



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE
SISTEMAS ELECTRÓNICOS AUTOMOTRICES OBD**

Erick Amado Alemán Alemán
Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE
SISTEMAS ELECTRÓNICOS AUTOMOTRICES OBD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ERICK AMADO ALEMÁN ALEMÁN

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO FIGUEROA VÁSQUEZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sanchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS AUTOMOTRICES OBD,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 12 de agosto de 2005.

ERICK AMADO ALEMÁN ALEMÁN

Guatemala 15 de Mayo de 2006

Ingeniero Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

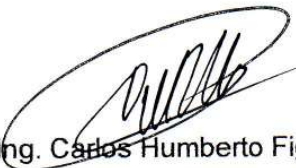
Ingeniero Escobedo:

Atentamente me dirijo a usted con el propósito de presentarle el trabajo de graduación "DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA EL DIAGNOSTICO DE SISTEMAS ELECTRONICOS AUTOMOTRICES OBD", elaborado por el estudiante Erick Amado Alemán Alemán.

En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado por el estudiante Erick Alemán, llena los objetivos planteados en el trabajo y me dirijo a usted para que se sirva dar el visto bueno para que el presente trabajo sea presentado ante las máximas autoridades de la Facultad, a fin de que emitan el dictamen correspondiente y si así lo consideran extiendan el título al estudiante mencionado.

Agradeciendo su atención.

Atentamente,



Ing. Carlos Humberto Figueroa
Asesor de trabajo de graduación
Colegiado No. 2,984

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

Guatemala, 01 de junio de 2006
Ref. EPS. C. 289.05.06

Ing. Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **ERICK AMADO ALEMÁN ALEMÁN**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado **“DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS AUTOMOTRICES OBD”**.


Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“*Se y Enseñad a Todos*”




Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica – Eléctrica

Ing Kenneth Issur Estrada Ruiz
Cd No 0271

KIER/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

Guatemala, 10 de agosto de 2006
Ref. EPS. C. 298.08.06

• Ing. Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Escobedo,

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS AUTOMOTRICES OBD".

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, ERICK AMADO ALEMÁN ALEMÁN, quien fue asesorado por el Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la APROBACION DEL MISMO por parte del asesor y supervisor. **ESTA COORDINACION TAMBIEN APRUEBA SU CONTENIDO;** solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"En fe y Sinceridad a Todas"


Ing. Angel Roberto Sic
Coordinador Unidad de EPS



ARSG/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala, 18 de septiembre 2006.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE
SISTEMAS ELECTRÓNICOS AUTOMOTRICES OBD**, desarrollado
por el estudiante; Erick Amado Alemán Alemán, por considerar que
cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador Area de Electrónica

JCSP/sro



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Erick Amado Alemán Alemán titulado: **DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS AUTOMOTRICES OBD**, procede a la autorización del mismo.



Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 19 DE SEPTIEMBRE 2,006.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Quien me guía e ilumina y me permitió alcanzar esta meta profesional
Mi esposa	Ericka María, por su apoyo incondicional
Mi hija	Ana Matilde, por llenar de alegría mi vida
Mis padres	Amado Alemán Rángel (Q.E.P.D.) y Maria Lidia Alemán de Alemán, por su amor y ejemplo de vida
Mis hermanos	Lesbia Judith, Luis Oswaldo y Lidia Ninnette, por su amor y apoyo

A todas las instituciones que han contribuido con mi formación académica y profesional, en especial a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

DEDICATORIA

A toda mi familia, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional en todo momento.

A todas aquellas personas que a lo largo de los años me han brindado el privilegio de su amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	1
1.1 Antecedentes de la empresa.....	1
1.1.1 Reseña histórica.....	1
1.1.2 Misión de la empresa.....	3
1.1.3 Visión de la empresa.....	3
1.2 Tecnología utilizada por la empresa.....	3
1.2.1 Tecnología OBD I.....	3
1.2.2 Tecnología OBD II.....	4
1.3 Servicios de electrónica automotriz que brinda la empresa.....	4
1.3.1 Servicios de mantenimiento en sistemas electrónicos automotrices.....	4
1.3.2 Servicios de diagnóstico electrónico automotriz.....	4
1.3.3 Servicios de reparación de sistemas electrónicos automotrices.....	5
2. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUTODIAGNÓSTICO.....	7
2.1 Funcionamiento general del motor de cuatro tiempos a gasolina.....	7
2.2 Diagnóstico a bordo de primera generación OBDI.....	14
2.3 Diagnóstico a bordo de segunda generación OBDII.....	15

3. SENSORES Y ACTUADORES EN SISTEMAS OBDI Y OBD II	17
3.1 Sensores de efecto inductivo.....	17
3.1.1 Descripción.....	17
3.1.2 Aplicación.....	17
3.2 Sensores por efecto Hall.....	19
3.2.1 Descripción.....	19
3.2.2 Aplicación.....	20
3.3 Sensores por efecto Óptico.....	22
3.3.1 Descripción.....	22
3.3.2 Aplicación.....	23
3.4 Sensores de oxígeno y oxígeno precalentado.....	24
3.4.1 Descripción.....	24
3.4.2 Aplicación.....	25
3.5 Sensores de temperatura de aire y refrigerante.....	29
3.5.1 Descripción.....	29
3.5.2 Aplicación.....	30
3.6 Sensores de flujo de masa de aire.....	34
3.6.1 Descripción.....	34
3.6.2 Aplicación.....	35
3.7 Sensores de presión absoluta y presión barométrica.....	41
3.7.1 Descripción.....	41
3.7.2 Aplicación.....	42
3.8 Sensor de posición del acelerador.....	43
3.8.1 Descripción.....	43
3.8.2 Aplicación.....	45
3.9 Sensor de detonaciones.....	46
3.9.1 Descripción.....	46
3.9.2 Aplicación.....	47
3.10 Sistema EVAP.....	48

3.10.1 Descripción.....	48
3.10.2 Aplicación.....	48
3.11 Sistema EGR.....	50
3.11.1 Descripción.....	50
3.11.2 Aplicación.....	51
3.12 Sistema de control de la velocidad de Ralentí.....	53
3.12.1 Descripción.....	53
3.12.2 Aplicación.....	55
3.13 Luz indicadora de mal funcionamiento MIL.....	57
3.13.1 Descripción.....	57
3.13.2 Aplicación.....	58
3.14 Inyectores.....	58
3.14.1 Descripción.....	58
3.14.2 Aplicación.....	60
4. TERMINOLOGÍA OBD I Y OBDII.....	63
4.1 Diagnóstico.....	63
4.2 Conector de diagnóstico OBD I.....	63
4.3 Conector de diagnóstico OBD II.....	69
4.3.1 Equipo de diagnóstico para los sistemas OBD.....	71
4.3.2 Equipo de diagnóstico para los sistemas OBD I.....	71
4.3.3 Equipo de diagnóstico para los sistemas OBD II.....	73
4.4 Pruebas en los OBD.....	74
4.4.1 Pruebas KOEO.....	74
4.4.2 Pruebas KOER.....	75
4.5 Estructura de códigos de falla.....	77
4.5.1 Códigos de falla genéricos.....	77
4.5.2 Códigos de falla específicos.....	78

5. DIAGNÓSTICO EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS	
AUTOMOTRICES.....	81
5.1 Monitores en los circuitos.....	81
5.2 Monitores continuos.....	81
5.3 Monitores de un sólo viaje.....	89
5.4 Cartas de diagnóstico.....	90
5.5 Elaboración del diagnóstico y su documentación.....	94
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXO.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa	2
2.	Disposición de cilindros	8
3.	Carreras del motor de combustión de cuatro tiempos	11
4.	Gráfico del ciclo Otto	13
5.	Sensor de efecto inductivo	17
6.	Señal de sensor de efecto inductivo	18
7.	Señal Digital	20
8.	Efecto Hall.....	20
9.	Conmutación para generar una señal	21
10.	Distribuidor basado en efecto Hall.....	21
11.	Principio del sensor óptico.....	22
12.	Estructura interna de un sensor óptico.....	23
13.	Estructura del sensor de oxígeno.....	25
14.	Gráfica de respuesta del sensor de oxígeno.....	27
15.	Símbolo del generador de voltaje alterno.....	28
16.	Prueba de generación de voltaje del sensor de oxígeno.....	28
17.	Sensor de temperatura del aire de admisión.....	30
18.	Resistencia en función de la temperatura.....	31
19.	Conexión del sensor de temperatura.....	33
20.	Medidor de volumen de aire	36
21.	Potenciómetro del sensor VAF.....	36

22.	Medidor de flujo de masa de aire MAF.....	37
23.	Esquema de conexión eléctrica del MAF.....	38
24.	Señales del sensor MAF digital y analógico.....	39
25.	Medidor de flujo de aire tipo Karmann Vortex.....	40
26.	Principio del medidor MAP.....	42
27.	Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión	43
28.	Interruptor de dos posiciones del acelerador.....	44
29.	Potenciómetro utilizado para medir la posición del acelerador.....	45
30.	Interruptor de veinte posiciones del acelerador.....	46
31.	Sensor de golpeteo.....	47
32.	Solenoides EVAP.....	49
33.	Sistema EVAP.....	49
34.	NOx generado con el aumento de la temperatura.....	51
35.	Válvula EGR.....	52
36.	Sensor de temperatura EGR.....	53
37.	Control de marcha mínima.....	54
38.	Válvula IAC.....	56
39.	Cuerpo de aceleración.....	57
40.	Inyector electrónico de combustible monopunto.....	59
41.	Inyector electrónico de combustible multipunto.....	60
42.	Inyección de combustible.....	61
43.	Patrón de la señal de inyección.....	62
44.	Conector STAR.....	64
45.	Conector 1 General Motors.....	65
46.	Conector 2 General Motors.....	65
47.	Conector de Diagnóstico Honda.....	66
48.	Conector de Diagnóstico Mitsubishi.....	67
49.	Conector de Diagnóstico Mazda.....	68
50.	Conector de Diagnóstico Isuzu.....	68
51.	Conector Toyota.....	69

52. Modelo OBD II.....	70
53. Terminales del DTC.....	70
54. Forma de onda de códigos de falla OBD I.....	80
55. Adaptativo a corto plazo.....	84
56. Prueba al sensor de oxígeno precalentado.....	86
57. Salidas de voltaje del sensor de oxígeno posterior al TWC.....	87
58. Convertidor catalítico de tres vías.....	88
59. Criterio de habilitación de la prueba al TWC.....	89

TABLAS

I. Legislación relacionada con OBDI y OBDII.....	16
II. Resistencia en función de la temperatura 1.....	31
III. Resistencia en función de la temperatura 2.....	32
IV. Función de las terminales en el DLC.....	71
V. Estructura de los códigos de falla OBDII.....	78
VI. Adaptativo de corto plazo.....	83

GLOSARIO

Amperaje	Flujo de electrones que fluyen a través de un conductor; intensidad de la corriente eléctrica.
Amperio	Unidad de medida de la corriente eléctrica.
CO	Gas monóxido de carbono producido en la combustión en un motor a gasolina.
Código de falla	Estructura alfa numérica en un sistema de autodiagnóstico que indica el componente o sistema con avería.
Conector de diagnóstico	Elemento que permite acceder a los códigos de falla en un sistema de primera generación. Dispositivo que permite la comunicación entre la computadora de abordo y el escáner.
Diagnóstico	Prueba efectuada por la computadora de abordo sobre un sistema o sus componentes.
Efecto Hall	Generación de un voltaje como resultado del paso de una corriente eléctrica en un campo magnético.

Efecto inductivo	Generación de un voltaje como resultado del movimiento relativo entre una bobina y un campo magnético utilizado para general señales.
Efecto óptico	Método utilizado para generar una señal eléctrica digital basado en un emisor y un receptor óptico.
EGR	Válvula controlada por vacío o por la computadora de abordo para introducir gases quemados al múltiple de admisión. Sistema que controla la recirculación de gases de escape.
Escáner	Equipo de alta tecnología que permite la comunicación entre la computadora de abordo y el técnico, para monitorear las condiciones de funcionamiento en línea y los códigos de falla.
EVAP	Sistema que controla las emisiones de vapores de combustible.
HC	Combustible en estado líquido o gaseoso o hidrocarburos.
Inyector	Elemento que permite la entrada de combustible hacia el múltiple de admisión, controlado electrónicamente.
Karman Vortex	Medidor de flujo de aire basado en el principio Karman Vortex.

Knock sensor	Elemento piezoeléctrico utilizado para sensor vibraciones.
Koeo	Prueba efectuada con la llave puesta en posición de encendido, pero con el motor detenido.
Koer	Prueba efectuada con la llave puesta en posición de encendido pero con el motor girando o en marcha.
MAF	Medidor de aire basado en la medición de la masa.
MAP	Medidor de aire basado en la variación de la presión en el múltiple de admisión.
MIL	Luz indicadora de mal funcionamiento ubicada en el tablero del vehículo.
Monitor continuo	Programa encargado de monitorear continuamente un sistema o sistemas.
Monitor de un sólo viaje	Programa encargado de monitorear por lo menos una vez en un viaje un sistema o componente.
NOx	Gases contaminantes producidos en la combustión principalmente a altas temperatura, Óxidos Nitrosos.
OBD	Siglas en inglés que identifican un sistema electrónico con autodiagnóstico.

PMI	Punto muerto inferior en un motor de combustión.
PMS	Punto muerto superior en un motor de combustión.
Pulso digital	Señal electrónica que toma únicamente dos valores.
Sensor de oxígeno	Sensor que genera una señal que oscila entre .1 voltios a 1 voltio cuando está expuesto a oxígeno caliente.
TPS	Potenciómetro utilizado para sensar la posición del acelerador.
TWC	Convertidor catalítico de tres vías.
VAF	Medidor de aire basado en el volumen de aire.

RESUMEN

En el presente trabajo se incluyen algunos temas relacionados con la electrónica automotriz, especialmente con los sistemas de autodiagnóstico a bordo de primera y segunda generación.

En el capítulo uno se trata de forma muy general, aspectos administrativos de la empresa dedicada a la prestación de servicios en el área de la mecánica automotriz; principalmente en cuanto a la estructura organizacional.

En el capítulo dos se describe las generalidades del motor de combustión interna, en especial el de cuatro tiempos a gasolina. En este capítulo se explica en forma breve cómo la regulación internacional, en cuanto a emisiones contaminantes, ha marcado el rumbo del desarrollo tecnológico en la industria del vehículo.

En el capítulo tres se describe el funcionamiento y aplicación de los principales sensores y actuadores utilizados en los vehículos a gasolina, que cuenta con sistemas de autodiagnóstico a bordo de primera y segunda generación. El capítulo cuatro trata del acceso a los códigos de falla por medio del conector de diagnóstico.

En el capítulo cinco se establecen los procedimientos de diagnóstico y la manera en que los sistemas de autodiagnóstico, corren pruebas sobre sistemas en los vehículos a gasolina.

OBJETIVOS

General

Diseñar un procedimiento de diagnóstico para los sistemas electrónicos automotrices de primera y segunda generación OBD.

Específicos

1. Describir el funcionamiento de los sistemas electrónicos automotrices de primera y segunda generación OBD I y OBD II.
2. Dar a conocer el funcionamiento y los parámetros de operación de los sensores utilizados en los sistemas electrónicos automotrices OBD, de primera y segunda generación.
3. Establecer procedimientos para emitir diagnósticos y realizar reparaciones en sistemas electrónicos automotrices, de primera y segunda generación.
4. Describir los servicios que prestan las empresas dedicadas al mantenimiento, diagnóstico y reparación de sistemas electrónicos automotrices.

INTRODUCCIÓN

El motor y los distintos sistemas de los vehículos han sido afectados por modificaciones en su estructura y funcionamiento, con la finalidad de aumentar la eficiencia y lograr mejoras en la combustión. Esto lleva necesariamente a reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente. Para reducir las emisiones no deseadas se ha introducido una gran variedad de elementos sensores a los distintos sistemas del motor, como el sistema de admisión de aire, sistema de encendido o generación de chispa y el sistema de entrega de combustible. Adicionalmente, se ha incorporado un administrador electrónico o computadora de abordo, que toma decisiones y ejecuta ciertas acciones de acuerdo a la información suministrada por los sensores. Tomando en cuenta lo anterior, nos damos cuenta que para que una empresa dedicada al campo de la mecánica automotriz pueda desarrollarse en forma eficaz y eficiente, debe cumplir varios requisitos dentro de los cuales se encuentran algunos de tipo técnico y otros administrativos.

En el primer capítulo se tratan aspectos administrativos de la empresa dedicada a la prestación de servicios de mecánica automotriz, dentro de estos los más importantes son la formación de la empresa, su estructura organizacional la misión y la visión. En el segundo capítulo se describe las generalidades del motor de combustión, en especial el de cuatro tiempos a gasolina, y se trata la evolución de los sistemas con autodiagnóstico, tomando en cuenta que la regulación internacional respecto a las emisiones, trae cambios en los componentes mecánicos eléctricos y electrónicos.

En el capítulo tercero se describe el funcionamiento y la aplicación de los sensores y actuadores utilizados tanto en los sistemas de primera y segunda generación. En especial se trata de cómo probar el funcionamiento de cada uno

de acuerdo a los parámetros del fabricante. Luego de haber descrito los aspectos más importantes de los sensores y actuadores de los sistemas de autodiagnóstico, se trata el procedimiento necesario para diagnosticar los sistemas a gasolina. En el capítulo cuarto se establece la diferencia entre códigos de primera y segunda generación. Se trata el conector de diagnóstico en los sistemas automotrices y cómo éste da origen a la estandarización del conector de segunda generación. En este capítulo se definen los conceptos de las pruebas KOEO Y KOER.

En el capítulo quinto se trata los elementos y sistemas monitoreados por la computadora de abordo, los requisitos para correr una prueba de autodiagnóstico y la prioridad de los distintos sistemas, haciendo énfasis especial en los sistemas de segunda generación.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la empresa.

1.1.1 Reseña histórica

Sistemas y servicios de mecánica S.A. es una empresa guatemalteca de dedicada a la prestación de servicios de mantenimiento y reparación de vehículos automotrices. Con especial atención a flotillas de empresas.

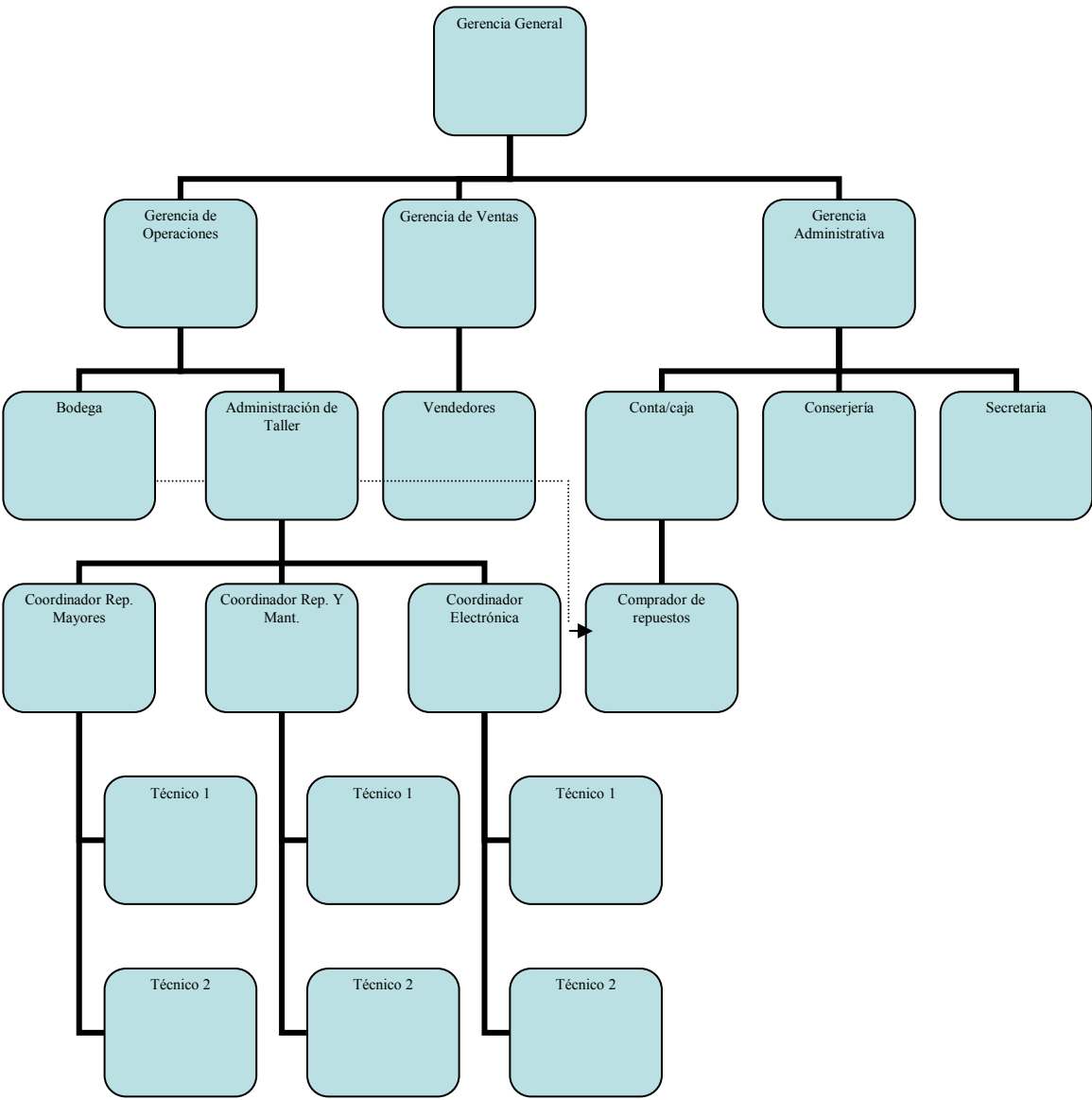
La formación de la empresa fue en el mes de octubre de 1,999, producto de una operación de outsourcing de servicios de mantenimientos de la flotilla de la Empresa Eléctrica de Guatemala, la cual hizo un llamado a los trabajadores de su departamento de mantenimiento de flotillas, para que se organizaran y establecieran talleres de mecánica, haciendo el ofrecimiento de dar contratos anuales para el mantenimiento de las unidades de su flotilla de vehículos pesados y livianos. Tal situación dio origen a la formación de Sistemas y servicios de mecánica S.A.

La empresa originalmente se estableció con seis socios de los cuales actualmente quedan activos cuatro dentro de la junta de directores de la empresa. En el año 2,000 un socio vendió sus acciones y en el 2,001 otro socio realizo la misma operación, lo cual ha dejado la mayoría de las acciones en poder del señor Amado Urzua y del ingeniero Mario Abel Rosales.

Como parte del convenio original con la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., se adquirió un terrero propiedad de la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (EEGSA) en cual se esta pagando actualmente. La empresa se encuentra constituida como una sociedad anónima, y esta inscrita como Automecanica Miller en su patente de empresa en el Registro Mercantil. La sociedad se encuentra inscrita en la SAT como contribuyente normal, bajo el régimen trimestral para el pago del ISR, y cumple con los requisitos mínimos

establecidos por la ley, para los aspectos tributarios. Según la normativa vigente en aspectos de manejo desechos, la empresa cumple con los requisitos que se solicitan con tal objeto. La estructura organizacional se muestra a continuación.

Figura 1. Organigrama de la empresa



1.1.2 Misión de la empresa

Sistemas y servicios de mecánica S.A. es una empresa Guatemalteca dedicada a la prestación de servicios de mantenimiento y reparación de vehículos automotrices, con atención especial a flotillas de empresas.

1.1.3 Visión de la empresa

Somos una alternativa económica en la prestación de servicios de mantenimiento y reparación de vehículos automotrices, con calidad de agencia.

1.2 Tecnología utilizada por la empresa

1.2.1 Tecnología OBDI

Sistemas y servicios de mecánica S.A. cuenta con distintos equipos y maquinaria para desarrollar actividades de diagnóstico y reparación en vehículos automotrices; los vehículos pueden ser diesel o gasolina. Los vehículos diesel pueden ser de servicio pesado o liviano. Los vehículos a gasolina pueden ser carburados o inyectados. Dentro de los inyectados se encuentran los OBD I. Las letras OBDI significan en inglés diagnóstico a bordo de primera generación. Estos vehículos cuentan con una computadora automotriz a bordo la cual se encarga de monitorear y controlar distintas áreas del vehículo y en especial del motor. Para poder trabajar estos sistemas la empresa cuenta con una red de computadoras y un software exclusivo para el área administrativa, control de inventarios, recepción de vehículos, facturación etc. En el área técnica se cuenta con el apoyo de software automotriz All Data y Mitchell Repair. Adicionalmente se cuenta con dos osciloscopios, uno de uso general y uno de uso automotriz, se cuenta con una máquina para limpieza de inyectores de combustible para vehículos a gasolina. Se cuenta con un puente hidráulico de dos postes y dos puentes neumáticos.

1.2.2 Tecnología OBDII

Cuando se hace habla de sistemas OBD II, se esta hablando de vehículos que funcionan con gasolina y que fueron fabricados entre los años de 1,996 en adelante. Estos vehículos también cuentan con una computadora de abordo que monitorea y controla varias operaciones del vehiculo y principalmente del motor. Con la diferencia de que esta computadora es mas potente y esta programada para tener controles mas estrictos sobre las emisiones contaminantes. Esta computadora es capaz de comunicarse con el técnico automotriz por medio de otra herramienta llamada escáner o explorador. En sistemas y servicios de mecánica se cuenta con dos escáner para efectuar los trabajos relacionados a la electrónica automotriz.

1.3 Servicios de electrónica automotriz que brinda la empresa

1.3.1 Servicios de mantenimiento en sistemas electrónicos automotrices

En sistemas y servicios de mecánica se prestan los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo para cualquier tipo de vehículo; ya sea de servicio pesado o liviano, o que funcione con diesel o gasolina.

1.3.2 Servicios de diagnóstico electrónico automotriz

Es frecuente que clientes individuales deseen saber que es lo que tiene su vehiculo. Esto se debe a que en el tablero de instrumentos se encuentra una luz llamada MIL (esta aparece con la figura de un motor) la cual se enciende cuando existe una falla. A estas personas se les da un informe sobre el estado del vehículo y postergan las reparaciones y correcciones necesarias para cuando el tiempo o la disponibilidad económica lo permitan.

1.3.2 Servicios de reparación de sistemas electrónicos automotrices

La empresa brinda todos los servicios de mecánica y electrónica automotriz necesarios para el buen funcionamiento de los vehículos modernos. Al mencionar electrónica automotriz se debe entender por esto a los sistemas que son asistidos o funcionan a través de elementos electrónicos como diodos transistores, circuitos integrados, reveladores, válvulas solenoides, potenciómetros, diversos tipos de sensores motores paso a paso, micro interruptores y módulos de control electrónico. Dentro de estos sistemas tenemos el sistema de inyección de combustible, los sistemas de frenos ABS, las bolsas de aire y los sistemas de alarma antirrobo entre otros.

2. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUTODIAGNOSTICO

2.1 Funcionamiento general del motor de cuatro tiempos a gasolina

El motor de combustión interna es un mecanismo diseñado para transformar energía térmica en movimiento rotativo, la energía térmica se producirá al encender una mezcla comprimida de aire y combustible dentro de una cámara diseñada especialmente para dicho proceso. El movimiento rotativo se obtiene mediante la interacción de un pistón, un cigüeñal y una biela. Los motores de combustión interna se pueden clasificar por la forma de encender la mezcla de aire y combustible, por el número de carreras para efectuar un ciclo de trabajo o por la disposición de sus cilindros. Por la forma de encender la mezcla son de:

Encendido por Chispa

Encendido por Compresión

Por el número de carreras son de:

Dos Carreras o dos tiempos

Cuatro carreras o cuatro tiempos

En los motores encendidos por chispa se pueden encontrar motores de dos carreras y de cuatro carreras ya que las carreras necesarias para completar los procesos de admisión, compresión, fuerza y escape dependerá del criterio del diseñador del motor y la aplicación del mismo, sucede exactamente lo mismo con los motores de encendido por compresión, es decir, también se encuentran estos motores con ciclo de dos carreras y ciclo de cuatro carreras.

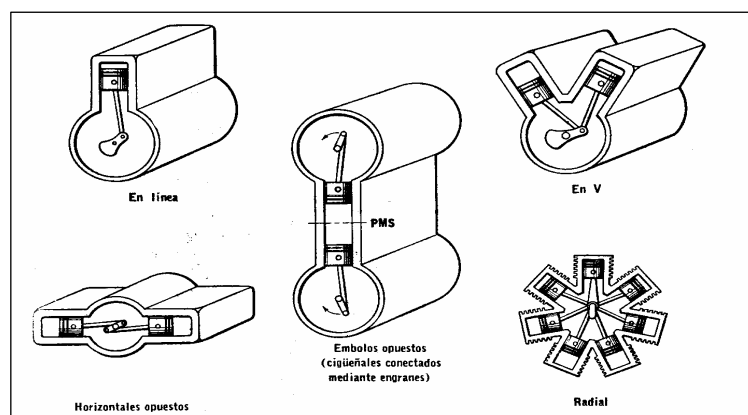
En vista de que la velocidad y consecuentemente la potencia de un motor está limitada por las fuerzas de inercia originadas al acelerar y desacelerar algunas de sus partes, es conveniente dividir el motor en un cierto número de

cilindros individuales. Mediante este recurso, se reducen las fuerzas de inercia por cilindro; incluso, las fuerzas en uno de ellos pueden contrarrestarse o "balancearse", con un acomodo conveniente de los otros y también el uso de poleas y volantes en el eje cigüeñal.

En la figura se muestran diferentes arreglos. El motor en línea es el diseño usual para aplicaciones tanto estacionarias como de transporte porque ofrece la solución más simple de construcción y mantenimiento. Un motor con menor longitud que el del tipo en línea y de la misma potencia, es el motor en V, que consiste en dos bancadas de cilindros en línea, colocadas una con respecto a la otra con un ángulo (generalmente 90°) para formar la letra V. En este caso se sujetan dos bielas a un muñón del cigüeñal.

Cuando se presenta el problema de falta de espacio, como es el caso de los motores colocados en la parte posterior de los vehículos, puede ser preferible un motor plano con cilindros horizontales. En el motor horizontal opuesto también se muestra en la Figura, los émbolos están desalineados y se requiere un muñón por separado para cada cilindro.

Figura 2. Disposición de cilindros



Fuente: Manual de reparación de automóvil USA. Chilton Book Company

El bloque de cilindros, es el lugar en donde se encuentran colocados los cilindros, son construidos de hierro fundido, aluminio y en algunos casos de

placas de acero soldadas, posee conductos de lubricación y también de paso de agua en el caso de ser enfriado por agua, también es la base en la que se asienta el cigüeñal y la culata o cabeza de cilindros. Eje cigüeñal, se encuentra instalado en la parte baja del bloque de cilindros y montado sobre cojinetes simples (tejas centrales) recibe lubricación desde la bomba de aceite pasando por el bloque de cilindros, esta construido regularmente de acero forjado o hierro fundido dependiendo de los costos del fabricante. Su función es convertir el movimiento lineal de la biela y pistón en movimiento rotativo. Pistón y biela, los pistones están contruidos de aluminio o acero fundido, su función es transmitir a la biela la fuerza producida por la combustión de la mezcla aire-combustible, para evitar que los gases resultantes de la combustión se pasen al carter se le instalan tres anillos o sellos siendo de estos dos de compresión y uno de aceite que recoge el aceite del cilindro enviándolo de nuevo al carter o aceitera, la biela es la encargada de conectar el pistón con el cigüeñal. Eje de Levas, como su nombre lo indica en el se encuentran las levas que hacen que se activen las válvulas de admisión y de escape, esta conectado al cigüeñal por medio de engranajes, cadenas o fajas dentadas y con una relación de 2:1 con el cigüeñal, es decir, por dos giros del cigüeñal este dará únicamente un giro.

Válvulas, son las encargadas de permitir el paso o salida de gases, es decir, la válvula de admisión permitirá el ingreso a la cámara de combustión de la mezcla aire-combustible y la válvula de escape permitirá la salida de los gases ya quemados. Cabeza de cilindros, se encuentra justo encima del bloque de cilindros y es aquí donde de forma la cámara de combustión, su construcción puede ser de aluminio o hierro fundido, en algunos casos sirve también de base para la instalación del eje de levas, regularmente en su estructura interna posee conductos para paso de aceite lubricante como también de liquido refrigerante, en su interior se encuentran alojadas las válvulas de admisión y de escape.

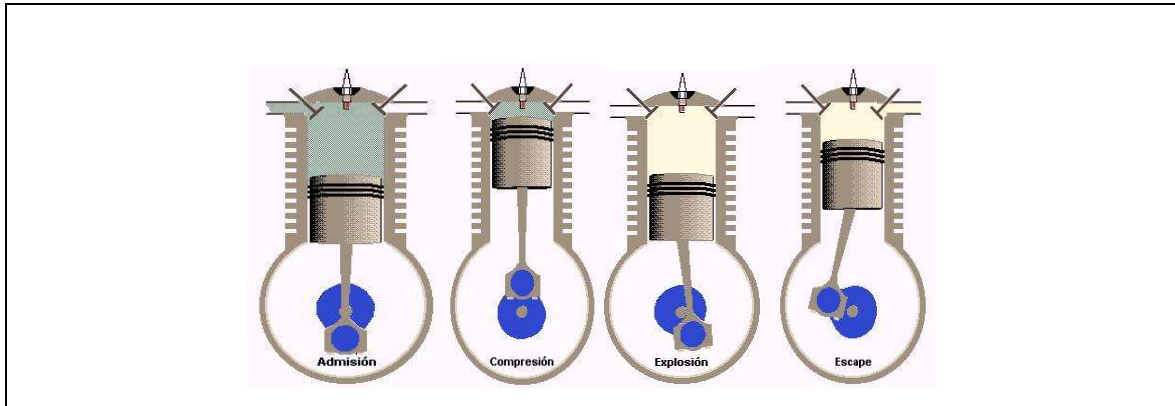
Aceitera, también llamada carter, sirve de depósito de aceite, es decir en su interior se encuentra el aceite que la bomba enviara para realizar la lubricación y después de terminar esta operación regresara nuevamente el aceite al carter.

Las partes antes descritas son de las principales de un motor de combustión interna, sin embargo hay que decir que los motores utilizan mucho más piezas que estas dependiendo de las necesidades y aplicaciones. Los motores de 4 tiempos a gasolina también son conocidos como motores de ciclo OTTO, esto se debe a que en 1876 OTTO, un ingeniero alemán, construyó un motor basado en el principio de funcionamiento de Beau de Rochas; en su mayoría son construidos mediante el principio de embolo reciprocante, es decir, un embolo que se desliza en un cilindro hacia delante y hacia atrás transmitiendo un fuerza motriz al mecanismo biela manivela.

Beau de Rochas en 1862 propuso la secuencia de funcionamiento para un motor de embolo reciprocante, secuencia hoy en día se sigue utilizando, esta serie de etapas o carreras del embolo son las siguientes:

Carrera de Admisión: se produce cuando el embolo o pistón desciende, la válvula de admisión se encuentra abierta y la válvula de escape cerrada, de esta manera es introducida una mezcla de aire-combustible, una de las mejoras que se han realizado es abrir la válvula de admisión antes que el pistón llegue al PUNTO MUERTO SUPERIOR (PMS) y así facilitar el ingreso de la mezcla al cilindro. Durante el descenso del pistón desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior la mezcla en el sistema de admisión adquiere energía cinética, es decir, se crea una turbulencia, por lo tanto es necesario atrasar el cierre de la válvula de admisión para permitir que se siga llenando el cilindro después de que el pistón llego a PMI.

Figura 3. Carreras del motor de combustión de cuatro tiempos



Fuente: Manual de reparación del automóvil Chilton Book Company

Carrera de Compresión: se realiza cuando el pistón empieza a ascender encontrándose cerradas las válvulas de admisión y de escape, este proceso se realiza de forma isentrópica. Justo antes de que el pistón llegue a PMS se produce la chispa de encendido lo cual provocará que se inflame la mezcla. Al iniciar la combustión antes de llegar al PMS se logra que el momento en que el pistón pasa por el punto muerto superior la combustión se este desarrollando a máxima velocidad, el proceso de la quema de la mezcla de aire-combustible se desarrolla a volumen constante y produce un calentamiento. Carrera de expansión: al momento de generarse la combustión de la mezcla aire combustible se libera energía ocasionando una elevación de la temperatura y la presión, este proceso es realizado isentrópicamente, esto obliga al pistón a descender transmitiendo la fuerza al cigüeñal por medio de la biela. Carrera de escape: Al llegar el pistón a punto muerto inferior luego de terminar la carrera de expansión se abre la válvula de escape, permitiendo así la salida de los gases ya quemados hacia el medio ambiente, una de las mejoras al sistema de escape ha sido adelantar el momento de apertura de la válvula de escape, es decir, iniciar la abertura antes que el pistón llegue a punto muerto inferior y así lograr que la presión de los gases dentro del cilindro se encuentre en valores

muy bajos cuando el pistón pase por el punto muerto inferior. Las carreras del pistón antes mencionadas son las que completan un ciclo de 4 tiempos y se realizaran con un giro del cigüeñal de 720° , esto quiere decir que para que cada carrera se complete se necesita medio giro del cigüeñal o sea 180° . Todos los motores de 4 tiempos completan estas carreras sin importar la disposición de los cilindros. Anteriormente se describieron algunas características de los motores de cuatro tiempos o de ciclo Otto, sin embargo, estas se limitan a condiciones teóricas de funcionamiento, esto quiere decir que en la realidad se ven afectadas debido a las condiciones reales de funcionamiento.

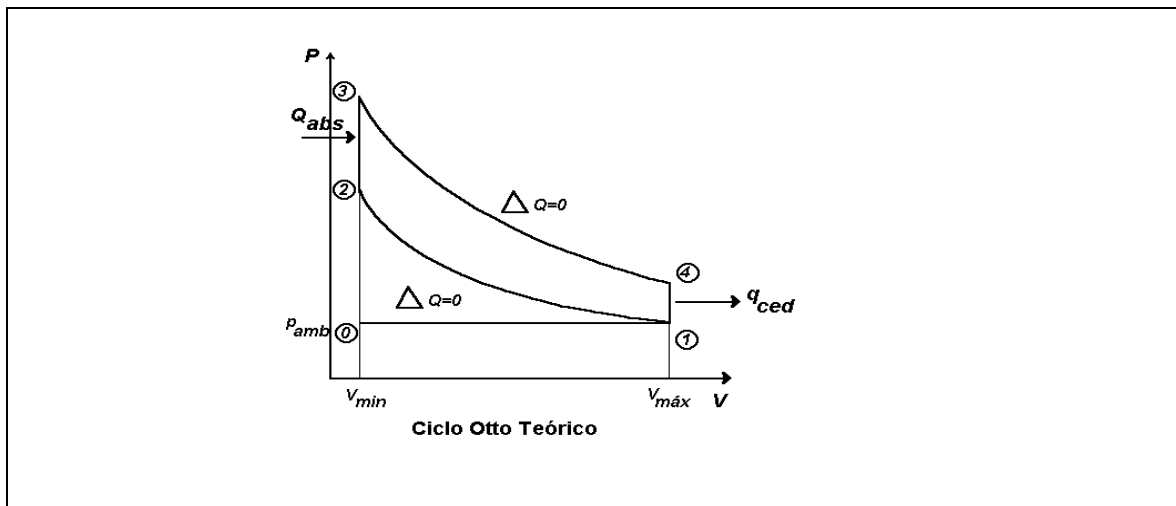
En la carrera de Admisión se dice que el cilindro se llenara con una presión igual a la del medio ambiente, pero en realidad no es así, esto se debe a que en la trayectoria de la admisión se registran pérdidas de carga ocasionadas por los diferentes elementos que se encuentran en la trayectoria del aire de entrada, por ejemplo: filtro de aire, en el proceso de filtrado del aire se provoca una restricción a la entrada de aire, ductos o mangueras también provocaran pérdidas debido al rozamiento del aire en las paredes lo mismo que sucederá en el múltiple de admisión, la válvula de admisión es otro elemento que provoca pérdidas ya que al momento de abrirse siempre una parte del aire de admisión entrara en contacto con ella. Al final de la carrera de admisión el llenado del cilindro será a una presión menor a la del ambiente, esto provocara una ausencia de aire en la cámara lo que se reflejara en pérdida de potencia.

Durante la carrera de compresión la presión inicial será menor a la del ambiente debido a las pérdidas antes explicadas, razón por la que también la presión al final de la carrera de compresión será menor que la presión teórica. En el momento de la combustión también se registran pérdidas estas se deben a que en la teoría el tiempo de la combustión sería 0, sin embargo en la realidad no sucede esto ya que la combustión se inicia en la bujía y posterior a esto se propaga en toda la cámara de combustión, al producirse la combustión el pistón inmediatamente inicia el descenso y el volumen en el cilindro aumenta, esto

provoca que la presión sea menor a la esperada. La carrera de potencia también se ve afectada por las pérdidas ya que al terminar la carrera de compresión con mayor volumen y menor presión esto provocaría una reducción del área de trabajo. En la carrera de escape se abrirá la válvula de escape, en ese momento de apertura de la válvula de escape la presión en el cilindro tendría que caer a la presión ambiente, sin embargo esto no sucede, ya que en el trayecto de los gases de escape existen restricciones como el múltiple de escape, catalizador, ducto de escape y silenciador. Si se considera la gráfica del ciclo Otto con los puntos 1-2-3-4 notamos que se crea un área de trabajo positivo, sin embargo existe otra gráfica de trabajo que surge en el desarrollo de los puntos 0-1 y 1-0 considerándose estos como trabajos negativos.

El trabajo 0-1 corresponde al trabajo realizado en la carrera de admisión o trabajo de admisión y el trabajo 1-0 corresponden al trabajo realizado para vaciar el cilindro o expulsar los gases ya quemados, a esta área de trabajo se le llama Potencia de bombeo, siendo esta simplemente el trabajo de bombeo por unidad de tiempo. Las condiciones antes descritas nos provocarían pérdidas de consideración en el desarrollo de la potencia del motor lo que nos indica que existen grandes diferencias entre un ciclo Otto teórico y un ciclo Otto real.

Figura 4. Grafico del ciclo de Otto



Fuente: LAYNE KEN Manual de electrónica automotriz

2.2 Diagnostico a bordo primera generación OBD I

A principios del años 1,980 General Motors introdujo en sus vehículos el sistema de Diagnostico a Bordo, con el objeto de facilitar a los técnicos de GM el diagnostico y la reparación de sistemas automotores controlados por computadora. Esto fue observado por las autoridades del estado de California en los Estados Unidos lo que trajo como consecuencia ciertos requerimientos para los fabricantes de vehículos que querían venderlos en California y luego en el resto de los estados unidos, esto luego se extendió a Europa y el resto del mundo. Hay que tomar en cuenta que algunas Normas son mas estrictas en algunos países Europeos que en el mismo estado de California.

Los sistemas diagnostico a bordo se comercializan en el año 1,988. los estándares de aquel entonces requerían que se monitoreara los siguientes sistemas:

Dosificación de combustible

Recirculación de gases de escape (egr)

Componentes eléctricos adicionales relacionados con las emisiones

Se requería que los vehículos iluminaran la lámpara indicadora de mal funcionamiento (MIL) para alertar al conductor de cualquier mal funcionamiento que el monitoreo descubriera. Junto con la MIL, se requerían códigos de diagnostico de falla para almacenar información identificando áreas especificas de falla.

Los sistemas OBD I no detectaban muchos problemas relacionados con las emisiones tales como las fallas de encendido y los convertidores catalíticos. Al momento en que realmente fallara un componente y se iluminara la MIL, el vehiculo puede estar generando exceso de emisiones por mucho tiempo. La mil puede nunca iluminarse debido a que un sistema OBD I no esta diseñado para detectar ciertas fallas.

2.3 Diagnostico a bordo segunda generación OBD II

Luego de la aprobación en los Estados Unidos de las enmiendas del Acta de Aire Limpio, CARB desarrolló lineamientos generales para los OBD II que debían cumplirse partir de 1,996 y los años posteriores. Los requerimientos que se establecen son los siguientes:

- Iluminación de la lámpara indicadora de mal funcionamiento se las emisiones de HC, CO o NO_x exceden ciertos umbrales, típicamente 1.5 veces de lo permitido por los estándares federales del procedimiento de prueba
- El uso de una computadora abordo para monitorear las condiciones de los componentes electrónicos y para iluminar la MIL si los componentes falla o si los niveles de emisión exceden los limites aceptables
- Especificaciones estándares para un conector de diagnostico (DLC), incluyendo localización y una disposición Terminal, permitiendo el acceso de herramientas genéricas de diagnostico.
- Implementación de estándares para códigos de diagnóstico de falla relacionados con las emisiones, con definiciones estándares
- Estandarización de sistemas eléctricos y términos acrónimos de componentes
- Disponibilidad de información de servicio, diagnostico, mantenimiento y reparación

En la siguiente tabla se muestra los cambios en la legislación relacionados con los OBDI y los OBDII:

Tabla I. Legislación relacionada con OBDI y OBD II

ANO	LEGISLACION
1963	El acta del aire limpio se convierte en ley
1970	Las enmiendas del acta de aire limpio y se forma la Agencia de protección del medio ambiente
1971	Se detectan los estándares de emisiones evaporativas
1972	Se introduce el primer programa de inspección y mantenimiento
1973	Se decretan los estándares de escape NO _x
1975	Se introduce el primer convertidor catalítico
1989	Se decretan los estándares sobre la volatilidad de la gasolina
1990	Se enmienda el acta de aire limpio a las políticas actuales
1995	Se requieren las pruebas de inspección y mantenimiento
1996	Se implementan los OBD II en los vehículos

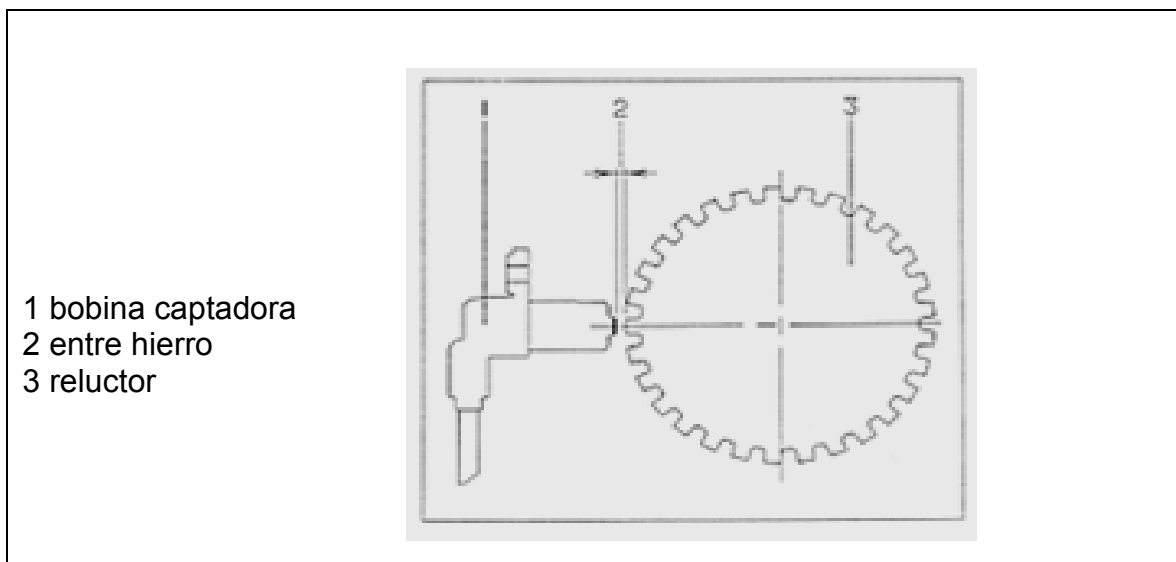
3. SENSORES Y ACTUADORES EN SISTEMAS OBD I Y OBD II.

3.1 Sensores de efecto inductivo.

3.1.1 Descripción.

Los sensores por efecto inductivo consisten en elementos formados por una bobina y un imán permanente ubicado en las proximidades de un material ferromagnético al que normalmente se le da el nombre de reluctor. El reluctor esta instalado o montado sobre un eje o sobre polea según sea el diseño y la aplicación de que se trate.

Figura 6. Sensor de efecto inductivo



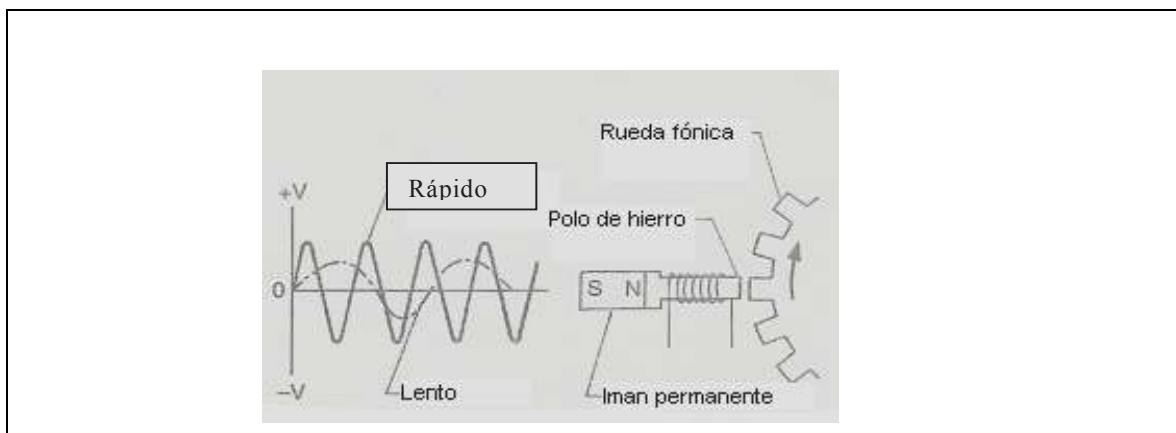
Fuente: Manual de Fuel Injection

3.1.2 Aplicación

Entre las aplicaciones principales de los sensores que funcionan por efecto inductivo de encuentran las de posición del eje de levas o CmP, las de

posición del eje de cigüeñal CkP y los sensores del revoluciones de las ruedas en vehículos con frenos ABS. En algunos vehículos los sensores CmP y CkP están ubicados en el eje del distribuidor sobre todo en los vehículos con sistemas de autodiagnóstico de primera generación OBD I. En vehículos con sistemas de autodiagnóstico de segunda generación los sensores se encuentran ubicados en la polea del eje de cigüeñal para el sensor CkP en otras aplicaciones este sensor se encuentra en el volante del motor. Normalmente el espacio entre la bobina captadora y el reluctor no lleva ninguna calibración, sin embargo en algunos motores lleva una holgura que varía entre las 10 y 20 milésimas de pulgada.

Figura 7. Señal del sensor inductivo



Fuente: Manual de Fuel Injection

Los sensores inductivos generan un voltaje alterno cuando se encuentran en buen estado, la temperatura, humedad y golpes pueden dañarlos. Si en un sistema automotriz se tiene un código de falla relacionado con algún sensor de este tipo lo que se recomienda es efectuar las siguientes pruebas:

1. medir resistencia de la bobina captadora
2. verificar la generación de una señal alterna al girar el relector
3. verificar que a mayor velocidad mayor frecuencia y voltaje inducido

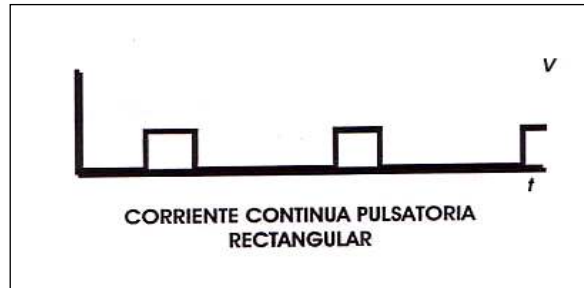
3.2 Sensores por efecto Hall.

3.2.1 Descripción.

Los sensores por efecto Hall son dispositivos que sirven para detectar movimiento rotacional principalmente en los ejes de cigüeñal y de levas. Difieren con los sensores de efecto inductivo en el hecho de que los sensores por efecto Hall necesitan ser alimentados con un voltaje positivo de 5 o 12 voltios y una señal de 0 voltios o tierra, estos sensores incluyen un tercer cable que corresponde a la línea de señal la cual es la encargada de informarle a la computadora del movimiento de los ejes de levas y cigüeñal. Otra diferencia que hay que considerar en los sensores Hall es que estos generan un señal cuadrada usualmente de 5 voltios sin importar que tan rápido gire el eje que esta siendo sensado. Lo que si cambia en este tipo de sensor es la frecuencia o el período de la señal cuadrada y es precisamente esta frecuencia la que le sirve a la computadora de abordo para saber que tan rápido esta girando el eje que esta siendo sensado.

La grafica que se muestra a continuación es típica de la línea de señal de un sensor de efecto Hall, a estos sensores también se les conoce con el nombre de sensores activos y los técnicos automotrices les denomina sensores de tres líneas. Mientras que a los sensores por efecto inductivo los técnicos les denominan sensores de dos líneas o sensores magnéticos, si bien algunos de ellos poseen una tercera línea no activa la cual tiene la función de proporcionar un blindaje ya que son señales sensibles a interferencia.

