Los sistemas que conforman un motor son: el sistema de control lógico, el sistema de refrigeración, el de lubricación, el sistema de encendido y los

sistemas de control de emisiones, dentro de los cuales encontramos al sistema de recirculación parcial de gases de escape, el sistema de control evaporativo, el sistema de inyección adicional del aire, el sistema de ventilación positiva del cárter y el convertidor catalítico.

## 2.1. El sistema de encendido



**FIGURA 2.1. DIAGRAMA DE ENCENDIDO**

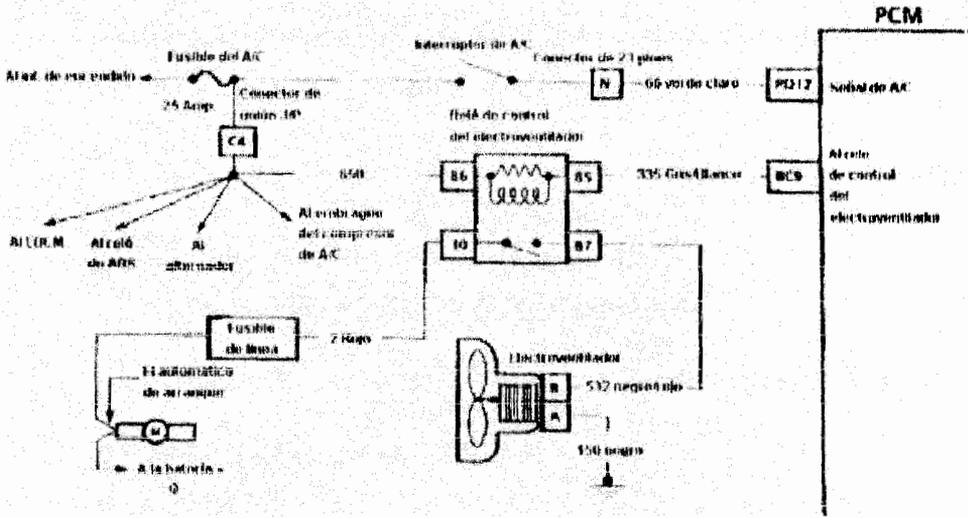
La función del sistema de encendido, es la de generar un pulso de alto voltaje que se transforma en chispa eléctrica entre los electrodos de la bujía, además de controlar el tiempo en que el pulso debe ser

generado. Una función adicional es la de modificar el avance cuando se produce el fenómeno de la detonación. Los dispositivos fundamentales de este sistema son: la batería, cuya función es la de acumular en forma química energía eléctrica, que será utilizado en el momento de arranque o cuando el alternador no suministre suficiente corriente; el interruptor de encendido, que controla el paso de corriente abriendo o cerrando el circuito; el módulo de encendido, que controla la bobina de encendido; la bobina de encendido, es un transformador que por medio de la inducción electromagnética, genera el pulso de alto voltaje; las bujías, transforman el pulso de alto voltaje en chispa eléctrica; los cables de alta, son los conductos eléctricos por donde circula el pulso de alto voltaje; el microcomputador, controla el módulo de encendido, y hace los cálculos necesarios para el buen funcionamiento del motor. Existen dos sistemas de encendido en la actualidad, uno que es el distribuidor, en su parte superior, el distribuidor sigue actuando de la misma forma, reparte el pulso a cada bujía, en su parte inferior, el distribuidor es un sensor que genera una señal sobre velocidad y posición del pistón #1, al computador; y el otro sistema es el paquete de bobinas, cada bobina está constituida por dos torres de alta y cada torre permite la salida del pulso de alto voltaje a una bobina en forma individual.

Existe un subsistema dentro de este sistema, llamado control de detonación, que adelanta o avanza el tiempo de encendido, cuando aparece el fenómeno de la detonación, de tal manera que se adelanta el fenómeno, evitando de esta manera el cascabeleo en el cilindro, los dispositivos principales del subsistema son: el sensor de detonación, que es un dispositivo piezoeléctrico que genera un voltaje, cuando el fenómeno de la detonación aparece; el módulo de detonación, que hace las modificaciones necesarias en el avance, dependiendo del voltaje que recibe del sensor.

## **2.2. El sistema de refrigeración**

La función del sistema de refrigeración, es la de mantener la temperatura del motor dentro de los rangos necesarios para que la combustión sea completa.

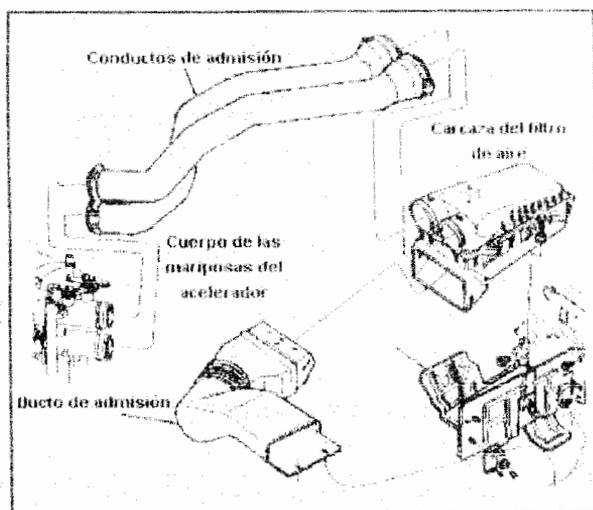


## FIGURA 2.2. DIAGRAMA DE REFRIGERACIÓN

Los componentes de este sistema son: el sensor de temperatura, que le suministra información al computador sobre la temperatura del líquido refrigerante; el electroventilador, es el elemento electromecánico controlado por el computador. Cuando la corriente eléctrica circula por su circuito, gira permitiendo que el aire circule por el radiador, refrigerando el líquido de refrigeración; el microcomputador, es el encargado de controlar el circuito del electroventilador, con base en la información del sensor de temperatura.

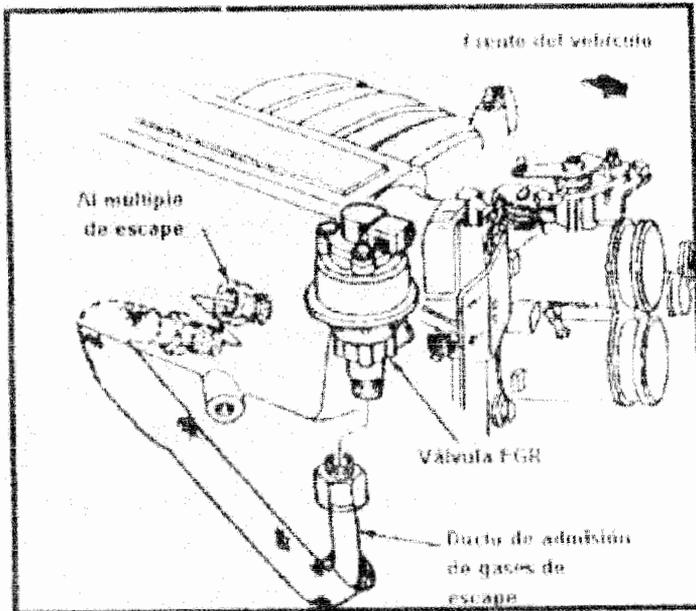
La función de este sistema es permitir la entrada de aire evitando al máximo las pérdidas por fricción. Los componentes son:

- El ducto de admisión, que canaliza la entrada de aire al múltiple de admisión.
- El cuerpo de las mariposas del acelerador
- El múltiple de admisión; es el conjunto de ductos que canalizan la entrada del aire y/o la mezcla a cada cilindro.



**FIGURA 2.3. DIAGRAMA DE ADMISIÓN DE AIRE**

## 2.4. El sistema de control de emisiones



**FIGURA 2.4. SISTEMA EGR**

Este sistema está compuesto por varios subsistemas, y son:

- El sistema de recirculación parcial de gases de escape, es el mas importante, su función primordial es la de disminuir la cantidad de óxidos de Nitrógeno, que salen de la cámara de combustión, estos gases son nocivos para la salud y contribuyen a la formación de SMOG y la formación de lluvia ácida, cuando se encuentran en

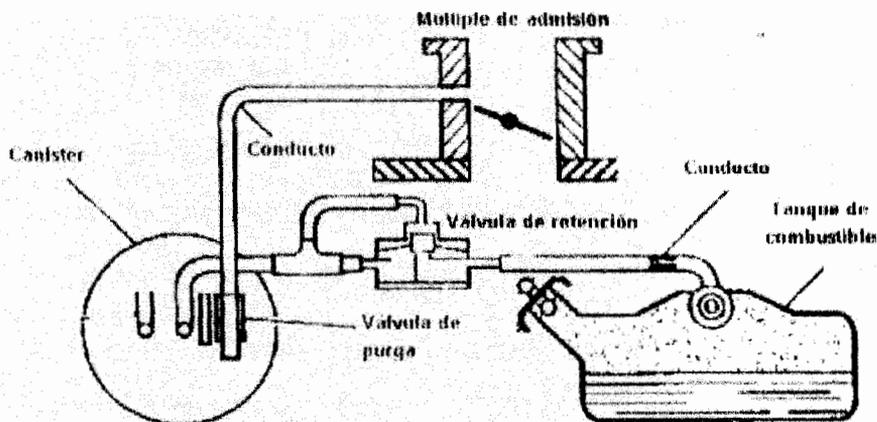
presencia de humedad y luz solar. La disminución de estos gases se logra introduciendo una parte de ellos nuevamente al motor.

Los componentes de este sistema son: la válvula de recirculación permite o no, el paso de gases desde el múltiple de escape, al múltiple de admisión. Esta válvula se abre con el vacío del múltiple de admisión en cierto rango de r.p.m.

La válvula de control de vacío , tiene como función la de permitir el paso de vacío; está controlada por el microcomputador.

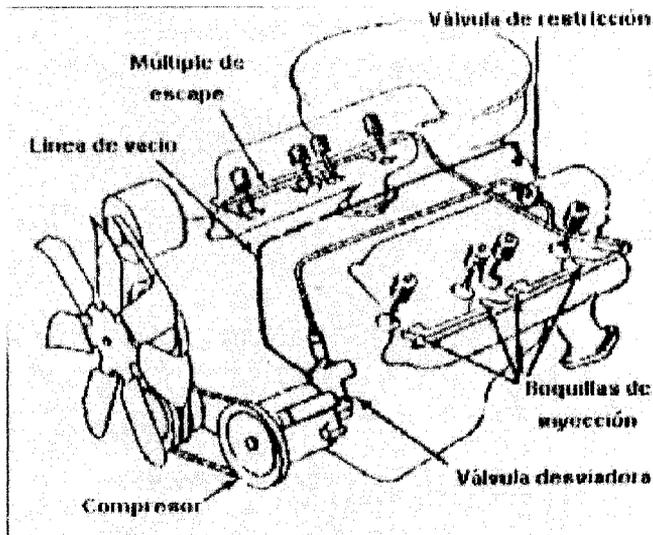
El microcomputador, controla el funcionamiento de todo el sistema.

