



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGÓN

MANUAL DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN  
ELECTRONICA DE COMBUSTIBLE,  
INSTALADOS EN LOS VEHÍCULOS  
AUTOMOTORES NACIONALES A GASOLINA

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO  
E L E C T R I C O  
P R E S E N T A N:

JOSÉ DE JESUS DELGADO HERNÁNDEZ  
OSCAR GUADALUPE TOVAR CONTRERAS

ASESOR: ING. JOSE ANTONIO AVILA GARCIA

MEXICO

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

257788



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

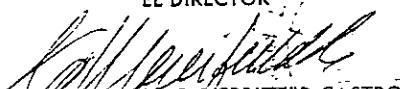
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION


JOSÉ DE JESÚS DELGADO HERNÁNDEZ  
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 23 de octubre del año en curso, presentada por Oscar Guadalupe Tovar Contreras y usted, relativa la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ ANTONIO ÁVILA GARCÍA pueda dirigirles el trabajo de Tesis denominado, "MANUAL DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE, INSTALADOS EN LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES NACIONALES A GASOLINA", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 29 de octubre de 1997.  
EL DIRECTOR

  
M. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

  
c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
c c p Asesor de Tesis.

  
CCMC/AIR/IIa.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

OSCAR GUADALUPE TOVAR CONTRERAS  
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 23 de octubre del año en curso, presentada por José de Jesús Delgado Hernández y usted, relativa la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ ANTONIO AVILA GARCÍA pueda dirigirles el trabajo de Tesis denominado, "MANUAL DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE, INSTALADOS EN LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES NACIONALES A GASOLINA", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 29 de octubre de 1997  
EL DIRECTOR

M. en C. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



*[Handwritten signatures]*

c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/IIa.

## DEDICATORIA

### **A MIS PADRES:**

**DAVID DELGADO PEDROZA.  
MARTHA HERNANDEZ SERNA.**

POR HABERME DADO SU APOYO, AMOR Y DEDICACIÓN INCONDICIONAL, POR HABER ACOMPAÑADO A ESE NIÑO IMPREDECIBLE Y TRAVIESO, POR ENTENDER LA INQUIETUD DEL ADOLESCENTE Y POR HABER APOYADO AL POSIBLE INGENIERO, PERO SOBRE TODO POR HABER SIDO EJEMPLO DE AMOR Y COMPRENSIÓN DURANTE TODA MI VIDA. GRACIAS POR QUE SIN TENER USTEDES TODO, ME LO HAN DADO TODO, GRACIAS POR QUE EL PROYECTO QUE TIENEN EN ESTE HIJO HASTA AHORA LO HAN LLEVADO A CABO A LA PERFECCIÓN, APOYÁNDOME PARA LOGRAR ESTE QUE CONSIDERO SU TRIUNFO.

### **A MIS HERMANOS:**

IGNACIO DELGADO HERNANDEZ.      MARTÍN DELGADO HERNÁNDEZ.  
DAVID DELGADO HERNANDEZ.      ARTURO DELGADO HERNÁNDEZ.  
ENRIQUE DELGADO HERNÁNDEZ.      ENRIQUE DELGADO HERNÁNDEZ.  
KARINA DELGADO HERNÁNDEZ.      ARACELI DELGADO ANTONIO.

GRACIAS POR SU CARIÑO COMPRENSIÓN, APOYO, EJEMPLO, HONESTIDAD Y FUERZA DE VOLUNTAD, POR PROTEGERME, RESPETAR MI FORMA DE SER Y MIS DECISIONES, SIENDO ESTIMULO EN TODO MOMENTO.

### **A MIS FAMILIARES:**

POR HACERME SENTIRLES CERCA E INVOLUCRADOS A PESAR DE LA DISTANCIA Y POR SER TODO APOYO, AMOR Y COMPRENSIÓN.

### **A MIS AMIGOS:**

DANDO GRACIAS A DIOS POR QUE HAN DEMOSTRADO SERLO EN VERDAD, CUANDO MAS LOS HE NECESITADO Y POR HABERME ACOMPAÑADO EN TODO EL TRAYECTO SIN DESVIARME DE EL.

**AL ING. JOSÉ ANTONIO ÁVILA GARCÍA:**

POR HABER BRINDADO SU TIEMPO Y APOYO DURANTE LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO DE TESIS, SIENDO ATENTO COMPENSIVO Y PACIENTE ANTE LA DUDA Y EL SIENDO EL EMPUJE NECESARIO ANTE LA DIFICULTAD, GRACIAS POR BRINDARSE COMO INGENIERO Y AMIGO.

**A MI HERMANO, AMIGO Y COMPAÑERO:**

POR HABER SIDO DURANTE TODA LA CARRERA PURO CORAZÓN, POR HABER SACRIFICADO TU TIEMPO Y BRINDADO TU APOYO Y COMPENSIÓN, POR HABER INSPIRADO MI CONFIANZA Y BRINDARTE JUNTO CON TU FAMILIA, COMO MATERIA TODA DISPUESTA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA META Y UN GRAN AFECTO Y AMISTAD QUE DE ESTA SE DERIVAN, GRACIAS POR DISCUTIR SIN PELEAR Y POR ARRIESGAR A PERDER, TENIENDO FE EN QUE SE PODÍA GANAR, COMPARTIENDO EL SUEÑO HOY REALIZADO, NO OLVIDES QUE FALTA MAS. **OSCAR TOVAR CONTRERAS.**

**A TODOS AQUELLOS CLIENTES Y MECÁNICOS:**

QUE TUVIERON FE EN EL MECÁNICO DE 13 AÑOS, BRINDÁNDOLE SU CONFIANZA AL NIÑO QUE COMPOÑÍA CARROS CON MAS FE Y CORAZÓN QUE CONOCIMIENTOS, EN ESPECIAL A DON DIEGO MERCADO E HIJOS.

**AL ING. TERESA CELIA MORENO BAÑUELOS:**

POR HABER SIDO MI MADRE DURANTE LA CARRERA Y POR HABER CONFIADO EN MI TODO EL TIEMPO, BRINDÁNDOME DE UNA FORMA DESINTERESADA SU EFECTO AMOR Y COMPENSIÓN, ARRIESGANDO SU SALUD SIN PEDIR NADA A CAMBIO, SIENDO UNO DE LOS PILARES QUE ME SOSTUVIERON Y ESTIMULARON DURANTE LA CARRERA.

**A TI :**

POR HABERME DADO TU CARÍÑO, COMPRESIÓN APOYO Y ESTIMULO  
CONSTANTE DURANTE EL LARGO TRAYECTO HASTA LLEGAR A ESTA  
META, TU QUE LO VIVISTE CONMIGO TAN INTENSO, ADOLECIENDO DE MI  
TIEMPO, SIN PEDIR NADA A CAMBIO, AL LEER ESTO YA SABES QUIEN  
ERES Y EL MÉRITO QUE BIEN MERECIDO TIENES.

**A DIOS :**

POR HABERLE PERMITIDO A UN HIJO DESOBEDIENTE, LA GRACIA DE  
LLEGAR HASTA AQUÍ RODEADO DE TODOS LOS ANTES MENCIONADOS, Y  
BAJO TU PROTECCIÓN, SEÑOR ESTA ES TU OBRA.

**JOSÉ DE JESÚS DELGADO.**

# **DEDICATORIA**

## **A MI QUERIDA ESPOSA**

POR QUE SIEMPRE CONTÉ CON TU APOYO INCONDICIONAL, TU AMOR , TU COMPRENSIÓN Y COMPAÑÍA EN LOS MOMENTOS DE ARDUO TRABAJO, PORQUE SIEMPRE ENCONTRÉ EN TI UNA PALABRA DE CONSUELO, AMABLE Y CARIÑOSA CUANDO LO NASECITABA, PORQUE LO HAS DADO TODO SIN EXIGIR NADA A CAMBIO, GRACIAS POR CONTAGIARME DE TU ALEGRÍA, POR NO DEJARME CLAUDICAR CUANDO SENTÍA QUE YA NO PODÍA, GRACIAS A TODO ESTO LLEGUE A LA META QUE TANTO ANHELABA Y ESTE TRIUNFO TAMBIÉN ES TUYO, SIENDO ESTAS UNA DE LAS TANTAS METAS QUE LOGRAREMOS JUNTOS, CON TODO MI AMOR CARIÑO Y RESPETO DE TU COMPAÑERO DE TODA LA VIDA.

## **A MIS HIJOS**

QUE SON LA INSPIRACIÓN DE MI VIDA, LOS QUE SE HAN SACRIFICADO MUCHO DURANTE EL TRANCURSO DE TODA LA CARRERA, DE LOS CUALES ME SIENTO MUY ORGULLOSO Y ESTO ES OCASIÓN PARA DECIRLES LO MUCHO QUE LOS QUIERO, ESPERANDO QUE EN UN FUTURO NO MUY LEJANO USTEDES TAMBIÉN SE REALICEN SUS SUEÑOS, TOMANDO EN CUENTA QUE CON DEDICACIÓN Y ESFUERZO SE PUEDEN LOGRAR LAS METAS FIJADAS.

## **A MIS PADRES:**

QUE ME HAN BRINDADO EL APOYO , SU CONSEJO Y COMPRENSIÓN , QUE ME DIERON LA VIDA Y ENSEÑARON LOS PRINCIPIOS DE LA RECTITUD Y LA HONRADEZ, SIENDO LA MEJOR HERENCIA YA QUE ESTA SIEMPRE ME SACARA ADELANTE EN CUALQUIER SITUACIÓN, POR LLEGAR A SER MAS QUE UN PADRE UN AMIGO EL CUAL DARÍA LA VIDA POR MI GRACIAS , PUES ESTE TRIUNFO TAMBIÉN ES TUYO YA QUE LO HAS VIVIDO JUNTO CONMIGO.

## **A MI COMPAÑERO :**

QUE HA SABIDO SER UN GRAN AMIGO, QUE SIEMPRE ME COMPRENDIO DURANTE EL TRANCURSO DE LA CARRERA Y ME APOYO, GRACIAS POR SER MI HERMANO, PORQUE SIEMPRE ESTUVISTE CUANDO TE NECESITABA Y AHORA COMPARTIMOS UN MISMO SUEÑO .



**A MIS HERMANOS Y CUÑADOS:**

POR APOYARME DURANTE EL TRANSCURSO DE MI CARRERA Y TENER CONFIANZA EN MI.

**A MI PROFESORA:**

POR EL GRAN ESTIMULO QUE RECIBÍ AL INICIO DE LA CARRERA, POR EL TIEMPO QUE DEDICA DESINTERESADAMENTE PARA EL BENEFICIO DE SUS ALUMNOS, PORQUE ME DIO CONFIANZA, POR CUIDARNOS DURANTE TODA LA CARRERA GRACIAS PROFESORA  
TERESA CELIA MORENO BAÑUELOS

**AL ING. JOSÉ ANTONIO ÁVILA GARCÍA**

GRACIAS POR TU TIEMPO, TUS ENSEÑANZAS Y TU APOYO BRINDADO DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO .

**A MIS COMPAÑEROS:**

QUE SIEMPRE ME COMPRENDIERON Y ME AYUDARON A CULMINAR ESTA CARRERA DE RESISTENCIA, APOYÁNDOME Y ALIGERANDO EL TRABAJO DE ESTA CARRERA.

**OSCAR GUADALUPE TOVAR CONTRERAS**

## Prólogo

Debido al incremento desmesurado de automotores, las grandes ciudades se han visto con problemas de contaminación ambiental, esto por las emisiones excesivas de gases tóxicos, producidos por la contaminación de estos motores. Se ha tenido la necesidad de realizar modificaciones al sistema de dosificación de combustible, con el fin de lograr una mezcla más exacta y así reducir al máximo las emisiones de gases contaminantes.

Lográndose esto mediante el auxilio de la electrónica para tener un mejor control de la mezcla aire - combustible, trayendo como consecuencia el desarrollo de sistemas de Inyección electrónica de combustible, los cuales se introdujeron en México a partir de 1984.

Siendo este suceso un cambio brusco para el personal involucrado en el mantenimiento de estos sistemas, el cual no ha podido ser dominado en su totalidad; debido a la dificultad que presenta el tener acceso a la información para el mantenimiento preventivo y correctivo de los motores y a la renuencia de las personas involucradas a capacitarse, porque no cuentan con una formación técnica que les permita comprender estos nuevos avances.

Todo esto aunado a que la información que existe en la actualidad es restringida por las agencias de servicio automotriz y la información que dan a conocer no es tan clara y precisa, hace necesario el contar con una información que sea fácil de comprender para personas que no han tenido alguna formación técnica.

Dada esta situación es conveniente el contar con información clara y precisa; que pueda ser asimilada y aplicada de forma sencilla, sin provocar temor e inseguridad por la complejidad que representan los sistemas de Inyección electrónica.

Debido a la situación por la que pasa el personal involucrado en el mantenimiento de los sistemas de inyección electrónica y con el fin de proporcionar a el personal antes citado la información que este requiere de forma que le sea mas atractiva y accesible, se presenta en este trabajo de tesis, un manual de inyección electrónica de combustible para motores a gasolina, que está redactado en forma clara y sencilla, sin que por esto se pierda la esencia y la profundidad que el tema requiere.

## INDICE

### PROLOGO

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN   | 1  |
| 1.- GENERALIDADES  | 3  |
| 1.1 COMPONENTES DEL CARBURADOR   | 4  |
| 1.1.1 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.                           | 4  |
| 1.1.2 CIRCUITO DE MARCHA MÍNIMA Y TRANSFERENCIA.                         | 5  |
| 1.1.3 CIRCUITO DE ALTA VELOCIDAD.  | 6  |
| 1.1.4 CIRCUITO DE BOMBA DE ACELERACIÓN.                                  | 6  |
| 1.1.5 CIRCUITO DE VÁLVULA DE POTENCIA DEL PRIMARIO.                      | 7  |
| 1.1.6 CIRCUITO SECUNDARIO DE MÁXIMA POTENCIA.                            | 8  |
| 1.1.7 SISTEMA DE AHOGADOR ELÉCTRICO Y ABERTURA<br>NEUMÁTICA.             | 8  |
| 1.2 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LA INYECCIÓN<br>ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE. | 10 |
| 1.2.1 COLECTORES DE DATOS Y SENSORES.                                    | 11 |
| 1.2.2 PROCESAMIENTO DE SEÑALES.  | 11 |
| 1.2.3 INTERPRETACIÓN DE LAS SEÑALES DE SALIDA POR EL<br>MICROPROCESADOR. | 12 |
| 1.2.4 MEMORIA DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.                           | 14 |
| 1.2.5 ENTRADAS Y SALIDAS DE DATOS.                                       | 17 |
| 2.- TIPOS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA                                       | 19 |
| 2.1 DOSIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE  | 21 |
| 2.2 SISTEMAS DE INYECCIÓN CENTRAL (TBI).                                 | 23 |
| 2.3 SISTEMA DE INYECCIÓN MÚLTIPLE (EFI).                                 | 25 |
| 2.4 VENTAJAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MÚLTIPLE.                          | 29 |

|   |    |
|---|----|
| 3.- SISTEMAS DE MONITOREO ( SENSORES )  | 32 |
| 3.1    SENSORES DE TEMPERATURA.   | 35 |
| 3.1.1  SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE DEL MOTOR.   | 35 |
| 3.1.2  SENSOR DE TEMPERATURA DE AIRE.   | 37 |
| 3.2    SENSOR DE POSICIONAMIENTO  | 38 |
| 3.2.1  SENSOR DE POSICIÓN DE ACELERADOR.  | 39 |
| 3.2.2  SENSOR DE POSICIÓN DE CIGÜEÑAL.  | 40 |
| 3.2.3  SENSOR DE POSICIÓN DE ÁRBOL DE LEVAS.  | 41 |
| 3.3    SENSOR FLUJO DE AIRE   | 42 |
| 3.4    SENSOR OXIGENO   | 44 |
| 3.5    SENSOR DE DETONACIÓN   | 48 |
| 3.6    SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA DEL MÚLTIPLE  | 49 |
| 3.7    SENSORES DE CARGA  | 52 |
| 4.- SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO ( ACTUADORES )  | 55 |
| 4.1    INYECTORES   | 56 |
| 4.2    BOMBA GASOLINA   | 57 |
| 4.3    CONTROL DE REVOLUCIONES  | 58 |
| 4.4    RELEVADORES  | 63 |
| 4.5    REGULADOR DE PRESIÓN   | 65 |
| 5.- FUNCIONES DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA         | 67 |
| 5.1    FORMA DE OPERACIÓN DE LA COMPUTADORA (RECEPCIÓN DE DATOS, PROCESO Y SALIDA DE INSTRUCCIONES) | 70 |
| 5.2    SUBSISTEMAS DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA.   | 72 |
| 5.2.1  DOSIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE.   | 73 |
| 5.2.2  GENERACIÓN DE CHISPA.  | 74 |
| 5.2.3  CONTROL DE TEMPERATURA.  | 80 |
| 5.2.4  CONTROL DE REVOLUCIONES.   | 81 |
| 5.2.5  CONTROL DE EMISIONES.  | 83 |
| CONCLUSIÓN.   | 88 |
| BIBLIOGRAFÍA.   | 90 |

## INTRODUCCIÓN

Este manual se constituye de información que puede ser accesada por técnicos, mecánicos e ingenieros, sin ser estrictamente necesario que se cuente con una preparación de elevados conocimientos técnicos, con el fin de que estos puedan contar con un manual que les proporcione la información necesaria para comprender los diferentes sistemas de inyección electrónica de combustible, sin que por eso se allá descuidado la veracidad y confiabilidad de la información que contiene y en base a esta, obtener los conocimientos elementales, para poder dar el mantenimiento adecuado a cualquier sistema de inyección electrónica por computadora, auxiliado de las especificaciones del fabricante para cada tipo de vehículo.