Figura 8. Señal Digital o Pulso Digital



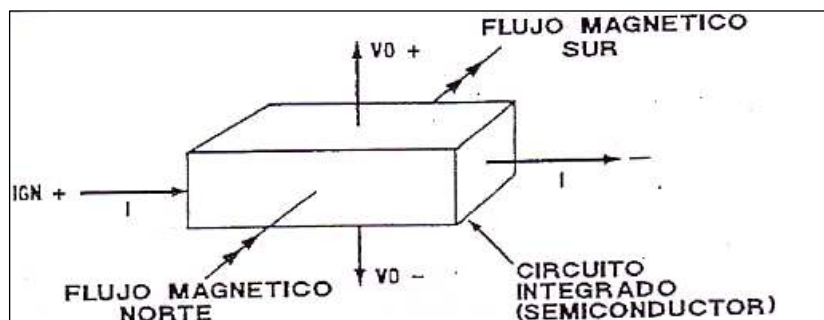
Fuente Manual de Fuel Injection

3.2.2 Aplicación.

Las aplicaciones principales de los sensores por efecto Hall son para detectar la posición del eje de levas, del eje de cigüeñal y en algunos casos para los sensores del sistema de frenos ABS.

El efecto Hall se produce en los materiales semiconductores cuando una corriente eléctrica estable circula a través del semiconductor y este está inmerso en un campo magnético perpendicular al flujo de corriente como lo muestra la siguiente figura.

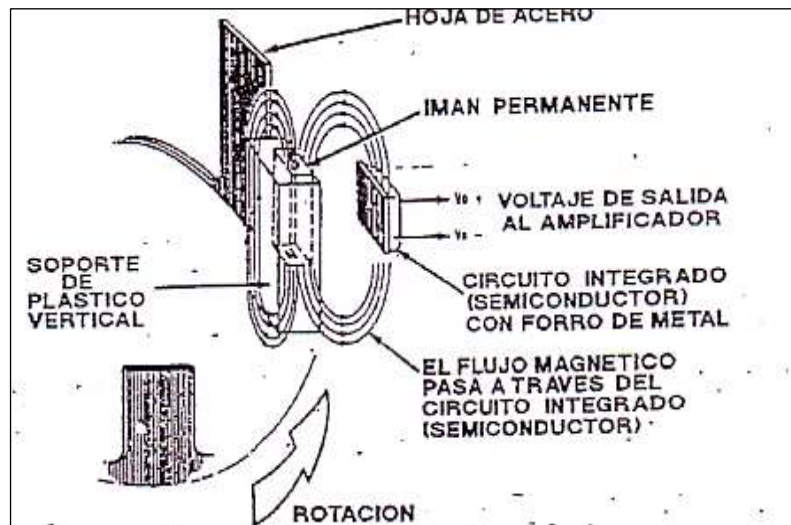
Figura 9. Efecto Hall



Fuente: Manual de Fuel Injection

El voltaje $v_o +$ y $v_o -$ se puede interpretar como una señal eléctrica. Esta señal puede ser amplificada en el circuito integrado, lo que es necesario es crear un mecanismo de conmutación que interrumpa el campo magnético esto se logra por medio de una hoja metálica como se muestra a continuación.

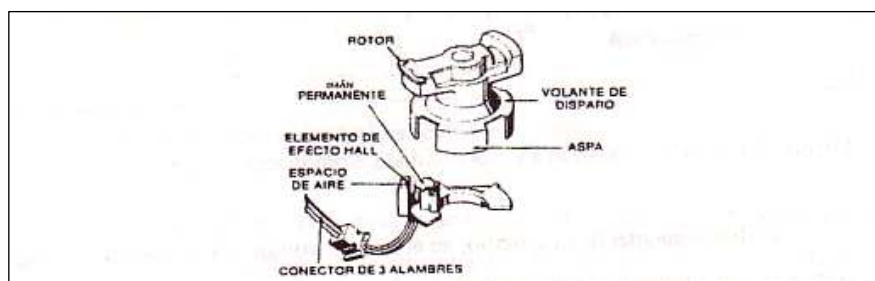
Figura 10. Conmutación para generar una señal



Fuente: Manual de Fuel Injection

La siguiente figura muestra una aplicación en un distribuidor de encendido electrónico, el que consta de un conector con tres alambres. En esta aplicación la hoja metálica se denomina aspa.

Figura 11. Distribuidor basado en efecto Hall



Fuente: Manual de Fuel Inyectio

Las pruebas a los sensores por efecto Hall consisten en:

1. verificar voltaje de alimentación al sensor
2. verificar línea de masa o tierra
3. verificar la generación de señal cuadrada

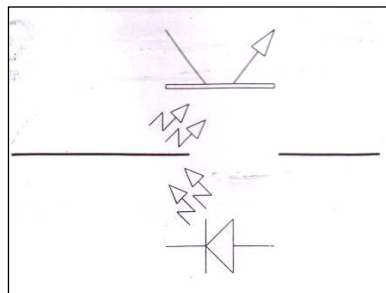
3.3 Sensores por efecto óptico

3.3.1 Descripción

Los sensores por efecto óptico son utilizados para detectar movimiento y posición en ejes, especialmente en los sistemas de encendido electrónico; en los sistemas de autodiagnóstico de primera generación que cuentan con distribuidor son utilizados para detectar las revoluciones por minuto del motor, el tiempo de compresión del cilindro número uno y el tiempo de compresión de los cuatro cilindros para un motor de cuatro tiempo y cuatro cilindros. Estos sensores constan de tres elementos básicos que son: 1 un emisor de luz, 2 un receptor de luz 3 un elemento de conmutación.

El emisor de luz es un diodo o led, el receptor es un fotoreceptor el cual permite el paso de una corriente o voltaje cuando recibe una señal luminosa del emisor de luz. El elemento de conmutación es normalmente un disco acoplado a un eje. Este disco posee unas ranuras o pequeñas ventanas que permiten el paso de luz por un instante y luego lo interrumpen. El principio de funcionamiento se muestra en la siguiente figura.

Figura 12. Principio del Sensor Óptico



Fuente: Manual de Fuel Injection

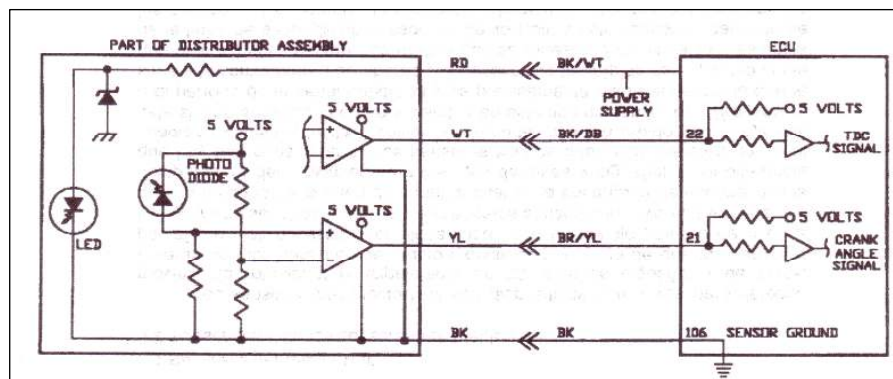
3.3.2 Aplicación.

Los sensores ópticos son utilizados como se menciono anteriormente para detectar el movimiento en ejes. Su construcción no es tan simple, como se observa en la figura anterior, debido a que estos dispositivos requieren ser alimentados tanto por un voltaje positivo que normalmente es de 12 voltios y una señal de tierra o cero voltios; adicionalmente poseen una línea de señal con el inconveniente de que esta señal es muy pequeña y debe ser amplificada para que pueda ser interpretada en forma adecuada por la unidad de control electrónico o computadora de abordo. Todo esto se encuentra incorporado en un modulo electrónico al cual solo se tiene acceso a los pines de conexión para medir las condiciones terminales del circuito. Esto afortunadamente es una ventaja para el técnico debido a que puede determinar con mucha facilidad el buen o mal estado de funcionamiento de un dispositivo de este tipo con una rapidez asombrosa.

Las pruebas recomendadas a estos elementos se pueden efectuar con un voltímetro digital o con un osciloscopio y son las siguientes:

- 1 verificar la alimentación positiva de 12 voltios y la tierra
- 2 comprobar la existencia de una señal digital de 2 a 4 voltios
- 3 con el osciloscopio se verifica la amplitud y frecuencia de la señal

Figura 13. Estructura Interna de un Sensor Óptico



Fuente: Mitchell On Demand

La figura anterior muestra los circuitos que forman el sensor óptico de un sistema de encendido electrónico, también muestra los cables que conectan al sensor con la unidad de control electrónico o computadora de a bordo, llamada en la figura ECU. El diagrama eléctrico muestra claramente que existe una línea de tierra y una línea de la fuente de poder de 12 voltios, además muestra los sensores de revoluciones por minuto y de posición de cada uno de los cilindros. Estas dos últimas líneas oscilan entre 5 y cero voltios; lo cual proporciona una señal digital. Dicha señal digital medida con un voltímetro esta entre 3.5 voltios y 4 debido a que el voltímetro efectúa un promedio. En todo caso la mejor medición se hace con un osciloscopio.

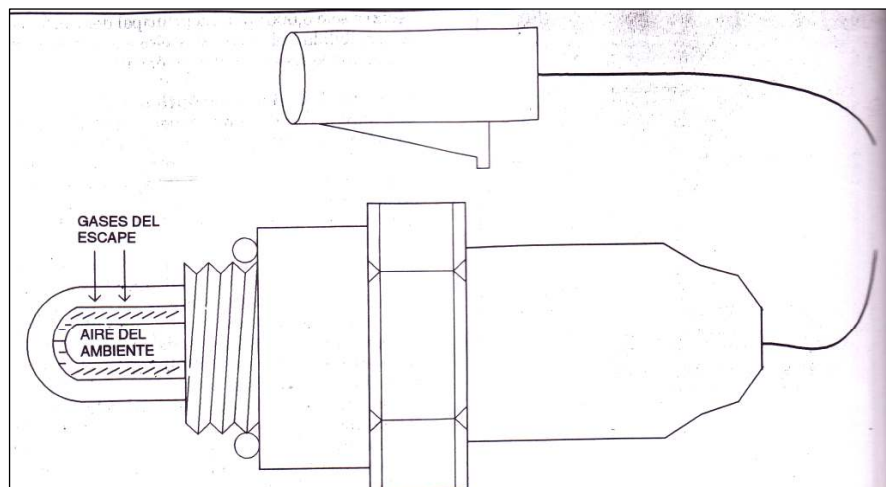
3.4 Sensores de Oxígeno y Oxígeno Precalentado

3.4.1 Descripción

Los sensores de oxígeno también son conocidos como sensores Lambda. Son generadores de señales voltaje por efecto químico. El sensor de oxígeno esta echo de un material cerámico llamado oxido de circonio, este material tiene la característica que al ser sometido a una temperatura de alrededor de 600 °F se convierte en un elemento conductor de iones de oxígeno. Una parte del material de cerámica se encuentra expuesto al flujo de gases es el tubo de escape, mientras que la otra parte se encuentra expuesta a el aire del medio ambiente. Cuando es igual el porcentaje de oxígeno en los extremos del material de cerámico existe un balance y no se genera ningún voltaje. Cuando existe un desequilibrio, los iones de oxígeno son atraídos del lado rico y se genera un voltaje. El voltaje en el sensor de oxígeno varia entre 100 milivoltios y 900 milivoltios durante la operación normal del motor.

El sensor de oxígeno o sensor lambda de introdujo en la industria automotriz en el año 1977, con el fin de medir la cantidad de oxígeno presente en el tubo de escape y ocupa un papel muy importante en los sistemas de autodiagnóstico sobre todo en el control de la relación aire combustible y el control de las emisiones contaminantes.

Figura 14. Estructura del sensor de oxígeno



Fuente: Manual de Fuel Injection

3.4.2 Aplicación

Los sensores de oxígeno han evolucionado desde su origen, en cuanto a las conexiones eléctricas los sensores pueden ser de una, dos, tres y cuatro líneas. Como se mencionó anteriormente los sensores de oxígeno trabajan a una temperatura alrededor de los 600 °F o unos 315 ° C, esta es una temperatura relativamente alta en comparación con la temperatura del motor o del líquido refrigerante. Le toma cierto tiempo al sensor alcanzar la temperatura normal de operación, esto quiere decir que en el periodo de tiempo en el que el sensor de oxígeno no ha alcanzado su temperatura no genera la señal de voltaje esperada. Lo deseable es que este tiempo sea lo mínimo posible. En sistemas de autodiagnóstico de primera generación es muy importante el buen estado del termostato ya que este contribuirá a que el motor alcance rápidamente su temperatura normal de operación. En los sistemas de segunda generación el termostato es igualmente importante pero en este caso los sensores de oxígeno cuentan con un elemento adicional para ayudar a su rápida entrada en operación. Este elemento es llamado calefactor del sensor de oxígeno y está instalado en los sensores de tres y cuatro líneas. El calefactor del sensor de oxígeno no es más que un resistor variable con la temperatura, del tipo PTC.

Los sistemas de primera generación utilizan un único sensor de oxígeno a la entrada del catalizador. Para los sistemas de segunda generación se utilizan dos sensores de oxígeno uno a la entrada y uno a la salida del catalizador. Al sensor que se encuentra a la entrada del catalizador se le conoce como anterior y al que se encuentra a salida del catalizador se le conoce como sensor posterior. En vehículos que cuentan con motores en V se tiene cuatro sensores dos por cada banco del motor. Los sistemas de primera generación con sensores de oxígeno de una línea generan una señal de voltaje senoidal de 100 milivoltios a 900 milivoltios. Como todo circuito este necesita un positivo y un negativo, el positivo lo tiene por medio del único cable del sensor y el negativo a través de masa o carcasa. En los sensores con dos líneas de mejora el diseño ya que la señal de masa o negativo es por medio del segundo cable eliminado con esto problemas de falsos contactos por corrosión. En los sensores de tres líneas el cable de tierra es compartido entre el calefactor y la línea de señal del generador. En los sensores de cuatro líneas el sensor de oxígeno consta con su línea de señal y su negativo independiente de la línea de alimentación de 12 voltios y el negativo del calefactor del sensor de oxígeno. Las pruebas al sensor de oxígeno pueden efectuarse con un voltímetro digital o con un osciloscopio. Si se efectúa con multímetro se puede medir tanto el voltaje generado por el sensor así como la resistencia del calefactor.

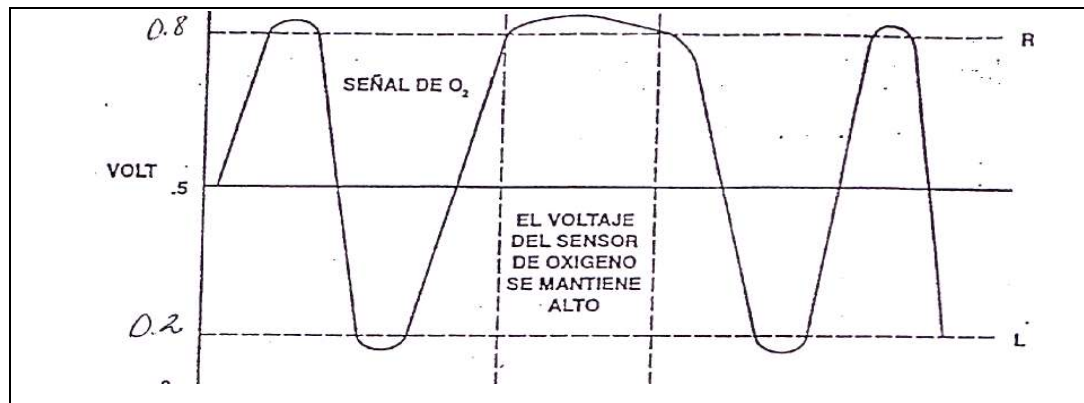
1. voltaje de DC entre 100 mv y 900 mv de 8 a 10 veces en 1 minuto
2. resistencia en frío según manual y aumentando según calienta

Si la prueba se efectúa con osciloscopio automotriz este proporciona un patrón con el que se puede comparar la señal que está siendo medida. Si la medición se efectúa con un osciloscopio de uso general hay que tomar en cuenta que la señal debe ser:

1. alterna senoidal
2. con un valor mínimo de 100 mv y valor máximo de 900mv
3. con un valor de ciclado de 8 a 10 ciclos por minuto

Estas propiedades se muestran en las siguientes figuras junto con los símbolos utilizados en los diagramas de inyección electrónica para identificar a los sensores de oxígeno.

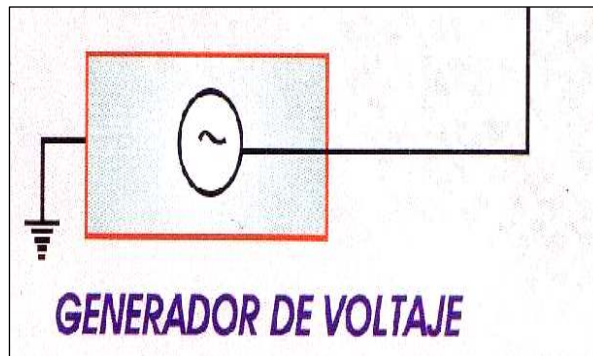
Figura 15. Gráfica de respuesta del Sensor de oxígeno



Fuente: Manual de fuel Injection

La figura muestra un patrón de onda que se observa en un sensor de oxígeno. La porción entre las líneas punteadas verticales muestra una respuesta lenta del sensor de oxígeno, en este caso hay que reemplazar el sensor de oxígeno ya que se encuentra degradado. Si la señal generada es como la que se muestra a la izquierda de la primera línea punteada o la derecha de la segunda línea punteada, el sensor está operando adecuadamente. Un voltaje de 800 mV muestra poco oxígeno en los gases de escape, condición a la que llamamos mezcla rica y de allí la R en la línea punteada horizontal superior. Un voltaje de 200 mV corresponde a una mezcla pobre, es decir, una cantidad considerable de oxígeno en los gases de escape. Esta condición se muestra con la línea punteada horizontal inferior. La línea horizontal continua que está a la mitad de la gráfica es la línea de mezcla estequiométrica, esta se refiere a una mezcla ideal en la cual la cantidad de combustible y oxígeno es la que produce una combustión completa.

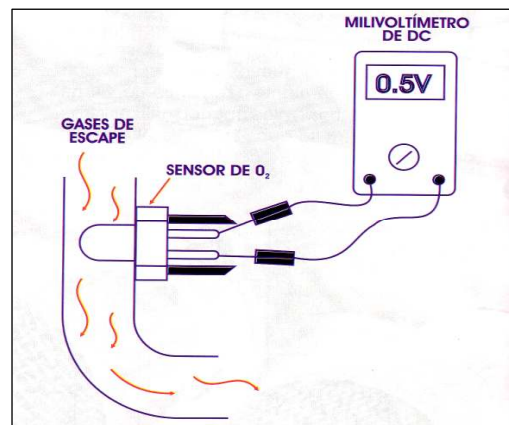
Figura 16. Símbolo del generador de voltaje alterno



Fuente: Manual de Fuel Injection

La figura siguiente muestra la prueba que se efectúa a un sensor de oxígeno de dos líneas con un voltímetro. Es importante notar que esta prueba debe hacerse con el motor arrancado y a una temperatura normal de operación; esto se debe a que el sensor genera una señal cuando esta en contacto con gases calientes, ya que lo que mide es la cantidad de oxígeno presente en los gases. El voltímetro debe de estar en el modo de DC ya que si bien la señal esperada para un sensor en buen estado debe ser senoidal esta oscila entre 100 mv y 900mv con una frecuencia muy baja. Esta frecuencia es de unos 10 u 8 ciclos por minuto, que son 0.16 y 0.13 Hz.

Figura 17. Prueba de generación de voltaje del sensor de oxígeno



Fuente: Manual de Fuel Injection

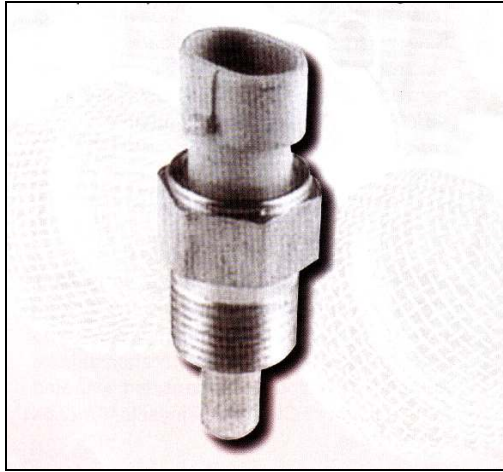
3.5 Sensores de temperatura de aire y refrigerante

3.5 .1 Descripción

En los sistemas con autodiagnóstico de primera y segunda generación la computadora de abordo requiere conocer la temperatura de funcionamiento del motor y la temperatura del aire de entrada al motor con el objetivo de dosificar adecuadamente la cantidad de combustible que inyectan los inyectores. Desde el punto de vista de las señales de voltaje la computadora modifica el ancho del pulso de inyección de acuerdo a la temperatura del motor y el aire de entrada, la carga del motor, las revoluciones por minuto y otras. A los sensores de temperatura del aire se les conoce como IAT por las siglas en ingles de: temperatura del aire de entrada. A los sensores de temperatura del refrigerante de les conoce de dos formas ECT y CTS. En el caso del ECT este se interpreta como la temperatura del refrigerante del motor. Para los CTS esto significa sensor de temperatura del refrigerante. De cualquier forma los sensores de temperatura tanto del aire como del refrigerante son resistencias variables con un coeficiente negativo de temperatura, lo que se conoce como NTC. Una resistencia con un coeficiente positivo de temperatura se conoce como PTC. Los sensores de temperatura son sensores de dos líneas, de las cuales una es una línea de tierra la cual normalmente es una línea compartida con otros sensores. La línea restante es una línea de señal la cual no es compartida y llega a un pin de la computadora de abordo. Este diseño es aplicado tanto a los sistemas de primera como de segunda generación de autodiagnóstico.

A continuación se presenta la apariencia de un sensor de temperatura del refrigerante. Este sensor se encuentra ubicado en la cabeza de cilindro o culata, donde el agua sale del motor para ingresar al radiador. Esta disposición permite tomar una lectura de la temperatura mas critica del refrigerante del motor.

Figura 18. Sensor de temperatura del aire de admisión



Fuente: Manual de Fuel Injection

En el caso de los sensores IAT se encuentran ubicados en el ducto de admisión de aire, después del filtro de aire. En algunos sistemas son parte integral del medidor de flujo de aire. El funcionamiento tanto del sensor de temperatura del aire como el del refrigerante es el mismo aunque los rangos de operación pueden ser muy diferentes.

3.5.1 Aplicación

A continuación se muestra una tabla que indica en forma numérica el comportamiento de un sensor de temperatura del aire de entrada al motor como función de la temperatura.

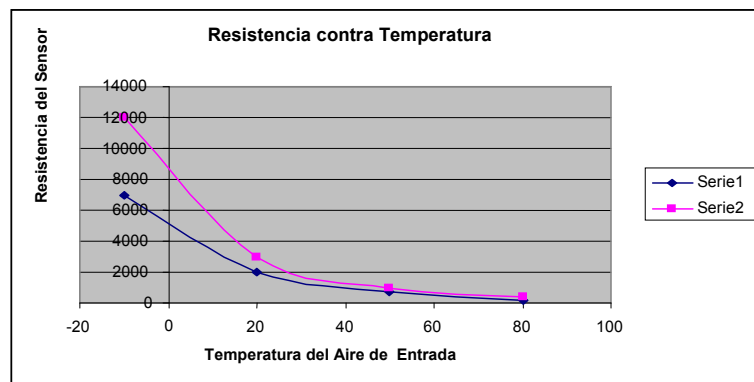
Tabla II Resistencia en función de la temperatura 1

TEMPERATURA Y RESISTENCIA DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE DE ENTRADA AL MOTOR	
--	--

Temperatura en °C	Resistencia en ohms
-10	7000-12000
20	2000-3000
50	700-1000
80	200-400

Esto muestra claramente que a medida que aumenta la temperatura del aire de entrada al motor la resistencia del sensor disminuye. El mismo comportamiento lo tiene un sensor de temperatura del refrigerante o ECT, los valores son los que cambian en este caso. A continuación se muestra en forma grafica el mismo comportamiento.

Figura 19. Resistencia en función de la temperatura



Como se puede observar el comportamiento no es lineal esto quiere decir que para aumentos de veinte grados de temperatura la resistencia del sensor no disminuye proporcionalmente.

A continuación se muestra el mismo comportamiento para un sensor de temperatura del refrigerante ECT. La principal diferencia con el anterior consiste en el rango de temperatura y de resistencia mas amplio.

Tabla III. Resistencia en función de la temperatura 2

SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR	
TEMPERATURA EN ° C	RESISTENCIA EN OHMS
100	177
90	241
80	332
70	467
60	667
50	973
45	1188
40	1459
35	1802
30	2238
25	2796
20	3520
15	4450
10	5670
5	7280
0	9420
-5	12300

Continuación tabla III

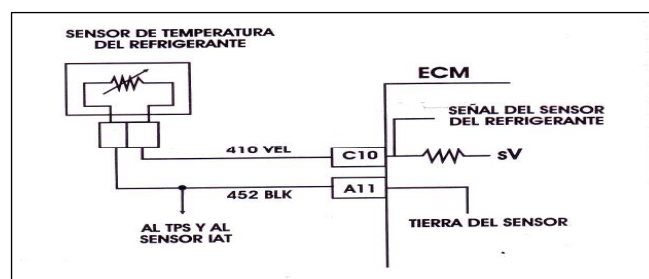
-10	16180
-15	21450
-20	26680
-30	52700
-40	100700

Los sensores de temperatura son de gran importancia en los sistemas electrónicos automotrices; en el caso de los sensores de temperatura del refrigerante pueden estar expuestos a corrosión. Las pruebas que se efectúan a estos sensores son las siguientes:

1. medir la resistencia del sensor para diferentes temperaturas y comparar con los datos del manual del fabricante
2. verificar la señal de tierra en el conector del lado del arnés
3. verificar la señal de 5 voltios del lado del conector
4. verificar la caída de tensión con conector conectado al sensor con el motor funcionando y calentando

Estas pruebas se pueden efectuar con un voltímetro y se comprenden mejor con la ayuda del diagrama eléctrico que se presenta en la siguiente figura.