La válvula moduladora, informa al computador la cantidad de gases de escape que circulan por el escape, para controlar la válvula de vacío.



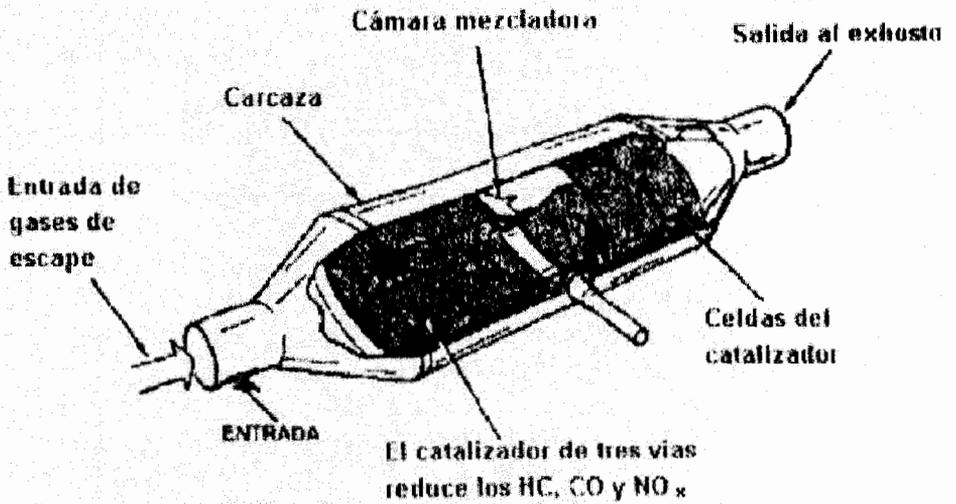
## FIGURA 2.5. EMISIONES EVAPORATIVAS

- El sistema de control de emisiones evaporativas; éste evita que los vapores generados en el tanque de combustible salga a la atmósfera, condensándolos, para que de esta forma puedan ser( convertidos en gasolina) utilizados en el proceso de combustión. Así se evita la formación de SMOG en la atmósfera. Los componentes de éste son: el tanque de combustible, en cuyo interior se forman los vapores de gasolina; el canister o caja de carbones, es el dispositivo en donde se condensan los vapores; la válvula de purga, permite que por vacío, el vapor condensado salga al múltiple de admisión.



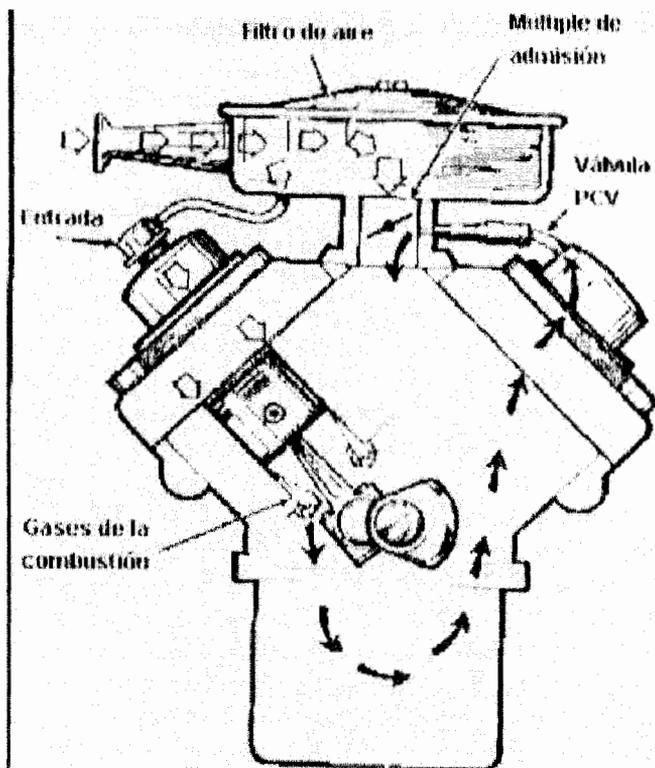
**FIGURA 2.6. INYECCIÓN DE AIRE**

- El sistema de inyección de aire; la función de este sistema, es la de inyectar aire al múltiple de escape y al convertidor catalítico, con el fin de controlar la temperatura de ambos dispositivos. Se compone de: el compresor de aire, es el elemento que comprime e introduce el aire al sistema; las válvulas de desviación, que permiten el paso de aire a diferentes conductos del sistema; las válvulas de control, que controlan las válvulas de desviación, comandadas por el microcomputador y el microcomputador, que controla el funcionamiento de todo el sistema.



## FIGURA 2.7. CONVERTIDOR CATALÍTICO

- El convertidor catalítico: la función del convertidor catalítico de tres vías es la de evitar la salida de los gases contaminantes a la atmósfera generando en su interior una combustión a baja presión y por reacciones químicas de sus componentes. El componente único del sistema es el propio convertidor catalítico.

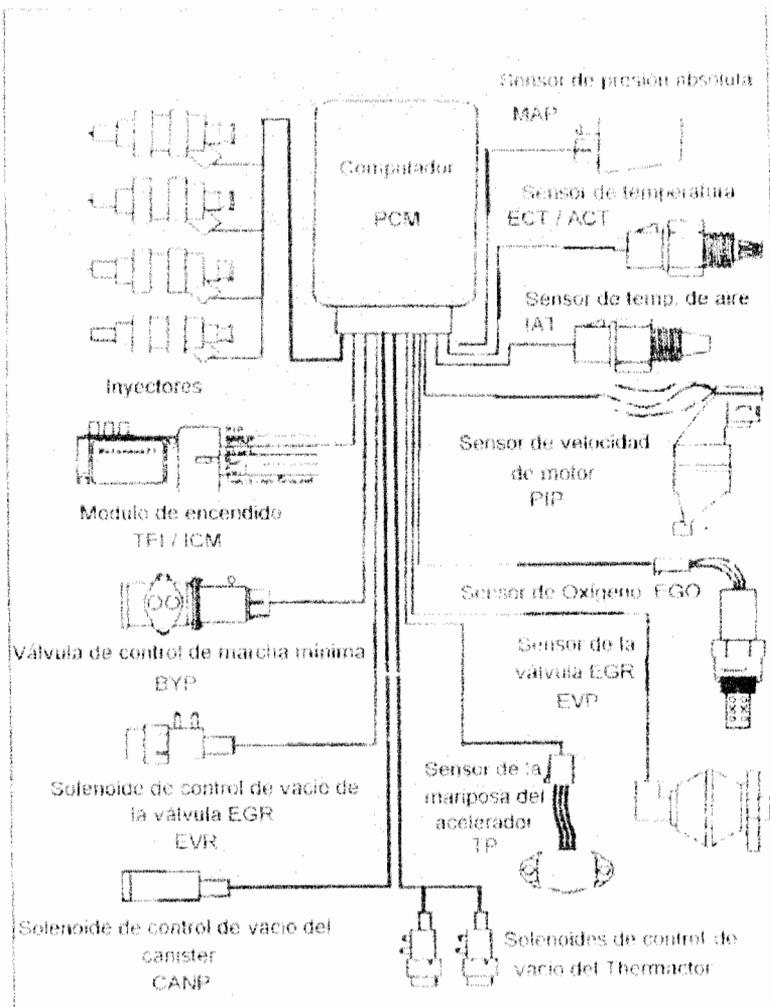


**FIGURA 2.8. VENTILACIÓN POSITIVA DEL CÁRTER**

- El sistema de ventilación positiva del cárter: la función de este sistema es la de extraer los gases de escape que se encuentran dentro del motor, e introducirlos nuevamente a la cámara de combustión para ser nuevamente quemados. Los componentes son: la válvula de ventilación positiva, que es la encargada de permitir el paso de los gases desde el interior del motor al múltiple de admisión; los conductos de admisión y salida; el filtro de aire,

que filtra el aire que se introducirá al motor cuando se forme el vacío al abrirse la válvula.

## 2.5. El sistema de control lógico



**FIGURA 2.9. SISTEMA DE CONTROL LÓGICO**

Es el sistema central del control electrónico del motor, la función principal es la de controlar a todos los sistemas del motor, con base al estado o modo de funcionamiento, además de que es el encargado de efectuar todas las mediciones, tanto en el mismo motor como las condiciones ambientales en las que se encuentra circulando el vehículo.

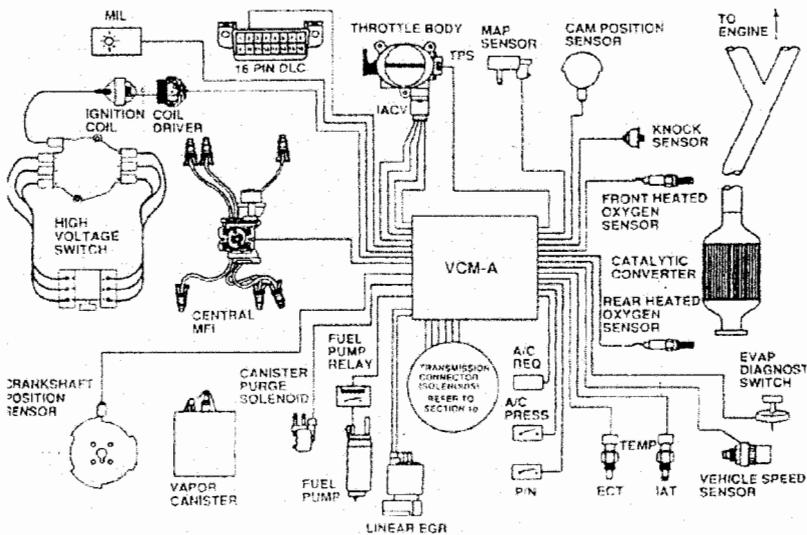
Los componentes del sistema son: los sensores, que son encargados de suministrar la información al computador; los actuadores, son los dispositivos que forman parte de los sistemas y que permiten controlar su funcionamiento; el microcomputador, es el componente electrónico encargado de efectuar los cálculos y correcciones, con base en la información recibida de los sensores. El resultado de los cálculos se manifiesta en el funcionamiento y accionar de los actuadores.