Por lo tanto con el fin de brindar esta información de forma clara y sistemática, esta se estructuro de la siguiente manera: <sup>o</sup>

En el primer capítulo, se parte del conocimiento de la eficiencia del sistema de inyección electrónica ante el sistema convencional a carburador, explicando en este, de una forma general el funcionamiento del sistema carburado y en su forma mas básica el funcionamiento del sistema de inyección electrónica por computadora, confrontándoles entre si.

En el segundo capítulo se hace mención de los dos tipo de inyección electrónica que hay en el mercado, con el fin de que el lector les conozca y pueda diferenciar uno de otro en base a su estructura y componentes.

<sup>p</sup>

Para el tercer capítulo se hace cita de los elementos que dotan de información a la computadora, sobre parámetros físicos (sensores), citando su forma de operación, constitución y ubicación, esto con la finalidad de que se conozca, de donde y la forma en que la computadora recibe información, sobre el estado del sistema que monitorea.

En el cuarto capítulo se citan los diferentes actuadores, así como su forma de operación, puesto que son los que se encargan de realizar las ordenes de la computadora, modificando parámetros físicos del motor, en donde esta instalado el sistema.

En el quinto capítulo se hace referencia de la forma en que se coordinan para operar los tres principales elementos del sistema de inyección electrónica, que son sensores, actuadores y el procesador o computadora; así como la forma en que se unen para formar los subsistemas que conforman a su vez el sistema de inyección electrónica de combustible y para culminar con la concepción del sistema de inyección electrónica de combustible como tal, en este capítulo, se muestra como se coordinan y complementan los subsistemas para formar el cuadro de funcionamiento del sistema y la forma en que se mantienen dentro de él y como se controlan posibles problemas dentro del sistema de inyección electrónica por computadora.

## 1. GENERALIDADES

Al abordar el tema de inyección electrónica de combustible, se ha caído en el error de concebir a estos sistemas totalmente diferentes a los sistemas carburados, con lo que respecta a los componentes del motor, el cual no deja de tener en general los mismos componentes con respecto a lo que conocemos como motor básico, el cual tanto en automóviles con carburador como en automóviles de inyección electrónica, tienen básicamente los mismos elementos siendo los mas importantes:

MONO BLOCK  
CIGÜEÑAL  
ÁRBOL DE LEVAS  
ENGRANES DE DISTRIBUCIÓN  
CADENA O BANDA DE DISTRIBUCIÓN SEGÚN SEA EL CASO  
BOMBA DE ACEITE  
PUNTERÍAS  
BOMBA DE AGUA  
PISTONES  
ANILLOS  
PERNOS  
BIELAS  
CULATA O CABEZA  
VÁLVULAS  
RESORTES  
BALANCINES  
DISTRIBUIDOR  
MÚLTIPLE DE ADMISIÓN Y ESCAPE  
BARRAS AUXILIARES DE INERCIA O DE BALANCEO (EN ALGUNOS CASOS)  
TAPA DE PUNTERÍAS  
CÁRTER  
TAPA DE DISTRIBUCIÓN  
FILTRO DE ACEITE  
VOLANTE DE INERCIA

Tomando en cuenta el listado anterior es conveniente que se considere para el estudio y la comprensión del sistema de inyección electrónica,

la idea de que hasta la fecha todos los motores a gasolina funciona con los mismos componentes y bajo los mismos principios de operación del ciclo OTTO. A excepción de lo que respecta a la inyección de combustible y al sistema de ignición, tales cambios se han derivado, de la necesidad de mejorar el rendimiento de los motores así como sus emisiones contaminantes, lo cual no fue posible de manera que se pudiese cumplir con los requerimientos actuales de mercado y los programas de verificación vehicular. Al ser los carburadores elementos casi en su totalidad mecánicos estos no pueden proporcionar una respuesta rápida a los requerimientos del motor con lo que respecta a la mezcla aire-combustible, debido a esto la eficiencia del carburador a sido cuestionada y confrontada ante los nuevos sistemas de inyección electrónica por computadora, pero para determinar si el sistema de inyección es mas eficiente o no que el sistema convencional o carburado, se hace necesario analizar el funcionamiento de los componentes básicos tanto del carburador como de el sistema de inyección electrónica por computadora como a continuación se realiza iniciando por el sistema de carburador:

## 1.1 COMPONENTES DEL CARBURADOR

Cuando se introdujeron los sistemas de inyección electrónica en México, se tubo la idea que no resultarían y se tendrían muchos problemas comparados con los vehiculos carburados, cuestionando su eficiencia, como consecuencia a la falta de conocimiento del funcionamiento del mismo.

Para conocer estos nuevos sistemas es necesario aprender el funcionamiento del carburador y tener el conocimiento de las partes de que se constituye el carburador y sobre todo de las principales que son:

Sistema de alimentación de combustible, circuito de marcha mínima y transferencia, circuito de alta velocidad, circuito de la bomba de aceleración, circuito de la válvula de potencia del primario, circuito secundario de máxima potencia, sistema de ahogador eléctrico y abertura neumática, los cuales se describen a continuación:

### 1.1.1 Sistema de alimentación de combustible

El combustible que envía la bomba de transferencia, entra hacia el carburador y pasa por el filtro del mismo. El combustible llega a presión y se controla por medio de un asiento y aguja que sella con tal asiento; esta aguja es activada por el flotador.



El control de nivel de gasolina se lleva a cabo por medio de una aguja, la cual es movida por el flotador que al bajar el nivel en el depósito de combustible, este cae jalando la aguja, permitiendo el paso del combustible provocando así que el nivel suba y la aguja realice la función de bloqueo.

En el depósito del carburador se encuentra la válvula solenoide de ventilación, que se conecta al cánister, para absorber los vapores de la gasolina y así ayudar a disminuir la contaminación por hidrocarburos.

### 1.1.2 Circuito de marcha mínima y transferencia.

Este circuito se encarga de suministrar el combustible que requiere el motor cuando está funcionando en marcha mínima y en velocidad intermedia. Este combustible proviene del depósito de combustible del carburador y por medio de un conducto se hace pasar por una espreea.

Dicho combustible sube por el conducto de baja del primario, y se mezcla con el aire que pasa por medio de la espreea aereadora.

El combustible mezclado baja por el ducto de transferencia, hasta llegar al paso de transferencia. El ducto continúa bajando hasta un orificio que tienen la función de proporcionar aire adicional al conducto de marcha mínima (ralenti).

Durante la marcha mínima del motor, la mezcla aire-combustible, pasa a la espreea de carburación (espreea de restricción dosificadora), para controlar el paso del combustible mezclado que requiere el motor.

En velocidades arriba de marcha mínima y al acelerar, la válvula de aceleración del carburador deja de salir el vacío del múltiple y succiona la mezcla de aire-combustible del orificio de transferencia; la mezcla, es succionada por los dos orificios que son los siguientes: el orificio de transferencia y el de marcha mínima.

### 1.1.3 Circuito de alta velocidad

Estando la válvula de aceleración abierta, el aire que pasa a través del carburador aumenta de velocidad y crea baja presión (vacío) en el área del venturi. Este vacío succiona el combustible de la cuba del carburador y lo hace pasar por la esprea principal, y es conducido hacia el pozo principal del combustible, en donde se encuentra la esprea del tubo mezclador. El aire que pasa por la esprea de aire se mezcla con el combustible por medio del tubo mezclador y es controlado por medio de una esprea.

El combustible continúa su camino y ya mezclado sale del pozo principal del carburador y es absorbido por el vacío y distribuido por las salidas del venturi a través de un conducto que culmina en la mariposa que controla la entrada al múltiple de admisión.

La mezcla de aire-combustible aumenta conforme la válvula de aceleración se abre totalmente, para poder mantener una correcta relación de aire-combustible y controlar el consumo que requiere el motor.

La esprea principal controla el flujo del combustible en el circuito de alta velocidad, la descarga de combustible en el orificio de marcha mínima y en el paso de transferencia, quedan sin funcionar momentáneamente.

### 1.1.4 Circuito de la bomba de aceleración.

El sistema de la bomba de aceleración o inyección, entra en acción cuando las válvulas de aceleración se abren rápidamente y el aire pasa por la garganta del carburador, entrando primariamente más aire que combustible, en virtud de que el combustible (gasolina) es más pesado que el aire. durante este lapso o antes de que el combustible pueda llegar al "venturi", el sistema de la bomba de aceleración mecánicamente, inyecta combustible adicional al difusor hasta que el carburador pueda mantener balanceada la relación de la mezcla aire-combustible.

En cuanto termina la inyección mecánica, el circuito de alta velocidad mantiene la mezcla adecuada para el correcto funcionamiento del motor.

En el momento en que la válvula de aceleración está cerrada, el diafragma regresa hacia la tapa de la bomba de aceleración a su posición inicial por la acción del resorte interior. En el momento en que el diafragma regresa a su lugar, succiona nuevamente combustible, el combustible pasa primero por el balín o bola de metal de entrada y llena la cámara del diafragma de la bomba.

El balín de descarga evita que pase aire a la cámara del diafragma de la bomba en el momento en que la válvula de aceleración comienza a abrir, la palanca de empuje del diafragma de la bomba empuja al diafragma hacia adentro y en ese momento se inyecta combustible, obligándolo a salir de la cámara de la bomba de inyección por un conducto que llega hacia el balín que solo permite la salida del combustible, que pasa a el venturi primario con el fin de ser atomizado.

El balín de entrada, permite la entrada de combustible y a la vez evita que éste no se regrese hacia el deposito de combustible del carburador.

Cuando el combustible es enviado bajo presión que es ejercida por el diafragma de la bomba de aceleración, el exceso de combustible que no se utiliza en la inyección, es regresado hacia el deposito del carburador a través de un conducto de restricción de descarga del combustible, que actúa como una válvula de alivio.

#### 1.1.5 Circuito de la válvula de potencia del primario

Durante la operación en altas velocidades y trabajo pesado, la cantidad de mezcla aire-combustible, debe de aumentarse para poder sostener la máxima potencia del motor.

El sistema de la válvula de potencia está controlado por el vacío del múltiple de admisión y abastece de combustible adicional al motor, este vacío es aplicado a la válvula de potencia de diafragma, a través de un pasaje que comunica del múltiple al carburador, y está instalado en la base del mismo, el cual conduce el vacío a la parte superior de la válvula de potencia de diafragma.

Durante la marcha mínima (ralenti) del motor, el vacío del múltiple es tan alto que vence la tensión del mecanismo accionador de la válvula de potencia y ésta no abre, permaneciendo así cerrada.

Cuando el vacío del múltiple baja, el resorte se estira y baja el vástago abriendo la válvula de combustible adicional, permitiendo así, el paso del combustible a través de la válvula de potencia hacia la espesa de restricción que dirige la mezcla a el pozo principal y posteriormente el combustible es descargado en el "venturi" del primario; de esta forma, el motor recibe una cantidad extra de combustible para la marcha de máxima potencia.

Cuando la carga del motor va disminuyendo, el vacío del motor (múltiple) aumenta y el diafragma nuevamente sube al vástago y el resorte del diafragma de la válvula de potencia se comprime, cerrando en la válvula inferior el paso adicional del combustible hacia el múltiple de admisión, quedando cerrada la válvula de potencia.

#### 1.1.6 Circuito secundario de máxima potencia.

El circuito secundario requiere de la máxima velocidad del aire para su óptimo funcionamiento y así obtener toda la fuerza requerida para la máxima potencia del motor.

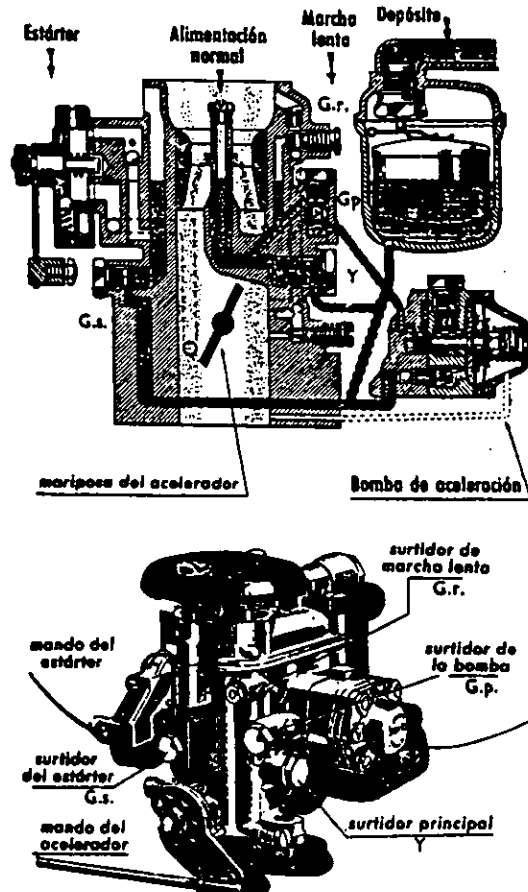
Conforme se va abriendo la válvula de aceleración y se aproxima a su abertura total, la velocidad del aire que pasa a través del venturi secundario, crea una baja presión (gran vacío) y el combustible fluye de la cuba del carburador por el pozo vertical que tiene una restricción, este combustible se mezcla con aire por un orificio de purga de aire calibrado, esta mezcla es descargada a través de un orificio en la garganta del secundario.

#### 1.1.7 Sistema de ahogador eléctrico y abertura neumática.

Este sistema se encarga de bloquear el paso de aire y de enriquecer la alimentación de combustible que requiere el motor en el arranque inicial en condiciones de baja temperatura.

Este elemento para su funcionamiento se auxilia de una resistencia eléctrica que a su vez esta conectada a un espiral que se dilata conforme aumenta la temperatura, el movimiento de esta dilatación es transmitido por medio de un mecanismo, a la válvula de tipo mariposa.

Los principales componentes de un carburador se aprecian en la figura ( 1.1 ).



Una vez que se han descrito los elementos de un sistema carburado, se considera conveniente el conocer los elementos que constituyen un sistema de inyección de combustible, esto con el fin de tener suficientes elementos que den pauta a una comparación entre ambos sistemas.

## 1.2 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE.

Actualmente la computadora, ha tomado gran importancia como un confiable auxiliar en el control de las funciones del automóvil en que es posible que influya la electrónica, incluyendo: la suspensión, el frenado, el calentamiento y los sistemas de control del motor. En cuanto a aplicaciones futuras, el campo es muy amplio y propicio sobre todo en áreas tales como, dirección hidráulica, frenos antibloqueo, suspensiones, transmisiones, sistemas de guía y navegación.

Los elementos de los cuales se forma un sistema de control electrónico son: una variedad de sensores, accionadores (actuadores) y conductores o cables; estos relacionados por un procesador central llamado computadora o microcomputadora.

Los elementos de la computadora, pueden hacer pasar voltajes eléctricos por circuitos electrónicos miniatura (llamados circuitos integrados), con una rapidez, precisión y confiabilidad aceptables. Las computadoras de automóviles usan esta habilidad de manejo de voltaje en dos formas: para ejecutar trabajos y proveer información.

Los microprocesadores llevan a cabo su función, controlando dispositivos eléctricos o mecánicos llamados accionadores, y proveen información mediante imágenes visuales de autodiagnóstico, agrupaciones de instrumentos electrónicos, etc.. Esto es verdaderamente notable cuando se considera especialmente que cada ajuste individual basado en una corriente de datos de cambio constante, tiene que recibirse, analizarse e interpretarse antes de que suceda algo.

Entonces para comprender de una forma práctica cómo opera un sistema de control electrónico, es conveniente dividir los componentes del sistema en tres partes :

- Entrada (sensores)
- Procesamiento (microcomputadora)
- Salida (accionamiento)

### 1.2.1 COLECTORES DE DATOS ( SENSORES).

Como se mencionó anteriormente, la microcomputadora toma decisiones a base de la información que recibe de los sensores. Cada sensor que se usa en un sistema en particular tiene que desempeñar una función específica y proveer suficiente información para ayudar a la computadora a formar el cuadro completo de funcionamiento del vehículo. Aún cuando existe una variedad de diseños de sensores diferentes, todos caen dentro de una o dos categorías de funcionamiento: sensores de referencia de voltaje o sensores generadores de voltaje.

Los sensores de referencia de voltaje ( $V_{ref}$ ) proveen la entrada a la computadora modificando o controlando constante una señal de voltaje predeterminada. Esta señal que puede tener un valor de referencia de cinco a nueve voltios, se genera y envía a cada sensor por un regulador de voltaje de referencia situado dentro del procesador. Debido a que la computadora "sabe" que se ha mandado cierto valor de voltaje, puede interpretar indirectamente variables como: movimiento, temperatura, posición de los componentes, etc., a base de la información recibida. Por ejemplo, si se considera por poner un ejemplo, el funcionamiento del sensor de la posición del estrangulador (TPS). Durante la aceleración, la computadora sigue el movimiento de la placa del estrangulador monitoreando el cambio de la señal de voltaje de referencia de retorno por el TPS (el TPS es un tipo de resistor variable conocido como un potenciómetro rotatorio que cambia la resistencia del circuito a base de la rotación del eje del estrangulador). Según varía la resistencia el TPS, la computadora está programada para responder en forma específica a cada cambio de voltaje correspondiente a una posición.

Además de los resistores variables, hay dos sensores de referencia de voltaje de uso común que son interruptores y termistores. Los interruptores se usan para indicar la posición de los componentes o alguna carga en el sistema y los termistores para convertir la temperatura en una señal del voltaje.

### 1.2.2 PROCESAMIENTO DE SEÑALES.

Las señales se procesan, mediante un procedimiento llamado conversión de señales. La mayoría de los sensores de entrada se diseñan para producir una señal de voltaje que varía dentro de un rango determinado.

Una señal de este tipo se conoce como una señal analógica. Lamentablemente, la computadora no entiende las señales analógicas, solamente puede leer señales digitales (una señal que solo tiene dos valores “encendido/apagado” o presencia o ausencia de voltaje, sin ningún intervalo entre ambos).