Figura 20. Conexión de sensor de temperatura



Fuente: Mitchell On Demand

El diagrama muestra que el sensor es una resistencia variable en función de la temperatura. También se observa que el sensor es de dos líneas, aunque la línea de tierra o línea negativa es una línea que viene de la computadora de abordo y es una línea compartida con otros elementos como el sensor TPS. Es claro que en este sensor es la computadora de abordo quien proporciona los 5 voltios y que es la misma computadora quien rastrea la variación del voltaje de 5 voltios ya que este se encuentra compartido entre el sensor y una resistencia interna de la computadora. De esta forma al estar desconectado el conector y efectuar la medición de voltaje en el conector del lado del arnés debe existir una línea con 0 voltios y una con 5 voltios que en este caso es el voltaje de la fuente. Al conectar el sensor el voltaje disminuye debido a que el voltaje se comparte entre la resistencia de la computadora y la resistencia del sensor. Si el sensor cambia su valor resistivo con la temperatura y no se encuentra fuera de rango según los datos del manual de fabricante es necesario inspeccionar el arnés. Es decir que no existan líneas abiertas, líneas en corto o a tierra; si estas condiciones no se dan es preciso hacer una evaluación del estado de funcionamiento de la computadora de abordo. El hecho de que la línea de señal de 5 voltios que viene de la computadora de abordo no presente la señal de 5 voltios es el primer indicio de posible daño en la misma.

3.6 Sensores de Flujo de Masa de Aire

3.6.1 Descripción

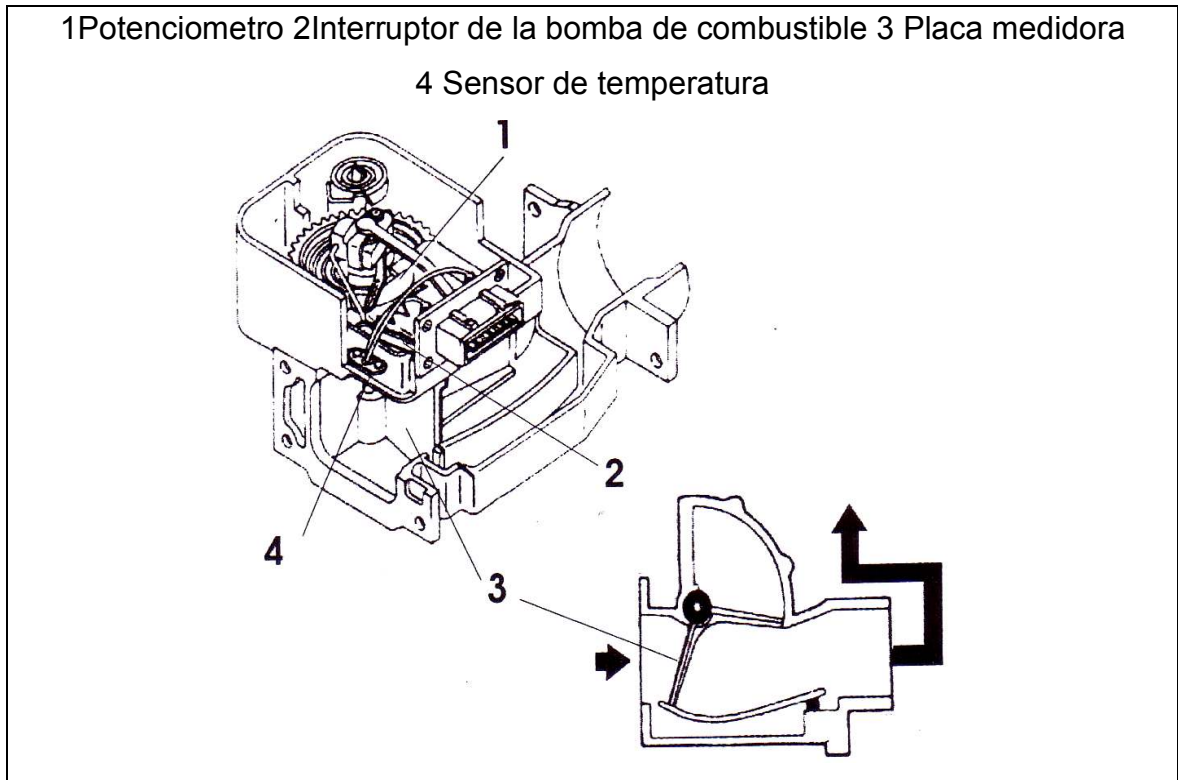
Los distintos sistemas electrónicos automotrices cuentan con elementos comunes y elementos no comunes. Un ejemplo de esto es el hecho de que todos los vehículos cuentan con un sensor de temperatura del refrigerante. La medición de la cantidad de aire que entra al motor es uno de los principales elementos de diferenciación de un sistema a otro. El mecanismo utilizado para determinar la cantidad de aire es muy diferente aunque en forma general se les conoce como medidores de flujo. Los medidores de flujo se pueden listar de la siguiente manera:

1. medidores de volumen de aire VAF
2. medidores de masa de aire MAF
3. medidores de tipo Karmann Vortex
4. medidores de presión absoluta del múltiple de admisión MAP

3.6.2 Aplicación

El medidor de volumen de aire o VAF es el mas antiguo de los sensores de flujo y prácticamente es una combinación de un elemento mecánico y un elemento eléctrico. El sensor VAF normalmente esta formado por una compuerta colocada en la toma de aire en forma de L. La compuerta gira en su extremo y oscila por la entrada de aire, contra la presión del resorte, la compuerta se encuentra conectada a un potenciómetro. La compuerta principal se encuentra dentro del flujo de aire y la compuerta de amortiguación oscila dentro de la cámara de oscilación. Este tipo de medidor incorpora en una misma pieza los sensores de temperatura del aire de entrada, el medidor de volumen de aire y el interruptor de la bomba de combustible. En la siguiente figura se muestra la construcción de dicho medidor de flujo.

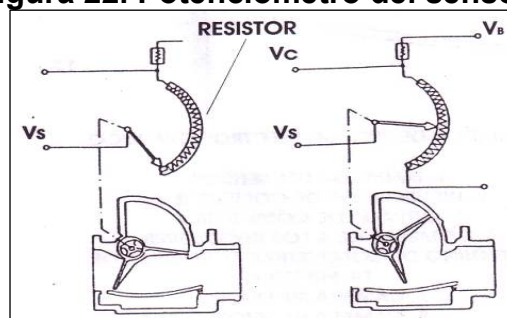
Figura 21. Medidor de volumen de aire VAF



Fuente: Manual de Fuel Injection

Desde el punto de vista eléctrico el VAF es un potenciómetro que puede ser descendente o ascendente. En la siguiente figura se muestra un potenciómetro ascendente.

Figura 22. Potenciómetro del sensor VAF

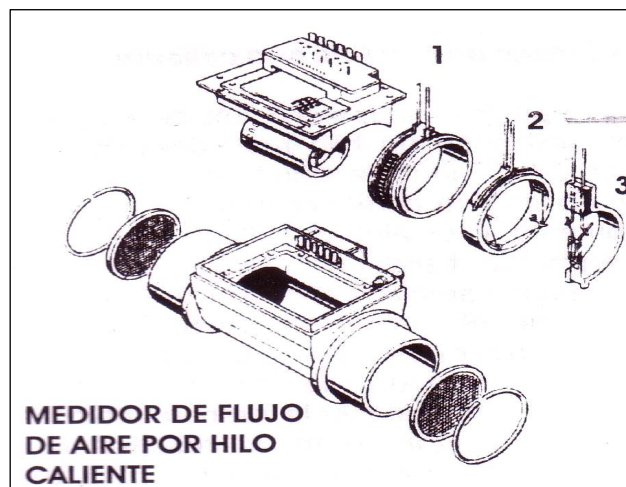


Fuente: Manual de Fuel Injection

Como se observa el potenciómetro cuenta con 3 líneas que están conectadas a la computadora de abordo. Estas líneas tienen las funciones de proporcionar un voltaje de referencia, una tierra y una línea de señal. Las pruebas a este sensor consisten en medir la resistencia entre los extremos del resistor o pista; además de verificar la continuidad en el recorrido del contacto deslizante. Este contacto deslizante es el que lleva el valor de voltaje a través de la línea de señal hacia la computadora de abordo.

El sensor de flujo de masa de aire MAF es también conocido como sensor de hilo caliente. La medida de la masa o flujo de aire, se obtiene utilizando un hilo muy delgado de platino o un elemento laminado de cobre. En el se aplica una corriente para calentar el elemento y el aire que fluye sobre el elemento tiende a enfriarlo, de ese modo cambia la resistencia eléctrica del elemento. En respuesta un amplificador electrónico aumenta la corriente para mantener la temperatura del elemento y resistencia constante. La computadora interpreta estas modificaciones de corriente de acuerdo como ocurren los cambios en el flujo de masa de aire, lo cual determina la cantidad de tiempo por el cual se deben mantener activos los inyectores. Este tipo de sensor es muy preciso y se encuentra en el centro del ducto admisión.

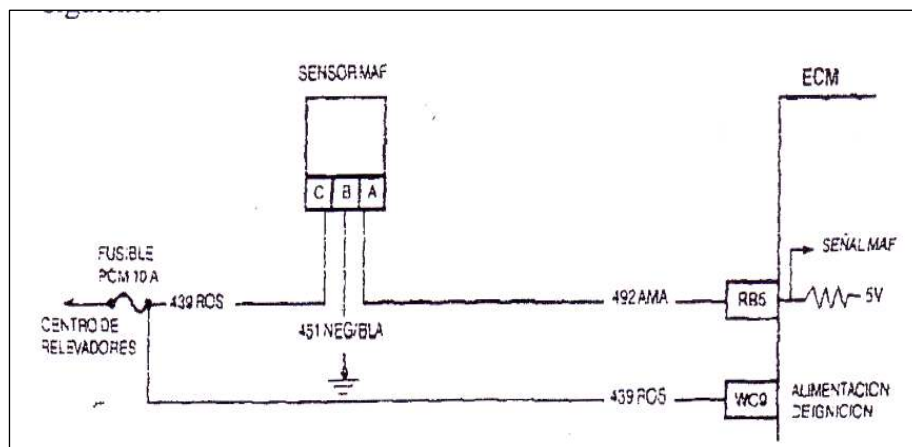
Figura 23. Medidor de flujo de masa de aire MAF



Fuente: Manual de Fuel Injection

Al efectuar pruebas a los sensores MAF es necesario referirse al manual del fabricante debido a que se han utilizado y siguen utilizando sensores análogos y sensores digitales. Ambos se basan en el mismo principio; pero las condiciones en terminales son un tanto diferentes. Además de esta situación los sensores MAF tienen como parte integral del mismo circuito el sensor de temperatura del aire de entrada al motor. Razón por la que estos sensores son de cuatro líneas. La siguiente figura muestra un diagrama eléctrico simplificado para un sensor MAF en el no se toma en cuenta el sensor IAT.

Figura 24. Esquema de conexión eléctrica del MAF

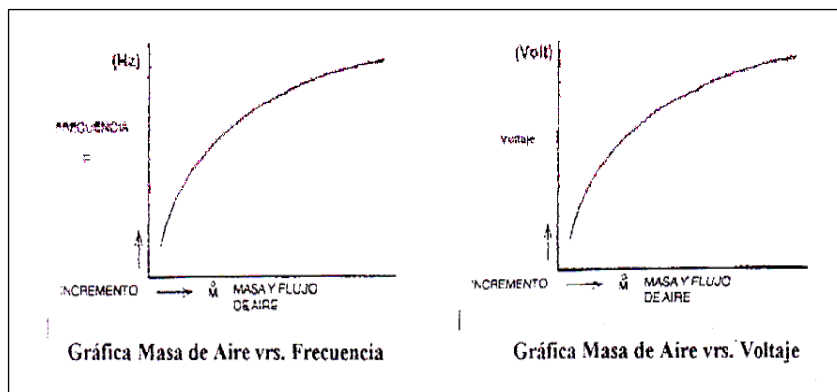


Fuente: Manual de Fuel Injection

Se observa que el sensor es de tres líneas, cuenta con una alimentación positiva que proviene de un relé y lleva tanto al sensor MAF como a la computadora de abordo. En este diagrama la tierra la toma el sensor de masa, carcasa o chasis, cualquiera que sea el nombre que se le de; aunque esta puede ser una tierra compartida con otros sensores y también puede provenir de la computadora de abordo. La tercera línea que se observa es la línea de señal la cual rastrea la caída de voltaje que existe entre la resistencia interna a la computadora de abordo y el sensor. En el caso de que se trate de un MAF digital en esta tercera línea lo que se mide es una frecuencia la cual debe de aumentar con el aumento del aire que entra al motor. De igual forma en el MAF

análogo a medida de que aumenta el flujo de aire al motor el voltaje en la línea de señal. La figura que sigue muestra en forma grafica esta condición para los dos tipos de MAF. La temperatura normal de operación del hilo caliente del sensor MAF es de 180°F aproximadamente unos 84 °C. Como medida de seguridad cuando el motor es apagado el hilo caliente se lleva al rojo vivo para quemar cualquier incrustación extraña que pueda producir una lectura incorrecta. Esta condición de alta temperatura dura unos 4 segundos.

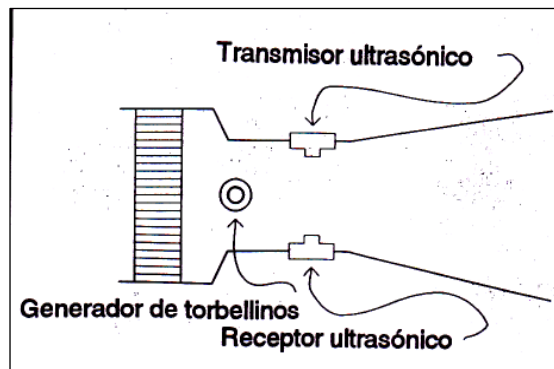
Figura 25. Señales del sensor MAF digital y analógico



Fuente: Manual de Fuel Injection

El medidor de flujo de aire del tipo Karmann Vortex ocupa un lugar especial debido a que funciona bajo un principio muy diferente a los que ya se han mencionado. En un solo dispositivo se encuentran los sensores de presión barométrica o baro, el sensor de temperatura del aire de entrada y el sensor de flujo de aire. La siguiente figura es una simplificación del medidor de flujo de aire del tipo Karmann Vortex en la que se muestra el principio de funcionamiento. La operación básica de este dispositivo es como sigue.

Figura 26. Medidor de Flujo de Aire tipo Karmann Vortex



Fuente: Manual de Fuel Injection

El aire entra al ducto de admisión proveniente del exterior, pasa por el filtro de aire, el cual retiene partículas extrañas que pueden dañar los distintos sistemas relacionados con la admisión del aire. Seguidamente del filtro de aire se encuentra el medidor de flujo de aire y posterior a el se encuentra el cuerpo de aceleración. En la figura de izquierda a derecha en una vista de planta encontramos: un pequeño panel el cual se encarga de ordenar en forma laminar el aire que entra al motor. Después encontramos el generador de torbellino, que no es mas que una pequeña protuberancia de plástico que forma un remolino en las laminas de aire que ingresan al motor. En la parte de la derecha se encuentran localizados un generador y un receptor de pulsos ultrasónicos. Cuando el motor no esta aspirando aire los pulsos ultrasónicos viajan entre el transmisor y el receptor. El receptor amplifica esta señal y la convierte en una señal digital. A medida que ingresa aire al motor este es ordenado y luego al chocar con el vértice o generador de torbellinos se genera una turbulencia que altera la velocidad a la que viajan las pulsaciones ultrasónicas, modificando con esto la frecuencia de la señal digital. Cuando se diagnostica un medidor de flujo del tipo Karmann Vortex es fundamental tener el diagrama eléctrico correspondiente. Teniendo el diagrama es necesario localizar las líneas que corresponden al generador de pulsos ultrasónico y al receptor. Con el conector desconectado estas líneas tendrán un valor de 5 voltios de corriente directa

que provienen de la computadora. Al conectar el conector una de las líneas se mantendrá en 5 voltios, mientras que la otra descenderá a un valor que oscila entre los 2.7 a 3.2 voltios. Si se cuenta con un frecuencímetro se debe observar que a la velocidad de marcha mínima la frecuencia de esta línea oscila entre 25 y 40 Hz. A medida que aumenta las revoluciones del motor la frecuencia aumentara como consecuencia de una mayor cantidad de aire ingresando al motor. Esta frecuencia aumenta a valores de unos 70 a 95 Hz a 2600 revoluciones por minuto. Si se cuenta con un osciloscopio se puede verificar la forma de la señal, la cual para un medidor en buen estado debe ser una onda cuadrada o señal digital con las frecuencias ya mencionadas. El medidor de flujo del tipo Karmann Vortex puede encontrarse dañado y sin embargo el vehículo sigue funcionando esto se debe que los vehículos cuentan con un sistema de respaldo que proporciona un valor predeterminado para la señal de flujo de aire.

3.7 Sensores de presión absoluta y presión barométrica

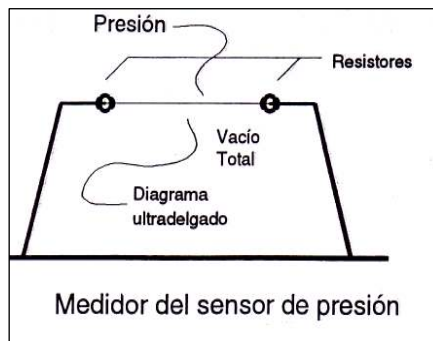
3.7.1 Descripción

El sensor de presión absoluta es también conocido como sensor de presión absoluta del múltiple de admisión o MAP. El sensor de presión barométrica es conocido como Baro. El MAP es un sensor de tres cables. Por lo general esta localizado en el compartimiento del motor y esta conectado a la presión del múltiple de admisión. El MAP mide los cambios de presión en el

aire del múltiple de admisión. La computadora utiliza la información del sensor MAP, la cual le indica la carga del motor, con el propósito de dosificar el combustible y determinar el tiempo de ignición. El Baro mide la presión atmosférica y convierte este valor en una señal de voltaje que es enviada a la computadora de abordo y procesada por esta. La presión barométrica es importante debido a que dependiendo la altitud a la que opera el vehículo cambia densidad del aire y como consecuencia cambia la cantidad de oxígeno

disponible para ingresar al motor. Calcular la cantidad de oxígeno que ingresa al motor es necesario para determinar la cantidad de combustible que se debe de entregar al motor. Para diagnosticar un sensor MAP o un sensor Baro solamente se necesita conocer las condiciones finales en las terminales o pines de dicho dispositivo. Sin embargo con la ayuda de la siguiente figura se puede tener un conocimiento completo de estos dos dispositivos. Estos sensores son medidores de deformación con lo cual monitorean la presión que están sensando. Consiste

Figura 27. Principio del medidor MAP



Fuente: Manual de fuel Injection

en un chip de silicio flexible y delgado que actúa como un diafragma para estirar los resistores localizados alrededor de las orillas del chip. A medida que estos resistores se alargan su valor cambia. El resultado final es un dispositivo sensible a la presión que se comporta como un potenciómetro para producir un voltaje que cambia con los cambios de presión.

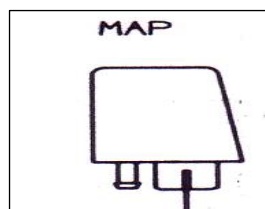
3.7.2 Aplicación

El sensor MAP es utilizado en sistemas de inyección por el cuerpo de obturador o TBI; la tendencia actual es a utilizar el sensor MAP en preferencia a los otros medidores de flujo, inclusive en sistemas que no son TBI. La verificación del estado de funcionamiento de un sensor MAP puede efectuarse

con un voltímetro. Verificando cada una de sus tres líneas. Una de la cuales debe ser una línea de tierra. Una de las otras líneas debe tener una señal de referencia de 5 voltios provenientes de la computadora de abordo. La línea que resta es la línea de señal la cual toma distintos valores dependiendo de la presión existente en el múltiple de admisión. Una forma de efectuar la prueba del funcionamiento del MAP consiste en poner en marcha el motor del vehículo y rastrear los cambios de voltaje en la línea de señal a medida que se incrementa la presión en el múltiple de admisión como consecuencia de la abertura de la aleta en el cuerpo de aceleración. Esta línea debe estar en el rango de los 0.5 voltios a 4 voltios dependiendo de que tan acelerado se encuentre el motor. Si se cuenta con una bomba de vacío o vacómetro no es necesario poner en marcha el motor; solamente con colocar el interruptor de encendido del motor en posición de ignición al aplicar vacío a la manguera que conecta el MAP con el múltiple debe haber una variación en el voltaje de la línea de señal.

La siguiente figura muestra el sensor MAP, el conector y un pequeño segmento del arnés eléctrico; también se observa la toma de vacío que va hacia el múltiple de admisión.

Figura 28. Sensor de Presión absoluta del Múltiple de Admisión



Fuente: Manual de Fuel Injection

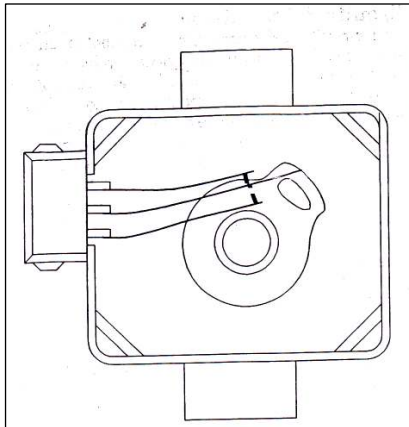
3.8 Sensor de posición del acelerador

3.8.1 Descripción

Este sensor es conocido con los nombres de sensor de posición de la aleta del acelerador, sensor de posición del obturador o como sensor TPS. Su

función es indicarle a la computadora de abordo que tan abierta de encuentra la aleta de aceleración. Para llevar a cabo esta función se utiliza un potenciómetro. En algunos sistemas antiguos se utiliza micro interruptores para efectuar este trabajo. Estos interruptores pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados. Este sensor se encuentra localizado en el cuerpo de aceleración acoplado a la aleta por medio de un eje. En sistemas modernos especialmente de origen europeo y en vehículos diesel el sensor se encuentra ubicado en el pedal del acelerador. En ciertos vehículos se utiliza una combinación de potenciómetro y micro interruptor. La siguiente figura muestra el funcionamiento de un micro interruptor.

Figura 29. Interruptor de dos posiciones del acelerador

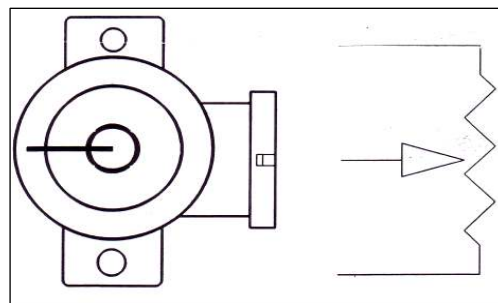


Fuente: Manual de Fuel Injection

En el diseño de arriba el sensor es de tres líneas, cuando la aleta se encuentra cerrada existe continuidad entre la línea superior y la de en medio a través de los contactos; cuando la aleta se abre el eje mueve la leva y se abre el contacto superior y se cierra el contacto inferior produciendo continuidad entre la línea inferior y la de en medio. Si la segunda línea el de 5 voltios cuando ocurra el movimiento en la leva la computadora se enterara del cambio por la aparición de 5 voltios en la línea inferior. El inconveniente de este sistema es que solo informa si la aleta esta abierta o cerrada y no es capaz de dar una

señal proporcional a la abertura de la aleta. La solución a este problema se tiene con el sensor TPS. Este sensor es un potenciómetro que puede funcionar en forma ascendente como descendente. El TPS es un sensor de tres líneas; una es una línea de voltaje de referencia de 5 voltios, una es una línea de tierra, y la tercera que es una línea de señal. La línea de señal toma valores de voltaje que pueden variar entre 0 voltios y 5 dependiendo que tan abierta se encuentre la aleta de aceleración. La siguiente figura muestra el símbolo del potenciómetro y su apariencia externa.

Figura 30. Potenciómetro utilizado para medir la posición de acelerador

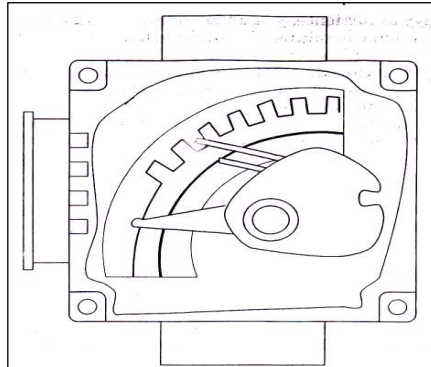


Fuente: Manual de Fuel Injection

3.8.2 Aplicación

El sensor TPS informa a la computadora de abordo que tan abierta se encuentra la aleta de aceleración. Esto lo hace por medio de una señal de voltaje que es proporcional a la abertura de la aleta. Cuando se prueba un TPS es necesario medir la resistencia entre la línea de voltaje de referencia y la línea de tierra, con el conector de dicho sensor desconectado. Verificar la continuidad en la pista para que no haya interrupciones en la señal por donde pasa el contacto deslizante. Esta construcción interna se observa en la siguiente figura.

Figura 31. Interruptor de veinte posiciones del acelerador



Fuente: Manual de Fuel Injection

Verificar el contacto entre el contacto deslizante y la pista. Después de efectuar las pruebas ya mencionadas es necesario calibrar el TPS. Para esto es necesario tener la información específica para el vehículo que se está trabajando. Si se trata de un TPS ascendente el manual del fabricante nos puede indicar que en marcha mínima la línea de señal debe medir 0.5 voltios. Se ajusta esta lectura con los tornillos con corredera del cuerpo del sensor.

3.9 Sensor de detonaciones

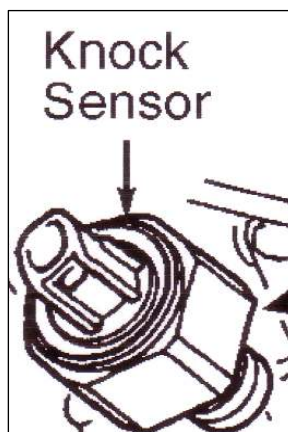
3.9.1 Descripción

Este sensor es conocido con los nombres de sensor de detonaciones, sensor de golpeteo o con el nombre en inglés de knock sensor. Básicamente consiste en un cristal piezoeléctrico que al ser sometido a vibraciones extrañas, que pueden dañar el motor genera una señal de corriente alterna. Esta señal le sirve a la computadora de a bordo para corregir el tiempo de ignición. El tiempo de ignición es retrasado hasta que la condición de ruido o vibración que produjo la generación de la señal alterna desaparezca. El sensor de detonación está directamente acoplado a la computadora; aunque en algunos vehículos utiliza un módulo que recibe la señal del sensor, este módulo la amplifica y luego la envía a la computadora de abordo.