## 2.6. El sistema de alimentación e inyección de combustible

Los componentes del sistema son: Fig 1.7. El tanque de combustible, es el dispositivo principal del sistema; la bomba de combustible, eléctrica y de movimiento circular, cuya función es la de generar la presión en todo el sistema; el filtro de combustible, evita el paso de partículas pesadas que podrían taponar el inyector y evitar la pulverización del combustible; los conductos, por donde circula el líquido, y cuya característica principal es la de ser flexibles y resistentes a la corrosión; el riel de inyectores o el cuerpo de aceleración, en donde se ubican los inyectores y cuya función es la de suministrar el combustible a estos mecanismos; el regulador de presión, reduce la presión generada por la bomba, y la mantiene constante en la boquilla del inyector, permitiendo el paso de retorno hacia el tanque de combustible; los inyectores, son las electroválvulas que hacen posible la pulverización del combustible.

## CAPITULO 3

### 3. LOS SENSORES Y SERVOCOMANDOS



**FIGURA 3.1. SENSORES Y ACTUADORES**

Todos los sensores y servocomandos o actuadores, son transductores, un transductor es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Los sensores convierten el movimiento, la temperatura, la luz, y otras clases de energía en energía eléctrica, en forma de señales de

voltaje o en variaciones de voltaje. Los servocomandos o actuadores convierten la energía eléctrica (intensidad y voltaje), en trabajo mecánico o movimiento.

### **3.1.Los sensores**

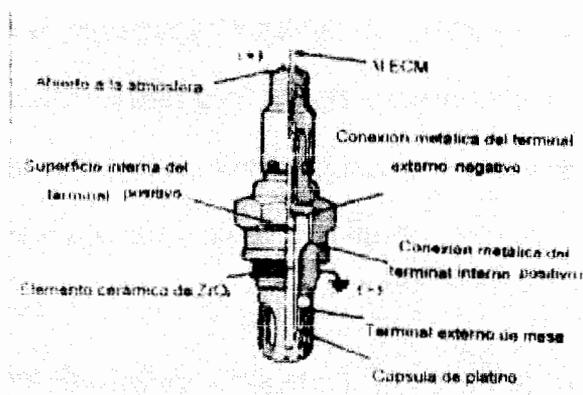
Las microcomputadoras del automóvil solo pueden leer señales de voltaje, un sensor tiene que convertir el movimiento, la luz, la presión, la temperatura y otras formas de energía en señales de voltaje para que de esta forma, el microcomputador conozca las condiciones de funcionamiento del motor y las condiciones externas, como la presión barométrica, temperatura, etc, para hacer los respectivos cálculos. Existen tres clases principales de sensores:

#### **3.1.1. Generadores**

Los generadores son los que por diferentes medios generan una señal de voltaje. Los sensores generadores, se dividen en: sensores de reluctancia, esta clase de sensores están constituidos por un imán permanente en cuyo interior se encuentra arrollado un alambre o bobinado y se encuentran ubicados cerca de una rueda dentada o disco reductor, ubicado en el cigüeñal, de tal

manera, que cuando un diente pasa cerca del imán, cambian su campo magnético (cambiando su entrehierro) lo que induce un voltaje. Este voltaje inducido es utilizado por el computador para conocer tanto la velocidad del motor como la posición del cilindro número 1.

En General Motors los sensores principales son denominados, sensor de posición de cigüeñal CPS, y sensor de velocidad del vehículo VSS.



## FIGURA 3.2. SENSOR DE OXÍGENO

Los sensores de oxígeno son llamados también baterías galvánicas, debido a su constitución. Consta de dos electrodos de platino separados por un electrolito cerámico de dióxido de zirconio ( $ZrO_2$ ).

El dióxido atrae los iones libres de oxígeno que tienen carga negativa. El electrodo interno está en contacto con el aire exterior y el electrodo externo está en contacto con los gases de escape. Ambos recogen los iones de oxígeno. Debido a la diferencia entre la cantidad de oxígeno que existe entre los dos electrodos, los iones viajan a través del electrolito hacia el electrodo que contenga la menor cantidad. Siempre el electrodo externo tiene una menor cantidad, por lo que los iones que atrapa el electrodo interno viajan hacia fuera del sensor. El movimiento de los iones se transforma en energía eléctrica. Entre más rica sea la mezcla de combustible menos cantidad de oxígeno tendrán los gases de escape, y por lo tanto menos iones habrá, lo que producirá un mayor movimiento de iones dentro del electrolito. Esto significa que con una mezcla rica el voltaje generado por el sensor será mayor.

### **3.1.2. Modificadores de voltaje**

Los modificadores de voltaje, son sensores que no pueden generar voltaje, solo pueden modificarlo. Existen tres tipos de sensores de esta clase: Los interruptores, son dispositivos mecánicos, pero pueden ser accionados, por palancas u otra conexión mecánica, la presión o la temperatura. Existen varios interruptores entre los mas

importantes se consideran: el interruptor de park neutral, que suministra información sobre la posición de la palanca de cambios; el interruptor de A/C que suministra información sobre si el compresor de aire acondicionado está funcionando, y el interruptor de presión hidráulica, tal como su nombre lo indica, le informa al computador si la presión hidráulica es alta.

Los resistores, son otro tipo de sensores de modificadores de voltaje, existen varias clases de resistores variables en un motor con control electrónico, entre los principales tenemos a : los potenciómetros, son resistores variables compuestos por tres contactos. En un extremo del resistor se conecta un cable que lleva el voltaje de referencia que emite la fuente, este voltaje atraviesa una resistencia fija y sale por el otro extremo que está conectado a un cable que lleva la señal de voltaje a masa o tierra. El tercer terminal se conecta a un rozador o contacto que se desliza por toda la resistencia. Dependiendo del punto donde el contacto toque la resistencia, la salida del voltaje variará.

Los termistores, son resistores variables de dos terminales, una para la entrada de la señal de voltaje y la otra para la salida. La resistencia cambia con la temperatura. Existen dos clases de termistores: resistores de coeficiente positivo de temperatura, y los resistores de



coeficiente negativo de temperatura. Los termistores PTC aumentan su resistencia cuando se incrementa la temperatura, y los termistores NTC disminuyen su resistencia, cuando incrementa la temperatura. El calor que varía la temperatura proviene de una fuente externa, tal como el líquido refrigerante o el aire exterior.

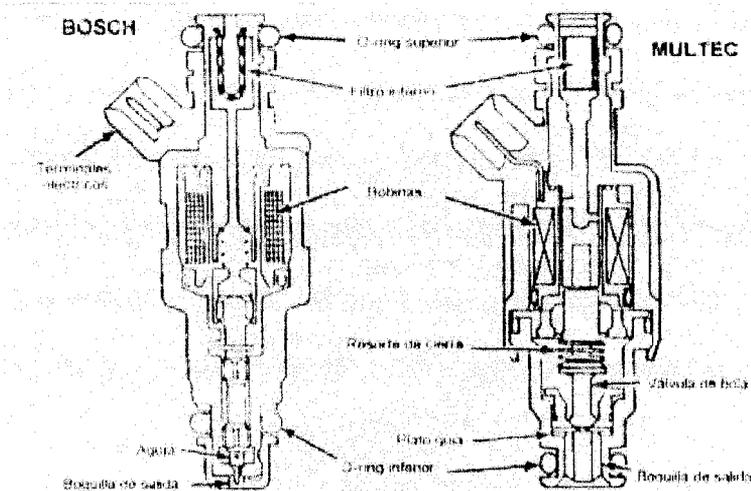
Los sensores piezoeléctricos, contienen un cristal piezo resistivo que básicamente es un imán permanente, al que se le arrolla una bobina. Cuando se produce una detonación, el elemento piezoeléctrico vibra. La vibración cambia el entrehierro, o sea cambia el campo magnético. El cambio del campo magnético, induce un voltaje determinado y a una frecuencia que depende de la amplitud de la vibración.

### **3.2. Los actuadores**

Los actuadores son los mecanismos eléctricos, que utiliza el microcomputador para controlar el funcionamiento del motor. La característica fundamental de los actuadores, es la de ser solenoides, lo que significa que están fundamentalmente compuestos por un núcleo metálico de alta reluctancia ubicado en el centro de la carcasa del actuador, y unas bobinas de campo, que pueden estar conectadas en serie.

### 3.2.1. Actuadores de voltaje constante

Los actuadores de voltaje constante están alimentados eléctricamente por el computador, el cual suministra siempre el mismo voltaje. Los actuadores principales de voltaje constante son: los inyectores, que son válvulas que permiten la salida del combustible sometido a una muy alta presión. El alto valor de la presión, así como la muy pequeña boquilla de salida es lo que hace posible que el combustible que salga lo haga totalmente pulverizado. Los componentes principales de un inyector son los mostrados en la siguiente figura:



**FIGURA 3.3. INYECTORES**

El microcomputador siempre alimenta de corriente eléctrica de voltaje constante al inyector, y al mismo tiempo cierra o abre el circuito eléctrico en donde se encuentra montado el inyector. Cuando el microcomputador cierra el circuito, fluye la corriente eléctrica convirtiendo a las bobinas de campo en electroimanes, los cuales atraen al núcleo o aguja, abriendo la boquilla. Cuando el microcomputador abre el circuito deja de fluir la corriente y el resorte empuja al núcleo bloqueando la salida.

Al igual que los inyectores, están las válvulas de control de aire y / o vacío, éstas son alimentadas permanentemente por el microcomputador, con un voltaje constante y es el mismo computador el que cierra o abre el circuito. Al circular corriente eléctrica por el circuito los electroimanes atraen al núcleo permitiendo el paso de aire o de vacío. Solo existen dos posiciones: abierto o cerrado. Estas válvulas son utilizadas por el microcomputador para controlar el paso de vacío o aire en los sistemas de control de emisiones, ya sea, Cánister, Egr, inyección de aire, etc.

### 3.2.2. Actuadores de voltaje variable

Este tipo de actuadores están alimentados de corriente eléctrica de voltaje variable por el computador. En algunos casos el microcomputador cierra en forma permanente el circuito eléctrico, en otros es el mismo actuador el que hace su propia masa. Los actuadores de esta clase son usados para regular un flujo permitiendo según el voltaje, un mayor o menor paso del flujo.

La válvula de control de aire en mínima, controla la cantidad de aire en marcha mínima, ya sea marcha básica o marcha acelerada. Cuando el microcomputador no suministra corriente eléctrica, el eje de la válvula permanece totalmente extendido, ya que las bobinas de campo no actúan como electroimanes y el resorte presiona al eje hacia fuera, impidiendo que el aire fluya. Cuando el microcomputador suministra la corriente con el máximo voltaje, el eje de la válvula se retrae completamente, debido a que el campo magnético generado por las bobinas es el mayor, atrayendo al eje y venciendo la resistencia del resorte, lo que permite que se abra totalmente el paso de aire y permitiendo que este fluya en la mayor cantidad posible. Las variaciones de voltaje entre los dos extremos incrementa o disminuye el

campo magnético de las bobinas, la que hace que la atracción sobre el eje sea proporcional a la amplitud del campo.