Para contrarrestar este problema de comunicaciones, todas las señales analógicas se convierten a un formato digital por un dispositivo conocido como un convertidor de analógico a digital (convertidor A/D). El convertidor A/D está colocado en una sección del procesador llamada el condicionador de señales de entrada que se puede considerar como el traductor de señales de la computadora).

Pero no todos los sensores producen las señales analógicas. Algunos sensores como el de efecto Hall produce una señal digital o cuadrada que puede ir directamente a la microcomputadora como entrada. El término “onda cuadrada” se usa para describir la apariencia de un circuito digital después de haber sido trazado en gráfico. Los cambios bruscos en las condiciones de un circuito (voltaje/no voltaje), resultan en una serie de líneas horizontales y verticales que se conectan para formar un trazado de configuración cuadrada.

De todos modos, algunos sensores producen señales de voltaje de onda cuadrada o digitales y no requieren conversión. Un sensor de efecto Hall usado para referencia de la regulación del encendido es un ejemplo un dispositivo que produce una señal de entrada digital.

### 1.2.3 INTERPRETACIÓN DE LAS SEÑALES RECIBIDAS POR EL MICROPROCESADOR

Para ver como las señales se convierten en un formato que entienda la computadora, es conveniente citar el concepto de “cifrado binario” que es el proceso que se usa en la conversión de analógico a digital. en un sentido literal, binario significa dos valores que se representan numéricamente ya sea por un uno o un cero. Dado que un circuito digital procesa cifrados digitales representado dos valores y asignando un valor numérico (basado en sistema de numeración binaria), a estas condiciones de voltaje y no voltaje, obteniendo así un cifrado en el que, uno representa “voltaje” y cero “no voltaje”.



Aunque este no sea el sistema de numeración al que se está acostumbrado, las computadoras lo usan infinitamente. Por todo esto se podría afirmar, que cualquier información que pueda representarse en un cifrado binario puede ser procesado por una microcomputadora (que equivale a decir cualquier cosa).

Para tener una idea de como opera el cifrado binario, es conveniente analizar como procesa una microcomputadora las señales del sensor de temperatura del refrigerante (CTS). EL CTS es un tipo de termistor (coeficiente negativo) que controla una señal de transferencia basada en cambios de temperatura (mientras mas alta sea la temperatura del refrigerante, mas baja la resistencia y viceversa).

Al recibir las señales analógicas del CTS, el acondicionador de entrada inmediatamente agrupa cada valor de la señales de una gama de voltajes predeterminada y asigna un valor numérico a cada gama. En este ejemplo, se usan las siguientes gamas y valores numéricos: 0-2 voltios = 1, 2-4 voltios = 2, y 4-5 voltios = 3 (si se tiene un voltaje de referencia de 5 voltios). Para poder ser utilizadas estas gamas y valores numéricos, han sido escritos previamente en la memoria de la computadora por un programador humano, en el momento de construcción de la computadora. Cuando el sensor de CTS, está caliente, su resistencia es baja y la señal de voltaje controlada que envía de retorno cae en la gama alta (4-5 voltios).

Al entrar al convertidor A/D, se asigna el valor de voltaje a un valor numérico de 3 (basado en las gamas anteriores) y está listo para una mayor traducción en un cifrado binario.

Sin entrar en los detalles depurados en la numeración binaria, el numero 3 se expresa como "11" (que no significa once). A los miles de transistores y diodos diminutos que actúan como interruptores de conexión y desconexión, dentro de un microprocesador de orientación digital, "11" le instituye a la computadora que aplique voltaje o conecte un circuito específico por un periodo de tiempo determinado (basado en un programa). Si esto parece un programa bastante complicado para seguirlo, solamente para determinar la temperatura del motor, se debe tomar en cuenta que esto sucede en menos tiempo de lo que se toma el abrir y cerrar los ojos.

Además de la conversión A/D, algunas señales de voltajes requieren de amplificación antes de que puedan ser transmitidas a la microcomputadora. Para ejecutar esta labor, se usa un acondicionador de entrada llamado amplificador de señales de voltaje (usualmente menos de un voltio).

#### 1.2.4 MEMORIA DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.

Después que se ha generado información de entrada, acondicionada y pasada a la computadora, esta lista para ser procesada dicha información y ejecutar un trabajo o exhibir cualquier información. La parte de la microcomputadora que recibe la entrada del sensor y maneja todos los datos y cálculos (toma decisiones), se llama la microprocesadora.

Para que la microprocesadora tome las decisiones más adecuadas con respecto al funcionamiento del sistema, la entrada del sensor está suplementada por memoria, juntas la microprocesadora y la memoria forman la porción de la microcomputadora de la procesadora (el termino procesadora se usa para describir la verdadera caja de metal que contienen la computadora y sus componentes integrales ).

La memoria de la computadora retiene los programas y otros datos, tales como calibraciones del vehículo a los cuales se refiere la microcomputadora para ejecutar los cálculos.

Para la microcomputadora, el programa es una serie de instrucciones o procedimientos que tiene que seguir. El programa incluye la información que le dice a la microprocesadora cuando debe recuperar datos de entrada (basado en temperatura, tiempo ,etc.), como procesar la entrada y lo que debe hacer una vez que esta procesada.

La microprocesadora trabaja con la memoria de dos maneras: puede leer la información de la memoria o cambiar la información de la memoria recopilando o almacenando nueva información en esta, se asigna un número a cada ubicación de memoria (escrito en cifrado binario) llamado una dirección. Estas direcciones se numeran en secuencia empezando con cero, las usa la microprocesadora para recuperar datos y escribir nuevas informaciones en la memoria. Durante el procesado, la microcomputadora recibirá a menudo mas datos que pueda manejar inmediatamente.

En estos casos, algunas informaciones tendrán que almacenarse temporalmente o mantenerse en memoria hasta que sean requeridos por el microprocesador.

Cuando este lista, la microprocesadora tiene acceso a la ubicación apropiada de la memoria (dirección) y se le envía una "copia" de lo que se almacena. Al enviar una copia la memoria retiene información original para un uso futuro si se desea.

Fundamentalmente hay tres tipos de memoria en uso dentro de las microcomputadoras del automóvil y son: una memoria solo para lectura (MSL), memoria de acceso aleatoria (MAA) y memoria de uso continuo (MOC).

La memoria sólo para lectura se usa durante la operación de la computadora para almacenar informaciones temporales. La microcomputadora puede escribir, leer y borrar informaciones de MAA en cualquier orden y por eso es que se califica como aleatoria. La única desventaja de MAA, no obstante es que una vez que se gira la llave del encendido hacia apagado, se pierde toda la información.

Para las informaciones que tienen que retenerse permanentemente, se usa la memoria solo para lectura. La MSL que le permite a la computadora el acceso y uso de información almacenada. La microprocesadora no puede escribir o borrar informaciones de la MSL. Debido a que la MSL es un tipo de memoria permanente (no se perderá cuando se desconecte la electricidad) y por lo tanto puede usarse para almacenar la información necesaria para el funcionamiento del vehículo. Un ejemplo de dos tipos de informaciones almacenadas en MSL son las tablas de calibración de consulta.

Las tablas de calibración tienen información acerca de un vehículo específico que le permiten a la microcomputadora dictar a la medida el rendimiento para cada diseño de automóvil. Tales partidas como tipo de transmisión, relación final, tamaño de motor, volumen de los cilindros, desplazamiento, etc. La dan a la microcomputadora un valor único en el vehículo.

Por otra parte, las tablas de consulta contienen informaciones sobre la forma en que debe trabajar el vehículo. Por ejemplo, los ingenieros determinan la relación ideal de aire y combustible que debe ser a una velocidad dada, temperatura del motor, etc. y programan esta información en las tablas de consulta de MSL, según se recibe la entrada de información y se analiza, la computadora explora los valores de la tabla de consultas para encontrar una respuesta apropiada.

El otro tipo de memoria, se conoce como una memoria de uso constante MUC por la FORD y una memoria no volátil por GMC. Para los fines de análisis, nos referimos a la MUC en un sentido genérico. MUC es un tipo de memoria relativamente reciente que forma la base de una estrategia de aprendizaje adoptivo. Lo mismo que la MAA, la microprocesadora puede leer, escribir y borrar información de MUC, pero a diferencia de MAA, no se pierde cuando se apaga el motor. Esta característica le permite a la computadora "aprender" de experiencias anteriores y moldear a la medida la operación según los hábitos de conducción específicos de una persona (pare y siga, carretera abierta, etc.), la característica de la estrategia adoptiva de MUC permite también que la que la microcomputadora haga las correcciones necesarias por el desgaste y lo obsoletos de algunos componentes del vehículo.

Cuando se trate de un vehículo que tenga una estrategia de aprendizaje adoptivo, es importante recordar que se necesitara un periodo de re-aprendizaje en las instalaciones siguientes:

- Siempre que se interrumpa el suministro de potencia a la procesadora quitando un fusible o desconectando el acumulador. Al desconectar el encendido no se afecta la memoria del tipo MUC.
- Cuando se cambie un componente, es posible que el vehículo funcione deficientemente en un período corto de tiempo mientras se reajusta la computadora, para trabajar con las características del nuevo componente. Este periodo de ajuste usualmente dura por unos ocho kilómetros; pero si no se le explica esto al propietario del vehículo es fácil deducir a quien se culpará por la deficiencia en el funcionamiento (variaciones de intensidad, marcha mínima en frío, vacilación). Una manera evitar esta situación, es borrar la memoria o probar el vehículo manejándolo 5 kilómetros, con el fin de que vuelva a su funcionamiento normal

La memoria de la computadora puede borrarse desconectando el acumulador o siguiendo las instrucciones específicas del fabricante. En el sistema C-3 de GMC, por ejemplo, tirando del fusible ECM por diez segundos borraría informaciones aprendidas previamente sino ocasionar una falla completa de potencia, especialmente si su cliente tienen un radio de sintonización electrónica. Con su reloj digital y canales prefijados que tienen que volar a programarse cada vez que se pierde potencia.

### 1.2.5 ENTRADAS Y SALIDAS DE DATOS.

Hasta ahora se ha citado la forma en la que la microprocesadora recibe información y los elementos que usa la microprocesadora para procesar esta información (memoria, tablas de calibración etc...). Ahora es posible analizar la tercera y última etapa de operación de la computadora que es la salida.

Por medio de dispositivos llamados actuadores, una computadora puede físicamente "Actuar" o llevar a cabo una decisión que ha tomado. Los actuadores vienen en tres tipos básicos: solenoides, relevadores, motores y se usan para controlar el flujo de combustible, la velocidad de la marcha mínima, el flujo de vacío, la dirección de aire, etc... Para que la computadora pueda controlar un accionador tienen que depender de un componente llamado impulsor de salida.

Los impulsores de salidas también están conectados a la procesadora (junto con los acondicionadores de entrada, microprocesadora, memoria, etc.), y ejecuta los órdenes digitales expedidos por la microcomputadora fundamentalmente, el impulsor de salida no es más que un interruptor electrónico de "conexión y desconexión" que usa la computadora para controlar el circuito de tierra de un accionador específico.

Para ilustrar esta relación es conveniente suponer, que la computadora quiere conectar el ventilador de enfriamiento del motor. Una vez que toma una decisión, envía una señal al impulsor de salida que controla el relevador (accionador) del ventilador de enfriamiento. Al proveer la tierra del relevador, el impulsor de salida completa el circuito de potencia entre el acumulador y el motor de ventilador de enfriamiento, y funciona el ventilador. Cuando el ventilador ha funcionado lo suficiente, la computadora lo señala al impulsor de salida que abre el circuito de control del relevador (quitando la tierra), abriendo así el circuito de potencia del ventilador.

Para los dispositivos de accionadores que no pueden ser controlados por solenoides o por relevadores, la microcomputadora tienen que cambiar sus instrucciones de cifrado digital de nuevo a un formato analógico mediante un convertidor de digital a analógico.

La información descifrada se usa entonces para detectar parámetros tales como velocidad del vehículo, r.p.m. del motor, nivel de combustible o registrar valores del nivel de combustible y de los diferentes parámetros medidos.

Al realizar una comparación de los dos sistemas mencionados, se puede llegar a la conclusión de que los sistemas de carburador tienen muchas partes mecánicas que requieren ajustes frecuentes y estos tienen que ser manuales, y además no cuenta con ajustes automáticos. Por lo cual si se requiere una respuesta a cambios bruscos en las condiciones de manejo, esta es muy lenta e ineficiente con respecto a las emisiones contaminantes. Si se toma en cuenta que una microcomputadora típica es capaz de realizar 2000 ajustes de aire y combustible de un motor de inyección en ocho segundos, lo cual da una idea del control sobre los cambios bruscos en las condiciones de manejo y la retroalimentación de información, lo cual permite un control más estricto de las emisiones contaminantes y el suministro del combustible al motor.

## 2.- TIPOS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA.

La necesidad de motores potentes y ligeros, que fueran mas confiables y de menor consumo que los sistemas de carburación, ha llevado a la implementación de dispositivos que permitan controlar el combustible, con una dosificación mas exacta del mismo, para los requerimientos del motor a diferentes condicione de operación.

En Alemania fue donde se desarrollo uno de los primeros sistemas automotrices, con el fin de satisfacer estas necesidades, siendo este sistema de inyección por medio de elementos mecánicos, los cuales fueron instalados solamente en autos de lujo, sentando las bases sobre las cuales se desarrollaría en Estados Unidos otros sistemas, esto aunado a la necesidad de reducir las emisiones evaporativas de los motores de combustión interna, a principios de los sesentas se implementaron elementos como:

La válvula de ventilación positiva del motor (PCV), filtro de recuperación de vapores de combustible del tanque (cánister), así como ajustes en la compresión, el tiempo y la carburación de los motores. Estas necesidades llevaron a diferentes investigadores en distintas partes del mundo a tratar de solucionar el problema, al cual se le dio solución por medio de la aplicación de elementos eléctricos y electrónicos, que fueron evolucionando hasta llegar a ser tan complejos como los sistemas actuales, todo esto con el fin de conseguir una dosificación de combustible que se ajustara en lo mas posible a los diferentes requerimientos de trafico y estacionamiento que el motor debe proporcionar. Dichos logros se llevan a cabo derivándose de ellos la implementación de elementos mas complejos en los motores de combustión interna.

Debido a los requerimientos de diseño y funcionalidad, así como la cuestión económica, se han diseñado diferentes tipos de inyección electrónica, de los cuales se puede citar como los mas representativos, a las dos disposiciones típicas: La de inyección en los puertos (MULTIPOINT) o en México inyección múltiple en los puertos e inyección en el cuerpo de la válvula de mariposa, comúnmente llamado por sus siglas en ingles (TBI), el cual en México se identifica como INYECCIÓN CENTRAL; ambos sistemas se conocen también con los nombres de inyección múltiple e inyección de punto único respectivamente.

La anterior clasificación se da en base a la disposición de los inyectores de combustible en el motor, pero se puede tomar en cuenta otra clasificación con respecto a su funcionamiento, en base a esta clasificación, se tienen los sistemas de inyección continua e inyección secuencial.

- La inyección continua.

se puede decir que básicamente su principio de operación, es que todos los inyectores son energizados al mismo tiempo, una vez por cada revolución del cigüeñal y sabiendo que este da dos revoluciones por cada ciclo de combustión, se debe entender que cada puerto obtendrá dos inyecciones de combustible por cada ciclo de combustión, a este tipo de inyección también se le denomina como inyección de doble encendido.

-La inyección secuencial.

En este sistema los inyectores se hacen trabajar energizándoles uno de tras de otro, sincronizándose su función con el orden de encendido de los cilindros y con la apertura de las válvulas de admisión, para lograr esto el controlador de los inyectores toma referencia del sensor de posición del cigüeñal y por el sensor de posición del árbol de levas, esto con el fin de que el combustible llegue cuando la válvula de admisión comience a abrirse y al pistón que le corresponde realizar la compresión de la mezcla en esa parte del ciclo. En los diferentes tipos y sistemas de inyección de combustible, se hace necesario entender que su función primordial es lograr una correcta dosificación de combustible en el motor, por lo tanto antes de realizar una descripción de estos sistemas y sus componentes, se debe conocer como se lleva a cabo estos sistemas la dosificación de combustible en un motor de combustión interna.



## 2.1 DOSIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE.

Para la correcta operación del motor se requiere una adecuada dosificación de combustible, la cual es determinada por un sistema de control electrónico, y se auxilia de diversos sensores de los cuales obtiene información de parámetros como:

- 1).- Temperatura del motor.
- 2).- Temperatura del aire a la entrada.
- 3).- Temperatura de refrigerante.
- 4).- La presión generada en el interior del múltiple de admisión.
- 5).- Señal de referencia del distribuidor .
- 6).- Señal de revoluciones por minuto del motor .
- 7).- Señal de carga por la activación del aire acondicionado o transmisión automática.
- 8).- Señal de sobre carga de la dirección hidráulica.
- 9).- Señal de sensor de posición de mariposa de aceleración .
- 10).- Señal de los gases a la salida del escape.

En basé a toda esta información el controlador eléctrico tomara una decisión con respecto a la cantidad de combustible que debe suministrar el o los inyectores al sistema y controla parámetros como:

a).- La obtención de una correcta mezcla estequiométrica, bajo cualquier condición de operación del motor.

b).- El adelanto o atraso en la chispa del motor ( tiempo de encendido ).

c).- Las revoluciones por minuto del motor (R.P.M.).

d).- El encendido y apagado del motoventilador que estabiliza la temperatura del refrigerante del motor.

e).- La interrupción del suministro de combustible y energía eléctrica en caso de que los rangos de seguridad en la operación del motor sean excedidos como en el caso de:

- Sobre calentamiento del motor.

- Baja presión de aceite.

- Un corto circuito.

- En caso de colisión.

## 2.2 SISTEMA DE INYECCIÓN CENTRAL (TBI).

Este sistema cuenta con un cuerpo de aceleración que simula a un carburador por su forma, sobre dicho cuerpo están instalados uno o dos inyectores según sean las necesidades tanto de diseño como costo de cada modelo. el conjunto cuerpo de aceleración e inyector(es), esta montado en la parte central superior del múltiple de admisión.