3.9.2 Aplicación

No se puede generalizar la cantidad de líneas que utiliza el sensor de detonaciones; en el que esta directamente acoplado a la computadora utiliza una línea de 5 voltios de DC y cierra el circuito por medio de la carcasa o chasis. Para el que utiliza un modulo amplificador utiliza cuatro líneas. Un positivo de ignición para que opere el modulo amplificador. Una línea de tierra para la operación del modulo, una línea de señal entre el modulo y la computadora de abordo; y por ultimo una línea entre el modulo y el sensor, teniendo este ultimo su tierra a través de carcasa. En el sensor que esta directamente acoplado a la computadora de abordo utiliza una única línea hacia el sensor y cierra el circuito por medio de la carcasa del sensor. La siguiente figura muestra la apariencia del sensor la cual es muy similar a la de un bulbo de presión de aceite. Aunque el cubo de apriete del sensor es normalmente robusto esto no significa que utilice un gran torque lo que puede dañar el sensor. Normalmente unas 25 libras-pie es suficiente para esto. Las pruebas al sensor de golpeteo consisten en verificar líneas en corto o abiertas y la verificación de la generación de voltaje alterno. La verificación de voltaje alterno se efectúa con un osciloscopio, aplicando pequeños golpes al bloque de cilindros el sensor debe generar una señal alterna de unos cuantos milivoltios de amplitud.

Figura 32. Sensor de golpeteo



Fuente: Mitchell Repair

3.10 Sistemas EVAP

3.10.1 Descripción

El sistema EVAP está diseñado para reducir los vapores de gasolina que salen al ambiente. El término EVAP significa en inglés emisión de vapores. Por efectos de la temperatura, presión y volumen de gasolina dentro del tanque de combustible se generan vapores. A estos vapores normalmente se les conoce como hidrocarburos ó HC. En ausencia del sistema EVAP estos vapores saldrían al ambiente cada vez que se retire el tapón del tanque de combustible. Estas emisiones son contaminantes. Dentro de los efectos indeseables para el ser humano de los HC se encuentran la irritación de ojos y membranas mucosas. En términos de los motores de los vehículos modernos el control de los hidrocarburos es estricto. Solamente se permite de 100 a 300 partes de HC por millón de partes en el tubo de escape. Este número en porcentajes equivale a 0.001 a 0.003 por ciento. El exceso de hidrocarburos en el escape puede ser el resultado de fugas de vacío, mezcla demasiado rica, mezcla demasiado pobre y baja compresión en el motor.

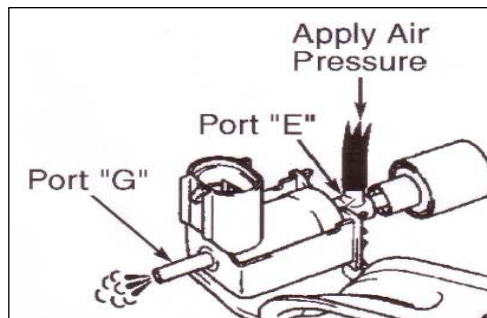
3.10.2 Aplicación

Los elementos que forman parte del sistema EVAP son el tanque de combustible, el canister, el solenoide EVAP y los conductos de vacío y combustible. El canister es un depósito que contiene carbón activado. Cuando se genera vapor en el tanque de combustible este es dirigido hacia el canister a través de un conducto. El canister se encarga de absorber y almacenar los vapores del combustible. El canister cuenta con una válvula que permite el paso de aire fresco hacia su interior. El solenoide EVAP es activado en el momento en el que puede ser quemado el vapor mezclado con el aire fresco. Esta mezcla es dirigida del canister hacia el múltiple de admisión. El solenoide EVAP es gobernado por la computadora de abordo.

En sistemas modernos con autodiagnóstico de segunda generación se cuenta con sensores de presión de vapor. En la siguiente figura se muestra uno

de los elementos mencionados. Se trata del solenoide EVAP, el cual abre y cierra el paso de los HC según sea requerido por la computadora de abordo.

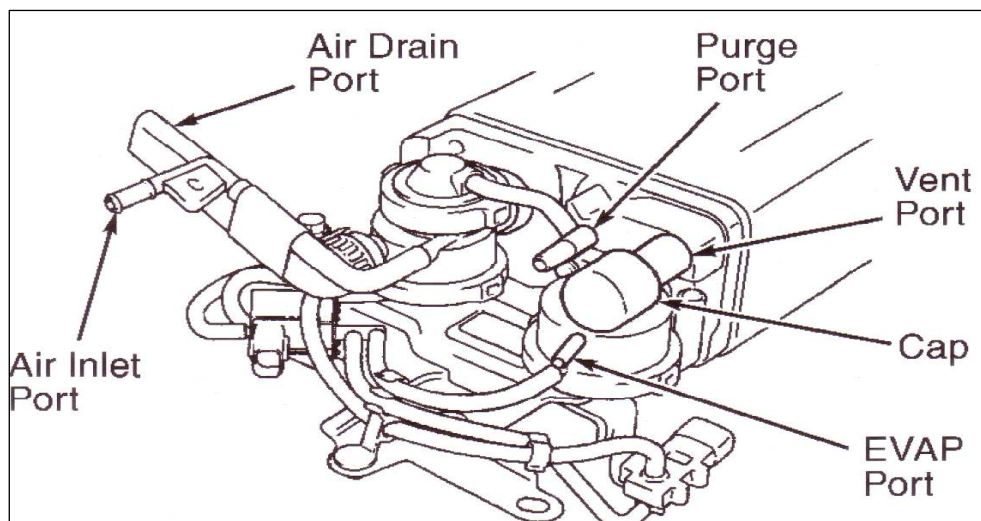
Figura 33. Solenoide EVAP



Fuente: Mitchell Repair

En la siguiente figura se muestra el sistema EVAP incluyendo los elementos: canister, el solenoide EVAP y los conductos de aire fresco, de vapor o HC y la purga del sistema. En necesario aclarar que el sistema EVAP funciona cuando el motor esta funcionando arriba de la velocidad de marcha mínima es decir que se ha superado la velocidad de ralentí.

Figura 34. Sistema EVAP



Fuente: Mitchell Repair

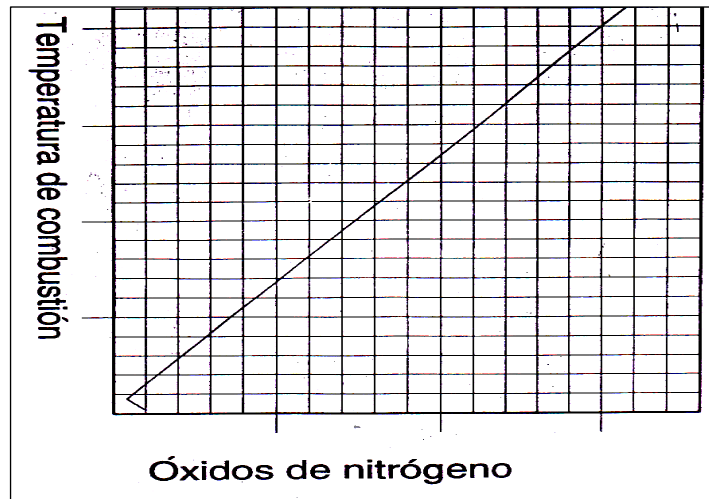
En la figura se muestra y se nombra en inglés los nombres de los componentes del sistema EVAP, en esta se muestra el canister o bote de carbón activado, el conector eléctrico, el solenoide EVAP, el orificio de entrada de HC, la entrada de aire fresco del ambiente, el respiradero de aire y el orificio de purga.

3.11 Sistema EGR

3.11.1 Descripción

Los sistemas EVAP, PVC y EGR son resultado del esfuerzo por disminuir las emisiones contaminantes. El sistema EVAP reduce las emisiones de hidrocarburos. El sistema PVC se encarga de los vapores producidos en el cárter o depósito de aceite del motor introduciéndolos a la cámara de combustión para ser quemados. Las emisiones contaminantes producto de la combustión consisten en: hidrocarburos ó HC, (gasolina no quemada), monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, óxidos de nitrógeno NO_x. Los óxidos nitrosos son producto de la combinación de oxígeno y nitrógeno. Estos elementos a temperatura ambiente no se combinan. Al estar expuestos a una temperatura relativamente alta, alrededor de los 1400 °C se combinan para formar los gases conocidos como óxidos nitrosos. El óxido nitroso es una sustancia sumamente contaminante. A medida que el motor es sometido a esfuerzos la cámara de combustión alcanza temperaturas elevadas que dan origen a la producción de óxidos nitrosos. La siguiente figura muestra la relación existente entre la temperatura de combustión y la producción de óxidos nitrosos.

Figura 35. NO_x generado con el aumento de temperatura



Fuente: Manual de Fuel Injection

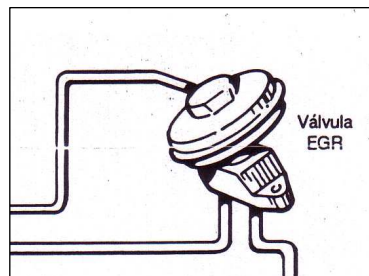
El objetivo del sistema EGR es disminuir la temperatura de la cámara de combustión para evitar la producción de óxidos nitrosos. Las siglas EGR significan en inglés recirculación de gases de escape. En términos simples el sistema EGR toma una pequeña cantidad de gases ya quemados y los introduce de nuevo a la cámara de combustión. Con esto se desplaza un volumen de mezcla aire combustible por gas ya quemado, esto permite el enfriamiento de la cámara de combustión considerablemente. Debido a que los gases que ya se quemaron no se vuelven a quemar; es decir se comportan inertes al proceso de combustión. Un volumen de 7% de gases de combustión en la cámara reduce en 200 °C la temperatura de esta.

3.11.2 Aplicación

Los principales elementos del sistema de recirculación de gases de escape son: la válvula EGR, el solenoide, las líneas de vacío y los sensores de posición de la válvula EGR. La entrada en operación del sistema EGR es

controlada por la computadora de abordo. La computadora de abordo monitorea constantemente las señales del sensor de temperatura del refrigerante, del sensor TPS y del sensor MAP o MAF para poder efectuar los cálculos correspondientes y determinar la activación del sistema EGR. Las condiciones para que el sistema EGR opere son: que la temperatura del motor es muy cercana a la temperatura normal de operación. Que el sensor TPS detecte una ligera abertura de la aleta del acelerador y como consecuencia de esto el motor haya superado la velocidad de ralenti. El vacío generado por el motor es el otro parámetro monitoreado. En sistemas antiguos la válvula EGR era controlada únicamente por el vacío generado en el motor. En la siguiente figura se muestra uno de estos sistemas. Los conductos que se muestran son: uno para el gas proveniente del múltiple de escape, el siguiente que conduce el gas de la válvula hacia el múltiple de admisión y el restante que activa la válvula por medio del vacío generado.

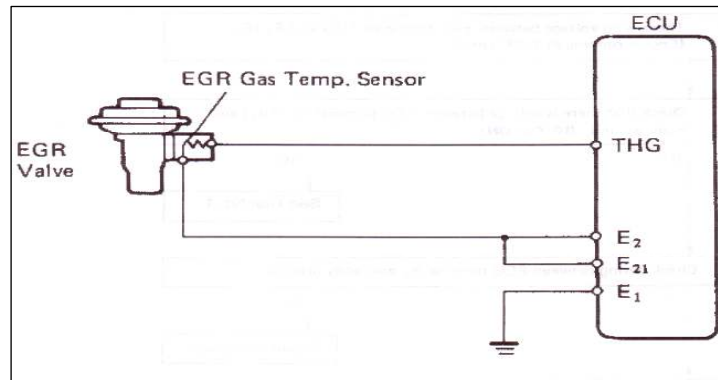
Figura 36. Válvula EGR



Fuente: Manual de Fuel Injection

En algunos modelos se incluye un sensor de temperatura del gas en el sistema EGR. Esto proporciona información adicional para el control de la producción de NO_x. La siguiente figura muestra esta disposición junto con la apariencia de la válvula EGR y las terminales en computadora de abordo.

Figura 37. Sensor de temperatura EGR



Fuente: Mitchell Repair

Debido a la importancia en el control de los NO_x se han diseñado sistemas con retroalimentación los cuales informan a la computadora de abordo si la válvula EGR esta abierta o cerrada. El mecanismo utilizado para esto consiste en un potenciómetro acoplado al vástago de la válvula. Cuando la computadora determina que debe ingresar gas quemado por medio del sistema EGR energiza el solenoide, este permite el paso de vacío hacia la válvula EGR y esta a su vez permite el paso de gases quemados hacia el múltiple de admisión. Si por alguna razón la válvula no actúa el vástago no se moverá y por consiguiente no cambiara la señal del potenciómetro acoplado al mismo; la computadora interpretara esto como una falla en el sistema EGR. Un sistema EGR defectuoso producirá un aumento en las emisiones contaminantes mas haya de lo permitido y provocara fallas en el motor tanto en la velocidad de ralentí como al acelerar y desacelerar.

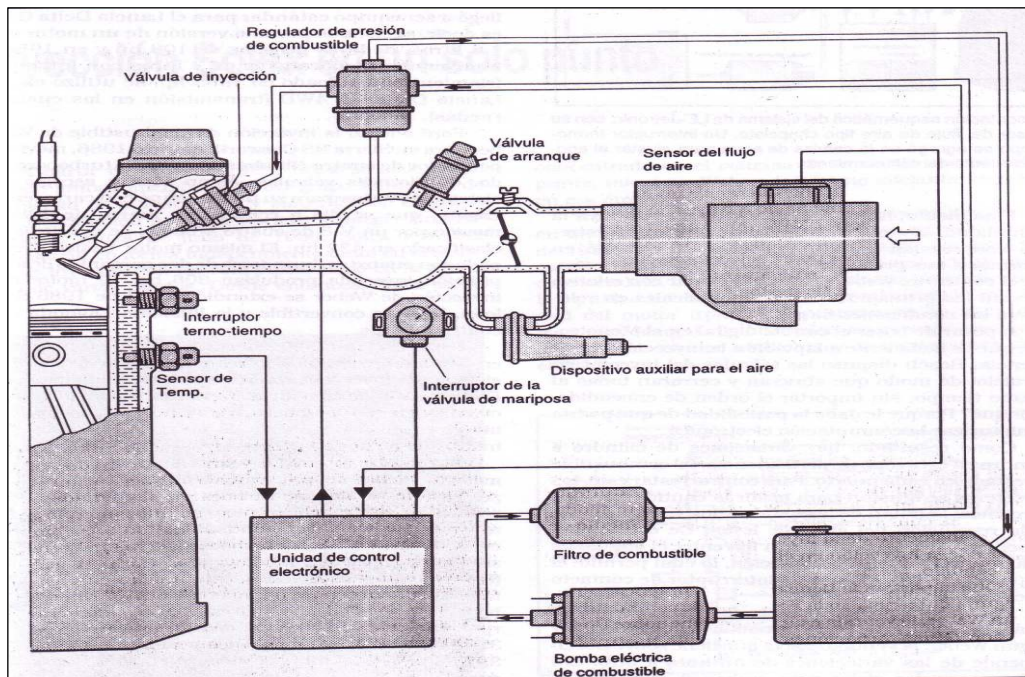
3.12 Sistema de control de la velocidad de Ralentí

3.12.1 Descripción

Con el nombre de velocidad de Ralentí se conoce a la velocidad mínima a la que opera correctamente el motor de combustión. La velocidad de Ralentí depende de varios factores como lo son: el número de cilindros, la temperatura

del motor, la carga aplicada al motor por la aplicación del aire acondicionado, la dirección hidráulica y otros. Como parámetro de referencia, en un motor de cuatro cilindros la velocidad mínima debe ser de unas 600 revoluciones por minuto, para uno de seis cilindros la velocidad debe ser de 550 revoluciones por minuto y para uno de ocho unas 500 revoluciones. Para un dato mas exacto es necesario referirse al manual del fabricante. Los elementos del control de la velocidad de marcha mínima son diversos, y pueden ir desde una pequeña derivación de aire en el sensor de flujo de aire hasta un motor controlado por la computadora de abordo. A continuación se presenta un sistema de control de marcha mínima el cual utiliza una válvula auxiliar y un tornillo de ajuste del aire de marcha mínima.

Figura 38. Control de marcha mínima



Fuente: Manual de Fuel Injection

La figura muestra los elementos varios elementos relacionados con la inyección electrónica de combustible; entre ellos la computadora de abordo, el

sensor de temperatura de refrigerante ECT, el medidor de flujo de aire, el sensor de posición de la aleta de aceleración TPS y otros.

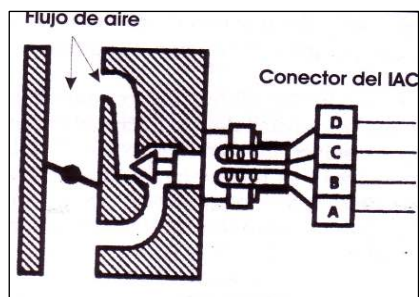
Este tipo de control de marcha mínima para este sistema de inyección opera de la siguiente manera: al producirse un arranque con el motor frío la computadora de abordo activa el inyector de arranque en frío el cual inyecta combustible esto hace que se requiera aire en el motor. El aire ingresa al motor pasando primero por el medidor de flujo de aire, luego llega a la aleta de aceleración la cual se encuentra cerrada. En este punto existen dos derivaciones, la primera que es controlada por un tornillo de ajuste de aire mínimo y la segunda que es controlada por una válvula de aire auxiliar que es activada por la temperatura del motor. Esta válvula es controlada por un bulbo de temperatura expansible. A medida que el motor calienta la válvula se cierra. Para llevar a la marcha mínima un motor que cuenta con este sistema es necesario llevarlo a la temperatura normal de operación y luego verificar que la válvula se encuentra totalmente cerrada. En este momento se puede ajustar la velocidad de marcha mínima ajustando el tornillo de derivación de aire mínimo.

3.12.2 Aplicación

El adecuado control de la velocidad de marcha mínima del motor es necesario debido a que una velocidad mínima alta repercute en un consumo excesivo de combustible; una velocidad mínima baja puede ocasionar que el motor se detenga repentinamente. Un problema adicional en el control de la marcha mínima puede ser una velocidad errática, es decir aumentos y disminuciones de la velocidad del motor. En sistemas que cuentan con tornillo tope de la aleta del acelerador se puede estar tentado a controlar la velocidad de marcha mínima con este, acción que no es la mejor. En sistemas modernos la velocidad de marcha mínima es controlada por un motor eléctrico que a su vez es controlado por la computadora de abordo. En la siguiente figura se muestra en forma simplificada la posición de la aleta de aceleración y la derivación del aire de la marcha mínima junto con el motor eléctrico que regula

la cantidad de aire que pasa por esta derivación. En ocasiones este motor es llamado motor de marcha mínima o simplemente IAC. El término IAC significa en ingles control del aire entrada. En el arranque del motor, cuando este se encuentra frío la computadora de abordo amplia la duración del pulso de inyección para producir el arranque y el rápido calentamiento del mismo. Esta condición demanda más aire para poder quemar el combustible. Debido a que la aleta del acelerador esta cerrada el aire pasa por la derivación que se muestra.

Figura 40. Válvula IAC



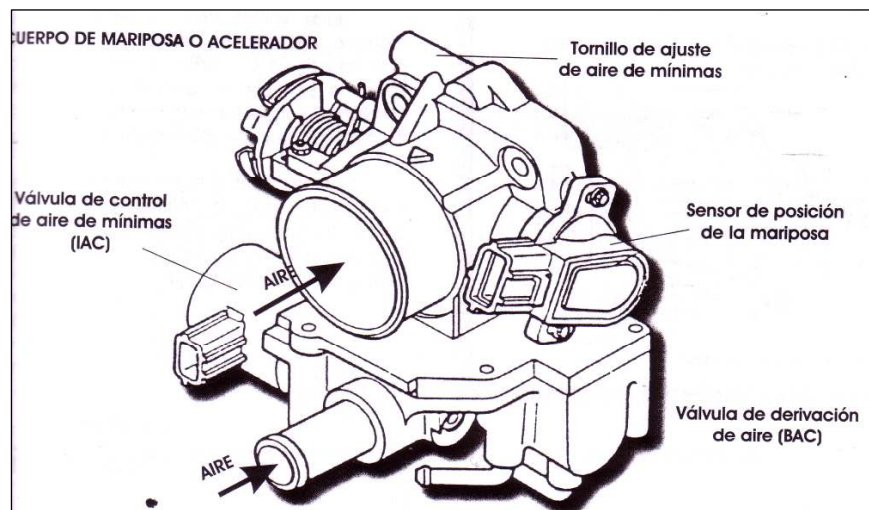
Fuente: Manual de Fuel Injection

Si la computadora determina que el motor requiere mas aire hará que el vástago entre. A medida que el motor calienta y llega a su temperatura de funcionamiento la computadora ira sacando el vástago hasta reducir el aire que pasa por la derivación. Como se menciona anteriormente si ajustamos la posición de la aleta con el tornillo tope estamos alterando el adecuado funcionamiento del sistema. Los parámetros que la computadora utiliza para controlar la válvula IAC son la temperatura del motor y las revoluciones por minuto o RPM. Un cambio en las RPM del motor es producto de la carga aplicada al mismo, esta carga puede ser la activación del aire acondicionado, la dirección hidráulica o un cambio entre N y D en la transmisión automática. La temperatura es el otro parámetro relacionado, es muy importante que el sistema de refrigeración cuente con un termostato en buen estado. Si esto no es así el

vehículo no llegará a su temperatura normal de operación y gastará combustible en exceso.

En la siguiente figura se muestra el componente que se denomina cuerpo de aceleración. En él se encuentran alojados la aleta de aceleración, el sensor TPS y la válvula IAC. También se muestra en la figura el tornillo de tope de la aleta.

Figura 41. Cuerpo de Acelerador



Fuente: Manual de Fuel Injection

3.13 Luz indicadora de mal funcionamiento MIL

3.13.1 Descripción

El término MIL significa en inglés: Luz Indicadora de Malfuncionamiento. Esta luz aparece en el tablero de los vehículos con la figura de un motor y/o cualquiera de las siguientes expresiones: check engine, power loss o service engine soon. Es una advertencia de mal funcionamiento del motor. Dependiendo de la marca del vehículo y del sistema de autodiagnóstico esta luz

se encenderá al colocar el interruptor de encendido en la posición de ignición. Después de esta acción existen dos posibilidades: 1) la computadora de abordo inspecciona todos los sensores y actuadores comandados por ella y apaga la luz indicándole al operador que el vehículo que el motor puede ser puesto a funcionar. 2) la computadora de abordo inspecciona sensores y actuadores y apaga la luz hasta que el motor esta funcionando.

3.13.2 Aplicación

La luz MIL indica al conductor del vehículo un mal funcionamiento en el motor. La computadora de abordo evalúa las condiciones de funcionamiento de los sistemas y elementos relacionados para encender esta luz. La luz MIL también puede indicar una falla interna de la computadora de abordo. La luz MIL puede funcionar en forma intermitente lo que representa una falla severa en el catalizador. Cada vez que se enciende la luz MIL se guarda uno o varios códigos de falla en la memoria de la computadora de abordo. En los sistemas de primera generación estos códigos pueden ser borrados al desconectar el acumulador. En los sistemas de segunda generación los códigos pueden ser borrados con el explorador o escáner. En cualquiera de los dos sistemas la luz se apagará si la falla desaparece, con la diferencia de que en los sistemas de primera generación se apaga seguido de desaparecer la falla. En los sistemas de segunda generación la luz se apaga después 40 o mas viajes.

3.14 Inyectores

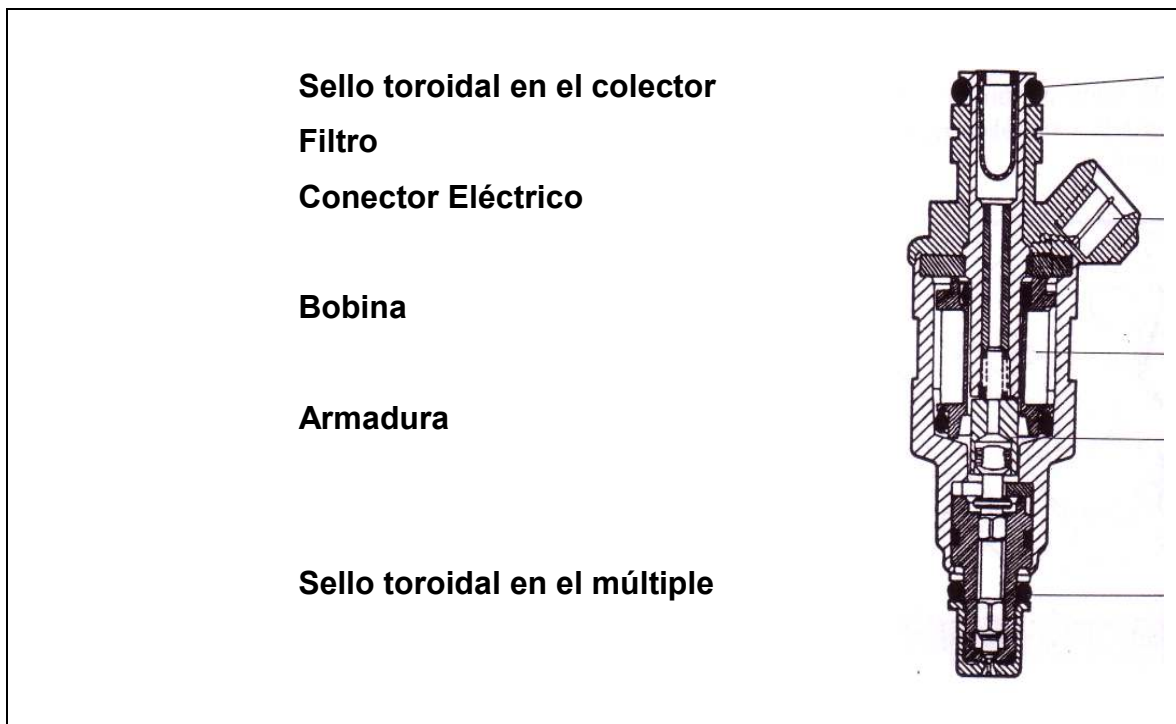
3.14.1 Descripción

El sistema de combustible en un vehículo inyectado esta formado por: el tanque de combustible, la bomba de combustible, la tubería, el filtro, el regulador de presión y los inyectores. En los sistemas de primera y segunda generación se utilizan inyectores de combustible controlados electrónicamente. Estos inyectores de combustible pueden operar en sistemas monopunto o multipunto. En los dos casos los inyectores cuentan casi con los mismos

elementos y operan en forma similar. En general el cuerpo del inyector contiene un solenoide eléctrico, resorte, boquilla y un filtro. En los sistemas de inyección multipunto los inyectores se instalan en orificios o aperturas muy cercanas a las válvulas de admisión. El combustible es suministrado a una presión constante

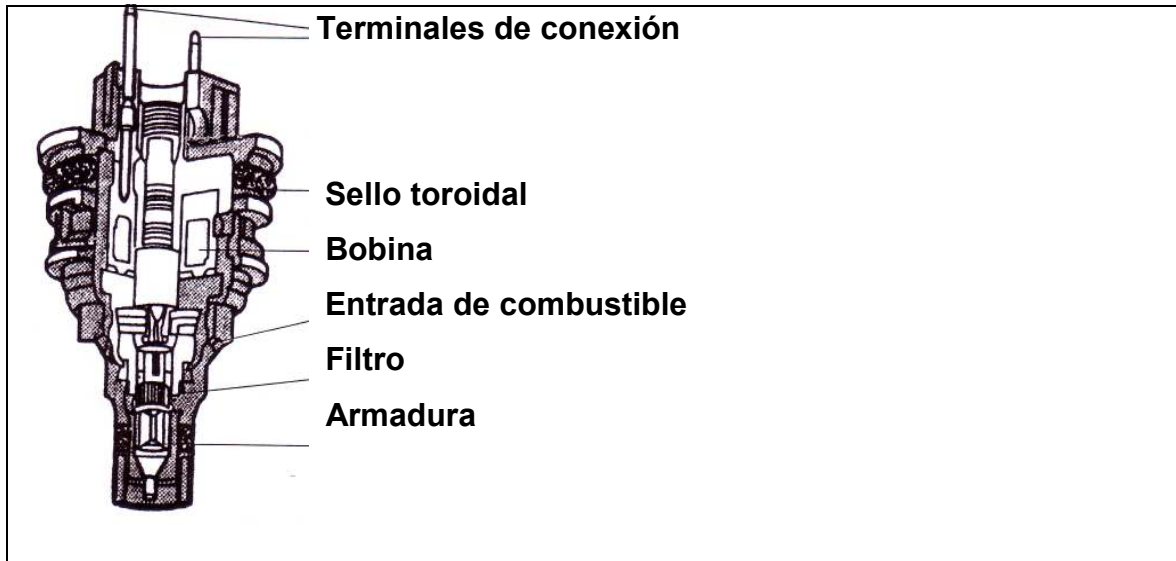
de aproximadamente 40 psi de acuerdo al diseño del fabricante. Un sello de empaque toroidal impide la fuga entre el cuerpo del inyector y el múltiple de admisión. La punta del inyector esta diseñada para dividir el combustible en un rocío muy fino. El ángulo del inyector, el patrón de rociado y la distancia a la válvula de admisión son características muy importantes en el diseño, las cuales varían de un motor a otro. Las siguientes figuras muestran un inyector multipunto y uno monopunto seccionados para observar sus componentes.