La válvula de control de posición de la mariposa del acelerador, es similar a la válvula IAC, pero el movimiento es contrario, es decir cuando el voltaje es el mínimo o cero, el eje se retrae y cuando el voltaje es el máximo, el eje se extiende.

## **CAPITULO 4**

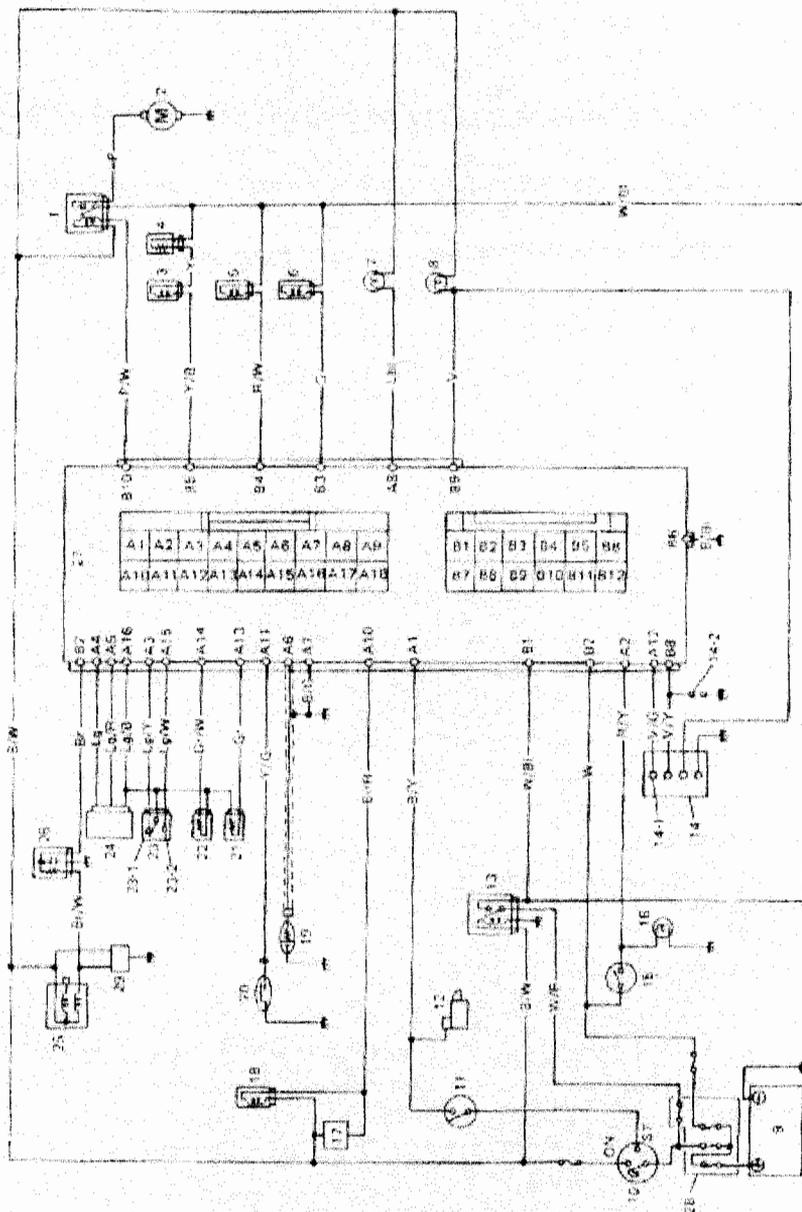
### **4. LOS ORDENADORES (MODULOS DE CONTROL)**

A principios de los años ochenta, General Motors, inicia el uso de diagnóstico a bordo, para diagnosticar y reparar sistemas de control de vehículos con sistemas de diagnóstico similares. Deben identificar fallas en sistemas computarizados de control, llamado OBD, On Board Diagnostics, (Diagnóstico a Bordo), diagnostica manejabilidad y comportamiento del motor.

En 1.996, OBDII. El computador del vehículo monitorea y realiza pruebas de diagnóstico en los sistemas de emisión del vehículo. La FTP establece límites máximos de emisiones. La luz Mil, de mal funcionamiento, debe encender si un sistema o componente falla o se deteriora hasta el punto en que las emisiones del vehículo sobrepasa 1,5 veces los valores establecidos por la FTP. Diagnostica manejabilidad, comportamiento y sistemas de emisiones del motor.

#### **4.1. ECM**

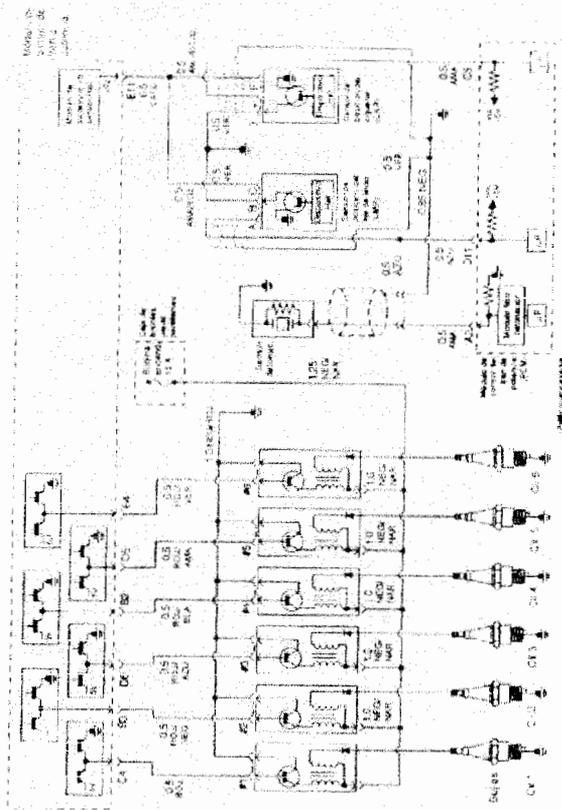
ENGINE CONTROL MODULE, Módulo de control de motor. Controla y monitorea los componentes del motor. En la mayoría de las marcas posee dos conectores eléctricos.



**PLANO 4.1. ECM**

## 4.2. PCM

POWER TRAIN CONTROL MODULE, Modulo de control de tren de potencia: controla adicionalmente la transmisión automática o de control manual, normalmente posee tres conectores eléctricos.



PLANO 4.2. PCM

### 4.3. VCM

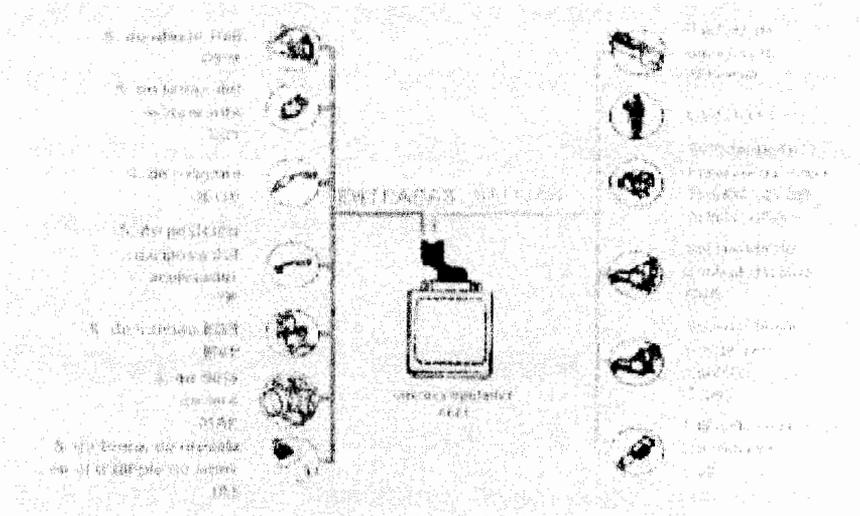
VEHICLE CONTROL MODULE, Módulo de control de vehículo: usado en los modelos de cuarta generación, adicionalmente controla las funciones del sistema de frenos, ABS, además posee más memoria. Realiza Todas las funciones del ECM o el PCM, reemplaza al Vehicle Speed Sensor, prueba y diagnostica sistemas de emisiones para asegurar que funcionan correctamente y no se han degradado hasta un punto en el que las emisiones excedan 1,5 veces los límites de FTP, es programable usando el método de "Flash Programing", cuando se reemplaza se debe transferir el calibrador del KS.



#### 4.4. Sistemas de control electrónico de motor OBDI

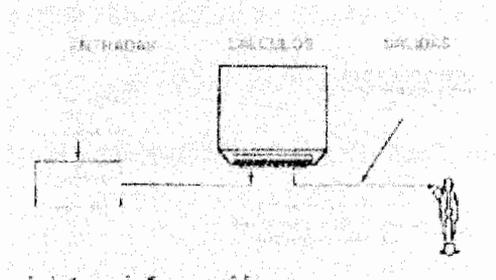
El objetivo de este sistema es: Adaptar el funcionamiento del motor lo mejor posible, a las condiciones ambientales y de funcionamiento, comandar los dispositivos de control de contaminación ambiental, para controlar los elementos contaminantes: CO, Monóxido de carbono; HC, Hidrocarburos no quemados y NOX, óxidos de nitrógeno.

##### 4.4.1. Constitución física



**FIGURA 4.4. SISTEMA OBDI**

#### 4.4.2. Flujo de información



### FIGURA 4.5 FLUJO DE INFORMACIÓN

Los sensores suministran información eléctrica, análogas 8 Voltios Max, y digitales 5 Voltios Max. El módulo de control ECM, efectúa los cálculos respectivos, tiempo de pulsos, o amplitud del pulso y ciclo del pulso o ciclo de trabajo. El módulo de control suministra una señal de salida siempre digital.

#### 4.4.3. Condiciones atmosféricas detectadas

Los sensores que intervienen, para determinar las condiciones atmosféricas, son: Sensor de temperatura de la carga de aire, sensores barométricos, de presión absoluta, de masa y flujo de aire, o sensor de vortice de Karman.

Los sensores encargados de medir y proporcionar la medida de la presión absoluta al ECM, son llamados sensor MAP, los que miden la masa y la temperatura del aire, se denominan sensores MAF, o de hilo caliente, y los que hacen lo mismo que los sensores MAF, en las marcas Hyundai y Mitsubishi se denominan, sensores de Vortice de Karman.