La cantidad de combustible que descargara(n) el o los inyectores según sea el caso de contar con uno o dos, será suministrada por un sistema que se compone de:

A.- Una bomba, la cual se encarga de suministrar la presión de combustible al sistema, está se encuentra sumergida dentro del tanque de combustible con la finalidad de ser refrigerada por el mismo.

B.- Un regulador de presión, que se encuentra instalado sobre el cuerpo de aceleración muy cerca de los inyectores. Este tiene la responsabilidad de mantener constante la presión de combustible y permitir la fuga de presión excedente dentro del sistema.

C.- Líneas de alimentación y retorno de combustible. La línea de alimentación se encarga de suministrar el combustible a los inyectores y va desde el tanque de combustible hasta el cuerpo de aceleración, teniendo en alguna parte de su trayectoria un filtro que se encarga de detener las partículas sólidas que contiene el combustible bombeado. La línea de retorno tiene la función de guiar el combustible excedente en el sistema de alimentación hacia el tanque de combustible.

Todos estos elementos se encargan exclusivamente de hacer llegar el combustible a la presión adecuada ( de 9a 15 libras por pulgada cuadrada ), y regresarle al tanque mediante una línea de retorno.

La figura (2.1), muestra los componentes de un sistema de inyección central.

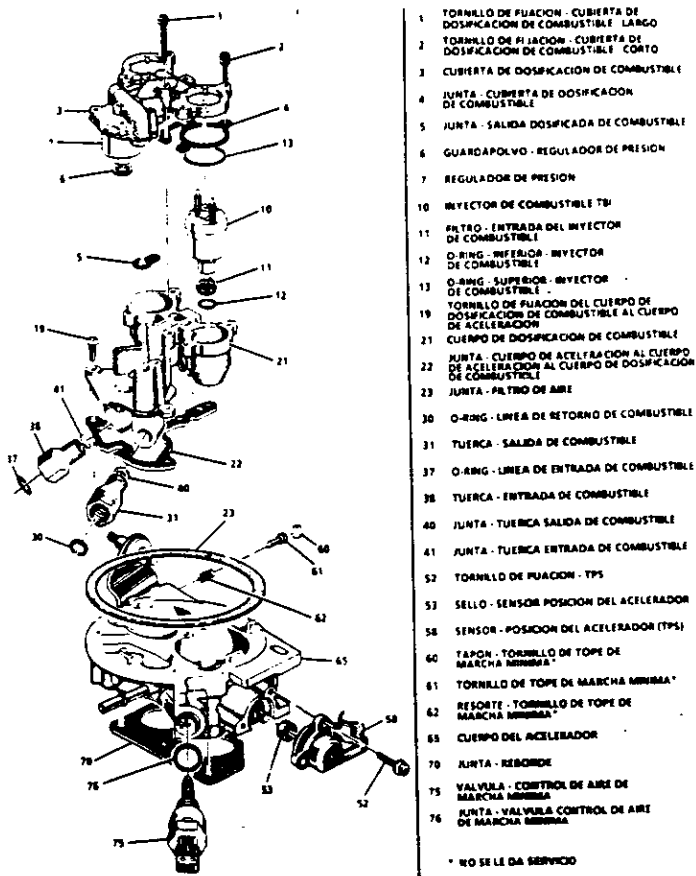


FIGURA ( 2.1 ) SISTEMA DE INYECCIÓN CENTRAL (TBI)

### 2.3 SISTEMA DE INYECCIÓN MÚLTIPLE ( EFI).

Este sistema recibe tal nombre, debido a que este para hacer llegar el combustible a las lumbreras se vale de varios inyectores, los cuales se instalan en el múltiple de admisión, uno por cada cilindro que se tenga que alimentar, el combustible se atomiza antes de ser alimentado a 70 o 100 milímetros de la línea central de la válvula de admisión, es en este lugar donde se realiza la mezcla aire-combustible, el aire antes de ser parte de la mezcla pasa previamente por un filtro con el fin de eliminar en el impurezas, según sea el caso, se tiene un sensor que se encarga de monitorear la temperatura a la que entra el aire, el cual puede estar tanto en la estructura que porta el elemento filtrante o en su defecto en el ducto que le sucede al filtro, componente que sirve como camino para que el aire llegue al siguiente dispositivo llamado cuerpo de aceleración, que tiene como finalidad regular el paso del aire. Sobre este cuerpo están montados dispositivos como:

Sensor de posicionamiento de mariposa de aceleración y válvula de control de revoluciones. El aire es acumulado en un pleno, que viene siendo un conjunto de cavidades que realizan la función de repartir el aire equitativamente, para que llegue en iguales proporciones y a la misma velocidad a todas las lumbreras, donde se encontrara con el combustible atomizado, dando como resultado la mezcla aire-combustible. Esta mezcla es manipulada por un microprocesador, el cual se vale de parámetros como:

- A).- Señal de referencia de posición de cigüeñal.
- B).- Señal de referencia del distribuidor.
- C).- Señal de revoluciones por minuto del motor.
- D).- Señal de carga por la activación del aire acondicionado o transmisión automática.
- E).- Señal de carga de la dirección hidráulica.
- F).- Señal de sensor de posición de mariposa de aceleración.

G).- Temperatura del motor.

H).- Temperatura del aire a la entrada.

Y).- Temperatura de refrigerante .

J).- La presión generada en el interior del múltiple de admisión.

K).- Señal de los gases de escape a la salida.

Para que en base a estas variables físicas obtenidas del motor y valiéndose de una memoria que contiene la secuencia de decisiones que debe tomar la computadora, para obtener una mezcla lo mas acercada posible a la estequiométrica, para esto la computadora se vale de componentes llamados actuadores que activan o modifican su función según lo ordene el procesador, entre los actuadores mas comunes se tiene a:

- Inyectores.

- Motores.

- Solenoides.

- Diafragmas controlados por vacío.

- Relevadores.

La activación o manipulación de estos componentes depende la necesidad de corrección de parámetros como: La obtención de una correcta mezcla aire-combustible, en un sobrecalentamiento el control del tiempo de encendido, las revoluciones por minuto tanto en baja como en alta, el encendido o apagado del motoventilador y en caso de tener condiciones nocivas para el buen funcionamiento del vehículo, como: una caída en la presión del aceite del motor, corto circuito en el sistema, o en caso extremo de una colisión, la microprocesadora cuenta con factores de seguridad para bloquear el arranque del motor o moderar la velocidad para poder llegar a un centro de servicio.

Este sistema requiere para su alimentación de combustible de diferentes componentes que son:

1).- La bomba, se encarga de elevar la presión del combustible para hacerla llegar al riel de inyectores. Por lo regular este tipo de bombas se denominan sumergidas, por que son accionadas por un motor eléctrico refrigerado por el caudal de combustible que genera la misma bomba. Con respecto a su construcción podemos dividir las en dos principales tipos: la bomba de rodillos y la de turbina la cual nos brinda una buena robustez mecánica y permite utilizar el combustible como refrigerante para el motor eléctrico encargado de mover la turbina.

2).- Las líneas del combustible: Son dos, una de ellas guía el combustible hasta los inyectores, y la otra tiene la función de regresar el excedente de combustible del riel de inyectores, canalizándolo hacia el tanque de combustible, sin importar ya su presión.

3).- Filtro de combustible: En la trayectoria que va desde la bomba hasta el riel de inyectores, se encuentra instalado en serie un filtro, que tiene como finalidad el eliminar partículas sólidas del combustible, evitando con ello que los inyectores se bloqueen a la salida con dichas partículas.

4).- Regulador de presión: A este dispositivo también se le denomina válvula reguladora de presión y su misión es ajustar con precisión la presión de combustible dentro del sistema, retornando al depósito o tanque el exceso de caudal que produce la bomba.

5).- Riel de inyectores: También es conocido como rampa de inyectores, que en si es un conducto de gasolina que esta dimensionado de manera que en la situación de consumo máximo exista un caudal mas que suficiente para todos los inyectores, esto para evitar que algún cilindro resultara con deficiencias de alimentación por perdidas de carga en el sistema de alimentación de combustible, tomando en cuenta que del riel parten las tomas de los inyectores.

Cabe destacar que el sistema de inyección múltiple maneja presiones que van de 40 a 60 ( psi ), con el fin de tener una mejor atomización del combustible siendo así mas rápido el suministro del mismo.

**FIGURA ( 2.2 9 ) COMPONENTES DE LA INYECCIÓN MÚLTIPLE**



## 2.4 VENTAJAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MÚLTIPLE, CON RESPECTO A LA INYECCIÓN CENTRAL.

Entre las ventajas del sistema de inyección múltiple se tiene que: en cada lumbrera de admisión se inyecta la misma cantidad de combustible, recibiendo el cilindro la misma cantidad de mezcla y riqueza, así Independientemente de que el sistema sea continuo o secuencial, se eliminan los problemas de distribución en el colector de admisión, obteniendo una distribución uniforme combustible.

Otra ventaja del sistema de inyección múltiple, es que el colector de admisión puede diseñarse exclusivamente para el flujo de aire, ya que no tiene la función de conducir combustible lo cual hace mas específica su función.

En este sistema, la respuesta a la aceleración es mas rápida, por que el combustible esta bajo presión en los inyectores en todo momento.

La salida del par motor se incrementa como resultado de la inyección de aire denso hacia los cilindros.

Debido a las bajas temperaturas de mezcla que maneja este sistema se incrementa la densidad de la carga del cilindro y no requiere de un sistema de evaporación de combustible.

Como este sistema cuenta con una excelente distribución aire-combustible, no presenta problemas de condensación de combustible en las paredes del múltiple de admisión y debido a los sistemas auxiliares mejora la sensibilidad en la medición de parámetros en el flujo de aire, como: la humedad, temperatura y presión del mismo, todo esto da como resultado:

Una disminución de las emisiones contaminantes a la salida del motor y por ende una mejora en la economía de combustible.

Como este sistema cuenta con una excelente distribución aire-combustible, no presenta problemas de condensación de combustible en las paredes del múltiple de admisión y debido a los sistemas auxiliares mejora la sensibilidad en la medición de parámetros en el flujo de aire, como: la humedad, temperatura y presión del mismo, todo esto da como resultado:

Una disminución de las emisiones contaminantes a la salida del motor y por ende una mejora en la economía de combustible.

En el caso de la inyección múltiple, cada inyector está muy cerca de la válvula de admisión para cada uno de los cilindros, a diferencia de la inyección central en donde se tiene uno o dos inyectores ligeramente por encima de la garganta en el cuerpo de aceleración o controlador de aire.

Al comparar los dos sistemas, se determina que tiene una mayor ventaja el sistema de inyección múltiple con respecto al de inyección central, puesto que el sistema de inyección central, presenta problemas de condensación en las paredes del múltiple de admisión, debido a que la mezcla se realiza previo a recorrer los conductos de admisión, esto por las condiciones de diseño en las cuales los inyectores estén montados sobre el cuerpo de aceleración y a su vez este sobre el múltiple de admisión.

Esto no sucede en el sistema de inyección múltiple puesto que la mezcla se realiza de 70 a 100 milímetros ( mm ) antes de la válvula de admisión. En el sistema de inyección central se requiere de un sistema de precalentamiento de mezcla para evitar el problema de condensación, lo cual no se requiere en el sistema de inyección múltiple, por lo tanto en el sistema de inyección múltiple, la mezcla aire- combustible se puede realizar a temperaturas bajas lo cual permite un incremento en la densidad de la carga dentro del cilindro.

Debido a que la atomización del combustible no se lleva a cabo por el vacío que genera el motor, tiene muchas ventajas el sistema de inyección central con respecto a los sistemas de carburador como por ejemplo:

- El motor tiene un mejor arranque cuando está frío debido a un enriquecimiento de combustible el cual es proporcionado por el o los inyectores.

El explicar los componentes de un carburador, los componentes de el sistema de inyección electrónica y como funcionan, nos permite tener un parámetro de comparación entre los dos sistemas y determinar cual sistema es mas eficiente, partiendo de lo anterior y de que el sistema de inyección electrónica cuenta con un procesador que sin importar en que tipo de automóvil se use, todas son de construcción y operación similares, este procesador para controlar el funcionamiento del motor, está colocado dentro del compartamiento del motor, y algunas veces dentro del compartamiento de pasajeros, donde está más protegido contra averías por efecto del calor, humedad y vibraciones. Y si se visualiza la eficiencia de ambos sistemas en cuanto a respuesta ante variaciones bruscas en las condiciones de aceleración y manejo, esto aunado a la rapidez de respuesta de la computadora a las necesidades del motor y el confort que se puede lograr para el conductor mientras opera un vehículo con inyección electrónica, es fácil deducir que el sistema de inyección electrónica es mas complejo pero mas eficiente que el sistema carburado.

### 3 .- SISTEMA DE MONITOREO (SENSORES ).

La computadora cuenta con una memoria de la cual se vale para tomar decisiones con respecto al funcionamiento del motor, pero esto lo hace en base a la información que recibe de los sensores, de los cuales, debido a los diversos parámetros a medir existen diferentes tipos y son:

- La posición de la mariposa de aceleración.
- Temperatura del motor.
- Presión del múltiple de admisión .
- El oxígeno en los gases escape.
- Detonación en el motor.
- Flujo y temperatura de aire.
- La posición del cigüeñal.
- Posición de árbol de levas.
- Presión en el sistema del aire acondicionado.
- Carga de la caja automática y dirección hidráulica.
- Tiempo de encendido.

Todos estos sensores, sin importar la forma o magnitud de su señal son elementos indispensables para que la computadora pueda tomar decisiones y formar en base a la información que estos le hacen llegar, el cuadro de funcionamiento de los elementos del motor que forman parte del sistema de inyección electrónica. y se muestra en la figura (3.1), al final del capítulo.

Aunque existe una gran variedad de diseños en cuanto a: formas, tamaños y materiales; esto debido a los requerimientos físicos del lugar donde se necesita que estén ubicados, los podemos clasificar de la siguiente manera:

a).- Los que operan en base a una referencia de voltaje.

b).- Los que generan un voltaje.

c).- Por su forma de recibir y regresar el voltaje al procesador.

- Digitales.

- Analógicos.

a).- Los que operan en base a una referencia de voltaje.

Estos sensores requieren para su funcionamiento una señal de voltaje que proviene de la computadora, la cual alimenta un voltaje al sensor por medio de un cable conductor, esta señal pasa por el sensor y regresa modificada hacia la computadora por medio del otro conductor, y en el otro caso la señal de voltaje llega el sensor por una línea y por la otra esta conectado a tierra, por lo cual la misma línea que se utiliza para alimentar el sensor se utiliza como línea de señal, puesto que por medio de esta se detecta cuanto voltaje se esta fugando a tierra. Este tipo de sensores modifican la señal en base a un cambio en la temperatura, un desplazamiento o por un aumento en la presión del sistema.

b).- Los que generan un voltaje.

Este tipo de sensores son capaces de generar un impulso eléctrico por si mismos, es decir producen un voltaje sin tener otro de alimentación, y estos se valen para generar su señal. de la presencia de un campo magnético, una deformación de algún cristal o una reacción química entre dos elementos.

c.1).- Digitales.

En este tipo de señales el voltaje tiene dos valores únicamente; y son presencia o ausencia total de voltaje ( si/no ), el voltaje que manejan las computadoras automotrices es de 0 y 5 volts.

c.2).- Analógicos.

En donde la señal de voltaje puede tener cualquier valor dentro del rango que la computadora este manejando, es decir que si tiene valores de 0 a 5 volts, puede manejarse cualquier unidad de voltaje que se encuentre en este rango.

Esto es una forma general de citar a los sensores, pero es conveniente que se analice cada uno por separado con el fin de que se entienda su funcionamiento dentro del sistema de inyección electrónica.

### 3.1 SENSORES DE TEMPERATURA.

Uno de los parámetros básicos a medir en un motor de combustión interna, es la temperatura, ya sea del refrigerante del motor o del aire que participa en la mezcla aire-combustible, la computadora se apoya en los datos que le proporcionan estos sensores para poder dosificar la cantidad de combustible que el sistema requiere para el arranque en frío o en caliente y para el control de atraso o adelanto del tiempo de encendido, entre estos sensores de temperatura, se tienen:

- Sensor de temperatura de refrigerante de motor.
  
- Sensor de temperatura de aire.

#### 3.1.1 SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE DEL MOTOR.

A este sensor se le conoce como termistor, por la propiedad que tiene de variar su resistencia eléctrica debido a los cambios de temperatura, es decir:

cuando el sensor se calienta el material termistor que esta montado en la punta de una cubierta metálica roscada, disminuye su resistencia eléctrica y esta aumenta, cuando el termistor se enfría.

De esta cualidad se vale la computadora para obtener una gran gama de valores de resistencia, los cuales son producto del comportamiento del sensor, ante las variaciones de temperatura que le es posible sensor de una forma directa debido a su ubicación. El sensor se encuentra generalmente ubicado a la salida del sistema de enfriamiento, en donde esta en contacto directo con la salida del refrigerante a la salida del motor.

Para que la computadora pueda obtener e interpretar estos valores, está interactúa con él sensor, mandándole una señal de referencia, que no es mas que un voltaje llamado de referencia, el cual generalmente es de 5 volts.

El voltaje llega al sensor por medio de una línea o cable el cual se conecta a éste en su componente llamado termistor, en su otro extremo tiene una conexión o cable que esta conectado a la computadora, esta conexión regresa el voltaje de referencia que se modifico al pasar por el termistor, el cual deja pasar diferentes valores de voltaje, a los cuales se les llama señales, que son el resultado del paso del voltaje de referencia por el termistor sujeto a diferentes valores de resistencia, los que varían inversamente a los cambios de temperatura en el refrigerante del motor donde se encuentra sumergido dicho sensor.

La computadora se basa en esta información para modificar y calcular parámetros como:

a).- La relación de aire-combustible en:

- Condiciones de arranque en frío.
- Condiciones de arranque en caliente.
- Y durante la operación del motor.

b).- La modificación del tiempo de encendido.