Figura 42 Inyector de electrónico de combustible monopunto



Fuente: Manual de Fuel Injection

Figura 43 Inyector electrónico de combustible monopunto



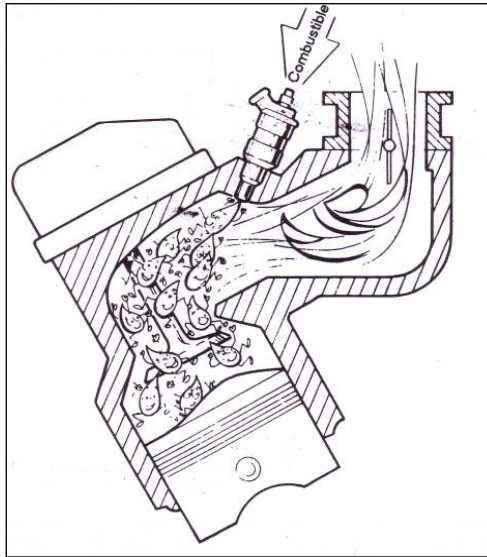
Fuente: Manual de Fuel Injection

3.14.2 Aplicación

Como ya se menciona la función del inyector es introducir el combustible al aire de admisión en forma de rocío. En la figura que se muestra abajo se observa la función del inyector. El principal problema que sufren los inyectores es la obstrucción. Existen en el mercado líquidos que ayudan a eliminar la suciedad e incrustaciones en los inyectores. El inconveniente de este procedimiento es que si existe oxido en el tanque de combustible y en las tuberías el inyector se puede obstruir más. Otro procedimiento para limpiar inyectores consiste en conectarlo a una maquina especial para limpiar inyectores o someterlos a limpieza por medio de ultrasonido. Un inyector dañado es una pieza que se debe reemplazar debido a que no es reparable. Si un inyector esta muy obstruido o totalmente obstruido esto se traducirá en la perdida de un cilindro y un funcionamiento anormal del motor; eléctricamente la bobina puede dañarse y producir el mismo efecto. Las pruebas rápidas a los inyectores que pueden realizarse en los inyectores son: 1) medir la resistencia del inyector 2) medir el pulso de inyección 3) medir con una probeta la descarga

de combustible de cada inyector y verificar el cono que forma la descarga 4) escuchar con el estetoscopio el sonido de activación del inyector o clic.

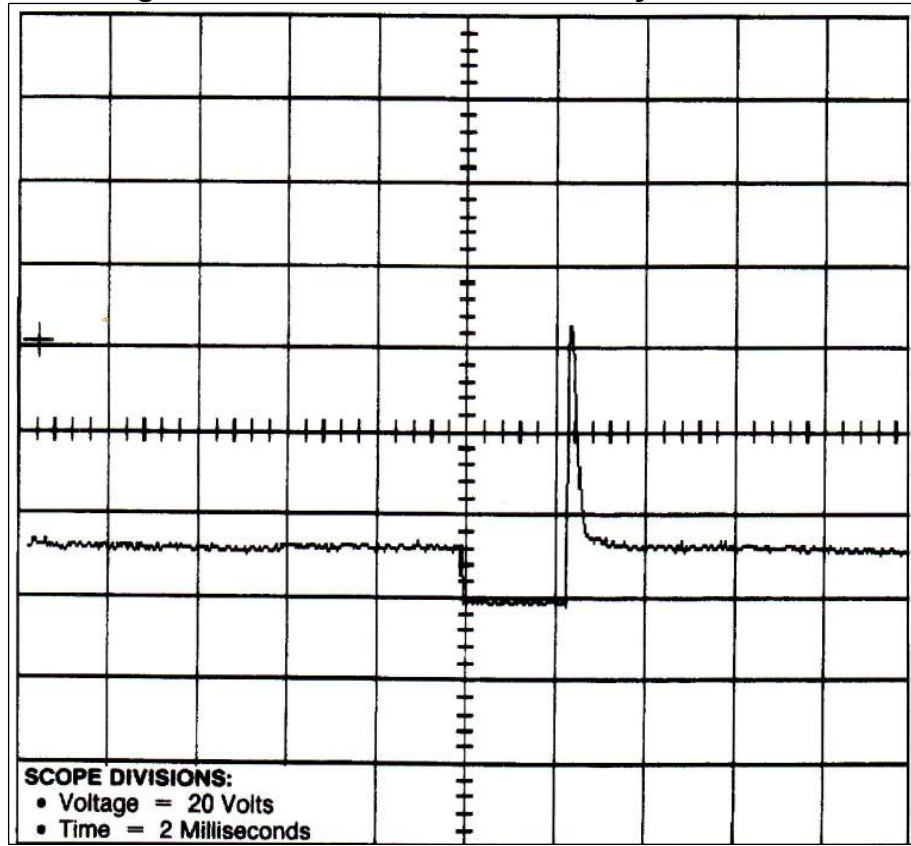
Figura 44. Inyección de combustible



Fuente: Manual de Fuel Injection

Dentro de las pruebas que se acaban de mencionar alguna son más sencillas que otras y se recomienda iniciar con las más fáciles. Un parámetro de resistencia de la bobina del inyector a temperatura ambiente es de 14Ω a 16Ω , aunque existen sistemas con 2Ω de resistencia en todo caso lo mejor es referirse al manual del fabricante. La forma de la señal de inyección o el pulso de inyección debe ser como el que se muestra en la siguiente figura. Para un motor frío el pulso dura unos 4 milisegundos y a medida que el motor calienta disminuirá a 2 milisegundos. De ahí la economía de combustible en un motor inyectado y la importancia del buen funcionamiento del sistema de enfriamiento del mismo, en especial el adecuado funcionamiento del termostato.

Figura 45. Patrón de la señal de Inyección



Fuente Mitchell On Demand

4. TERMINOLOGIA OBD1 Y OBD2

4.1 Diagnostico

La implementación de regulación enfocada al control de emisión de gases ha dado lugar al desarrollo de nuevas tecnologías. Los sistemas de autodiagnóstico OBD 1 y OBD2 han introducido nuevos términos y abreviaturas de interés para la comunidad automotriz. Un diagnostico es una prueba efectuada por la computadora de abordo. La prueba puede ser efectuada sobre un componente o sobre un sistema y tiene por objeto determinar si este esta operando según sus especificaciones.

4.2 Conector de diagnostico OBD1

En los vehículos que cuentan con sistema de autodiagnóstico OBD1 el conector de diagnostico varia tanto en ubicación como en forma. A continuación se presenta la forma del conector y el procedimiento para tener acceso a los códigos de falla por marca, para algunas marcas reconocidas.

Chrysler.

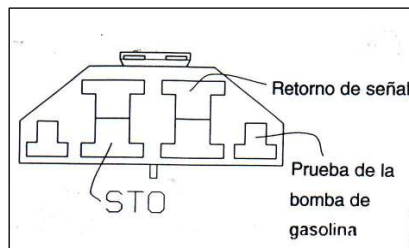
Los vehículos de la marca Chrysler con sistemas de autodiagnóstico de primera generación cuentan con el sistema mas bondadoso para tener acceso a los códigos de falla; para este efecto solamente es necesario llevar la llave de encendido de la posición de apagado a la de encendido tres veces consecutivas y dejarla en esta posición. En este momento el sistema de autodiagnóstico despliega los códigos en forma de destellos luminosos en la luz mil. Los sistemas de Chrysler cuentan con un conector de diagnostico ubicado en la parte interna de la lodera derecha pero este no cuenta con terminales para

efectuar algún puente para obtener los códigos de falla, lo cual no es necesario por las razones que ya fueron expuestas anteriormente.

Ford

El conector de diagnostico en los sistemas Ford de primera generación se encuentra ubicado en la parte interna de las loderas o en el lado interno del parachoques. Este conector recibe el nombre de conector STAR y consta de seis agujeros de los cuales tres o cuatro se encuentran cableados, es decir tienen pines habilitados. El conector Ford se muestra en la siguiente figura.

Figura 46. Conector STAR



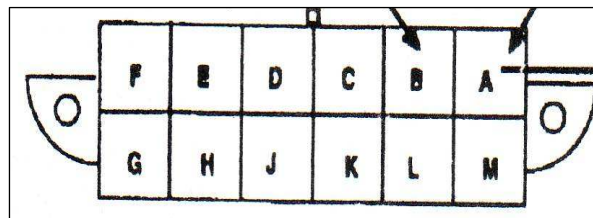
Fuente: Manual de Fuel Injection

Cerca de este conector se encuentra un conector tipo cola de Cerdo el cual es un conector único. Para tener acceso a los códigos de falla solamente hay que hacer un puente eléctrico entre la línea de retorno de señal y el conector único. Luego se coloca el interruptor de ignición en la posición de encendido y los códigos se despliegan en forma de pulsos luminosos en la luz mil. La termina prueba de bomba de gasolina se puede puentear hacia una buena tierra y con esto se activa la bomba de combustible; esto con el objeto de poder probar la presión de combustible sin encender el motor. En vehículos que no cuentan con luz indicadora mil se efectúa el mismo procedimiento auxiliado con un voltímetro o una led conectada entre el borne positivo del acumulador y el pin marcado con las letras STO.

General Motors

En los sistemas de General Motors de primera generación existen dos conectores distintos, los cuales se encuentran ubicados en la base del timón a la altura de la parte baja del tablero. En la figura que se muestra a continuación se muestra que se debe efectuar un puente eléctrico entre los pines identificados como A y B luego llevar e interruptor con la llave de encendido a la posición de encendido y los códigos se observaran en la luz mil.

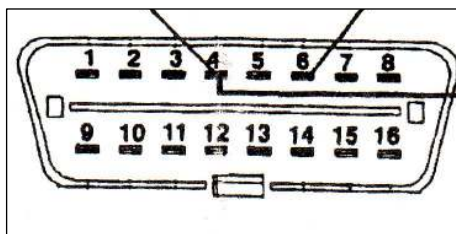
Figura 47. Conector 1 General Motors



Fuente: Manual de Fuel Injection

En algunos vehículos General Motors se encuentra el siguiente conector, si bien el procedimiento básico es el mismo, la conexión eléctrica o puente se efectúa entre los pines numerados como 4 y 6. Este conector tiene la apariencia de un conector de segunda generación, pero en los modelos anteriores a 1,995 no tiene esa función.

Figura 48. Conector 2 General Motors

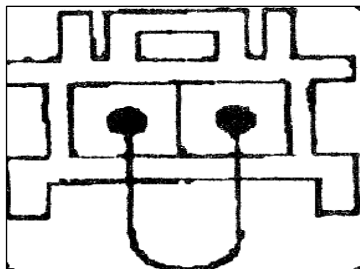


Fuente: Manual de Fuel Injection

Honda

Para los vehículos marca Honda existen dos posibilidades según el modelo. Los modelos antiguos dan los códigos de falla en forma de destellos luminosos directamente en unos leds ubicados en la computadora de abordo. En estos solamente es necesario colocar el interruptor de ignición en la posición de ignición. En modelos más recientes, pero anteriores a los sistemas de segunda generación cuentan con un conector de dos terminales o pines ubicado debajo de la guantera. En este conector se hace un puente eléctrico entre los pines y los códigos de falla se observan en la luz mil.

Figura 49. Conector de Diagnostico Honda



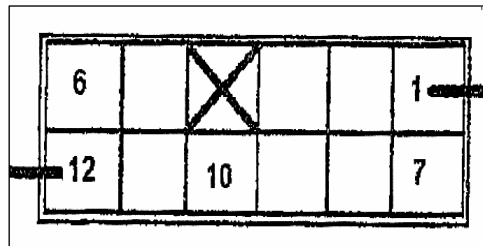
Fuente: Manual de Fuel Injection

Mitsubishi

Para los vehículos Mitsubishi el conector de diagnóstico se encuentra ubicado la base del timón un tanto hacia la izquierda. En el caso de esta marca los códigos de falla no aparecen como destellos de la luz mil, ni como destellos de algún led. Por esta razón en Mitsubishi el multimetro analógico es una herramienta poderosa. Si no se cuenta con un multimetro analógico se puede construir un arreglo con un led en serie con una resistencia de 500 ohmios. Con cualquiera de estas herramientas se debe puentear entre las terminales 1 y 12. en este momento los códigos aparecen como deflexiones en el multimetro operando como voltímetro en la escala de 0 a 12 voltios de DC ó bien como

destellos en el led. Es necesario hacer esta operación con el interruptor de ignición en la posición de ignición y el motor apagado. El conector se muestra en la siguiente figura.

Figura 50. Conector de Diagnostico Mitsubishi

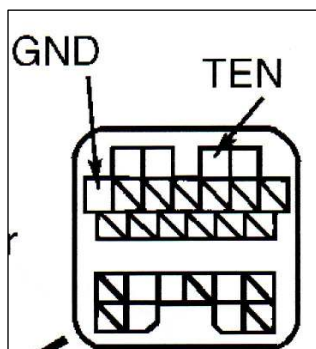


Fuente: Manual de Fuel Injection

Mazda

Para los vehículos marca Mazda se dan dos posibilidades; la primera de estas consiste en encontrar cerca de la pared de fuego o alguna de las loderas un par de conectores verdes. Al unir estos conectores y luego colocar el interruptor de encendido en la posición de ignición los códigos se despliegan como destellos en la luz indicadora en el tablero del vehículo. La otra posibilidad es encontrar un conector de diagnóstico como el que se muestra en la siguiente figura. Al hacer un puente entre las terminales TEN y GND, y luego colocar el interruptor de encendido en la posición de ignición la luz indicadora del tablero mostrara los códigos en forma de destellos luminosos.

Figura 51. Conector de diagnostico Mazda



Fuente: Mitchell On Demand

Isuzu

En los vehículos Isuzu puede existir cualquiera de las siguientes condiciones para obtener los códigos de falla. La primera es que cuente con un motor GM o General Motors en cuyo caso el conector de diagnostico será GM y se utiliza como ya se menciono anteriormente. La segunda condición consiste en que tenga un conector hembra y macho similar al primer caso para los vehículos Mazda, el procedimiento es el mismo. Por ultimo puede ser que cuente con un conector de tres pines como el que se muestra en la figura siguiente, en cuyo caso solo hay que puentear uno y tres. Al colocar el interruptor de encendido en la posición de ignición se obtienen los códigos.

Figura 52. Conector de diagnostico Mazda

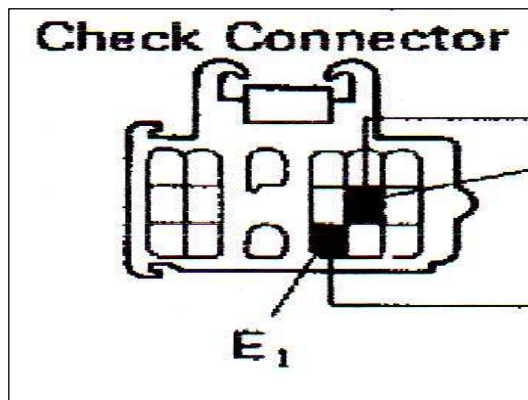


Fuente: Mitchell On Demand

Toyota

En nuestro medio esta es una de las marcas reconocidas y que goza de aceptación. Estos vehículos cuentan con un conector de diagnostico como el que se muestra en la siguiente figura. Para obtener los códigos de falla únicamente hay que hacer un puente entre los terminales identificados como E1 y TE1. El conector se encuentra ubicado en el compartimiento del motor al costado de una de las loderas. El interruptor de encendido tiene que estar en la posición de ignición.

Figura 53. Conector Toyota



Fuente: Mitchell On Demand

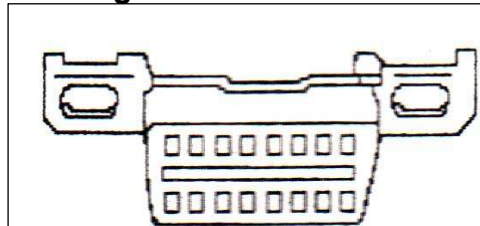
4.2 Conector de diagnostico OBD2

En los sistemas de autodiagnóstico de primera generación el conector de diagnostico varia en forma y ubicación. También varia la manera en que solicitan los códigos y la forma en que estos son desplegados. Lo que estos sistemas tienen en común es el hecho de efectuar un puente entre un par de pines del conector. En los sistemas de segunda generación se estandariza el conector de diagnostico y en estos sistemas se le denomina como conector de la línea de datos DLC. Este conector también es conocido como conector

OBDII. Es un conector de 16 terminales o pines, que por norma internacional se encuentra en la parte inferior del timón, hacia el lado izquierdo. Si esta norma no se cumple el fabricante esta obligado a colocar una calcomanía en el lugar donde debería encontrarse el conector. Esta calcomanía, debe indicar la ubicación del conector DLC.

En las siguientes figuras se muestra los conectores de diagnostico para el sistema de segunda generación. Las diferencias son mínimas y la función de cada uno de los pines o terminales es la misma en las dos versiones.

Figura 54. Modelo OBD II



Fuente: Manual de Fuel Injection

Los pines o terminales del conector visto de frente se numeran de 1 al 16; iniciando en la parte superior izquierda y luego se sigue en la parte inferior izquierda. Para un mejor entendimiento de este orden se muestra la siguiente figura.

Figura 55. Terminales del DTC

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16

Fuente: Manual de Fuel Injection

En los sistemas de segunda generación el conector de diagnostico cumple con la función de enlace entre la computadora de abordo y la herramienta de diagnostico conocida como explorador o escáner. La función de cada una de las terminales o pines se muestra en la siguiente figura. Una comprensión completa requiere conocimientos en comunicaciones electrónicas. Para solucionar problemas sencillos de enlace se puede identificar las líneas de tierra tanto de chasis como de señal negativa y la línea de voltaje de batería.

Tabla IV Función de las terminales en el DLC

1	Línea 1 de comunicación bi-direccional	2	Línea + J 1850
3	Habilitación de diagnostico ECU 1	4	Tierra de Chasis
5	Señal de tierra	6	Habilitación de diagnostico ECU 2
7	Línea K ISO 9141	8	Habilitación de diagnostico ECU 3
8	Línea 2 de comunicación bi-direccional	10	Línea - J 1850
11	Habilitación de diagnostico ECU 4	12	Habilitación de diagnostico ECU 5
13	Habilitación de diagnostico ECU 6	14	Línea 3 comunicación bi-direccional
15	Línea L ISO 9141-2	16	Alimentación de batería

Como se muestra en la tabla de arriba algunas terminales transmiten datos de comunicaciones electrónicas entre el explorador y la computadora de abordo, y al mismo tiempo cumplen con requerimientos internacionales como los de SAE y los de ISO de ahí las líneas J1850 que están definidas por la norma que lleva ese número asignado a SAE o a ISO.

4.3 Equipo de diagnostico para los sistemas OBD

4.3.1 Equipo de diagnostico para los OBD I

Los sistemas electrónicos automotrices han sido diseñados para mejorar el control de emisiones contaminantes, utilizar los combustibles fósiles de una manera más eficiente y brindar seguridad y confort. Esto a traído como

consecuencia la introducción de dispositivos y componentes que años atrás no tenían relación alguna con la industria automotriz; esto a su vez a ampliado el equipo y herramienta a disposición de técnico automotriz que en la actualidad puede ser llamado un técnico en electrónica automotriz. Para poder efectuar un diagnostico correcto y una posterior reparación en unos sistemas de inyección o encendido electrónico o cualquier otra área de los sistemas de diagnostico de primera generación OBD I el profesional de esta área debe tener a su alcance y saber utilizar como mínimo el siguiente equipo y herramienta:

- 1- voltímetro digital
- 2- voltímetro análogo
- 3- Lámpara de prueba
- 4- Ohmetro
- 5- Tacómetro
- 6- Medidor de ángulo de detección
- 7- Osciloscopio de uso automotriz o de uso general
- 8- Medidor de presión de combustible
- 9- Medidor de vacío
- 10-Simulador de sacudidas del camino
- 11-Explorador o escáner
- 12-Analizador de Motores

El voltímetro digital, el ohmetro, el medidor del ángulo de detección y el tacómetro en la actualidad se encuentran incorporados en el aparato conocido como multímetro automotriz. El voltímetro análogo se encuentra en el multímetro análogo, equipo que aun se utiliza por ser conveniente para efectuar ciertas mediciones en forma mas efectiva, como lo es la medición de la continuidad de las pistas resistivas de los sensores TPS. El medidor de presión de combustible si bien no es un equipo eléctrico o electrónico es una herramienta vital en el trabajo de la inyección electrónica, la prueba de presión de combustible es crucial en el diagnostico y reparación de estos sistemas. El

medidor de vacío o vacómetro al igual que el medidor de presión de combustible no es un equipo electrónico, pero es importante para medir la succión o vacío generado por el motor u otros componentes como válvulas, solenoides y algunos sensores como el sensor MAP que convierte la succión en una señal eléctrica proporcional a este vacío.

4.3.2 Equipo de diagnóstico para los OBD II

El equipo necesario para efectuar un diagnóstico en sistemas OBD II es básicamente el mismo que para los sistemas OBD I, con dos diferencias fundamentales. La primera de estas consiste en que el escáner o explorador de los vehículos de primera generación era un equipo específico. Esto quiere decir que el escáner para un vehículo de marca "X" no tenía acceso a los datos de un vehículo de marca "Y", y por su puesto un escáner para un vehículo marca "Z" no es compatible con los vehículos marcas "X" y "Y". En el caso de los sistemas de segunda generación u OBD II el escáner puede ser específico o en términos de los técnicos es el escáner de agencia; o bien puede ser una herramienta genérica. Esta herramienta genérica puede comunicarse con la computadora de a bordo independientemente de la marca del vehículo que se trate. En la práctica existen algunas limitaciones pero en general la herramienta funciona en forma adecuada. La herramienta genérica permite tener acceso a códigos de falla presentes en el sistema, códigos históricos, cuadros congelados, línea de datos, etc. El analizador de motores es un equipo más complejo y por lo tanto con un costo mayor. El analizador de motores toma muestras de señales eléctricas, electrónicas y de gases producidos por la combustión para poder determinar el estado de un motor a diesel o gasolina.

Cada fabricante de estos equipos establece procedimientos específicos para efectuar este tipo de pruebas las cuales se pueden hacer más populares si la

legislación pertinente se enfoca a un control estricto de las emisiones contaminantes.

4.4 Pruebas en los OBD

4.4.1 Pruebas KOEO

El termino KOEO proviene del idioma ingles Key On Engine OF y significa que es una prueba que se efectúa con la llave de encendido puesta en la posición de encendido o ignición pero con el motor apagado o en otras palabras “con switch puesto”. Los fabricantes de vehículos indican distintas pruebas que se deben efectuar bajo esta condición. Es necesario tener información especifica del fabricante del vehiculo para efectuar estas pruebas, pero a continuación se ejemplifica con una para que sirva de guía para trabajos posteriores. Para vehículos marca Ford con sistemas EEC IV el fabricante recomienda lo siguiente para efectuar una la prueba KOEO. Para iniciar la prueba es necesario que la temperatura del motor se encuentre entre 10° C y 121 °C. Si la temperatura se encuentra fuera de estos límites se introducirán datos falsos en el sistema. Luego se efectúa la conexión para extraer códigos para los sistemas Ford OBD I. Luego se coloca el interruptor de encendido en la posición de encendido, en este momento principia a correr la prueba y se dan una serie de eventos programados en la computadora de abordo: a) El primer evento es una de clics que se escuchan en el compartimiento del motor. Durante esta serie de clics la computadora de abordo toma lecturas de todos los sensores que actúan con el motor apagado. También activa y desactiva los accionadotes para probar su operación. a) el segundo evento son los códigos rápidos estos pueden verse en el voltímetro como una serie de pulsos cortos y rápidos de 1 ó 2 voltios. La función de estos códigos es indicar que la prueba se ha corrido. Cosa que se puede observar con un escáner específico o de agencia.

c) el tercer evento son los códigos sobre demanda KOEO que son códigos duros. Estos se observan como una serie de desplazamientos de 0 a 12 voltios. Son códigos de dos dígitos que se leen por los desplazamientos de la aguja y representan problemas mientras se efectúa la prueba d) el siguiente eventos es el código separador o código diez como lo nombran los manuales FORD, los que marca el fin de los códigos de demanda e inicia los códigos de memoria. Este código es un desplazamiento de la aguja seguido de cero desplazamientos. e) el quinto evento son los códigos de memoria. Estos códigos también conocidos como códigos continuos, son pulsados entre 5 y 6 segundos después del código separador su presentación es exactamente igual que la de los códigos de demanda. Un código queda establecido en la memoria cuando un circuito de sensor principal del motor es detectado como abierto, en corto o a tierra. Cuando un código de memoria queda establecido la luz MIL se enciende. Los códigos de memoria representan problemas que se detectaron la ultima vez que funciono el motor o antes. Son problemas detectados por la computadora de abordo en circuitos de sensores o actuadores y que pueden tener un efecto importante sobre la operación del motor. Tales problemas existieron en el pasado y, para propósitos de interpretación ya no existen más. Pueden compararse con los códigos en demanda los cuales representan problemas actuales.