Cuando el sistema que tiene el automóvil, es MAP, la temperatura del aire es medida por un sensor ubicado en la carcasa del filtro del aire, llamado sensor IAT.

#### **4.4.4. Condiciones de accionamiento de sistemas de control de emisiones**

El sensor encargado de informar acerca de los resultados de la combustión, al ECM, es el sensor de oxígeno o sonda Lambda. En cada uno de los sistemas de control de emisiones, tenemos un actuador, encargado de manejar el sistema, en el sistema de inyección de aire, llamado solenoide de control de vacío del sistema de inyección de aire, en el cánister, solenoide de purga del cánister, en la EGR solenoide de purga de la EGR y sensor de posición de la misma. Todos estos elementos son manejados por el ECM.

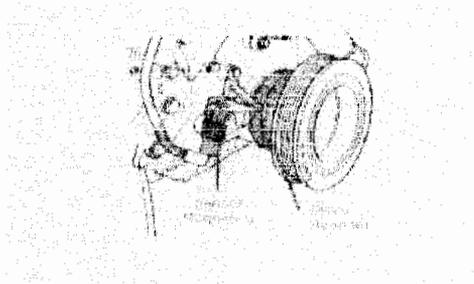
## 4.5 Sistema de control electrónico de motor OBD II

El objetivo de este sistema, es el de disminuir el consumo de combustible, mejorar la potencia del motor y controlar los gases emitidos, resultado de la combustión.

La función es : Detecta y corrige las condiciones de funcionamiento que generan emisiones nocivas de gases, adapta el módulo de control del motor a nueva reglamentación, sin cambiar la unidad.

### 4.5.1. Condiciones atmosféricas detectadas.

Los sensores que actúan para detectar las condiciones atmosféricas , son: Sensor de presión barométrica, sensor MAF, que a su vez es sensor de temperatura de la carga de aire.



**FIGURA 4.6. SENSOR DE VELOCIDAD DE GIRO**

Sensor nuevo de velocidad del cigüeñal. Se implementa un nuevo sensor, muy importante, es un sensor de velocidad de giro del cigüeñal, es un sensor magnético ubicado en la polea del cigüeñal, su función es la de medir la velocidad de giro del cigüeñal, cada que se produce la combustión en cada uno de los cilindros, de esta manera compara este valor, con el valor obtenido por el sensor de RPM, ubicado normalmente dentro del distribuidor, o en la culatas

### 4.5.3. Protocolos de los sistemas OBDII

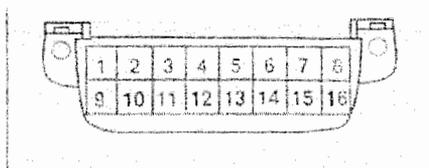
En los sistemas OBDII existen las siguientes estandarizaciones (protocolos):

- J1978 Herramienta común escáner
- J1962 Conector común, localización similar, conector denominado DLC, ubicado debajo del panel de instrumentos, a 300 mm de los extremos del panel
- J1930 Término y abreviaturas comunes
- J1979 Modos de diagnóstico comunes
- J2012 Códigos de falla y definiciones comunes

### 4.5.4. Estrategia de operación limitada

Esta es una memoria que contiene el computador y es utilizada, cuando dentro del mismo hay daños graves. Durante esta estrategia se controla el motor de la siguiente forma: No hay autodiagnóstico, el avance esta controlado solo por el sensor de encendido, pulso del inyector fijo, pero el ciclo si varía, el relé de la bomba de combustible, actúa en forma permanente, el control de marcha mínima está fijo.

### 4.5.5. El conector de diagnóstico



1	UART Secundaria Datos Seriales de 8192 Baudios (CTO 600), Clase B (CTO 710) o Datos Seriales de 160 Baudios (Únicamente 1S95) (CTO 461)
2	Línea J1850 + Línea L en un sistema de 2 cables, o en un cable (Clase 2) (CTO 1807)
3	Habilitación de Diagnóstico (Aide Control, CTO 1826)
4	Terminal Tierra Chasis/Carrocería (CTO 150)
5	Terminal Señal de Tierra (CTO 451)
6	Habilitación de Diagnóstico PCM/VCM (CTO 448)
7	Línea K para aplicación de ISO (Organización Internacional de Normas)
8	Habilitación del Sistema Keyless Entry (CTO 1455) o habilitación de Diagnóstico Sistema Antirobo (CTO 477)
9	UART Primaria (CTO 1061)
10	Línea J1850 para aplicaciones de J1850 en 2 Cables
11	EVO (Electronic Variable Orifice Steering) (CTO 1294) o MSVA (Magnetic Steering Variable Assist)
12	Diagnóstico ABS (CTO 799) o Habilitación de Diagnóstico DCM (CTO 555)
13	Habilitación de Diagnóstico Sistema SIR (CTO 326)
14	Línea E2C (CTO 635)
15	Línea L para aplicación de ISO (Organización Internacional de Normas)
16	Alimentación de Batería del Vehículo (Sin Interruptor, 4 AMP MAXIMO)

**FIGURA 4.7. CONECTOR OBDII**

El número total de conectores es 16

#### **4.5.6 Monitoreo en los sistemas OBDII**

Los monitoreos que se efectúan en este sistema son: Monitoreo comprensivo de componentes, proceso de autodiagnóstico de cualquier entrada, incluyendo el autodiagnóstico del monitor. Monitoreo del suministro de combustible, lee los valores del sensor de oxígeno y compara con tablas de adaptación, del suministro de combustible, existentes en la memoria de calibración. Monitoreo de fallas de quemado o pérdidas de quemado, revisa el quemado de los cilindros, para proteger el convertidor catalítico. Monitoreo del funcionamiento de los sensores de oxígeno. Monitoreo de la eficiencia del convertidor catalítico, determina el nivel mínimo de operación del convertidor catalítico, a fin de mantener su funcionamiento en su máximo valor. Monitorea recirculación de gases de escape, control evaporativo e inyección de aire.

#### **4.5.7 Los ciclos en sistemas OBDII**

Las fallas solo se detectan cuando el computador ha terminado de hacer todos los monitoreos, cada monitoreo se basa en condiciones de prueba o ciclos de prueba, la activación de la luz MIL, solo se encenderá cuando las condiciones de falla sean similares,

entendiéndose por similares, cuando se cumplen los siguientes parámetros: Velocidades del motor similares, la diferencia de velocidades del motor, no debe ser mayor de 375 rpm, la carga del motor no debe ser diferente a un 10% (ENG LOAD), y siempre vehículo a temperatura de operación, (Mayor a 71°C) .

#### **4.5.8 Ciclo de calentamiento**

El objetivo es el de permitir el calentamiento del motor a condiciones mínimas de buen funcionamiento, este se basa en la información suministrada por el sensor de temperatura de refrigerante, comienza con una señal de 4.4 grados centígrados y termina con una información de 71 grados centígrados.

#### **4.5.9. Ciclo de funcionamiento o viaje**

El objetivo es el de que el computador monitoree todos los componentes, las características son: El computador debe haber completado el ciclo de calentamiento, el motor se debe apagar por lo menos un minuto, motor funcionando y vehículo en marcha, se considera viaje, cuando se completan por lo menos 5 monitoreos, fallas de quemado, componentes comprensivos, sistema de combustible, EGR, inyección de aire, control evaporativo, sensor de oxígeno.

El proceso debe ser el siguiente: Encender el motor, esperar que el motor llegue a 71-82 grados centígrados, apagar durante 1 minuto, marcha mínima por 45 seg, acelerar hasta alcanzar 72 Km/Hr durante un tiempo máximo de 4 min no abrir la mariposa a WOT, mantener velocidad de cruce a 48-64 Km / Hr tiempo máx 1 min, desacelerar y mantener en mínima por 1 min, acelerar a 88 Km/Hr en un tiempo máx de 10 seg, la mariposa nunca en WOT, desacelérelo y llévelo a mínima.

#### **4.5.10 Ciclo de manejo**

Su objetivo es verificar síntomas o reparar daños, las características son: solo se realiza en ciclo cerrado, debe haberse completado un viaje y debe haberse efectuado el monitoreo del convertidor catalítico.

#### **4.5.11 El monitoreo y los ciclos**

Cada uno de los monitoreos es ejecutado por el VCM en un determinado ciclo, a continuación detallamos la relación entre cada uno de ellos: Monitoreo de componentes comprensivos, se realiza en ciclo continuo ,al igual que el monitoreo de pérdida de quemado y sistema de combustible, los monitoreos de recirculación parcial de

gases de escape, control evaporativo e inyección de aire, se realizan uno por viaje, al igual que el monitoreo del sensor de oxígeno y el monitoreo de la eficiencia del convertidor catalítico, se ejecuta durante el ciclo de manejo.

#### **4.5.12 El funcionamiento del testigo de advertencia de falla**

El objetivo de ella es alertar sobre la detección de una falla, estas fallas pueden ser en los sistemas de control de contaminación, problemas de funcionamiento o fallas eléctricas, y se almacenan en la memoria del computador, esta luz es alimentada por corriente del switch de encendido, y su masa es manejada por el computador. Permanece encendida hasta que el PCM detecte señal de encendido, permanece encendida en estrategia de operación limitada, se apaga solo cuando el código es borrado, cuando el daño es grave y puede afectar la integridad del convertidor catalítico, titila (falla de quemado), en sistema OBDII, se apaga cuando se completan tres ciclo de conducción sin que se repita el malfuncionamiento.

#### **4.5.13 La activación de la luz testigo**

En sistema OBDII, la luz testigo tiene el siguiente comportamiento: En monitoreo de componentes compresivos, se enciende después de dos ciclos de manejo que se repita la misma falla, y se apaga después de

tres ciclos de manejo sin que se repita la falla, en monitoreo de falla de quemado, se enciende después de dos condiciones similares y se apaga después de tres condiciones similares, en monitoreo de sistema de combustible, se enciende después de dos condiciones similares y se apaga después de tres condiciones similares, en control de emisiones, se enciende después de dos ciclos de conducción y se apaga después de tres viajes, en monitoreo de sensor de oxígeno, se enciende después de dos ciclos de conducción y se apaga después de tres viajes y en monitoreo de convertidor catalítico, se enciende después de un ciclo de conducción y se apaga después de tres ciclos de manejo.

#### **4.5.14 Los códigos de falla**

En este tipo de sistema, las características de los códigos de falla son: Todo código se guarda en memoria después del primer monitoreo, mientras la luz permanezca encendida, el código es en demanda, cuando la luz se apaga, el código es histórico, los códigos históricos permanecen durante cuarenta ciclos de calentamiento, los códigos son de 5 cifras y son alfanuméricos.