- Adelanto de la chispa.
- Atraso de la chispa.

c).- La activación del motoventilador.

d).- Apagado emergente del motor en condiciones de alta temperatura, que por estar fuera de rango de funcionamiento, puedan dañar al motor.



Si se toma en cuenta toda la información que recibe la computadora de este sensor, se puede llegar a estimar la importancia que tiene para el buen funcionamiento del sistema de inyección electrónica de combustible.

### 3.1.2 SENSOR DE TEMPERATURA DE AIRE .

Este sensor es también del tipo termistor, el cual tiene la propiedad de variar la resistencia eléctrica debido a los cambios de temperatura, en forma idéntica al sensor de temperatura de refrigerante.

Este sensor se localiza a la entrada del múltiple de admisión, con la finalidad de sensar la temperatura del aire dentro del múltiple, la forma en que interactúan la computadora y este sensor es: La computadora proporciona un voltaje de referencia al sensor, aproximadamente de 5 volts los cuales llegan por medio de un conductor, hacia una de las terminales del sensor, que está conectada a una parte de este llamada termistor, la cual en su otro extremo tiene la línea de voltaje de señal de retorno a la computadora, la cual llega a ella por medio de un conductor llamado línea de señal, esta no es más que el resultado del paso del voltaje de referencia por el termistor, sujeto a diferentes valores de resistencia, los cuales varían inversamente a los cambios de temperatura dentro del múltiple de admisión. Este sensor se encuentra ensamblado en la cubierta del acelerador o en algún otro lugar a lo largo de la ruta que sigue el aire para entrar al motor, de manera que tenga contacto directo con el aire.

La interpretación que da la computadora con respecto al voltaje que recibe del sensor de temperatura de aire puede ser:

- Una señal de bajo voltaje, que interpreta como motor frío.
- Una señal de alto voltaje, que le indica que el motor está caliente.

Los parámetros que pueden sufrir cambios por mando de la computadora en base a la señal obtenida de este sensor son:

- Tiempo de encendido: Adelanto o atraso de la chispa.
- Tiempo de activación de los inyectores: Mayor o menor tiempo de abertura.

- Activación del turbocargador.
  
- Activación de la válvula de recirculación de gases de escape ( R G E ).

Los parámetros que se manipulan en base a este sensor, no ponen en riesgo la integridad del sistema de inyección electrónica, pero sin embargo es conveniente que se cuide su perfecto desempeño, con el fin de que colabore con su información a hacer mas eficiente la operación del sistema y por ende disminuir las emisiones contaminantes a la atmósfera.

### 3.2 SENSORES DE POSICIONAMIENTO.

Este tipo de sensores tienen como función, indicar las diferentes posiciones que un componente pueda tener dentro de un rango de desplazamiento, previamente delimitado en el sistema, es decir informan a la computadora de en cual de las posibles posiciones dentro de su trayectoria, se encuentra el mecanismo que monitorea. Para esta función el sensor se auxilia de:

- Impulsos eléctricos.
  
- Impulsos magnéticos.
  
- Desplazamientos mecánicos.

En base a este tipo de recursos los diferentes tipos de sensores proporcionan a la computadora información de alguna posición en particular, para realizar su función se valen de diferentes formas de operación, siendo estos los siguientes:

- Posición de acelerador.
  
- Posición de cigüeñal.
  
- Posición de árbol de levas.

### 3.2.1 SENSOR DE POSICIÓN DE ACELERACIÓN.

A este tipo de sensores, se les puede describir como un potenciómetro, el cual consta de un arrollamiento de alambre, típicamente de platino o níquel, con un diámetro o calibre de 0.01 mm montado firmemente en una carcasa de plástico de varias formas según sea la necesidad estética o de diseño y una escobilla, la cual es la parte móvil, que por medio de un eje a el cual esta fijada, recibe el movimiento que la desplaza sobre el arrollamiento de alambre y de esa forma, esta escobilla hace contacto en diferentes puntos arrollamiento.

El principio de funcionamiento de este sensor es el siguiente: El arrollamiento, es una resistencia que es alimentada en un extremo por un voltaje de referencia, aproximadamente de 5 volts y por el otro esta conectado a tierra. Entre mas largo sea un conductor mayor resistencia presentara al paso de la corriente, propiedad de la cual se vale la escobilla para modificar la señal que sale de esta para la computadora.

La escobilla esta conectada por medio de un eje a la mariposa de aceleración, exactamente a la entrada del cuerpo de aceleración y por el otro lado del eje, al mecanismo del pedal de aceleración. La escobilla es el elemento móvil que se desliza a lo largo de la trayectoria del arrollamiento, que representa la resistencia a largo de la cual la escobilla encontrara diferentes valores de voltaje, los cuales transmitirá a la computadora por medio de una línea, siendo esta la señal que el sensor proporciona.

La forma en que interactúan el sensor y la computadora es a partir de que la computadora alimenta el arrollamiento del sensor con 5 volts, el otro extremo del arrollamiento se conecta a tierra, por lo tanto el voltaje fluirá por medio de esta línea en primera instancia, pero al situar la escobilla que esta conectada por medio de una línea de señal a la computadora en un punto cualquiera y antes del final del arrollamiento, proporciona un camino mas fácil para que fluya el voltaje, estos cambios en los valores de voltaje, los interpreta la computadora como cambios en la posición de la mariposa de aceleración, la cual es accionada por el acelerador.

En este sensor la escobilla parte del final del arrollamiento que representa la máxima resistencia, recibiendo así la computadora una señal baja de voltaje que aproximadamente es de 0.5 volts, lo cual es interpretada por la computadora como que la mariposa de aceleración esta cerrada.

Durante la trayectoria de la escobilla sobre el arrollamiento, manda diferentes valores de voltaje como señal a la computadora, así hasta llegar al final de su trayectoria, sensando un valor máximo de voltaje aproximadamente de 5 volts, con esto la computadora lo interpretara como la máxima abertura de la mariposa de aceleración.

En base a la información que recibe la computadora de este sensor, esta modifica el parámetro de riqueza o pobreza de combustible, esto lo realiza manipulando el tiempo de abertura de los inyectores, con el fin de suministrar el combustible que compense el flujo de aire que entra a través de la mariposa de aceleración y así lograr una correcta mezcla aire-combustible a diferentes posiciones de la mariposa de aceleración.

### 3.2.2 SENSOR DE POSICIÓN DE CIGÜEÑAL.

Este tipo de sensor se encarga de informar a la computadora, de la posición en la cual se encuentra el cigüeñal, información que es vital para que la computadora reconozca exactamente, en que parte de su desplazamiento o ciclo se encuentran los pistones que están en movimiento en conjunto con el cigüeñal, para realizar esta función este sensor se instala en la carcasa del motor y funciona por medio de una pequeña bobina.

El sensor está constituido de: un imán de tipo permanente, envuelto por un arrollamiento de alambre o bobina, cuyos dos extremos terminales se conectan directamente a la computadora, para que este sensor opere, se requiere de un anillo dentado de hierro o acero al que comúnmente se le llama reluctor, el cual puede estar instalado directamente en el cigüeñal, o estar instalado en el volante de inercia el cual recibe el movimiento o cambio de posición directamente del cigüeñal, los dientes de este tienen un espaciamiento entre ellos, por lo cual, cada que un diente se hace pasar por frente al conjunto imán-bobina, atrae el campo magnético del imán, lo cual provoca que las líneas magnéticas atraviesen el arrollamiento, generando un pequeño pulso de voltaje, que es interpretado por la computadora, como una posición determinada del cigüeñal y por lo tanto de los de los pistones.

La señal que proporciona este sensor es de tipo digital y la envía directamente a la computadora la cual en base a esta información cierra el circuito de chispa para la ignición del combustible dentro de los cilindros, registra el tiempo inicial de arranque, toma referencia de las revoluciones por minuto a las cuales esta operando el motor, y con esta información la computadora determinara el accionamiento de los inyectores.

### 3.2.3. SENSOR DE POSICIÓN DE ÁRBOL DE LEVAS.

Este sensor tiene como principal función el informar a la computadora de en que parte de su trayectoria se encuentra el árbol de levas.

Con lo que respecta a su construcción consta de: un imán permanente, un material semiconductor con tres terminales y un rotor o disco laminado, instalado sobre un eje acoplado al árbol de levas.

Este sensor basa su funcionamiento en un semiconductor, que se comporta como un interruptor de señal voltaica, esto lo realiza en conjunto con el imán permanente, que esta ubicado frente al material semiconductor, a una distancia mínima que permita el paso de las laminillas del rotor entre ambos, el semiconductor por si solo no puede permitir el paso del voltaje que recibe por la línea de referencia, pero si éste es saturado por el campo magnético del imán que fluye perpendicular a dicho semiconductor, este se comporta como un conductor, permitiendo que fluya el voltaje que recibe como referencia por medio de la otra terminal que va a la computadora, función que se interrumpirá hasta que la presencia de alguna de las laminillas del rotor se ubique en el espacio que hay entre el imán y el semiconductor.

Este tipo de elemento sensante, proporciona una señal digital, la cual es interpretada por la computadora, como un cambio en la posición del árbol de levas, y por consecuencia de las válvulas de la culata, en el caso de motores que no cuentan con sensor de posición de cigüeñal, la información que este envía a la computadora, le sirve para que esta determine las revoluciones por minuto del motor, el tiempo inicial de encendido y el accionamiento de los inyectores.

### 3.3 SENSOR DE FLUJO DE AIRE.

Para determinar una adecuada mezcla aire-combustible, el programa de la computadora requiere información tanto del combustible como de la cantidad de aire que entra al sistema, variable que se obtiene por medio de un sensor llamado de flujo de aire.

En cuanto a su construcción se tienen tres variantes:

- De película calentada.
- De alambre calentado.
- De paleta.

#### 3.3.1 De película calentada.

Este sensor consta de un dispositivo disipador de flujo de aire, un termistor de cerámica, un módulo electrónico y una película calentada, que es una lamina de un material semiconductor, que al someterse a una corriente eléctrica aumenta su temperatura.

En cuanto a la forma en que opera este sensor es la siguiente: La película se mantiene caliente por medio de una corriente que es suministrada por la computadora con el fin de que al inicio de su operación se encuentre a 75 grados centígrados arriba de la temperatura del aire a la entrada, cuando el motor esta operando el aire pasa por la película absorbiendo calor de la misma, provocando que esta tienda a enfriarse por lo cual, el módulo le tiene que suministrar una corriente adicional, para mantener la temperatura de la película constante, mientras el modulo suministra tal corriente, al mismo tiempo se encarga de mandar una señal digital de 5 volts a la computadora. Como elemento auxiliar el sensor consta de un termistor, situado antes de la película calentada, que se encarga de medir la temperatura con que entra el aire al sistema.

La computadora recibe del sensor de flujo de aire una señal digital de 5 volts, la cual convierte de señal digital a granos por segundo determinando así que cantidad de flujo de aire entra al sistema, y junto con la señal que recibe del termistor, determina en base a el flujo de aire y el contenido de oxígeno, el suministro de combustible y el tiempo de avance en la chispa del motor.

### 3.3.2 De Alambre calentado.

Este sensor se ubica aproximadamente a la mitad del trayecto del ducto que va de el filtro de aire hasta el cuerpo de aceleración, y se constituye de un dispositivo disipador de flujo de aire, un termistor, un módulo electrónico y una resistencia expuesta a el flujo de aire, componente que diferencia a este sensor del de película calentada, puesto que su forma de funcionamiento es similar en ambos. Cuando el flujo de aire pasa por la resistencia, este la enfría, al enfriarse esta el módulo manda mas corriente a la resistencia y de esta manera se mantiene una temperatura constante. Con las diferencias de corriente que suministra el modulo y en base a las cuales, este manda una señal hacia la computadora, ya sea digital o analoga, junto a dicho modulo se tiene un termistor que detecta la temperatura del aire a la entrada. En estos datos se basa la computadora para calcular el flujo de aire y poder determinar la cantidad de oxígeno en este, y así determinar el combustible que necesita para reaccionar con este dentro de la cámara de combustión del motor. Otro parámetro que modifica la computadora en base a la información que le proporciona este sensor es el tiempo de encendido.

### 3.3.3. De Paleta.

Este sensor se localiza entre el filtro del aire y el cuerpo de aceleración, consta de un potenciómetro rotativo que está unido a un eje y este a su vez esta unido a una paleta, que no es mas que una pequeña placa que puede ser metálica o plástica. Su forma de operar es en función de registrar por medio de la paleta el flujo de aire al chocar este con la misma efecto que produce un desplazamiento de la paleta, siendo este desplazamiento directamente proporcional a la velocidad del aire al impactarse con la paleta, la cual por medio de un eje esta conectada a un potenciómetro, el cual varia su resistencia en función del cambio en su provocado por la paleta, este potenciómetro manda a la computadora una señal de voltaje analoga, la cual junto con la señal de voltaje, en base a la temperatura del aire que es registrada por un termistor, sirven como base para que la computadora determine el volumen de aire, la temperatura del mismo a la entrada del sistema y por ende el contenido de oxígeno que entra a las cámaras de combustión, información que toma como base la computadora para suministrar el combustible y manipular el tiempo de encendido.

Sin importar la construcción o la manera de funcionamiento de los sensores antes mencionados, es muy similar la información que estos sensores aportan, y por demás elemental, puesto que la computadora se vale de esta para calcular la cantidad de oxígeno disponible en las cámaras de combustión, y de esta manera en base a la información recibida la computadora pueda calcular, el combustible y adelanto de la chispa, parámetros necesarios para una buena combustión, lográndose así una reducción de los gases contaminantes a la salida del escape.

### 3.4 SENSOR DE OXIGENO.

Este sensor esta localizado en el tubo del escape y se ubica a diferentes distancias, pero siempre antes del convertidor catalítico, esta ubicación es necesaria, debido a que una vez que los gases de escape pasan por el convertidor catalítico estos reaccionan, siendo modificada su composición química, situación que obliga a instalar el sensor de oxígeno antes de dicho catalizador, con el fin de obtener del mismo una señal en base a datos mas precisos.

En cuanto a su construcción el sensor esta constituido por tres capas, las cuales son de: platino, un material cerámico, bióxido de circonio y una rejilla que no permite que pasen materiales sólidos de la combustión junto con los gases de la misma, puesto que estos residuos pueden causar serios daños al sensor, afectando su eficiencia.

En cuanto a su funcionamiento el diseño de este sensor, permite que este al mismo tiempo en contacto con el oxígeno que se encuentra en el medio ambiente y con los gases en el interior del tubo de escape, para esto tiene una ranura en la parte superior, que es por donde penetra el aire exterior a el sensor, registrando así el porcentaje de oxígeno que hay en el medio ambiente, y por el otro extremo que se localiza en el interior del tubo de escape, el sensor esta en contacto con los gases que circulan por el mismo, dándose como consecuencia del contacto del sensor con los gases y la temperatura de los mismos, una reacción química entre el platino del sensor con el oxígeno de los gases de escape, y simultáneamente el bióxido de circonio reacciona con el oxígeno del medio ambiente.

Debido a que el contenido de oxígeno es diferente tanto en el exterior como en el interior del escape, se dan reacciones diferentes, provocando que se genere entre el óxido de circonio y el platino un pequeño voltaje, que va de 0 a 1 volt.



Para que el sensor pueda trabajar se necesita que se encuentre a una temperatura arriba de 300 a 350 grados centígrados, temperatura a la cual este generara un voltaje, dicho voltaje será por de bajo de los 350 mV cuando sea mayor la cantidad de oxígeno en los gases, el voltaje será por arriba de los 550 mV, cuando el oxígeno contenido en los gases sea menor, esta señal es enviada a la computadora para que en base a la misma, esta determine la cantidad de combustible que se suministrara al sistema, en base a la riqueza o pobreza de la mezcla a la salida de los gases de escape y así lograr como consecuencia una mezcla ideal.

Este tipo de sensor se puede encontrar en las diferentes marcas, tanto en su presentación de un cable y dos cables; debido a que este tipo de sensor tiene en su interior un cerámico que funge como aislante, hasta los trescientos cincuenta grados centígrados, este no opera o manda su señal hasta que se cumpla tal condición, lo cual retrasa su funcionamiento, por lo tanto se incluye en diseños mas sofisticados una resistencia que sirve como calentador, el cual ayuda a que este alcance mas rápido su temperatura de operación, esto para que pueda trabajar antes de que los gases en el tubo de escape se encuentre arriba de los 350 grados centígrados, y opere casi de inmediato. Este calentador, requiere incluir uno o dos cables mas al sensor, para alimentar la resistencia que sirve como un dispositivo auxiliar.

Dentro de las presentaciones que se manejan comercialmente en el área automotriz se tienen:

- Con un cable.
- Con dos cables.
- Con tres cables.
- Con cuatro cables.

#### 3.4.1 Sensor de oxígeno con un cable.

Este sensor le llega un solo conductor, que es por donde transmite la señal a la computadora, cerrando el circuito a tierra de la computadora por medio de la carcasa del sensor, a el tubo de escape y luego al motor, que es donde hace tierra física la computadora. Este tipo de sensor no cuenta con un precalentador, por tal causa su funcionamiento se da a partir de que los gases en el tubo de escape alcanzan temperaturas mayores a los 350 grados centígrados, lo cual retrasa considerablemente el inicio de su operación.