4.4.2 Pruebas KOER

El termino KOER al igual que el termino KOEO tiene su origen en el idioma ingles y en este idioma significa Key On Engine Run. Esto se interpreta como la llave de encendido en la posición de ignición y el motor del vehiculo funcionando. Al igual que las pruebas KOEO la prueba KOER es especifica para cada vehiculo. Aquí se ejemplifica esta prueba para un sistema FORD

EEC IV esto ayuda a relacionar de una mejor manera la prueba KOEO y la KOER.

El motor debe encontrarse a una temperatura normal de operación esto es alrededor de 82°C y 122°C. se deben efectuar los siguientes eventos: a) arrancar el motor y dejarlo trabajar a 2000 rpm durante uno 2 a 3 minutos esto asegura que los sensores de temperatura de aire y refrigerante y el sensor de oxígeno alcancen su temperatura normal de operación. b) efectuar la conexión para la autodiagnóstico con el motor apagado; luego arrancar el motor en este momento aparecen los códigos de identificación del motor en forma casi inmediata. Estos son dos, tres o cuatro pulsos en el voltímetro que indican que la computadora de abordo detecto un motor de 4, 6 u 8 cilindros. Si lo que la computadora de abordo encontró no corresponde con la realidad significa que la computadora no corresponde al motor que tiene ese vehículo. Si esta condición se da sería conveniente repetir la prueba hasta que la computadora detecte el motor correspondiente. c) el siguiente evento que se da es el encendido y apagado de los activadores junto con el cambio en la velocidad de marcha mínima. Esto lo hace la computadora de abordo para esperar una respuesta de los sensores. En este momento es normal que las rpm suban y bajen, que se den fallas en el cilindro y que el catalizador desprenda olor desagradable. d) en este momento es necesario aplicar los frenos varias veces girar la dirección asistida hidráulicamente esto ayuda a evitar que se introduzcan códigos falsos. e) el motor se estabilizara después de varios segundos, el tiempo de ignición se adelantara uno 20 ° al inicial se producirá luego un código 10 dinámico. En este momento se cuenta con 10 segundos para cambiar la posición de estrangulador a completamente abierto. La velocidad del motor debe exceder a 2000 rpm, por lo que el estrangulador se cerrar tan pronto se sobrepasen esas revoluciones. El objetivo de esta prueba es ver cambios en el sensor MAP Y TP. f) luego se presentan códigos rápidos KOER y solo se pueden interpretar con un escáner. g) los códigos sobre demanda KOER representan problemas que el sistema de autodiagnóstico

reconoció mientras se efectuó la prueba KOER. Son códigos de dos dígitos igual que los códigos de demanda KOEO.

4.3.1 Estructura de códigos de falla

4.5.1 Códigos de falla genéricos

Los códigos de falla son indicadores de falla en sistemas automotrices, diseñados para dirigir al técnico a aplicar procedimientos adecuados de servicio y reparación. Los códigos de falla no indican necesariamente la falla de un componente específico. La literatura relacionada con los OBD II nombra a los códigos de falla con la abreviatura DTC. El acceso a los códigos de falla se logra por medio de un explorador o escáner. El escáner puede ser una herramienta fabricada para una marca específica de vehículo o puede ser una herramienta genérica. En el caso de las herramientas genéricas se puede acceder a la información mínima para efectuar servicios y reparaciones. Las instituciones que norman estos temas son la SAE y la ISO. Cuando se le indica al escáner que se quiere leer los códigos de falla estos aparecen en forma alfanumérica, es decir una combinación de números y letras. Un código que inicia con la letra B indica que se refiere a la carrocería, la letra B se toma de la palabra en el idioma inglés Body. Una letra C se refiere al chasis. Una letra P indica el tren de potencia o "Power Train". Por último una letra U nos indica que el código se refiere a la comunicación de la red de datos. Después de la letra aparece un número que puede ser un 0 ó un 1. El cero indica que es un código controlado por la SAE, un uno indica que es un código controlado por el fabricante del vehículo que se está trabajando. En otros términos el cero indica que es un código genérico y el uno que es un código específico. El tercer dígito indica el subsistema a que se refiere el código. Y el cuarto y quinto se refiere al área específica. Por ejemplo un código P0302 indica un problema en el tren de potencia (sistema), es un código genérico 0, el número 3 indica que es un subsistema en este caso en la ignición y el 02 indica que es el cilindro número

dos es el posible causante de este problema. El siguiente cuadro aclara lo anterior.

Tabla V. Estructura de los códigos de falla OBDII

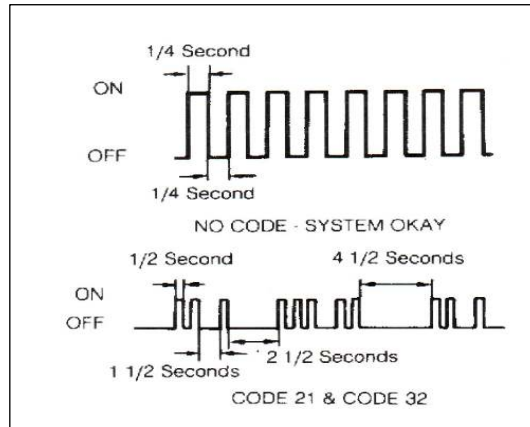
PRIMER DIGITO	SEGUNDO DIGITO	TERCER DIGITO	CUARTO Y QUINTO DIGITO
INDICA LA FUNCION DEL DTC	QUIEN ES EL RESPONSABLE DE LA DEFINICION DEL DTC	SUBGRUPO DEL DTC	AREA ESPECIFICA INVOLUCRADA
P= TREN DE POTENCIA	O= SAE	0= SISTEMA TOTAL	00-99
B= CARROCERIA	1= FABRICANTE DEL VEHICULO	1= CONTROL DE COMBUSTIBLE Y AIRE	
C= CHASIS		2= CONTROL DE COMBUSTIBLE Y AIRE	
U= RED DE COMUNICACIÓN DE DATOS		3= SISTEMA DE IGNICION Y FALLA DE ENCENDIDO	
		4= CONTROL AUXILIAR DE EMISIONES	
		5= CONTROL DE VELOCIDAD Y RALENTI	
		6= PCM Y ENTRADAS Y SALIDAS	
		7= TRANSMISION	

4.5.2 Códigos de falla específicos

En los sistemas de segunda generación los códigos de falla específicos tienen la misma estructura alfanumérica que los códigos genéricos, su interpretación es la misma y el acceso a estos se logra únicamente con el escáner o explorador. En los sistemas de primera generación OBD I se puede acceder a los códigos de falla por medio del conector de diagnostico, puenteando un par de terminales o pines o en alguna forma similar. Luego los códigos son emitidos por la computadora de abordo en la forma de destellos luminosos de la luz mil o por medio de un multimetro análogo instalado adecuadamente para esta función.

En la siguiente figura se muestra la forma de onda que emite la computadora de abordaje para que el técnico interprete esta como un código de falla. Una señal cuadrada con una amplitud de 5 voltios y un periodo de $\frac{1}{2}$ segundo se interpreta como código normal o como el hecho de que no existen códigos de falla, esto se muestra en la parte superior de la figura. Cuando se presenta un código de falla la computadora de abordaje envía una señal no periódica formada por pulsos rectangulares de 5 voltios de amplitud y una anchura de $\frac{1}{2}$ segundo, en la figura se muestran dos códigos el 21 y el 32. El código 21 es formado por un pulso de 5 voltios de amplitud y $\frac{1}{2}$ segundo de ancho, luego $\frac{1}{2}$ segundo con 0 voltios de amplitud y luego otro pulso de 5 voltios y $\frac{1}{2}$ segundo de ancho, cada uno de estos pulsos rectangulares tiene un valor de 10 unidades por lo cual suma veinte. Luego hay un espacio de 0 voltios con una duración de $1 \frac{1}{2}$ segundos a este espacio se le conoce como separador de decenas y unidades, luego se presenta un pulso de 5 voltios y $\frac{1}{2}$ segundo esto equivale a una unidad que sumado al veinte que ya teníamos representa un código 21. Luego se presenta un periodo de $2 \frac{1}{2}$ segundos y 0 voltios el cual es un separador de códigos. Luego se presenta el código 32, con la misma estructura de decenas y unidades. En el ejemplo que se presenta el vehículo no cuenta con más códigos por lo cual después hay un separador de $4 \frac{1}{5}$ segundos y luego se repite desde el primer código hasta el último y luego un separador de $4 \frac{1}{2}$ segundos para empezar de nuevo; de esta forma se tiene acceso a los códigos de falla en sistemas de primera generación. Esto se puede observar con un multímetro análogo, un led o en la luz MIL.

Figura 57. Forma de onda de códigos de falla OBD I



Fuente: Mitchell Rapair

5. DIAGNÓSTICO EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS AUTOMOTRICES

5.1 Monitores en los circuitos

Las normas y regulaciones internacionales requieren que los vehículos que se encuentran dentro de los OBD II monitoreen los siguientes sistemas y los circuitos relacionados:

- monitor de control de combustible
- monitor de fallas de encendido
- monitor del sensor de oxígeno y su calentador
- monitor del catalizador
- monitor de emisiones evaporativas
- monitor de recirculación de gases de escape

5.2 Monitores continuos

Monitor de control de combustible

La función principal del sistema de control de combustible es optimizar la relación de aire y combustible. Una relación inapropiada de aire y combustible puede ser una de los mayores contribuyentes para las emisiones de escape no deseadas. La computadora de abordo trata de mantener la relación de aire y combustible en un valor estequiométrico: 14.7:1. La relación estequiométrica produce el mejor balance entre la producción de emisiones dañinas. La conversión del catalizador de las tres emisiones es mas eficiente en la relación estequiométrica. Las tres principales emisiones son hidrocarburos o HC, monóxido de carbono CO y óxidos nitrosos NO_x. Cuando la relación de aire y combustible se vuelve pobre la emisión de NO_x se incrementa. Cuando la relación de aire y combustible se vuelve rica la emisión de HC y CO se incrementa. Por lo tanto la computadora de abordo intenta mantener la relación

de aire y combustible en el valor estequiométrico para producir resultados óptimos, con base en las entradas que recibe de los diferentes sensores del motor.

La computadora de abordo utiliza la información del motor para calcular la amplitud de pulso del inyector de combustible. Conforme se incrementa la amplitud de pulso, se incrementa el tiempo que esta energizado el inyector y la cantidad de combustible inyectado. Conforme cambian la rpm, la carga, el TPS, la temperatura del motor y muchas otras entradas a la computadora, la amplitud del pulso del inyector necesita cambiar. Se utiliza para estos cálculos una ecuación un poco mas compleja pero muy similar a la siguiente:

PW= RPMxMAP/BAROxTPSxECTxiATxBAT.VOLTSxO₂XAdapatativo a cortoplazoxAdaptativo a largo plazo

De la ecuación anterior es necesario explicar las funciones de los adaptativos de corto y largo plazo. En un ciclo interrumpido, la computadora de abordo cambia la amplitud de pulso sin retroalimentación de los sensores de oxígeno. Una vez que el motor se calienta de 21° C a 27°C la computadora entra en operación de ciclo ininterrumpido y utiliza la retroalimentación de los sensores de oxígeno. La operación de ciclo ininterrumpido se mantiene arriba de esta temperatura a menos un acelerador totalmente abierto; si este fuera el caso se regresa a la operación de ciclo interrumpido. En un esfuerzo por mantener la relación estequiométrica, la computadora monitorea los gases de escape con un sensor de oxígeno. Con base en el contenido de oxígeno en los gases de escape, se puede detectar si la mezcla de aire y combustible es rica o pobre. La cantidad de corrección de amplitud de pulso se mide en un porcentaje de cambio. Conforme la computadora reconoce el porcentaje e cambio requerido, cambia el valor adaptativo de corto plazo en la ecuación de amplitud de pulso. La siguiente tabla muestra los cambios.

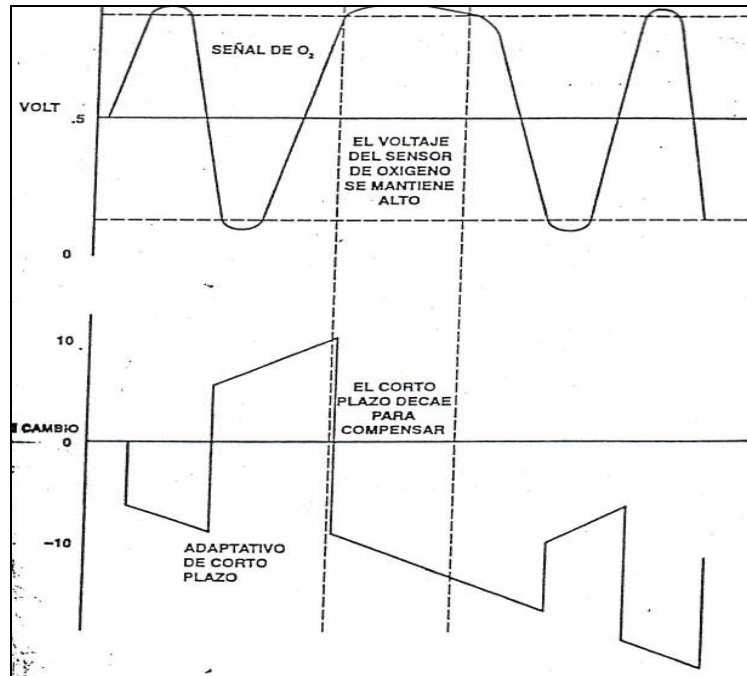
Tabla VI. Adaptativo de corto plazo

CAMBIO DE PORCENTAJE	VALOR
0%	1
+25%	1.25
-25%	0.75

Con la siguiente figura confirmamos en forma grafica el esfuerzo de la computadora con tal de corregir la entrega de combustible basado en la información proveniente del sensor de oxígeno. Se observa que los umbrales actúan como puntos de cambio de enriquecimiento y empobrecimiento de la mezcla. El adaptativo a largo plazo se presenta cuando el motor a alcanzado su temperatura normal de operación entre los 77 °C y los 99 °C y este corrige el adaptativo de corto plazo, es decir hace que el adaptativo de corto plazo entre a su máxima eficiencia de operación .

Las condiciones que habilitan el monitor de combustible son la presencia de las señales de IAT, ECT, TPS, VSS, RPM, BARO, MAP, ausencia de DTCs purga de Cánister y que el motor halla llegado a la condición de lazo cerrado.

Figura 58. Adaptativo a corto plazo



Fuente: manual de fuel injection

Monitor de fallas de Encendido

La falla de encendido es una falta de combustión en un cilindro. Cuando ocurre una falla de encendido, el combustible crudo y el exceso de oxígeno caen en la corriente de escape. Dos cosas pasan que afectan negativamente las emisiones. El combustible sin quemar en la cámara continúa quemándose en el convertidor catalítico, elevando la temperatura del catalizador e incrementando las emisiones de HC en el tubo de escape. En segundo lugar, los sensores de oxígeno detectan cantidades excesivas de oxígeno sin quemar y el computadora lee incorrectamente una condición pobre. La computadora incrementa la amplitud de pulso en los inyectores y más combustible crudo entra en el tubo de escape. Una falla de encendido prolongada puede sobrecalentar el catalizador causando un daño permanente.

Las normas de OBD II requieren que el sistema de diagnóstico monitoree las fallas de encendido del motor e identifique los cilindros específicos que están experimentando fallas de encendido. Los sistemas deben almacenar un código para fallas de cilindros múltiples. La identificación de fallas de encendido específicas de cilindros es opcional en una falla de encendido de cilindros múltiples. Las condiciones habilitantes para monitorear falla de encendido son:

- voltaje del sensor MAP mayor a 2.5 voltios
- RPM menores a 3500
- ECT mayor a 71 °C
- No hay presentes aceleraciones y desaceleraciones súbitas

Como vemos este monitor observa los cambios en la velocidad del motor y los relaciona con el pulso de ignición para determinar el cilindro o cilindros que tiene problemas de encendido

Monitor del sensor de oxígeno y su calentador

Los OBD II requieren que los sensores de oxígeno precalentados sean monitoreados para detectar mal funcionamiento. Este monitoreo está diseñado para cumplir con los siguientes requerimientos a) monitoreo del voltaje y velocidad de respuesta del sensor de oxígeno anterior al convertidor catalítico b) monitoreo del voltaje y velocidad de respuesta del sensor de oxígeno posterior al convertidor catalítico. La velocidad de respuesta del sensor de oxígeno es monitoreada únicamente en el sensor de oxígeno anterior al catalizador y se determina por la pendiente de la curva generada por la señal del sensor la cual debe ser de 300mv/100ms o 3v/s. El tiempo de actividad se mide desde el instante en que se produce un arranque en frío hasta el momento en que el motor alcanza sus condiciones normales de operación. Si el calentador ha fallado el tiempo en que el sensor generará se incrementa considerablemente. Por último la generación de voltaje del sensor anterior y posterior es establecida por los límites siguientes.

Figura 59. Prueba de voltaje al sensor de oxígeno precalentado



Fuente: Manual de Fuel Injection

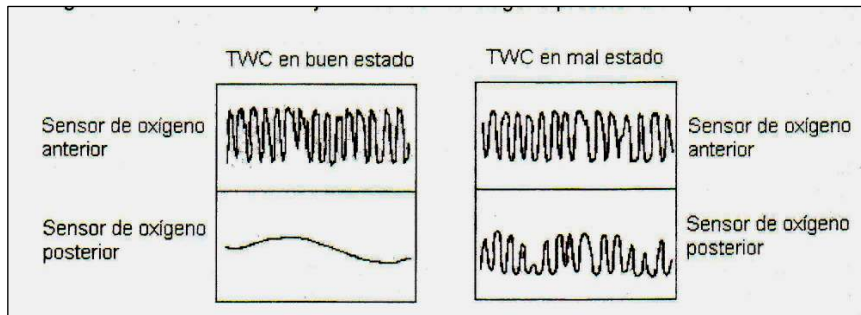
Monitor del Catalizador

El convertidor catalítico de tres vías o TWC contiene metales preciosos como Paladio, Platino y Rodio los cuales son utilizados para catalizar los Hidrocarburos, el Monóxido de Carbono y los Óxidos de Nitrógeno. Cuando el TWC esta operando adecuadamente los hidrocarburos sin quemar con combinados con oxígeno, formando vapor de agua. El monóxido de carbono es combinado con oxígeno formado bióxido de carbono y los Óxidos Nitrosos son reducidos a Nitrógeno y Oxígeno. Un convertidor catalítico con el uso se degrada, es decir pierde su propiedad de oxidar las sustancias ya mencionadas. El uso de gasolinas con plomo acelera este proceso. El monitoreo de convertidor catalítico se basa en la observación de la capacidad de conversión y almacenamiento de oxígeno. Un convertidor catalítico en buen estado, por ejemplo con el 95% de eficiencia de conversión de hidrocarburos, mostrara una salida de voltaje relativamente plana en el sensor de oxígeno precalentado posterior al convertidor catalítico. Un convertidor catalítico deficiente, por ejemplo con el 65% de eficiencia de conversión de hidrocarburos, mostrara picos y valles en la salida de voltaje, lo cual indica que el convertidor catalítico ha perdido parte de su capacidad de procesar adecuadamente los gases de escape. El HO₂S posterior al convertidor catalítico, es utilizado para medir la capacidad del convertidor catalítico de almacenar o liberar oxígeno, partiendo

de esto se puede deducir la capacidad de almacenamiento del convertidor catalítico.

Una gran capacidad de almacenamiento de oxígeno indica un convertidor catalítico con un rendimiento adecuado. Una baja capacidad de almacenamiento de oxígeno indica un convertidor catalítico deficiente. El TWC y los sensores de oxígeno deben trabajar a su temperatura de operación de diseño para generar los voltajes como los que se muestran en la siguiente figura. De acuerdo a las regulaciones de emisiones, el sistema OBD II debe monitorear el convertidor catalítico una vez por cada viaje. Se considera que el convertidor catalítico está funcionando más, cuando su eficiencia de conversión de hidrocarburos está por debajo del 60 % durante su operación a velocidad constante entre 50 a 80 Km./h.

Figura 60. Salidas de voltaje del sensor de oxígeno posterior al TWC



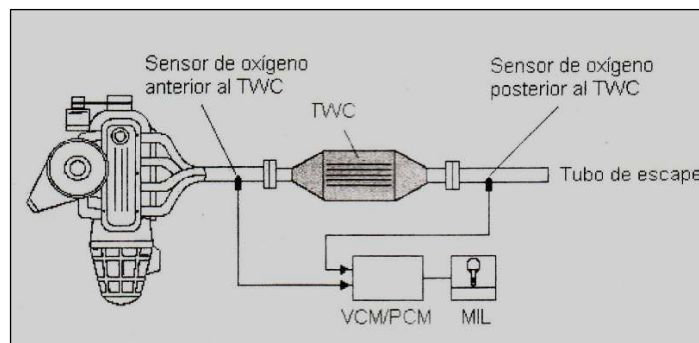
Fuente: Manual de Fuel Injection

Para probar la capacidad de almacenamiento de oxígeno del TWC la computadora de abordo debe corre una prueba dividida en dos periodos. En el periodo uno la computadora calcula la capacidad de almacenamiento de oxígeno de TWC y compara esto con un valor específico. Para efectuar esta prueba, el motor y el TWC deben alcanzar su temperatura normal de operación y el vehículo operar a una velocidad de crucero. Si la actividad del sensor de oxígeno posterior al convertidor se aproxima a la actividad del sensor anterior al

convertidor, la capacidad de almacenamiento de oxígeno del TWC ha disminuido.

Si la capacidad de almacenamiento de oxígeno calculada, alcanza el valor de falla especificado, el monitoreo del convertidor fallará en el primer periodo. Esto no significa un convertidor catalítico en mal estado. La siguiente figura muestra un esquema que incluye un convertidor catalítico.

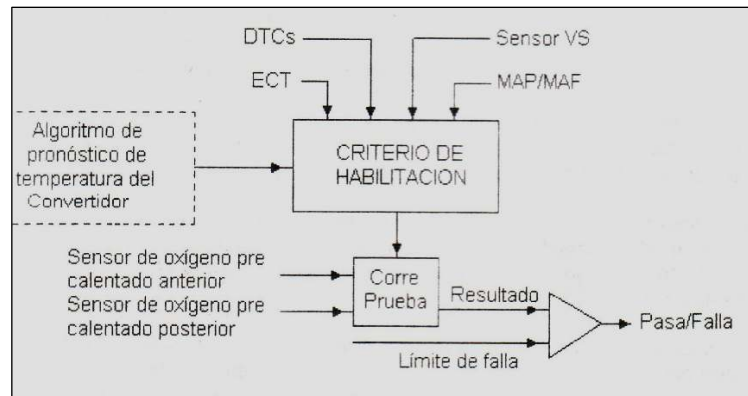
Figura No. 61 Convertidor catalítico de tres vías



Fuente: Manual de Fuel Injection

Si el periodo de prueba uno falla pasa al periodo dos. Esto con el objetivo de incrementar la exactitud de la prueba, se hace un mayor monitoreo de la capacidad de almacenamiento del TWC. El periodo de prueba uno consiste en 50 muestras y el periodo de prueba dos consiste en tres pruebas de 50 muestras. El criterio de habilitación de la prueba del convertidor catalítico se muestra en la siguiente figura e incluye información sobre: temperatura del motor, velocidad del vehículo, flujo de aire al motor, la velocidad del motor y la carga del mismo; adicionalmente esta prueba corre solamente en condición de lazo cerrado. La habilitación del monitor de control de combustible evita que la prueba corra en condiciones de enriquecimiento de la mezcla y empobrecimiento en desaceleración.

Figura 62. Criterio de habilitación de la prueba al TWC



Fuente: Manual de Fuel Injection

5.3 Monitores de un solo viaje

Monitor de emisiones evaporativas

El monitor de emisiones evaporativas utiliza para su funcionamiento un interruptor de diagnóstico para determinar el funcionamiento adecuado de la válvula de purga. Este interruptor está instalado en una manguera que comunica el Cánister y la válvula de purga. El interruptor se encuentra normalmente cerrado. Cuando la válvula de purga está abierta y existe suficiente vacío en el múltiple de admisión el interruptor deberá indicar vacío. Una válvula de purga atorada en la posición abierta resultará en que el interruptor indica constantemente la presencia de vacío en el interruptor. Una válvula de purga atorada en la posición cerrada resultará en que el interruptor indique constantemente presión atmosférica. Para habilitar el monitor de emisiones evaporativas la computadora de abordo debe comprobar la presencia y el valor de las señales de: el sensor de temperatura del aire de admisión (IAT), la temperatura del refrigerante del motor (ECT), la presión barométrica (BARO), la presión absoluta del múltiple de admisión (MAP), la posición del acelerador (TPS) y la velocidad del motor. Adicionalmente para monitorear el sistema de emisiones evaporativas se requiere que no haya códigos de falla DTCs.