El formato de estos códigos es PXXXX donde: la primera cifra puede ser P si es motor, B si es caja, C si es suspensión o frenos y U si es

comunicación externa. La segunda cifra puede ser: 0 si es código genérico de OBDII, y uno si es propio de la marca del carro. La tercera cifra puede ser: 0 si es daño de todo el sistema, 1 si es sistema de combustible, 2 si es sistema de combustible, 3 encendido o pérdida de quemado, 4 algún sistema de control de emisiones, 5 marcha mínima y 6 intemo en el PCM.

#### **4.5.15 Pruebas específicas de OBDII**

En lo que se refiere a la memoria continua, cada que se presenta una falla, el código es guardado en memoria continua y permanece en ella durante 40 ciclos de calentamiento, estos códigos de memoria continua son importantes en lo que se refiere a control de emisiones, en fallas intermitentes. Aparece en este sistema una herramienta nueva llamada cuadro congelado, como una gran ayuda, el computador, cada que se presenta un código de falla, almacena en su memoria los valores de los sensores y actuadores, en el momento preciso de la falla, de esta manera podemos reproducir las condiciones en la que se presenta la falla y es mas fácil, diagnosticar lo que la produjo. Otra función muy importante que aparece en este sistema es poder determinar conflictos con el computador, que puedan generar una información falsa, o problemas de comunicación interna con los demás computadores, caja de cambio, frenos ABS, etc.

Los conflictos que se pueden presentar son:

CÓDIGO	SIGNIFICADO
10	El computador no responde
11	El PCM no ejecuta salidas
12	Datos no identificados por el PCM
21	El computador se encuentra haciendo otra labor
22	Se ejecuta una labor incorrecta durante el diagnóstico
23	El PCM, recibe la orden, pero es incapaz de ejecutarla
50	La información no se puede dar por un daño presente
60	Hay problemas pero puede entregar códigos
64	Hay problemas y no puede entregar códigos

**TABLA 4.1 CONFLICTOS CON EL COMPUTADOR**

## **CAPITULO 5**

### **5. PROCEDIMIENTOS PARA VERIFICAR RENDIMIENTOS**

Los gases de escape son el producto de la combustión, y es en su análisis donde realmente se puede determinar cuan eficiente está trabajando una máquina. Por esta razón el proceso de diagnóstico debe arrancar por esta medición. Si este análisis arroja los datos que corresponden al tipo de vehículo, estado mecánico, no es necesario continuar con los procedimientos de diagnóstico, de lo contrario, se deben seguir, ordenadamente.

#### **5.1. Procedimientos de diagnóstico general**

Estos procedimientos se deben realizar cada 25.000 Km, a menos que la luz mil, indique otra cosa, y deben ser hechos por personal idóneo y con el equipo adecuado.

### **5.1.1 Pruebas previas**

Determinación de síntomas; análisis de gases, el cual debe seguir el siguiente procedimiento, preparación del equipo, verificación y limpieza del sensor de oxígeno o sonda Lambda, estado de controles de evaporación, revisar ventilación positiva del cárter, verificar estado de funcionamiento de las válvulas, verificar estado del ducto de escape, verificar sistema de control de emisiones, análisis de gases en marcha mínima, análisis de gases en velocidad de crucero, análisis de gases en aceleración, análisis de gases en desaceleración, estado del filtro de aire, verificación del estado de fuentes eléctricas y verificación del estado mecánico del motor.

### **5.1.2. Pruebas específicas del sistema**

Monitoreo de sistema de inyección, estado y funcionamiento de los inyectores, alimentación eléctrica, amplitud del pulso y ciclo de trabajo. Monitoreo del sistema de encendido, verificación del sistema y variaciones del avance de encendido, control de marcha mínima. Verificar la existencia de códigos de falla,

continuos, Koeo, Koer y por último, monitoreo de los sensores y actuadores.

### **5.1.3 Pruebas específicas del sistema OBDII**

Verificación del sistema OBDII, verificar si hay conflictos con el PCM, verificación de los monitoreos, estado de los monitoreos, códigos de memoria continua, códigos de fallas, verificación del cuadro congelado, monitoreo de los diferentes sistemas, estado y funcionamiento del sensor de oxígeno, determinación de la eficiencia del convertidor catalítico.

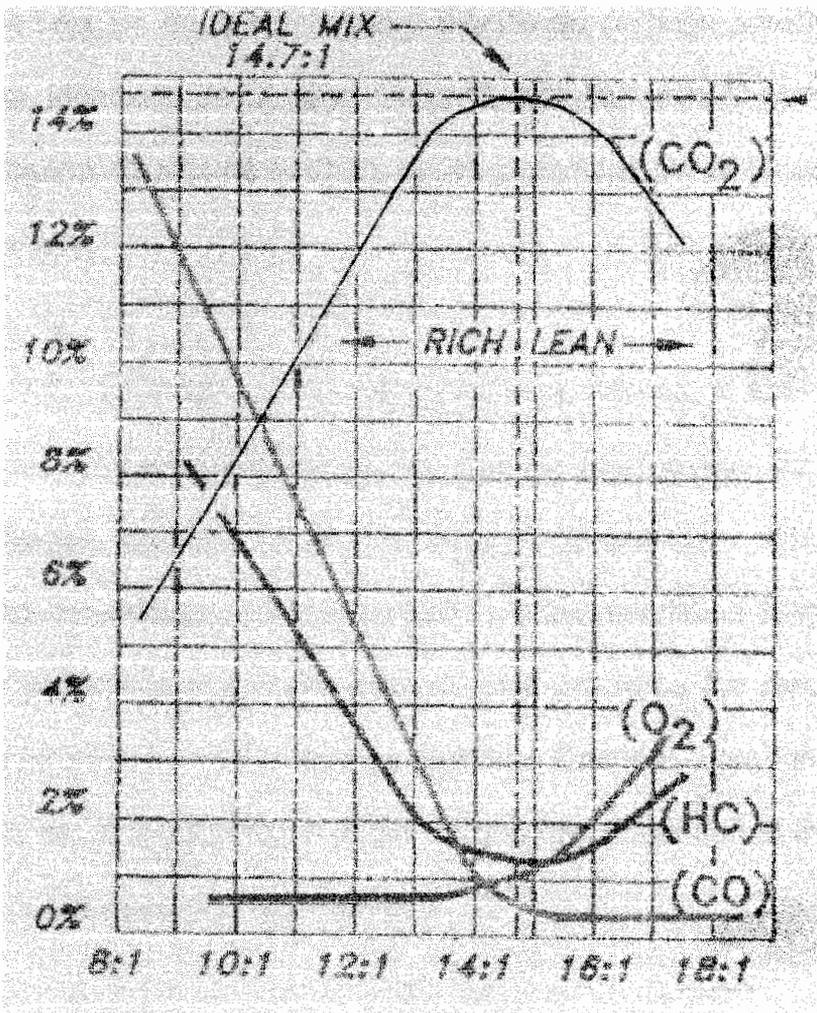
### **5.1.4. Análisis de gases**

Antes de determinar si las emisiones de gases que genera el motor, están dentro de rangos correctos, se debe entender cada uno de ellos y como se relacionan entre si.

Con el analizador de gases, se miden los valores de las emisiones de gases, que pueden medir la eficiencia del sistema de combustión de un motor, si el vehículo no cuenta con convertidor catalítico, o la eficiencia del convertidor catalítico.



Antes de iniciar rutinas sofisticadas de diagnóstico, se debe comenzar por lo obvio, verifique el estado y limpieza de los filtros de aire y combustible, verifique la existencia de fugas de vacío, verifique el estado del sistema de escape, una vez hecho esto, observe las lecturas del analizador de gases.



**FIGURA 5.1. CURVAS DE GASES, EMITIDOS**

Para efectuar un análisis de gases, se deben cumplir los siguientes requisitos: El analizador calibrado, la temperatura del aceite del motor debe ser superior a 70 grados C.

En cuanto a los gases de escape, se generan los siguientes subproductos de la combustión, Bióxido de carbono, vapor de agua, Monóxido de carbono, Oxígeno, hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno, Óxidos de Azufre y gases generados por el consumo de aceite.

Los HC, conocidos como emisiones evaporativas, al salir a la atmósfera, reaccionan con el aire y la luz solar, ayudando a la formación de SMOG. Las emisiones de evaporación son una fuente importante de contaminación, porque continúan saliendo aún cuando el motor esté parado, este problema fue resuelto con la utilización de la caja de carbón o Canister, cuya función es la de almacenar los vapores de gasolina hasta que el motor los pueda quemar, posteriormente.

Los Hidrocarburos no quemados, son simplemente moléculas de hidrocarburos, no quemados durante el proceso de

combustión, es el segundo parámetro en importancia en el análisis de gases de escape, su presencia en los gases que salen por el exhosto es un indicativo de una combustión incompleta, generalmente son un indicador de una falla mecánica en el motor, tal como problemas valvulares o de compresión, también pueden ser causados por una falla en el sistema de encendido o fuga de aire en el motor.

Los HC, son partes de combustible no quemado, osea que es un subproducto de una combustión incompleta, estos se miden en ppm.

El Oxígeno existe en el aire y es absolutamente necesario para que la combustión exista en el cilindro y es medido en % de volumen, es un buen indicador de la pobreza o la riqueza de la mezcla, es inversamente proporcional al CO, alta lectura de O<sub>2</sub> pobreza.

El O<sub>2</sub> es inversamente proporcional al CO, y un bajo CO indica una mezcla pobre, al igual que un alto O<sub>2</sub>.

El Bióxido de carbono, es un gas inerte, que aparentemente no afecta la salud, y es posible que sea uno de los principales responsables del efecto invernadero, ya que al no reaccionar con otros compuestos, permanece en la atmósfera y evita que el calor generado en la tierra, salga al espacio. Es el producto fundamental de la combustión, ya que en su formación, se genera la mayor cantidad de calor, su presencia en los gases de escape, en un porcentaje adecuado, es un indicativo de una combustión eficiente. Dependiendo de las características del motor, el porcentaje de CO<sup>2</sup> emitido, debe estar entre 12 y 17% del total de los gases que salen por el exhosto. Un alto valor de CO<sup>2</sup>, indica una alta eficiencia en la combustión de la mezcla, un bajo valor puede ser un indicativo de un funcionamiento del motor, con mezcla pobre o mezcla rica.

El vapor de agua es un subproducto, formado por la unión del Hidrógeno contenido en las moléculas del hidrocarburo, y el Oxígeno presente en el aire. El vapor de agua es un gas oxidante y corrosivo, el cual al unirse con los óxidos, forma ácidos, que son los principales responsables de los daños en los exhostos, además de que contribuyen a la formación de la lluvia ácida en el ambiente. El vapor de agua es el elemento

que se encuentra en mayor porcentaje en los gases de escape, entre un 20 y 25%.