#### 3.4.2 Sensor de oxígeno con dos cables.

El sensor que consta de dos cables, utiliza uno de ellos para mandar su señal a la computadora, y el otro con el fin de hacer más exacto su funcionamiento lo utiliza para cerrar su circuito a tierra directamente de la computadora, por lo cual comparándole con el de un cable, este cuenta con un cable que se conecta directo con la computadora a tierra, circuito que le evita problemas de resistencia eléctrica, para cerrar el circuito a través de varios elementos, como sucede con el sensor de un solo cable, con el cual es la única diferencia que se da, este sensor de dos cables no cuenta con resistencia de precalentado y por lo tanto, presenta el inconveniente de que no puede operar, hasta que los gases en el tubo de escape alcanzan los 350 grados centígrados, temperatura a la cual puede iniciar su operación, condición que retrasa el inicio de su funcionamiento

#### 3.4.3 Sensor de oxígeno de tres cables.

Este sensor cuenta con una resistencia, respondiendo a la necesidad de precalentar el sensor, por eso cuenta con tres conductores, uno de los cuales tiene la función de enviar la señal que genera el sensor hacia la computadora, el otro la de suministrar la corriente necesaria para que fluya por la resistencia y esta se caliente, el otro conductor sirve para cerrar el circuito a tierra de la resistencia.

Para que el sensor opere correctamente y pueda generar el voltaje, se requiere de una conexión a tierra para que por medio de esta cierre el circuito con la computadora, para esto utiliza su mismo cuerpo o carcasa que tiene contacto directo con el tubo de escape este a su vez con el motor, el motor con la carrocería y la carrocería con la carcasa de la computadora.

Este tipo de sensor tiene como ventaja su rapidez para iniciar su operación, esto por que cuenta con una resistencia que lo precalienta, debido a esta, dicho sensor no tiene que esperar que los gases de escape alcancen los 350 grados centígrados, debido al precalentamiento este sensor puede mandar su señal casi de inmediato al arranque del motor.

#### 3.4.4 Sensor de oxígeno de cuatro cables.

Esta es otra de las variantes dentro de los sensores de oxígeno y cuenta con cuatro cables y una resistencia, para asegurar un óptimo funcionamiento. Dos de los conductores son para enviar la señal de voltaje hacia la computadora, uno manda la señal directamente, y el otro cierra el circuito a tierra. Los otros dos conductores son para la resistencia de precalentamiento del sensor, siendo uno de ellos para suministrar la corriente que se necesita para calentar el sensor y el otro para cerrar el circuito a tierra de la resistencia con la computadora.

Debido a que este sensor cuenta con una resistencia y se logra calentar rápidamente, el sensor opera antes de los 350 grados centígrados y por estar conectado directamente a la computadora, tanto en las líneas de alimentación como las de tierra, este es muy confiable en cuanto a su funcionamiento, y por el hecho de contar con un precalentador o resistencia, este opera casi de inmediato a la puesta en marcha del motor, por lo cual es el más eficiente y confiable de los tipos de sensor de oxígeno que se han citado.

El sensor de oxígeno es un elemento muy importante, para el buen funcionamiento de un motor a gasolina de combustión interna controlado por inyección electrónica, puesto que tiene la misión de informar constantemente a la computadora de las condiciones de la mezcla; ya sea que esta sea rica, trayendo como consecuencia el bajo contenido de oxígeno en la mezcla de gases a la salida del escape o que la mezcla sea pobre, dando como resultado de esto un alto contenido de oxígeno en la mezcla de los gases del escape.

El incluir en este sensor una resistencia eléctrica, brinda la seguridad de que el sensor emita su señal casi de inmediato al arranque del motor, esto permite que las condiciones de la mezcla se mantengan dentro de rango siempre lo más aproximado a la ideal, aun en condiciones de marcha en frío, trayendo como consecuencia una mejor combustión desde que el motor inicia su operación, obteniendo como resultado una baja emisión de contaminantes a la salida del escape,

esta ventaja no es posible obtenerla desde el inicio de la marcha del motor, cuando se tienen sensores de uno y dos cables, puesto que no cuentan con una resistencia precalentadora, iniciando su operación después de los 350 grados centígrados, los cuales el motor se tarda un periodo de tiempo de 5 a 10 minutos en lograrlos, tiempo en el cual la computadora no tiene referencia de la mezcla aire-combustible y solo dosifica este en base a el programa preestablecido en su memoria.

### 3.5. SENSOR DE DETONACIÓN.

En la actualidad, algunos fabricantes de automóviles se han enfrentado al problema de la detonación fuera de tiempo, la cual se incrementa conforme se aumenta la relación de compresión y esto aunado a que los combustibles no cuentan con el octanaje adecuado para estos regímenes de compresión, hace difícil controlar la detonación fuera de tiempo. Para auxiliar a la computadora a controlar tal efecto, algunos fabricantes han incluido en sus diseños un sensor de detonación.

El sensor está constituido de una carcasa metálica roscada en su parte exterior con una cavidad interior, dentro de la cual se alojan de una forma libre pequeños cristales de cuarzo, los cuales tienen la propiedad de producir una pequeña carga eléctrica en sus caras contrarias a donde estos experimentan una deformación elástica, en este caso la deformación de los cristales se da por la vibración que produce una detonación fuera de tiempo en el motor. El sensor está ubicado en alguna parte del múltiple de admisión, escape o en el bloque del motor, según sea el caso del diseño.

En base a la vibración producida en el motor el sensor de detonación genera un pequeño voltaje, en el rango de los milivolts, el cual llega por una línea de señal a la computadora y es utilizada para modificar el avance de la chispa y así evitar el fenómeno de detonación, llamado comúnmente cascabeleo.

El fenómeno de cascabeleo causa gran daño a las partes mecánicas del motor, sobre todo a las bielas, pistones, cigüeñal, pernos de pistones y válvulas. Por cuestiones económicas y de funcionamiento, se torna necesario incluir este sensor en los motores, ya que la computadora se vale de la señal que este emite, para el controlar el tiempo y por consecuencia las emisiones contaminantes, sobre todo en los hidrocarburos y para gobernar el funcionamiento del motor, cuando este se encuentra en condiciones difíciles de operación, como es el caso de: vibraciones excesivas, en situaciones de traqueteo o algún sonido producido por falla mecánica dentro del motor.

### 3.6 SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA DEL MÚLTIPLE.

Este tipo de sensor proporciona información acerca de la carga del motor, en función del esfuerzo a que este está sometido, carga que se ve reflejada en los cambios de presión que ocurren dentro del múltiple de admisión. Aunque este sensor se localiza fuera del múltiple de admisión, está conectado con el mismo por medio de una manguera de la cual toma vacío, este sensor por la forma de generar su señal se puede clasificar en dos tipos, y son los siguientes:

- Análogo.

- Digital .

#### 3.6.1 SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN . ( análogo ).

Este tipo de sensor en cuanto a su constitución, cuenta con una carcasa plástica, en donde se localiza un diafragma y un potenciómetro de tres conexiones; una por medio de la cual recibe un voltaje de referencia de 5 volts de la computadora, otra para cerrar el circuito a tierra y la tercera para mandar su señal de voltaje análogo a la computadora . Este sensor se localiza en el exterior de el múltiple de admisión, pero se conecta al mismo por medio de una manguera, de la cual toma el vacío que se genera dentro del múltiple y que por medio de la manguera tiene contacto directo con el diafragma afectándolo, acción que produce un desplazamiento, que es transmitido al cursor, que es movido por el mecanismo que acciona el diafragma. Con el fin de cambiar su posición por medio de un desplazamiento sobre el arrollamiento de alambre del potenciómetro. El arrollamiento recibe por una de sus conexiones el voltaje de referencia de la computadora y por la otra lo manda a tierra, el cursor está conectado a la computadora por medio de la línea de señal, de donde toma los diferentes valores de voltaje análogo que mandará como señal a la computadora .

La forma en que la computadora procesa la información es la siguiente: cuando el sensor genera una señal baja de voltaje, la computadora lo interpreta como una presión baja dentro del múltiple de admisión, y una señal alta de voltaje, la interpreta como una presión alta. En base a esta señal la computadora se auxilia para dosificar el combustible al sistema, de la siguiente manera.

Si se tiene una presión alta en el múltiple, significa que el motor está trabajando a plena carga y por lo tanto requiere una mezcla aire-combustible más rica en combustible, o por el contrario si se tiene una presión baja el motor requiere menor cantidad de combustible para su correcto funcionamiento.

### 3.6.2 Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión ( digital ).

Este sensor se encuentra cerca del motor y recibe el vacío del múltiple de admisión por medio de una manguera, en cuanto a su construcción, cuenta con dos conexiones, un diafragma, un capacitor y un mecanismo que sirve de unión entre el diafragma y el capacitor.

La forma de operar de este sensor es en base a el vacío que recibe de el múltiple de admisión y que afecta directamente a el diafragma y este como reacción presiona a el capacitor, que al estar en contacto con el diafragma y por efecto de la presión cambia de estado ( abierto o cerrado ), debido a esto cuanto mas se mueva el diafragma, más rápido cambia de estado el capacitor que está conectado a la computadora y por medio de la línea de referencia recibe de esta una señal de 5 volts, la cual aterriza por medio de la otra conexión, de tal manera que la presión en el múltiple de admisión se interpreta por el número de veces que el capacitor cambia de estado( abierto o cerrado ) en un segundo, lo cual es interpretado por la computadora como una frecuencia digital.

La forma en que la computadora interpreta la señal de este sensor es la siguiente: cuando recibe una frecuencia alta en la señal, la computadora interpretará que la presión en el múltiple baja y el vacío es alto, por lo tanto el motor requiere de un suministro de combustible menor, esto es en condiciones de marcha mínima sin acelerar el motor, esta condición se modifica conforme el motor es acelerado siendo sometido a carga, esto es hasta que el motor llega a su máxima carga que es cuando la mariposa de aceleración se abre en su totalidad y la presión en el interior del múltiple de admisión aumentado hasta ser igual a la atmosférica, condición que lleva a el sensor a generar una señal de frecuencia baja debido a la ausencia de vacío, condición que indica que la presión es alta dentro del múltiple de admisión lo que lleva a interpretar que el motor está funcionando a máxima carga y por lo tanto requiere de una alimentación rica en combustible.

Al analizar el funcionamiento de los dos tipos de sensores, sin importar de que tipo se trate, ya sea el análogo o el digital, se puede apreciar el papel que este sensor juega dentro del sistema, con lo que respecta a dosificación de combustible bajo las diferentes condiciones de operación del motor y como auxiliar en el control de las emisiones contaminantes, puesto que éste registra las condiciones de carga a las que es sometido el motor, en cualquier condición de aceleración y a cualquier altura sobre el nivel del mar.

### 3.7 SENSORES DE CARGA

Estos sensores, son sencillos en cuanto a su operación y construcción, se utilizan para indicar la operación o puesta en marcha de dispositivos como:

- Dirección hidráulica.
- Aire acondicionado.
- Transmisión automática.
- Pedal de freno.

#### 3.7.1 Sensor de carga de dirección hidráulica.

En cuanto a su construcción, este consta de una carcasa metálica roscada en su parte exterior, dentro de la cual se encuentra un resorte y un elemento de contacto sensible a la presión del fluido, en este caso aceite. Este elemento puede ser una laminilla circular plana o un balín y dos cables; uno por medio del cual, recibe un voltaje de referencia que le es enviado por la computadora y el otro por medio del cual manda a tierra la señal de referencia. El sensor esta ubicado en el cuerpo de la dirección hidráulica, en contacto directo con el fluido de la dirección (aceite), del cual recibe la presión que es resultado del movimiento del volante que da como consecuencia el aumento de la carga en la bomba de aceite que es movida por el cigüeñal a través de una banda, lo que trae como consecuencia un consumo de potencia del motor, lo cual se manifiesta en una pérdida de revoluciones en el motor.

El sensor es de circuito normalmente cerrado, es decir si este no recibe presión del sistema donde se encuentra instalado, el voltaje que recibe de la computadora se mantiene aterrizado, hasta que la presión vence el resorte y permite que la laminilla o el balín según sea el caso abra el circuito. Esta señal es interpretada por la computadora como una baja en las revoluciones del motor, causada por la carga que provoca la bomba de la dirección hidráulica, tomando como medida preventiva aumentar las revoluciones por minuto del motor, con el fin de que este no se apague en marcha mínima.



### 3.7.2 Sensor de carga del aire acondicionado.

Este sensor se constituye básicamente de una carcasa metálica roscada en su parte exterior, con el fin de poder ser montada sobre uno de los tubos que conducen el fluido refrigerante del aire acondicionado, además de un resorte, una laminilla o balín y dos líneas, una de referencia de voltaje que viene de la computadora y la otra para cerrar el circuito a tierra. Su forma de operar es en base a la presión que se genera al activar el compresor del aire acondicionado, ocasionando que suba la presión en el fluido, esta presión se ejerce sobre la laminilla o balín del sensor según sea el caso, lo cual ocasiona que la resistencia del resorte sea vencida y la laminilla o balín ya no haga contacto entre las dos terminales, dando como resultado que se abra el circuito, permitiendo así que el voltaje que la computadora envía como referencia no fluya, esta señal le indica a la computadora la activación del clima, por lo tanto esta ordena el aumento de las revoluciones en el motor. Tomando en cuenta que el compresor esta conectado por medio de una banda a la polea del cigüeñal, ejerciendo carga, lo cual provocara una caída en las revoluciones del motor dando como resultado una marcha inestable, sobre todo en marcha mínima y para hacer funcionar el motoventilador con el fin de bajar la temperatura y presión en la tubería del aire acondicionado.

### 3.7.3 Sensor de carga de la transmisión automática.

El sensor es un dispositivo eléctrico que funciona como un interruptor y consta de una carcasa en donde están montadas las pistas, sobre las cuales se desplaza un cursor que esta conectado por medio de un mecanismo a la palanca de velocidades. La forma en la que este sensor opera, es en base a la posición del cursor que esta conectado directamente a tierra y es movido por la palanca de velocidades, este se encarga de indicar si la transmisión se encuentra en estacionamiento (park ) o neutral. Cerrando el circuito que energiza la computadora por medio de una señal de voltaje de referencia, en la parte de la pista que corresponde a estas posiciones, esta señal de voltaje aterrizada la computadora la interpretara como que la transmisión no esta ocasionando carga al motor; con lo que respecta a las otras posiciones que representan a reversa y tracción, el cursor no cierra el circuito a tierra, lo cual es interpretado por la computadora como que la transmisión esta aplicando carga al motor y por lo tanto esta modifica las revoluciones por minuto y el tiempo de encendido.



#### 4.- SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO ( ACTUADORES ).

La computadora tiene dos funciones específicas dentro del sistema de inyección electrónica, una de ellas es la de recibir la información sobre el estado del motor, donde esta instalada, para esto se vale de los sensores, con los cuales se obtiene información sobre variables como:

- Temperatura de motor: En refrigerante y aire a la entrada.
- De presión: En el múltiple de admisión, de aceite motor, del fluido de la dirección hidráulica y del fluido del aire acondicionado.
- De posicionamiento de: Aceleración, árbol de levas y cigüeñal,

La otra función que realiza, es el procesamiento de la información que recibe de los sensores antes mencionados y tomar algunas decisiones en base a ella, pero para esta función requiere de elementos que se encarguen de la ejecución de estas decisiones, tarea que se encargan de realizar los actuadores, puesto que son elementos netamente activos que están localizados dentro del sistema en diferentes partes del vehículo, estos en su mayoría son motores, relevadores, solenoides y diafragmas, los cuales están instalados dentro de elementos que realizan una función específica en el sistema, como son:

- INYECTORES.
- BOMBA GASOLINA.
- CONTROLADORES DE REVOLUCIONES.
- RELEVADORES.
- REGULADOR DE PRESIÓN.

Dichos elementos por su grado de importancia es conveniente que se les analice a cada uno por separado como se realiza a continuación. Y se aprecian en la figura (4.1).

#### 4.1 INYECTORES.

La función de estos elementos es el suministrar al sistema el combustible atomizado directamente al múltiple de admisión, en el caso de la inyección múltiple y en el caso de la inyección central, se suministra en el cuerpo de aceleración. Para la inyección múltiple se tiene un inyector por cada cilindro del motor y en el caso de la inyección central se puede dar el caso de tener un solo inyector cuando se trata de motores de baja cilindrada y dos para el caso de grandes cilindradas.

En cuanto a su construcción, consta de: una carcasa plástica, metálica o de ambos materiales, en donde se aloja un solenoide eléctrico, un conducto de combustible, un vástago, por un extremo con una punta que le sirve de asiento con la tobera por ser cónica, ya que va desde el solenoide hasta la salida de combustible o tobera del inyector, además cuenta con un cilindro de ferrita instalado como una camisa, un filtro, un resorte recuperador, dos conexiones eléctricas, una para recibir la alimentación de voltaje y la otra para cerrar el circuito del solenoide a tierra.

La forma en que este actuador opera y es controlado por la computadora, es la siguiente: el solenoide integrado por una bobina y por la parte del vástago en donde está la camisa de ferrita, se encuentra normalmente cerrado por el efecto del resorte recuperador, el cual hace que el vástago selle con la tobera y no permita el paso del combustible que se encuentra dentro del inyector a una presión que va desde 96 a 379 Kpa (14 a 55 psi aprox.), cuando la computadora aterriza el sistema por medio de la otra línea el solenoide genera un campo magnético que atrae el vástago venciendo la fuerza del resorte lo que ocasiona que el combustible debido a la presión del mismo salga pulverizado formando un abanico por la tobera hacia el múltiple de admisión. La computadora en base a este elemento actuador controla la dosificación del combustible variando el tiempo de apertura del inyector, esto lo hace manipulando de una forma digital la tierra del solenoide.

La forma en que los inyectores son activados por la computadora puede ser de dos formas: la primera en la cual, los inyectores son controlados de uno por uno, o sea que se tiene una línea de control para cada inyector, La otra forma es en la que los inyectores son controlados por dos o tres grupos o bloques que se conforman por un igual número de inyectores y cada grupo es controlado por una sola línea que viene desde la computadora.

## 4.2. BOMBA DE COMBUSTIBLE.

Este es un dispositivo eléctrico que proporciona el flujo y la presión necesaria de combustible, para el correcto funcionamiento del sistema de inyección de combustible electrónica. La bomba consta de un motor eléctrico, una turbina, una válvula de alivio para alta presión y un cedazo. En cuanto a su ubicación, se encuentra dentro del tanque de combustible a un lado del flotador indicador del nivel, sumergida dentro del combustible con el fin de que esta sea refrigerada por el mismo fluido.