Monitor de recirculación de gases de escape

Los reglamentos de OBD II imponen que el sistema EGR debe ser monitoreado para detectar fallas por un índice anormal, alto o bajo del flujo de gases. El diagnostico considera que el sistema EGR esta funcionando mal cuando un componente del sistema EGR falle, o se produzca un cambio en el índice del flujo de EGR, resultando en que el vehiculo exceda 1.5 veces las normas FPT. El código de diagnostico de falla (DTC) debe establecerse en dos viajes del vehiculo una vez que la falla haya sido detectada. El monitoreo del sistema EGR se basa en la señal del MAP. Las condiciones habilitantes para que corra la prueba son:

- la temperatura del refrigerante del motor
- la velocidad del vehiculo
- la presión barométrica
- la presión absoluta del múltiple de admisión
- la relación de velocidad
- carga del motor
- la posición del TPS
- que no existan codigos de falla
- que no exista falla de encendido

5.4 Cartas de diagnostico

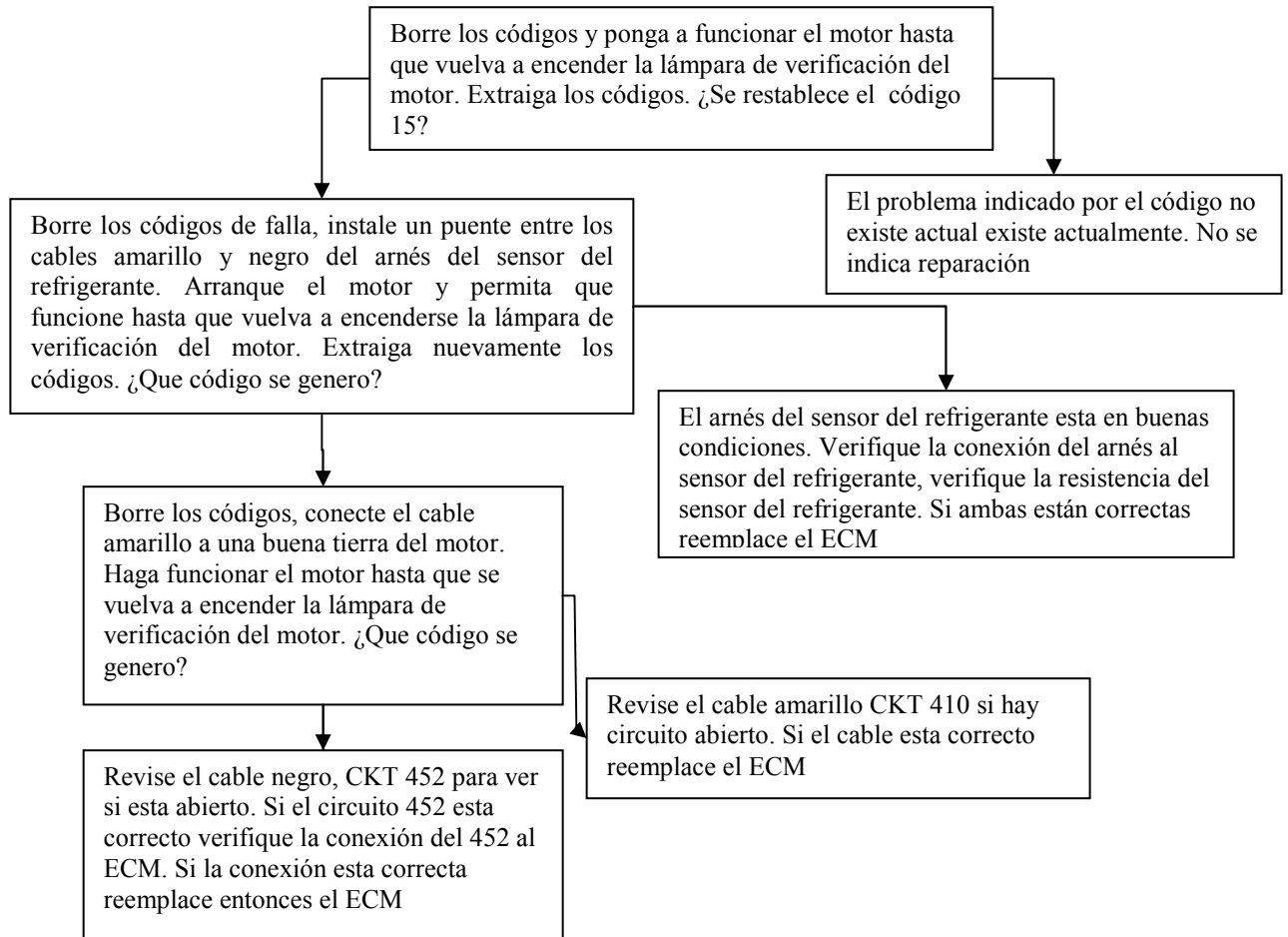
Las cartas de diagnostico son documentos elaborados por el fabricante de vehículos o por especialistas en el ramo con el objeto de guiar a los técnicos automotrices en el diagnostico y reparación de los distintos sistemas del vehiculo. A continuación se presenta dos cartas de diagnostico, la primera para un sistema OBD I y la segunda para un sistema OBD II. La primera carta es

para un vehículo Chevrolet que presenta un código 15, los códigos 14 y 15 se refieren a voltaje bajo y alto en el sensor de temperatura del refrigerante.

Se indica en la carta de diagnóstico que se está trabajando sin un escáner, con la ayuda de un escáner el trabajo sería más fácil y rápido esto se vea mejor con la carta de diagnóstico para un vehículo con tecnología OBD II. La carta de diagnóstico para el código P0125 es la dada por el fabricante para solucionar un problema que consiste en que el vehículo tarda mucho en llegar a su temperatura normal de operación o nunca llega a la misma. El código P0125 es un código genérico definido por SAE. Todos los vehículos con tecnología OBD II que tengan este problema, al ser accedidos por un escáner presentarán este código sin importar la marca del vehículo.

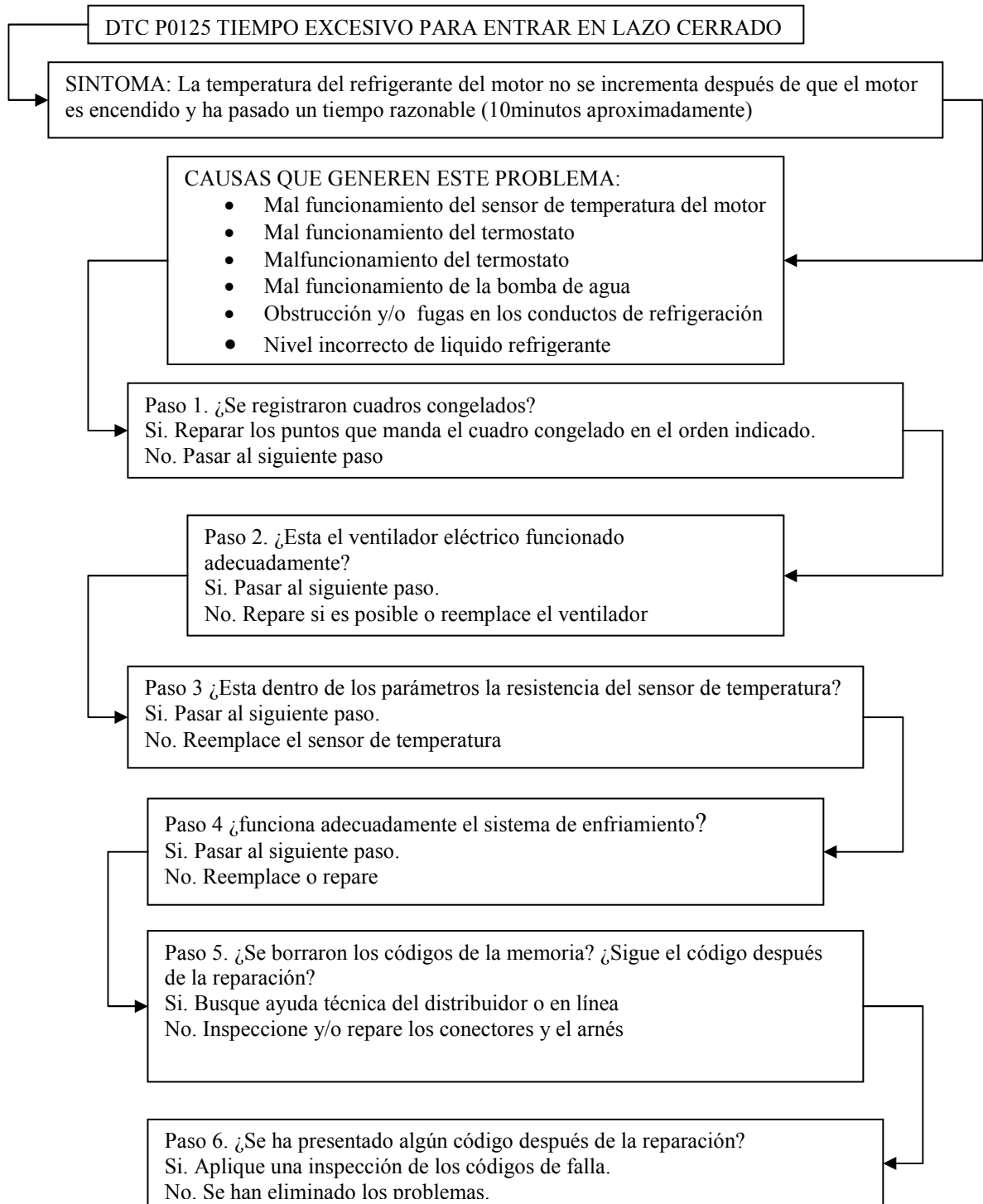
CARTA DE DIAGNOSTICO (OBD I)

CODIGO 15 SIN LA AYUDA DE UN ESCANNER



RESISTENCIA DEL SENSOR DEL REFRIGERANTE	
TEMPERATURA	RESISTENCIA
210 F	185
160 F	450
100 F	1800
70 F	3400
40 F	7500
20 F	13500
0 F	25000
-40F	100700

CARTA DE DIAGNOSTICO (OBD II)
CODIGO P0125 CON LA AYUDA DE ESCANNER



5.5 Elaboración del diagnostico y su documentación

Con el propósito de felicitar el trabajo a los técnicos, administradores y facilitar la comunicación con el cliente, se propone el siguiente formato de órdenes de trabajo. Se sugiere original para el cliente, duplicado para el jefe de taller y triplicado para el técnico.

ORDEN No.0001							EL VEHICULO							
AUTOMECANICA MILLER 50 calle 16-25 zona 12 Tel. 24851207							DIA	MES	AÑO	MARCA	PLACAS	CUENTA CON:	SI	NO
FACTURAR A:							RECIBIO	HORA			COMBUSTIBLE	llantas de repuesto		
DIRECCIÓN:							MIT:				KILOMETRAJE	trickert		
INYECCIÓN							TEL:					llave de chuchos		
ENCENDIDO		ABS	SISTEMA ELÉCTRICO	MECÁNICA	BOLSA DE AIRE	OTRO					herramienta			
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:														
ventanas eléctricas														
tapicería														
aire acondicionado														
luces														
documento														
Firma cliente o enterante														

CONCLUSIONES

1. La informática y la electrónica han modificado la industria, el comercio y la vida en general. La industria del automóvil no ha sido la excepción, los usuarios de automóviles se han visto beneficiados con mejoras en la seguridad, eficiencia y comodidad. Los sistemas electrónicos automotrices imponen la necesidad de contar con procedimientos específicos de diagnóstico y reparación.
2. La tecnología continúa su desarrollo y los distintos sistemas del automóvil no son la excepción, ya que, constantemente han estado cambiando desde su implementación hasta hoy día; por tal motivo, los ingenieros y técnicos que laboran en el área automotriz deben contar con un procedimiento específico por marca de vehículo para diagnosticar los sistemas del vehículo, en especial aquellos que son asistidos o controlados electrónicamente.
3. El conocimiento profundo de los principios de funcionamiento de los sistemas con autodiagnóstico, sus componentes, parámetros de operación de sensores y actuadores, así como las estrategias de monitoreo contribuyen al aumento de la productividad de las empresas dedicadas al mantenimiento y reparación de vehículos con estos sistemas, ya que eliminan los procedimientos de prueba y error.

4. Es necesario acreditar a los técnicos del área automotriz y certificar a los talleres dedicados a este importante campo, implementar programas de capacitación e inspección constante que obliguen al sector automotriz independiente a cumplir con requisitos mínimos en cuanto a infraestructura, equipo, seguridad e higiene industrial y manejo de desechos.

5. La industria automotriz actual requiere no solamente de técnicos especializados sino también de ingenieros con conocimientos en autotrónica y mecatrónica, para que dirijan las actividades relacionadas con el diagnóstico, reparación y modificaciones en el área automotriz.

RECOMENDACIONES

1. A las autoridades de la Facultad de Ingeniería para que se implemente los cursos de Autotrónica y Mecatrónica, como parte del pensum en las carreras de ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y electrónica.
2. Al director de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, para que se realicen prácticas en los cursos de comunicaciones relacionadas al uso de escáner automotriz, y a la solución de los problemas que presentan estos equipos al enlazarse y comunicarse con vehículos de algunas marcas.
3. Que se implemente un laboratorio de control de emisiones contaminantes producidas por los motores de combustión interna que funcionen en coordinación con las escuelas de Eléctrica, Mecánica y Química, en el cual se apoye todo lo relacionado a la conservación ambiental, en especial el manejo de desechos, sobre todo los generados por el sector automotriz.

BIBLIOGRAFÍA

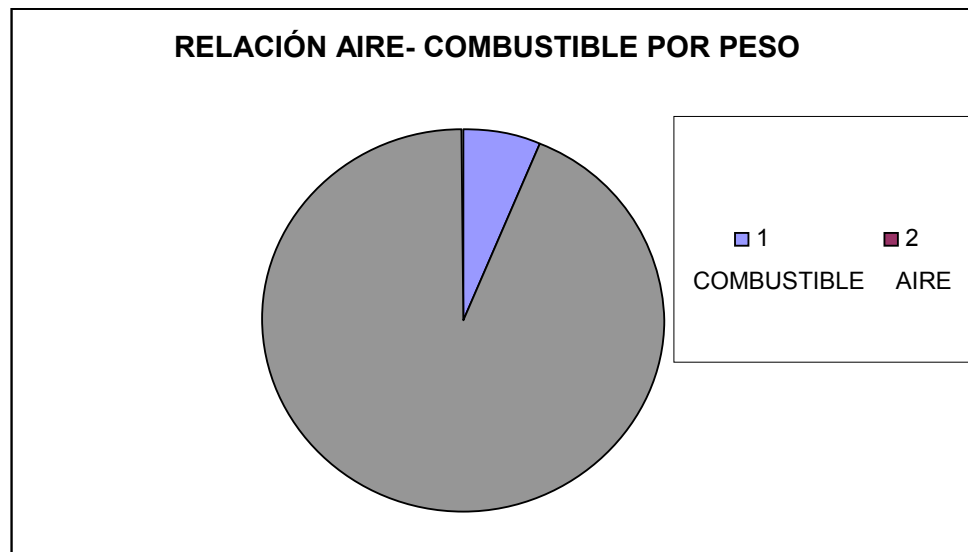
1. BOSCH, “**Sistemas de encendido electrónico**”. Alemania: Robert Bosch Ltda. 1990.
2. CHILTON, “**Manual de reparación y mantenimiento**”. U.S.A.: Chilton Book Company, 2000.
3. “**Fuel Injection and electronic engine control**”. U.S.A.: Chilton Book Company 1990.
4. IXQUIAC OROSCO, Carlos Alexander. “ Diseño de un simulador de sensores para diagnóstico y reparación de un motor de combustión interna”. USAC 2000.
5. LAYNE, Ken. “**Manual de electrónica automotriz**”. Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamérica, S.A. 1991.
6. “**MANUAL de reparación del automóvil**”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986.
7. MITCHEL “**On demand**” Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

8. NORBYE ,Jan P. "**Fuel injection**" México: Prentice-Hall Hispanoamérica S.A. 1994.
9. SERWAY Raymond A. "**Física**" 3ª ed. Tomo 2. México: Mcgraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V. 1993
10. SNAP-ON Diagnostics, "Ford reference manual". 8 ed. U.S.A.: Snap-on incorporated. Noviembre 1997.

ANEXO



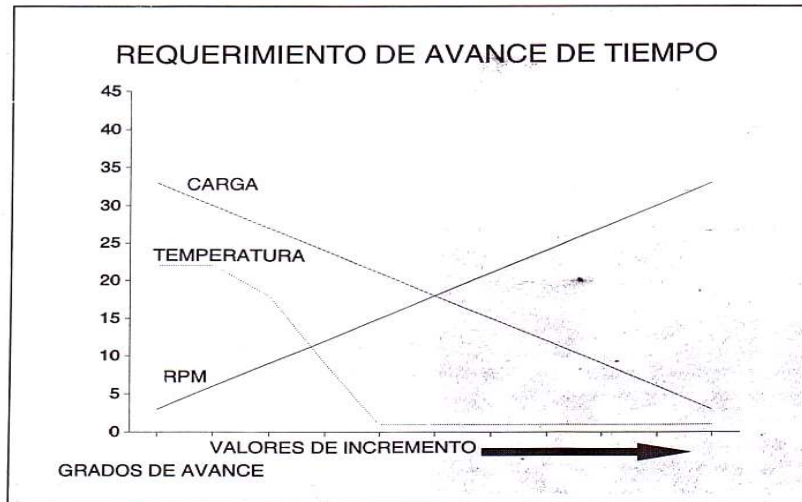
CUANDO LA RELACIÓN AIRE COMBUSTIBLE SE MIDE EN FORMA CORRECTA EN UNIDADES DE VOLUMEN RESULTA EN 10,000 PARTES DE AIRE POR 1 PARTE DE COMBUSTIBLE.



CUANDO LA RELACIÓN AIRE COMBUSTIBLE SE MIDE POR PESO, LA PROPORCION ES DE 14.7 PARTES DE AIRE POR UNA DE COMBUSTIBLE A ESTO SE LE CONOCE COMO RELACION ESTEQUIOMÓTRICA

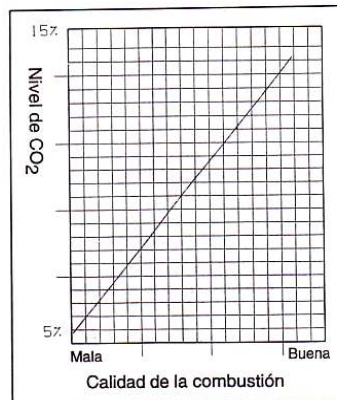
Fuente: Manual de Fuel Injection
FORD, Ben Watson

REQUERIMIENTO DEL AVANCE DE TIEMPO EN UN MOTOR A GASOLINA



La unidad de control electrónico recaba información acerca de la carga del motor, temperatura y velocidad. Al incrementarse la velocidad del motor, la necesidad de avance del tiempo se incrementa. Al aumentar la temperatura, la necesidad de avance de tiempo disminuye. Al incrementarse las rpm, la necesidad de avance de tiempo se incrementa.

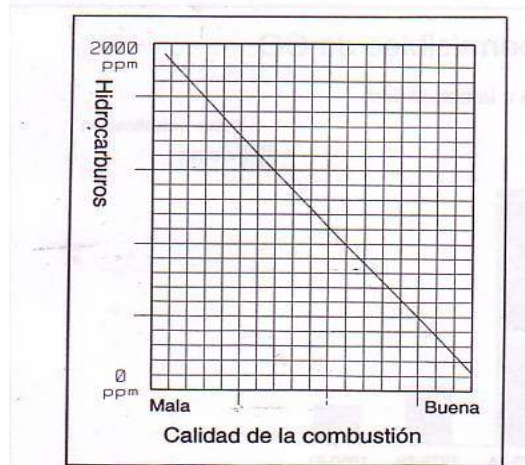
CALIDAD DE LA COMBUSTIÓN



El CO₂ es el resultante normal y deseado de la combustión. El porcentaje de CO₂ es una indicación de la calidad en el motor. Al aproximarse al 15 % indica que la calidad de la combustión es buena. Cuando cae abajo del 10 % señala un problema con la calidad de la combustión. El problema puede ser por deficiencia de la ignición, la compresión o la relación aire combustible.

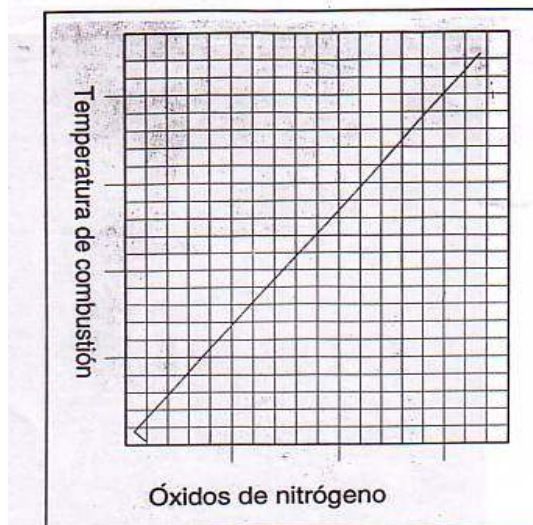
Fuente: Manual de Fuel Injection
FORD, Ben Watson

CALIDAD DE LA COMBUSTIÓN



Las emisiones altas de HC indican una calidad de la combustión pobre. Fugas de vacío, relación aire/combustible, compresión y problemas de ignición, todos pueden disminuir la calidad de combustión e incrementar las emisiones de HC.

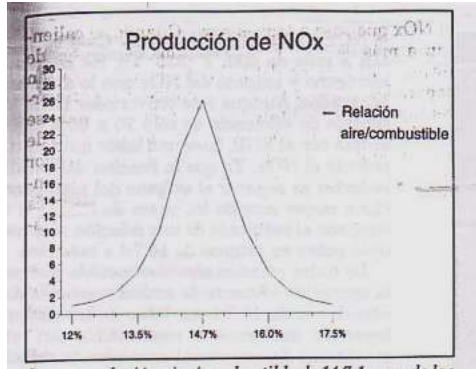
CALIDAD DE LA COMBUSTIÓN



Conforme aumenta la temperatura de combustión la producción de NOx aumenta.

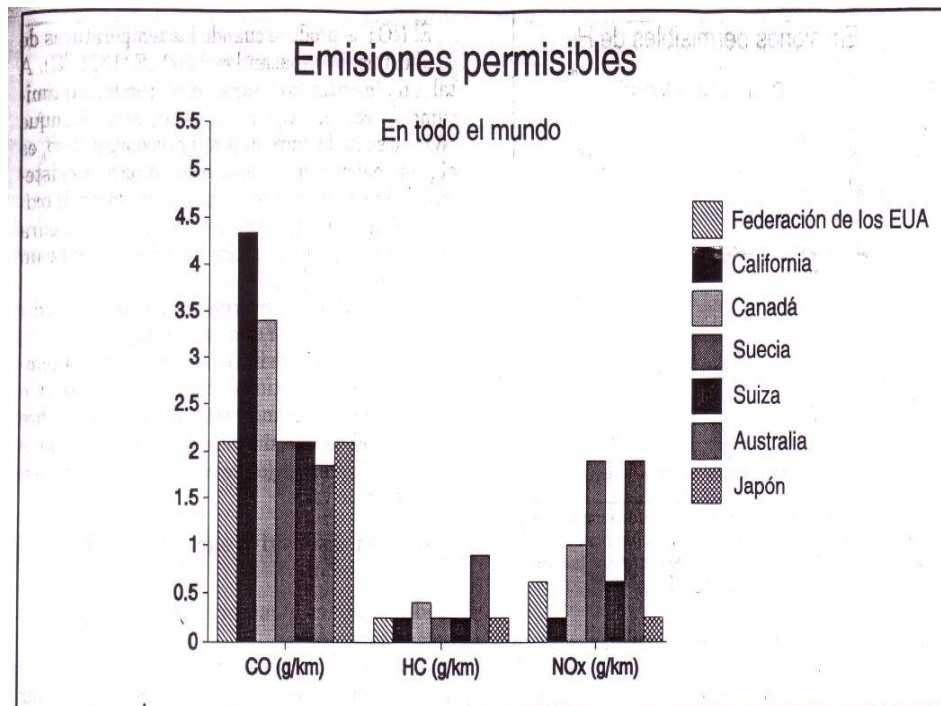
Fuente: Manual de Fuel Injection
FORD, Ben Watson

CALIDAD DE LA COMBUSTIÓN



Con una relación de aire/combustible de 14.7:1, cuando las emisiones de HC y CO₂ están en sus niveles más bajos, la producción de NO y NO₂ está al máximo. El término que se usa para describir los óxidos de nitrógeno NO_x.

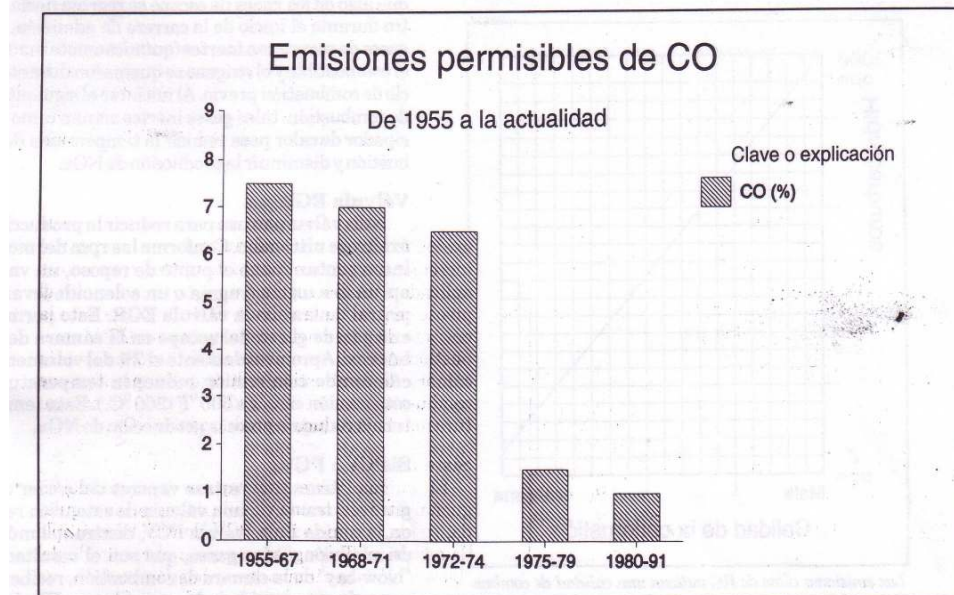
EMISIONES PERMISIBLES A NIVEL MUNDIAL



Los niveles permisibles de emisión varían por todo el mundo. Aunque los Estados Unidos son estrictos, otros países lo son más.

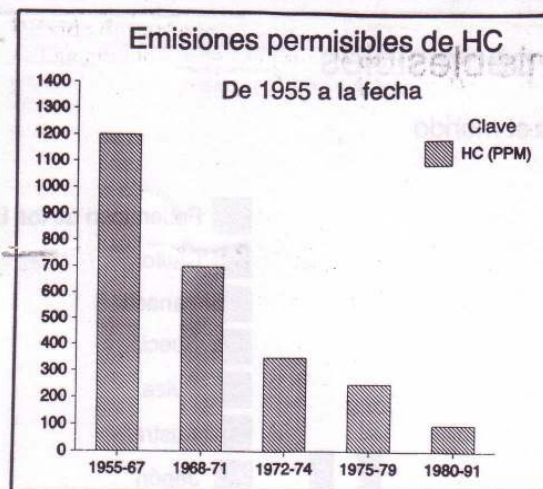
Fuente: Manual de Fuel Injection
FORD, Ben Watson

EMISIONES PERMISIBLES DE MONÓXIDO DE CARBONO DE 1955 A 1995



Los niveles permisibles de CO han estado disminuyendo uniformemente a través de los años.

EMISIONES PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS DE 1955 A 1995



Los niveles permisibles de Hidrocarburos han estado disminuyendo desde los años cincuentas. El nivel permisible actual es de menos del 0.00001 %. Eso se compara con un nivel permisible de CO que sobrepasa el 1 % .

Fuente: Manual de Fuel Injection
FORD, Ben Watson