El Monóxido de Carbono, es un gas invisible, sin olor, sabor ni color, producto de un mal proceso de combustión, ya sea por variaciones de la mezcla estequiométrica, fallas mecánicas, o combustión incompleta. Es el parámetro principal en el diagnóstico por emisiones de gases y su valor en porcentaje, depende del modelo del automóvil. SE ha encontrado que en la formación del CO, se pierde un 72% de energía calórica, con respecto a la formación de CO<sub>2</sub>, lo que significa que en la formación de este gas, se pierde eficiencia en el funcionamiento del motor.

El CO es medido en porcentaje sobre volumen, una lectura del 2%, significa, que el 2% de un total del 100% del gas que sale por el exhosto, es CO, el CO es considerado generalmente, como indicador de la riqueza o pobreza de la mezcla aire/combustible, el contenido de CO está relacionado con la cantidad de aire presente en la mezcla, una lectura alta de CO puede significar mezcla rica y una lectura baja, mezcla pobre. Las causas mas frecuentes que producen lecturas anormales

de CO, pueden ser: Mezcla inapropiada en marcha mínima, o fugas de aire en el sistema de alimentación.

El Nitrógeno es un elemento que se encuentra en grandes cantidades en el aire y entra conjuntamente con el Oxígeno a la cámara, y participa de manera conjunta en la combustión. Su unión con el Oxígeno, depende de cuan alta esté la temperatura, a mayor temperatura, mayor será la cantidad de NOX, que se formará. La presencia de NOX, en una atmósfera húmeda, aumenta la formación de ácidos, contribuyendo a la formación de la lluvia ácida.

Es un elemento muy nociva para la salud, ya que en presencia de hidrocarburos no quemados y luz solar, incrementa la formación de Smog y Ozono, el cual afecta las mucosas nasales y los ojos.

En cualquier motor se formarán NOX, especialmente en cercanías de los electrodos de las bujías, donde la temperatura es mas alta (2500 a 1370 °C), pero la cantidad se incrementará con el aumento de la relación de compresión, o cuando existan daños en el sistema de refrigeración que incrementen la

temperatura. En la formación del NOX, se utiliza el O<sub>2</sub>, necesario para la formación de CO<sub>2</sub>, lo que incrementa la formación de CO, disminuyendo la eficiencia del motor, de los óxidos de NOX el mas común es el NO<sub>2</sub>. La presencia de alto porcentaje de NOX puede ser una indicación de alta temperatura del motor, malfuncionamiento del sistema EGR, recirculación parcial de gases de escape.

El Azufre se encuentra como un elemento extraño en la gasolina, y al igual que non el Nitrógeno, cuando la temperatura es suficientemente alta, forma Óxidos, utilizando el O<sub>2</sub> necesario en la formación de CO<sub>2</sub>, incrementando la formación de CO, un alto contenido de Sox puede significar, combustible con alto contenido de azufre, alta temperatura del motor.

Un orden correcto en el análisis de las medidas, puede ser: visualizar valores de HC, Visualizar valores de CO, comparar HC y CO, visualizar valores de O<sub>2</sub>, verificar si se encuentra en parámetros. Si O<sub>2</sub> es alto al igual que HC, pérdida de chispa, si está dentro de especificaciones, comparar CO y O<sub>2</sub>, visualizar valores de CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> entre 11 y 8% problemas de mezcla, entre 10 y 4%, problemas eléctricos, visualizar HC, el valor mas

alto puede ser 1200 ppm, si HC mayor de 1200 ppm, temperatura de la cámara, baja, o problemas de avance de encendido, tanto los hidrocarburos, como los Nox, aumentan conforme aumenta el grado de avance de la chispa, Comparar valores de HC y O<sub>2</sub>, HC bajo y O<sub>2</sub> alto, ducto de escape perforado o sistema de inyección de aire en circuito alto.

Los comportamientos de los gases de escape son los siguientes: CO aproximadamente igual O<sub>2</sub>, carburador sin problemas, HC menor que CO, comportamiento de riqueza, CO menor que HC, comportamiento de pobreza, O<sub>2</sub> mayor que CO, comportamiento de pobreza, CO mayor que O<sub>2</sub>, comportamiento de riqueza, HC altos y O<sub>2</sub> altos, pérdidas de chispa, voltaje de bobina bajo, HC fuera de especificaciones, baja temperatura, mucho avance o consumo de aceite, CO<sub>2</sub> menor que 8% problemas eléctricos de mayor importancia que los de mezcla, CO<sub>2</sub> menor de 12%, problemas de mezcla.

Cuando hacemos un balance de potencia, los incrementos de HC y O<sub>2</sub> deben ser iguales en todos los cilindros, de lo contrario indicará que tenemos problemas mecánicos en el motor.

## **5.2. CENTRO DE DIAGNÓSTICO ESPECIALIZADO**

Resulta lógico, pensar, luego de ver todo este análisis, que para poder diagnosticar y hacer reparaciones de vehículos, de los que esperamos un alto grado de eficiencia, y que sus emisiones de gases, estén dentro de los valores reglamentados, por las administraciones del medio ambiente, debemos hacerlo en lugares donde se cuente tanto con personal calificado para este propósito, como con los equipos adecuados.

### **5.2.1 Equipos de diagnóstico**

Los equipos con los que debe contar un centro de diagnóstico y reparación, dependen de las reglamentaciones del departamento del medio ambiente, son ellos los que determinan las características de dichos equipos, pero fundamentalmente son:

- Analizador de gases, de cuatro o cinco gases, según lo dictamine
- Medidor de RPM del motor

- Termocupla de aceite
- Lámpara de luz estroboscópica, sistema DIS
- Osciloscopio
- Escaner
- Equipo de limpieza de inyectores
- Multímetro digital, sistema inyección
- Analizador de motores
- Información actualizada, manuales, CDs
- Herramientas generales, elevadores, equipo de seguridad industrial

### **5.2.2 Capacitación del personal**

El análisis de fallas, que se presentan en los motores de combustión interna, llegan a ser en ocasiones bastante complejos de diagnosticar, es por esta razón que el personal a cargo de dicha labor, debe tener una capacitación permanente, para darle a conocer los diferentes sistemas y las variaciones que los fabricantes les hacen año a año.

Los estudios que se debe realizar son: Conocimientos básicos de electricidad, sincronización, control electrónico de motores e inyección electrónica, sistemas de control electrónico OBDII, análisis de gases.

# CAPITULO 6

## 6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Implementar la medida de control de emisiones, resulta, desde el punto de vista económico, beneficioso para todos, el usuario se beneficia, ya que, por una pequeña inversión, logra tener su vehículo en óptimo estado de sincronismo, lo que garantiza, que tendrá el mejor desempeño y el menor consumo de combustible. Se termina el acostumbrado cambio de piezas, innecesarias, cuando le pedimos a nuestro mecánico, que le practique un ABC, a nuestro auto. Un diagnóstico correcto, dará como resultado el cambio de las partes verdaderamente necesarias, para lograr el correcto sincronismo del motor, de esta manera estamos ahorrando dinero.

Una vez nuestro vehículo ha sido sincronizado, y adquirido el certificado de gases, podrá circular eficientemente.

Cualquier taller, puede ser autorizado por el ente regulador del medio ambiente, para emitir certificados de emisiones de gases, siempre y cuando cumpla con las reglamentaciones, que el mismo imponga.

Cumplir con todos estos requisitos, equipos, instalaciones, trámites legales y capacitación del personal, para lograr que un taller sea autorizado, resulta un buen negocio, mi experiencia personal, me permite asegurar que trabajando ordenadamente, se pueden realizar análisis de gases a aproximadamente 100 vehículos, por máquina, por día. Una vez la máquina está lista para realizar análisis, este no tarda mas de 5 minutos, mientras que se toman los datos de la matrícula del auto, se introduce la sonda, se instala la termocupla en el lugar de la varilla medidora de aceite y se acopla la pinza de medir revoluciones, en menos de un minuto, el análisis está realizado y el vehículo es, o no aprobado, de ser positivo el resultado, se le otorga el certificado, en el que simplemente se le imprimen los resultados de los gases medidos, en caso negativo, entra al taller, para ser diagnosticado el problema y corregida la falla, el taller en el que se realiza este diagnóstico y corrección, es de la elección del usuario, una vez corregido el problema, el carro tiene un tiempo, establecido por el ente regulador, para regresar a obtener su certificado.

Ganan las autoridades, ya que por cada factura que se emite, se generan los impuestos de industria y comercio.

El departamento del medio ambiente, debe establecer el periodo de duración de este certificado, tanto par los carros particulares, como para los de servicio público.

Como medida para descongestionar, los sitios autorizados para emitir certificados de gases, se pueden programar brigadas, para realizar estas revisiones en las empresas que posean un parque automotor significativo, en los estacionamientos propios. Esto resulta más cómodo y la medida, sin lugar a duda, significará un gran ahorro en combustible, y por ende en dinero.

Por otra parte corregir todos estos problemas de sincronismo, que presentan los vehículos, dará mucho trabajo y experiencia a los técnicos asignados a esta labor.

## **CAPITULO 7**

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A partir de 1995, con la aparición en los mercados latinoamericanos, de las marcas coreanas, que pareciera que hubieran salido de hibernación, con los famosos Hyundai Accent y Elantra Avante, vemos como se masifica el uso de los motores, inyectados, los que solo podíamos encontrar en automóviles de gama alta, esto obliga a todas las marcas tradicionales a introducir en nuestros mercados, automóviles dotados de sistemas de inyección de primera generación, sistemas con caudalímetro. El notable incremento en la eficiencia de estos sistemas, sumado al incremento en el costo de los combustibles, hace que resulte por demás atractivo para los consumidores, adquirir vehículos de esta clase.

Por otro lado, los elevados índices de contaminación ambiental y las estrategias de todos los países, encabezando la lista, México, donde encontramos la ciudad mas contaminada del mundo, por hacer que

estos índices disminuyan, fueron un factor determinante, para la implantación de los últimos sistemas OBDII. Es así como, Colombia copia la idea de los países del norte de establecer normas sobre los sistemas que deben poseer los vehículos que se produzcan y que ingresen al país y a partir de 1996, se restringe el ingreso de vehículos carburados y se comienza a exigir los sistemas de control de contaminación ambiental, PCV, Cánister y por último convertidor catalítico de tres vías, para a partir de 1999 hacer obligatorio, la obtención de un certificado de emisión de gases, como requisito fundamental para poder circular en todo el país.