La bomba es controlada por la computadora por medio de un relevador en base a el cual la activa o desactiva dependiendo de las necesidades de alimentación de combustible en el sistema, esto lo hace abriendo o cerrando el circuito de alimentación por medio de la línea de corriente, puesto que la línea de tierra del circuito esta siempre conectada, la bomba es activada por dos segundos al girar la llave del automóvil a la posición "on" y se apaga automáticamente, esto para que la presión de combustible que la bomba proporciona a la red garantice el correcto suministro del mismo al inicio del funcionamiento del motor, esto es con el fin de que la presión que el sistema requiere para su óptimo funcionamiento se encuentre ya presente y estable, desde antes de que el motor comience a girar, puesto que el ancho de pulso del inyector a sea el tiempo que estará abierto esta calculado en base a una presión constante de combustible y se logre así un mejor arranque. Una vez que el motor comienza a girar por efecto del motor de arranque, la computadora recibe una señal y activa la bomba de una forma constante hasta que el motor deje de girar, ya sea por el motor de arranque o por el funcionamiento del motor del automóvil.

Con lo que respecta a la presión de este actuador, varía considerablemente de un tipo de inyección a otro, puesto que en el caso de la inyección múltiple la bomba será de mayor presión, debido a que puede manejar una presión hasta de 620 Kpa (90 psi aprox.), y por el contrario cuando se trata de un sistema de la inyección central se tienen presiones que no van más de 241 Kpa (35 psi aprox.), la cual comparada con la presión del sistema de inyección múltiple se considera una baja presión.

Cabe destacar que las presiones que la bomba levanta, no son con las que realmente opera el sistema, puesto que la presión en el sistema es regulada según convenga al modelo o tipo de sistema de inyección, la presión real que puede levantar la bomba se tiene con el fin de eliminar caídas de presión en cualquier condición de operación del motor.

### 4.3 CONTROLADORES DE REVOLUCIONES.

Dentro de los sistemas electrónicos de control de combustible se requiere controlar las revoluciones por minuto mientras el motor se encuentra operando en baja (ralentí), tarea que le es asignada al controlador de revoluciones, este actuador se instala en el cuerpo de aceleración, después de la mariposa de aceleración, antes del múltiple de admisión, en el mismo múltiple de admisión y en algunos casos, principalmente en la inyección central esta instalado en el exterior de el cuerpo de aceleración. Esta ubicación es posible, puesto que su trabajo lo realiza en base a la modificación del flujo de aire que proporciona al sistema de forma adicional.

Para realizar esta función, se puede utilizar tanto un motor como un solenoide, ya que los dos cumplen con los requerimientos de funcionamiento para esta tarea, lo cual le permite al fabricante utilizar el que mas convenga dependiendo de su diseño, esto es en general casi para todos los vehiculos, pero en algunos modelos importados se tiene un sistema auxiliar de vacío que hace la función de el controlador de revoluciones, aunque este sistema no es controlado eléctricamente por la computadora, pues este funciona en base a un vacío que toma directamente del múltiple de admisión, el cual afecta a un diafragma que esta conectado a un vástago y un resorte recuperador. Cuando el vacío es alto, el motor esta acelerado y por lo tanto el mecanismo por medio de este vacío jala el vástago quitando así la presión que este ejerce sobre el sistema de aceleración y viceversa, cuando el vacío baja en el múltiple de admisión, condición que indica que las revoluciones del motor disminuyen, el resorte empuja a el vástago haciendo que este empuje el mecanismo de aceleración, provocando un incremento en las revoluciones del motor.

Este actuador con lo que respecta al nombre que cada fabricante le asigna, causa mucha confusión, puesto que cada uno le llama de diferente forma, situación que lleva a el técnico o mecánico automotriz a pensar que se trata de un componente con funciones diferentes, sin ser así. El diseño para cada modelo cambia en apariencia y forma de operar, pero su función es la misma, por lo cual es conveniente, citar en la tabla 4.3.1 los diferentes nombres que asignan los principales fabricantes de vehiculos automotores y en seguida describir a cada tipo de válvula controladora de revoluciones en ralentí.

| NOMBRES QUE SE LE ASIGNAN AL CONTROLADOR DE REVOLUCIONES,<br>SEGÚN LA MARCA DEL VEHÍCULO EN EL CUAL ESTA INSTALADO |  |           |
|--|--|-----------|
| MARCA  | NOMBRE ASIGNADO                        | TIPO      |
| VOLKS WAGEN  | VÁLVULA ESTABILIZADORA<br>DE RALENTÍ   | SOLENOIDE |
| FORD   | BY PASS<br>( POR PASOS )               | SOLENOIDE |
| CHRYSLER   | AIS<br>( VELOCIDAD DE AIRE EN BAJA)    | MOTOR     |
| NISSAN   | VÁLVULA DE CONTROL<br>DE MARCHA MÍNIMA | SOLENOIDE |
| CHEVROLET  | IAC<br>(CONTROL DE AIRE EN BAJA)       | MOTOR     |

**tabla 4.1**

Como se muestra en la tabla, todos los controladores de revoluciones pertenecen a dos grupos: Uno es el de las que funcionan en base a un motor eléctrico y el otro tipo funciona en base a un solenoide, los cuales a continuación se explica su funcionamiento y constitución

#### 4.3.1 VÁLVULA DE CONTROL DE REVOLUCIONES TIPO MOTOR.

Esta válvula para su funcionamiento requiere de: Un motor de corriente directa con dos embobinados, una carcasa que puede ser plástica o metálica y que para la instalación de la válvula en el cuerpo de aceleración puede ser roscada en su parte exterior hacia el lado donde se encuentra el vástago o en el caso de ser fijada por tornillos, la carcasa en el extremo que se acopla a el múltiple cuenta con una brida que está integrada al mismo cuerpo en la cual están maquinados dos orificios para los tornillos de fijación, un vástago que por un extremo es de tipo sinfin y por el otro cuenta con una punta cónica de diámetro mayor, un resorte estabilizador y cuatro conexiones.

La forma de operación de esta válvula, es la siguiente: La computadora recibe información de las revoluciones por minuto del motor en baja y está en base a la información recibida, ya sea de que están por abajo o por arriba del rango según especificaciones del fabricante ( de 800 a 1000 R.P.M. ). La computadora en base a esta información inmediatamente procede a controlar las revoluciones por minuto de la siguiente forma:

El actuador cuenta un motor que se constituye de un rotor magnetizado y dos embobinados que envuelven a dicho rotor, los cuales están conectados a la computadora por medio de dos conductores para cada uno, uno de los conductores es para el suministro de corriente y el otro para cerrar el circuito a tierra, los dos embobinados funcionan de la misma manera pero son controlados individualmente y con polaridad inversa. Esta polaridad es con la finalidad de que sobre el mismo rotor se tengan dos fuerzas contrarias en un inicio equilibradas, estas fuerzas que son generadas por el campo magnético del rotor y la corriente que fluye por las bobinas, cuando esta corriente que la computadora suministra a ambas bobinas es la misma, el motor se mantiene estático, esto debido a que la fuerza de giro que provoca una bobina junto con el rotor es inversa a la otra.

El eje del rotor cuenta en su parte central con un roscado interior tipo sinfin , en donde se acopla el vástago por el extremo donde cuenta con el roscado tipo sinfin y este vástago a su vez está fijo a la carcasa, con el fin de que este solo pueda desplazarse longitudinalmente pero que no gire, situación que permite que cuando el rotor del motor gira hacia la derecha el vástago se retraiga y si el motor gira hacia la izquierda el vástago se desplace hacia afuera. La forma en que la computadora logra que el rotor gire, es disminuyendo la corriente a uno, de los dos embobinados, según sea el caso de que se requiera contraer o desplazar el vástago hacia afuera,



con esto la computadora logra que una de las fuerzas que generan las bobinas junto con el campo magnético del rotor, que de inicio están equilibradas sea menor y resulte vencida por la que se encuentra constante.

La corriente que se disminuye en la bobina elegida, se restablece una vez que se logra llevar el vástago a la posición requerida, logrando que el vástago ayudado por el resorte estabilizador, no sufra ningún desplazamiento hasta que se vuelva a modificar la corriente de cualquiera de los dos embobinados de la válvula.

Estos desplazamientos del vástago permiten modificar las revoluciones por minuto, debido a que esta válvula está instalada en el cuerpo de aceleración de manera que el vástago de esta se acopla a un ducto que toma aire adicional del exterior del sistema y lo suministra a el múltiple de admisión, este aire que es dosificado por la posición del vástago que si se contrae permite mayor entrada de aire, situación que da como resultado un incremento en las revoluciones por minuto del motor y viceversa, si sale el vástago este restringe el paso del aire, disminuyendo como consecuencia las revoluciones por minuto del motor. La computadora manipula este actuador en base a la información que recibe del estado de las revoluciones por minuto y lo hace por medio de la modificación de la corriente en los embobinados del motor.

#### 4.3.2 VÁLVULA DE CONTROL DE REVOLUCIONES TIPO SOLENOIDE.

En cuanto a su construcción, consta de: una carcasa plástica, metálica o de ambos materiales, en donde se aloja un solenoide eléctrico, un conducto de aire, un vástago, por un extremo con una punta cónica, que le sirve para sellar el paso de aire adicional al motor el cual llega a el múltiple por medio de un ducto, un cilindro de ferrita instalado como una camisa en el vástago, un resorte recuperador, dos conexiones eléctricas, una para recibir la alimentación de voltaje y la otra para cerrar el circuito del solenoide a tierra.

La forma en que este actuador opera y es controlado por la computadora, es la siguiente: el solenoide integrado por una bobina y por la parte del vástago en donde está la camisa de ferrita, se encuentra normalmente cerrado por el efecto del resorte recuperador, el cual hace que el vástago selle de inicio con la parte de la carcasa de la válvula que le sirve de asiento y le permite restringir el paso de aire. Este solenoide es controlado por la computadora en base a la modificación de la frecuencia, la cual se logra energizando el solenoide por medio de pulsos de voltaje, lo cual da como resultado que si se aumenta al frecuencia la abertura que existe entre el vástago y su asiento aumentara y por consecuencia del aumento en el suministro de aire adicional al motor, las revoluciones por minuto del mismo aumentarán y por el contrario si la frecuencia disminuye, el vástago se desplazara hacia adelante disminuyendo el espacio que hay entre el vástago y el asiento restringiendo el paso del aire adicional al motor, provocando una disminución de las revoluciones por minuto. La operación de la válvula se da solo cuando el motor se encuentra funcionando en marcha mínima.

La computadora recibe de diversos sensores información sobre las revoluciones por minuto del motor y las mantiene dentro de rango, variando la frecuencia de suministro de voltaje a el solenoide de la válvula.

#### 4.4 RELEVADORES

Este tipo de actuadores son de suma importancia para los sistemas de inyección electrónica, debido a que por medio de ellos es posible que la computadora pueda controlar elementos que requieren de una gran demanda de corriente, la cual directamente la computadora no puede suministrar ni controlar, por lo cual es necesario que se auxilie de un relevador, elemento que sirve esencialmente para controlar con un bajo voltaje y una pequeña alimentación de corriente, algún elemento que requiera para su funcionamiento, voltajes y corrientes mas elevados a los que la computadora puede manejar, tal es el caso de elementos que se requiere que la computadora controle, pero debido a su delicada construcción se vale de un relevador, ya que no lo puede hacer de una forma directa y dichos elementos son:

- La bomba de gasolina.
- El motoventilador.
- Del embrague del aire acondicionado.
- La corriente de la computadora.

En cuanto a su construcción, el relevador esta constituido por una carcaza metálica o plástica que protege del medio a el mecanismo del relevador, un embobinado que envuelve una barra de hierro dulce y un mecanismo llamado contacto de puntos, un resorte recuperador, cuatro conexiones y en algunos casos otra más de prueba.

La forma en que este actuador funciona es la siguiente: el embobinado consta de dos conexiones, una por medio de la cual es alimentada la corriente desde el interruptor de encendido y la otra a tierra, la cual es manipulada por la computadora, cuando la computadora cierra el circuito a tierra el embobinado se energiza y por medio de la corriente que fluye a través de la bobina en conjunto con la barra de hierro dulce se genera un campo magnético, junto a el embobinado se localiza un interruptor que puede ser normalmente abierto o cerrado que lo constituyen los dos contactos y un resorte, uno de los dos contactos es alimentado de corriente directamente de la batería y se encuentra fijo y aislado en la carcaza, el otro es la parte móvil que se mantiene en una posición por medio del resorte recuperador, ya sea separado del otro contacto si este es normalmente abierto o unido a el si es normalmente cerrado.

La fuerza que se genera por el campo magnético, atrae a el contacto móvil venciendo la fuerza del resorte recuperador y así se logra que este contacto se una a el contacto fijo, cerrando el circuito que por medio de la conexión del contacto móvil permitirá el flujo de corriente de la batería, hacia el elemento que se esta controlando por medio de dicho relevador y si se trata de un relevador normalmente cerrado al producirse el campo magnético el contacto móvil será atraído y el circuito se abrirá interrumpiéndose el paso de corriente de la batería por medio de la conexión que va del contacto móvil al elemento que se esta controlando, así su funcionamiento.

Cabe destacar que el relevador sirve como controlador, pero no es su única función, puesto también se utiliza para proteger elementos o en casos graves de cortos circuitos o descargas eléctricas a la computadora.

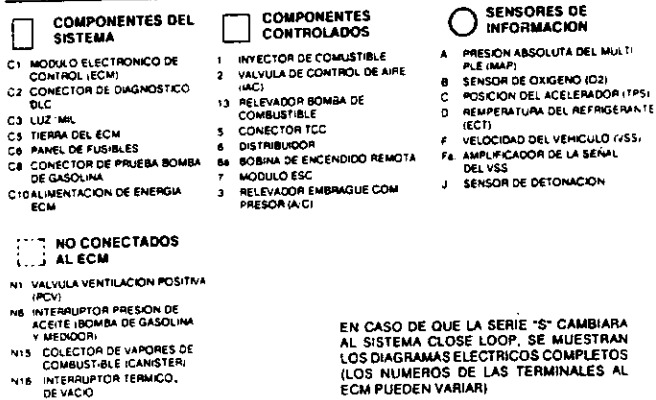
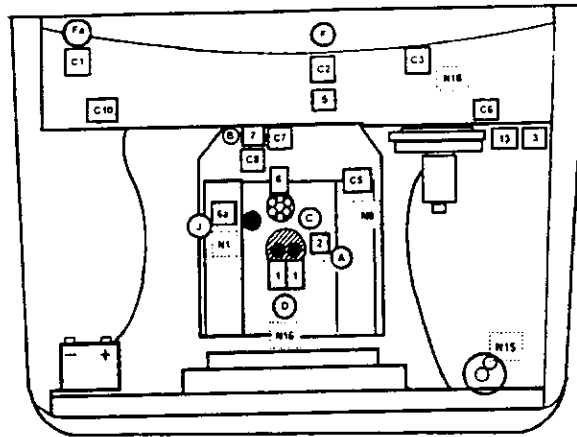
#### 4.5. REGULADOR DE PRESIÓN COMBUSTIBLE.

El regulador de presión es un elemento que sin duda es parte del sistema de inyección electrónica, aunque no sea controlado por la computadora, puesto que es el único elemento del sistema que no tiene ninguna conexión con la misma ni para recibir, ni para mandar información entre ambos, pero sin embargo se encarga de mantener la presión adecuada del combustible y satisfacer las necesidades de operación de los inyectores, ya sea en baja donde se requiere poca alimentación de combustible, pero una presión constante o en alta donde se demanda una gran cantidad de combustible, también sirve para permitir que el combustible excedente que la bomba suministra a mayor presión de la que el sistema requiere, regrese al tanque de combustible.

El regulador de combustible es un actuador muy sencillo y consta de: una carcasa metálica bien sellada, donde se aloja un diafragma con un resorte recuperador y una toma de vacío, un asiento, una aguja, una toma por medio de la cual se conecta a el riel de inyectores, la cual se acopla a este por medio de una rosca o a presión y otra que va directamente al tanque de combustible.

Este actuador funciona en base a el vacío que genera el motor, el cual llega a el regulador por medio de una manguera que viene del múltiple de admisión, este vacío afecta a el diafragma colaborando junto con la presión excedente de combustible a vencer la fuerza del resorte, que previamente ha sido calibrado para ceder en cuanto se alcance dentro del riel de inyectores la presión adecuada, para la optima operación del sistema de dosificación de combustible y oponerse al flujo de presión de combustible de regreso al tanque en cuanto la presión en el sistema baje. La forma en que realiza esta función es abriendo y cerrando el paso hacia la línea de retorno al tanque, por medio de el asiento que trabaja en conjunto con la aguja, que a su vez esta acoplada al diafragma y del cual recibe el desplazamiento ya sea para bloquear o permitir el paso de combustible, todo esto con el fin de mantener la presión de combustible dentro del riel de inyectores donde este esta acoplado.

El resorte esta regulando constantemente la presión del sistema, pero se auxilia para esta función del vacío, el cual tiene como función ayudar a compensar la demanda de combustible en el sistema, es decir cuando el motor esta a plena carga requiere de mayor cantidad de combustible, por lo que el vacío será menor y no será el suficiente para vencer la presión del resorte, por lo cual se fugara menos presión hacia el tanque. En el caso de estar el motor operando en marcha mínima, el vacío será mayor y ayudara a vencer la fuerza del resorte, permitiendo que regrese de una manera mas fácilmente el combustible excedente al tanque.



**FIGURA (4.1) ACTUADORES.**

este fluido es impulsado para tal función por una bomba mecánica que recibe a su vez el movimiento del cigüeñal del motor por medio de un sistema banda-polea; de tal forma que a la entrada del radiador su temperatura es mayor que a la salida del mismo, esto debido a el aire que es forzado a pasar por las rendijas del panel con que cuenta el radiador.