AÑO- MODELO	% CO VOLUMEN	HC ppm
Anterior a 1974	7	1000
1975-1980	5,5	800
1891-1990	5	650
1991-1995	4	500
1996-1997	3,5	450
1998-2000	2,5	300
2001 y posterior	1	200

## TABLA 7.1. NIVELES DE CO Y HC PERMITIDOS

Esto ha tenido unas consecuencias importantes:

- Se hace indispensable reglamentar los centros de diagnóstico donde se deben realizar estos análisis, previos a la obtención de los certificados de emisión de gases.

- El DAMA, Departamento Administrativo del Medio Ambiente, ofrece cursos gratuitos a los operarios para el manejo de los equipos de análisis de gases.
- El diagnóstico y reparación de fallas de estos sistemas, obliga a los ingenieros encargados del mantenimiento, en los diferentes concesionarios, a especializarse en control electrónico, inyección electrónica y en interpretación de datos obtenidos mediante análisis de gases.
- Se logran mejoras en la potencia y disminución en el consumo de combustible, por ejemplo, en motores 1500 cc, carburados, lográbamos potencias de 55 HP con consumos de combustible de 25 Km/ Galón, con emisiones de 4,0 % de CO y 700 ppm de HC, mientras que con sistemas de inyección electrónica multipunto, con convertidor catalítico, logramos que un motor de 1300 cc logre potencias de 65 HP con hasta 60 Km/ Galón de consumo de combustible y emisiones de 0% de CO y 0 % de HC.
- La implantación de sistemas de inyección electrónica, genera la modificación de la parte mecánica de los motores, ya que por

aumentar considerablemente la velocidad de quemado del combustible, por la mejor atomización de la gasolina, nos vemos abocados a implantar culatas multiválvulas, para poder dar ingreso a la mezcla a mayor velocidad, de la misma manera que evacuar rápidamente los gases de escape. Así mismo, aumentamos la relación de compresión de 8,0 : 1 en motores carburados, a 10,5 : 1 en sistemas multiválvulas, esto hace obligatorio el uso de combustibles de mejor calidad, 95 octanos, para evitar las detonaciones o petardeo, sumamente nocivas en el desempeño del motor y su vida útil, además exige que los combustibles no contengan Plomo, elemento utilizado para aumentar el octanaje de la gasolina, (Cancerígeno), ya que este elemento destruye rápidamente el convertidor catalítico.

- En condiciones normales, de mantenimientos efectuados con personal idóneo, con partes originales, los intervalos de los chequeos que se deben hacer en estos sistemas, aumentan considerablemente.
- Las bobinas de encendido que poseen estos vehículos llegan a generar hasta 125.000 Voltios, para lo cual requieren bujías especiales de punta de platino, las que tienen una vida útil de

aproximadamente 100.000 Km, los microfiltros, tanto de aire como de combustible, son de mejor calidad, y su reemplazo se puede hacer cada 25.000 Km, esto reduce los costos de mantenimiento, si bien una sincronización de un motor de inyección electrónica, es mas costosa que la de un sistema carburado, por el tipo de equipos que se deben tener, los costos de los manuales, cursos, etc., estos sistemas son bastante confiables, y a menos que sean sometidos a manos inexpertas, no suelen dar problemas.

- En los últimos sistemas se han abolido los cables de alta, y se monta una bobina sobre cada bujía con el objeto de disminuir las perdidas por conducción, esto hace que un elemento que se debía sustituir con relativa regularidad, por la temperatura a la que se encontraba sometido, ya no exista.
- El uso del sensor de detonación ha sido de gran ayuda para preservar la vida útil de los motores, ya que detecta inmediatamente la presencia de una gasolina de mala calidad y corrige la chispa para evitar el petardeo.
- La luz mil es una herramienta muy importante, tanto para el usuario como para el técnico, ya que al primero le avisa sobre una falla en

el sistema, que debe ser corregida en el taller, y al técnico le da información importante para encontrar el tipo de falla.

- La implantación de la memoria de apoyo en los computadores o módulos de control, resulta una gran medida, cuando un vehículo se encuentra circulando fuera de la ciudad, ya que por medio de ésta el sistema reemplaza el sensor que se encuentra fallando y hace que el vehículo continúe, hasta llegar al taller más próximo.
- La vida útil de los motores inyectados, ha aumentado, en la medida que la contaminación del aceite por la gasolina que provenía de una combustión incompleta, es casi nula, ya que los residuos de esta combustión cada día se acercan mas a la nulidad.
- Para concluir, creo que el ente encargado de vigilar el medio ambiente en el Ecuador, debería adoptar políticas como por ejemplo, una campaña podría ser, haciendo diagnósticos gratuitos, en sitios puntuales, a quienes deseen saber que pasa con su vehículo, adjuntándoles calcomanías de visto bueno y propiciando que haya lugares, donde técnicamente el automovilista pueda hacer ajustar su auto, dentro de los parámetros posibles, pues es bien sabido que un auto de carburador difícilmente cumple con las

normas actuales, diseñadas para motores con catalizador e inyección electrónica.

Una buena acogida hacia una campaña de este tipo, es un mínimo comienzo hacia un mejor medio ambiente, en Guayaquil tenemos un punto a favor y es la altura sobre el nivel del mar, este factor ayuda en la medida que por existir una mayor cantidad de oxígeno, la cantidad de gasolina para lograr una buena combustión es menor. Esto nos da como resultado menor cantidad de CO y HC no quemados. Por otro lado, sin embargo tenemos un parque automotor antiguo, un porcentaje inexplicable de vehículos de servicio público con motor a gasolina, así que tomará mucho tiempo en ajustar los productos derivados de la combustión, a niveles normales.

Por ello se necesita un trabajo de motivación, de formación y ayuda, para luego si entrar a sancionar, una vez agotados todos los pasos formales de convocatoria a los conductores y la capacitación de técnicos y talleres idóneos, cosa que puede aún tomar algunos años, antes que se vean frutos verdaderamente tangibles.

Porque la contaminación no se va a controlar con una campaña de publicidad, con calcomanías y luego con policías caza-humos. Este es un trabajo a largo plazo, que exige normas claras como que los autos nuevos sean todos de última generación en materia de protección del medio ambiente, que los vehículos viejos desaparezcan de circulación, que haya centros serios y especializados en la calibración y ajuste de motores y que poco a poco se vaya ajustando el filtro, hasta tener los resultados deseados.

Mi recomendación final, sería proponer a la ESPOL, que tome el liderazgo de la campaña, de control de contaminación ambiental, producida por los automóviles; formando técnicos especializados en análisis de gases. En los talleres de la ESPOL, se podrían construir los muebles para alojar los equipos, que constan de el analizador, propiamente dicho, la fuente de poder y el computador con su impresora; de la misma manera la facultad de sistemas podría encargarse de diseñar el software, tanto para el manejo del analizador como para crear la base de datos que se debe enviar al departamento del medio ambiente y comisión de tránsito, para el control de los vehículos.



**APÉNDICE A**

**NORMAS DE EMISIÓN PERMISIBLE PARA FUENTES**

**MÓVILES**

**CON MOTOR A GASOLINA**

**EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O RALENTÍ**

Año Modelo	% CO* Altura/nivel mar (o-1.500)	%CO Altura/nivel mar (1.5001-3.000)	ppm HC** Altura/nivel mar (0-1.500)	ppm HC Altura/ Nivel mar (1.501-3.000)
2001 y posterior	1.0	1.0	200	200
2000 – 1998	2.5	2.5	300	300
1997 – 1996	3.0	3.5	400	450
1995 – 1991	3.5	4.5	650	750
1990 – 1981	4.5	5.5	750	900
1980 – 1975	5.5	6.5	900	1.000
1974 – anteriores	6.5	7.5	1.000	1.200

## APÉNDICE B

### CATALIZADOR CONTINUO

En 1972, Johnson Matthey produjo el primer catalizador para reducir la contaminación de los automóviles y a la fecha tiene una producción de 20 millones de catalizadores por año, con destino a todas las marcas de coches en el mundo entero. Sus continuas investigaciones han llegado a formular un catalizador de función permanente que supera el bache que tienen los actuales aparatos, que solamente funcionan cuando tienen una temperatura entre 550 y 600 grados centígrados y por lo tanto son ineficaces en el encendido en frío (cuando hay mayor contaminación) o en viajes cortos. El nuevo catalizador se basa en el uso del platino. En la primera fase convierte el monóxido de carbono y los hidrocarburos, en bióxido de carbono y agua y el óxido de nitrógeno, en bióxido nítrico. Luego los gases van a un filtro de cerámica porosa que deben atravesar. Allí se quita el hollín del sistema, mientras que el bióxido de nitrógeno oxida las partículas limpiando automáticamente el elemento, que ha cumplido su misión a la temperatura normal de funcionamiento de 275 grados centígrados. Suecia tuvo resultados superiores a los que se obtienen con los sistemas tradicionales.

## APÉNDICE C

En 1997, se contrató un estudio ambiental, con la ESPEY, HUSTON & ASSOCIATES – COPADE, en la ciudad de Guayaquil, el cual arrojó los siguientes resultados.

La determinación del CO se llevó a cabo en cuatro sitios de Guayaquil, que se indican a continuación.

Los Estándares de calidad ambiental del aire de EPA (Environmental Protection Agency), para CO son 9 ppm para un promedio de 8 horas y 35 ppm para un periodo de muestreo promedio de una hora, estos promedios no se deben exceder más de una vez por año. La información producida en este estudio denota que en todos los sitios muestreados, se ha sobrepasado el estándar, explicándose estos resultados en la combustión incompleta de los combustibles del parque automotor urbano.

Resultados de muestreo de CO en el aire de Guayaquil

---

Sitio de muestreo	Concentración Máxima (ppm)	Concentración Mínima (ppm)	Promedio (ppm)
Planta El Universo	12	4	8
Calle Córdova y Junín	44	12	28
Puerto Hondo	157	57	107

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. CASTRO MIGUEL, Inyección a Gasolina, Segunda Edición, Ediciones CEAC,S.A., 1987.
2. COLMOTORES, Diagnóstico a Bordo OBDII, Colombia 1996
3. FORD CUSTOMER TECHNICAL PUBLICATIONS DEPARTMENT, On Board Diagnostics II, Sep 1993
4. FORD MOTOR DE VENEZUELA, Manual H, 1994
5. LINEROS ALEJANDRO, Control Electrónico de Motores e Inyección Electrónica, Bogotá 1996
6. LINEROS ALEJANDRO, Análisis de Gases, Bogotá 1997
7. LINEROS ALEJANDRO, OBDII, Bogotá 1998
8. LÓPEZ V. JOSÉ MANUEL, Motor de Gasolina, Editorial Cultural,S.A. España 1987.