Al entrar el agua al motor con menor temperatura es posible que esta tenga la capacidad de extraer calor del mismo, por la diferencia de temperaturas, asta que la temperatura del motor se encuentre dentro del rango de operación especificado por el fabricante, entonces el sensor mandara una señal que la computadora interpretara como que el motor esta operando en condiciones optimas, en lo que respecta a su temperatura y mandara desactivar por medio del relevador a el motoventilador; la función de activar o desactivar el motoventilador, la realiza la computadora cerrando o abriendo el circuito de tierra del embobinado del relevador, del cual su funcionamiento se explico en el capitulo 4.4.

Cabe destacar que el sistema cuenta con seguridad adicional para evitar que el motor se sobrecaliente evitando que este sufra severos daños, puesto que si el sensor de temperatura deja en su totalidad de enviar señal a la computadora, por seguridad esta activara el motoventilador por su cuenta protegiendo así al motor.

#### 5.2.4 CONTROL DE REVOLUCIONES.

Una vez que el motor está funcionando se requiere de controlar las revoluciones que este tendrá en marcha minima y tener monitoreado cada cambio que sufra el motor en cuanto a las revoluciones del mismo, para monitorear y controlar las revoluciones se requiere de:

- La computadora.
- Un dispositivo para el control directo de las revoluciones.
- Un sensor de posición de cigüeñal.
- Un distribuidor, o en su defecto sensor de árbol de levas.

Los anteriores elementos, son los básicos para el control de las revoluciones por minuto ( R.P.M. ), y la forma en que se conjugan para realizar tal función es la siguiente:

Una vez que el motor arranca, el sensor de posición de cigüeñal, el distribuidor o el sensor de posición de árbol de levas ( según sea el caso ), es el encargado de mandar la información a la computadora de las ( R.P.M. ) a las cuales esta operando el motor y es así como esta según la información con la cuenta. determinara si el motor esta operando dentro del rango que el fabricante especifica, ya sea en alta para que las revoluciones no sobrepasen el limite superior establecido o en el caso de baja, la computadora debe asegurarse que el motor no interrumpa su funcionamiento o presente marcha inestable, para esta función se vale de un dispositivo que tienen como función el controlar las revoluciones y puede ser: una válvula BY PASS (FORD), una AIS ( CHRYSLER), válvula de control de marcha mínima (NISSAN), válvula estabilizadora de ralenti ( VOLKS WAGEN ), IAC ( CHEVROLET ).

Es por alguno de los anteriores dispositivos, según sea el caso, en base a los cuales la computadora modifica de una forma directa las revoluciones por minuto de el motor, hasta que recibe del sensor de posición de árbol de levas, el sensor de cigüeñal o el distribuidor una señal que le permite determinar si el motor esta dentro de su rango de operación con lo que respecta a las (R.P.M.).

Cuando el motor es puesto en marcha en frio, la computadora manipula las revoluciones por minuto del motor, para que se eleven por encima de las que normalmente operan con el motor caliente, una vez que el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento, la computadora ordena que las revoluciones por minuto desciendan por medio de la válvula estabilizadora de ralenti, recuperando así sus revoluciones por minuto normales en baja.

Cuando es activado el pedal del acelerador por el conductor, varía la señal del sensor de posición de la mariposa y la computadora ya no controla las revoluciones por minuto del motor en baja, ya que se incrementan por la acción del acelerador, el cual, al no recibir tal acción regresa a su posición anterior y de esta manera la computadora vuelve a controlar la revoluciones por minuto en marcha mínima del motor.



### 5.2.5 CONTROL DE EMISIONES.

Debido a la gran cantidad de gases tóxicos que resultan de la combustión de un motor, durante muchos años se han buscado alternativas para mejorar la combustión de los motores instalados en los vehículos automotores, tal es el caso de cambiar un encendido convencional por puntos ( platino y condensador), por uno de control electrónico, acciones que permitieron aumentar la eficiencia en la quema de los gases dentro de los cilindros, después se diseñaron los primeros sistemas de control y dosificación de combustible por medios electrónicos, los cuales permitieron un control mas estricto del combustible durante las diferentes condiciones de operación de un motor, el control de estas emisiones es uno de los principales objetivos de la inyección electrónica de combustible. Para esta finalidad en particular, el sistema de inyección electrónica de combustible cuenta con el sensor LAMDA o comúnmente llamado de oxígeno, este esta montado sobre el tubo de escape y antes del convertidor catalítico, la forma en que interactua con la computadora es la siguiente:

La computadora para lograr el control de las emisiones del motor, tiene una estrecha relación con el sensor LAMDA, el cual fue descrito en el capítulo 3.4, esta relación es con el fin de recibir de este información sobre las condiciones de riqueza o pobreza de combustible en los gases de escape, condición que es constantemente monitoreada por el sensor, y controlada en base a la información que la computadora recibe del sensor LAMDA, la importancia de este sensor se deriva de que una descompensación en la mezcla genera altas emisiones de contaminantes, condición que hace necesario controlarles con el fin de obtener una correcta mezcla y cumplir con los requerimientos de los programas de verificación vehicular y obtener un perfecto rendimiento de combustible.

Hasta este capítulo se han citado los subsistemas que conforman el sistema de inyección electrónica de combustible, pero la finalidad de este es llegar a la comprensión del funcionamiento de todo el sistema de inyección electrónica de combustible, que estos subsistemas conforman, por lo tanto es conveniente que una vez que se han explicado tales subsistemas, se forme un panorama de la forma en que conjuntamente operan estos, conformando entre sí un sistema, que es el encargado de controlar el cuadro de funcionamiento del motor de combustión interna, la forma en que el sistema opera en base a subsistemas es la siguiente:

Una vez que se cierra el circuito de alimentación de corriente por medio del interruptor de encendido, inmediatamente es energizada la computadora, que es la encargada de recibir información de los sensores sobre el estado del motor, procesarla y en base a dicha información manipular a los actuadores.

Una de las primeras informaciones que procesa la computadora es la que recibe del sensor de temperatura de refrigerante y la del sensor de temperatura de aire a la entrada del múltiple, el de posición de la mariposa de aceleración y simultáneamente activa el relevador de la bomba de combustible por dos segundos presurizando el sistema de alimentación de combustible y realiza un ajuste inicial de la válvula controladora de revoluciones. Una vez que el motor se pone en marcha, la computadora en base a la información que a ha recibido y la de sensores como:

El de posición de cigüeñal, posición de árbol de levas y distribuidor; que en ese momento se agregan a la información que esta recibe de las condiciones del motor; en base a la información obtenida hasta el momento, la computadora puede determinar la dosificación de combustible y ordenar al actuador encargado de las revoluciones, las condiciones de aceleración que el motor requiere para su arranque y estabilización a diferentes condiciones de temperatura, activar los inyectores y el relevador de la bomba de combustible. Una vez que el motor arranca, la computadora recibe la información del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión y con toda la información obtenida la computadora forma el cuadro básico de funcionamiento del motor en ralentí y para responder a la necesidad de cualquier condición de aceleración.

Una vez que el motor esta operando requiere mantenerse dentro de los rangos de funcionamiento establecidos por el fabricante con lo que respecta a:

- Temperatura de operación.
  
- Revoluciones por minuto.
  
- Mezcla aire-combustible.
  
- Suministro de combustible.
  
- Tiempo de encendido.
  
- Emisiones contaminantes.

Todos los anteriores parámetros de funcionamiento, son modificados por las ordenes que la computadora emite a los actuadores y una vez que estos modifican un parámetro la computadora se retroalimenta de la información que los sensores le proporcionan de las condiciones en las que opera el motor durante y posteriormente a la modificación realizada por los actuadores y así esta decide las acciones a seguir. Cabe destacar que si se presenta una descompensación en el sistema la computadora se puede valer de uno o varios subsistemas para meter dentro de rango el parámetro que tienda a salirse del cuadro normal de funcionamiento especificado por el fabricante, en la memoria de la computadora. Por tal razón es conveniente que se cite en seguida como es que para la solución de alguna descompensación en el sistema la computadora requiere de poner a funcionar a elementos de los diferentes subsistemas, que componen el sistema de inyección electrónica de combustible:

a).- Control de temperatura de operación:

Si la computadora por medio de el sensor de refrigerante detecta que el motor esta rebasando el rango de temperatura establecido por el fabricante, inmediatamente esta cerrara el circuito de tierra que activa el relevador que a su vez pone a funcionar el motoventilador, condición que lleva a la computadora a generar una orden al subsistema que controla las revoluciones para que este compense las revoluciones que le resta el consumo de energía del motoventilador, esta acción en condiciones normales de

operación del vehículo y de manejo del mismo solucionaría el problema de calentamiento, pero en condiciones extremas si la temperatura continuara elevándose, la computadora recurre a el subsistema de generación de chispa para modificar el tiempo de encendido según convenga; estas acciones se toman hasta que el sistema se estabilice y si no se logra, en respuesta a esta situación que se torna fuera de control, el foco de servicio que se encuentra en el tablero de instrumentos correspondiente al monitoreo del sistema de inyección, prendera indicando que alguna área del sistema de inyección electrónica no esta funcionando correctamente o el motor requiere de servicio inmediato; pero si el motor a pesar de esto no es apagado y continua elevándose la temperatura la computadora desactivara el circuito de alimentación de la bomba de combustible con el fin de suspender el suministro de combustible al sistema y simultáneamente a esta acción bloqueara la generación de chispa, apagando el motor. Es importante citar que el sistema de inyección electrónica de combustible esta protegido ante circunstancias graves como es el caso de que el sensor de temperatura de refrigerante que es el indicador directo de esta se desconectara o dejara en su totalidad de mandar su señal, la computadora sin tener ninguna referencia de temperatura del motor, por seguridad pondrá a funcionar el motoventilador, aunque el motor no halla sobrepasado los limites de temperatura y activara el circuito del foco de servicio.

#### b).- Control de revoluciones.

El mantener estables las revoluciones por minuto del motor en ralenti es una de las funciones del sistema de inyección electrónica por computadora y el subsistema encargado del control de estas revoluciones, es comandado por la computadora valiéndose directamente de la válvula controladora de revoluciones en ralenti, puesto que las revoluciones por minuto sufren cambios al sufrir una carga extra el motor, como es el caso de: la dirección hidráulica, el aire acondicionado, la caja automática de velocidades; los cuales cuentan con un sensor de carga que manda su señal directamente a la computadora y esto aunado a la carga que genera el accionamiento del motoventilador, es procesado por la computadora, con el fin de que esta tome decisiones sobre la posición de la válvula encargada del control de las revoluciones, y agregando a las acciones para controlar las revoluciones, la modificación en el tiempo de abertura de los inyectores, valiéndose para esto del subsistema de dosificación de combustible. Pero en ocasiones estas acciones no son suficientes para mantener el motor dentro de las revoluciones especificadas para los diferentes tipos de motores, por lo tanto la computadora registra las revoluciones a las que el motor esta operando y si se encuentran por arriba del rango y no las puede bajar, ordena al sistema de generación de chispa un atraso en el tiempo de generación de la misma o un adelanto en el caso de que las revoluciones se encuentren por abajo de lo especificado.

c) .- Control de mezcla aire-combustible.

Lo que respecta a la dosificación de la mezcla aire-combustible, es la principal finalidad del sistema de inyección electrónica de combustible, para ello la computadora se auxilia de diversos sensores para controlar tal parámetro, puesto que al poner en marcha el motor la computadora inmediatamente procesa la información que le manda el sensor del subsistema de control de temperatura, del subsistema para la generación de chispa recibe información sobre las revoluciones por minuto a las cuales opera el motor, el momento en que debe abrir el inyector que corresponde al pistón que se encuentre en admisión y del subsistema de dosificación de combustible recibe información del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión, para determinar la aceleración a la que el motor esta sometido y del sensor de flujo de masa de aire, con el objetivo de determinar la cantidad de oxígeno contenida en el aire y del sensor de posición de acelerador, la demanda de aceleración que al motor requiera. En base a la información que la computadora recibe de los subsistemas ya mencionados, esta determina el tiempo que se requiere que los inyectores estén abiertos y el momento en que cada inyector debe accionarse para dosificar el combustible de la forma mas exacta posible tomando en cuenta la cantidad de aire que entra al sistema por medio del múltiple de admisión y así lograr y estar monitoreando constante mente que se tenga dentro de cada uno de los cilindros una correcta mezcla aire combustible, lo mas acercado posible a la mezcla ideal o estequiométrica.

Una vez que se a citado la forma en que interactuan los diferentes subsistemas para lograr un correcto funcionamiento o la estabilización ante una falla dentro del sistema de inyección electrónica por computadora, es conveniente que se tome en cuenta en base a lo antes visto, que cada uno de los subsistemas, son capaces de contribuir con su información para que el sistema siga operando, aun sin la participación de alguno de los elementos, por lo cual cuando se presenta una falla en un vehículo que cuenta con sistema de inyección de combustible, no se debe tomar decisiones a la ligera, puesto que se puede suponer a primera vista que un componente determinado este fallando y no sea ese, si no que este por estar auxiliando a la computadora con su función o información, puede parecer que se encuentre fuera de rango de operación, sin ser así; situación que puede llevar a sustituir piezas de forma innecesaria, por lo tanto es conveniente que se haga un diagnostico previo a cualquier sustitución, y evitar caer en el error. de que si a un automóvil que presenta una cierta falla, esta se le corrigió cambiando un cierto componente, esto no quiere decir categóricamente que en otro vehículo del mismo tipo que presente una falla parecida, deba reemplasarse estrictamente la misma pieza, para corregir el problema que presenta, puesto que esta puede ser otra que participe del control o suministro de información para el mismo subsistema, situación que provoca confusión si no se establece un diagnostico responsable.

## CONCLUSIONES

Este manual se da como una respuesta a las necesidades de: el ingeniero, mecánico o técnico que incursiona, en el mantenimiento de la inyección electrónica de combustible, para que este pueda contar con una guía, que le proporcione los fundamentos de operación de los sistemas de inyección electrónica de combustible, citando todos los componentes que constituyen los diferentes tipos de inyección electrónica, dentro de las diversas marcas existentes en el mercado nacional, al hacer referencia de dichos componentes, destacando de una forma general, ubicación, su constitución y forma de funcionamiento, tanto de actuadores, sensores y la computadora, sin profundizar demasiado en cuanto al funcionamiento interno, con lo que respecta a la computadora, debido que solo se le consideró como un dispositivo que recibe información, la procesa y emite ordenes para que sean ejecutadas por los actuadores, sin profundizar en lo que respecta a los circuitos electrónicos que la constituyen internamente. debido a que este manual tiene como finalidad, el explicar de una forma sencilla y clara el funcionamiento del sistema de inyección.

El manual esta estructurado para que primero se analicen los sensores en sus diversas presentaciones, la función de cada uno de los actuadores y los parámetros que cada uno modifica, así como la función de la computadora como administradora de la información que los sensores le proporcionan y del suministro de ordenes a los actuadores para modificar parámetros físicos del motor, así como la retroalimentación que existe entre estos tres elementos, con el fin de que se emplee como un apoyo didáctico para comprender como interactúan los componentes del sistema de inyección, la forma en que se conjugan para trabajar entre si y lograr el cuadro de funcionamiento del sistema. Pero sin olvidar que cada automóvil tiene su manual de mantenimiento, al cual se debe recurrir para obtener datos técnicos y de ajustes muy particulares para cada marca y modelo, por lo tanto este manual pretende servir como base de entendimiento del funcionamiento del sistema de inyección electrónica como un todo y de cada componente que lo constituye.

La escasa y compleja información que proporcionan los manuales que se obtienen en plantas armadoras o a nivel comercial, no se proporciona la información básica sobre el funcionamiento del sistema de inyección electrónica de combustible, omitiendo detalles de funcionamiento y suponiendo que la persona que los consulta cuenta ya con una instrucción sobre las generalidades del funcionamiento de los sistemas de inyección electrónica de combustible y sus componentes.

Debido a las situaciones antes citadas y a la dificultad del tema en cuanto a su comprensión y a la falta de apoyo didáctico. El manual se elaboro para cubrir este faltante, con respecto a las bases para una mejor comprensión del sistema de inyección, proporcionando los fundamentos necesarios para poder entender los manuales comerciales y los existentes en las plantas armadoras y así. Así el ingeniero, técnico o mecánico, según sea el caso puedan realizar un mejor mantenimiento, tanto preventivo como correctivo a cualquier tipo de vehículo nacional que cuente con un sistema de inyección electrónica de combustible, sin olvidar que una vez que se a examinado la información contenida en este manual, se comprenda con mayor claridad y precisión, la información del respectivo manual de servicio del vehículo, para obtener los datos técnicos necesarios.

Por lo que este manual, sirve como apoyo, a toda persona que este involucrada en el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de inyección electrónica de combustible.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ALAMILLA, GUILLERMO E.  
MANUAL DE TALLER PARA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE  
COMBUSTIBLE ( FUEL INYECCIÓN DE 1984-1993 ).  
3a EDICIÓN.  
ALAMILLA EDITORES, MÉXICO, 1994, 424 pp.
  
- CROUSE, WILIAM H.  
EQUIPO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DEL AUTOMÓVIL.  
6a EDICIÓN.  
EDICIONES ALFA OMEGA, MÉXICO, 1992, 466 pp.
  
- ALAMILLA, GUILLERMO E.  
MANUAL DE DIAGNOSTICO Y SERVICIO PARA INYECCIÓN  
ELECTRÓNICA.  
1a EDICIÓN.  
ALAMILLA EDITORES, MÉXICO, 1996, 239 pp.
  
- MARTÍ, ALBERT P.  
ENCENDIDO ELECTRÓNICO.  
ALFAOMEGA, 1992, 101 pp.
  
- MARTÍ, ALBERT P.  
INYECCIÓN ELECTRÓNICA EN MOTORES DE GASOLINA.  
ALFAOMEGA, 1992, 61 pp.
  
- COMPAÑÍA MANUFACTURERA ACTRON.  
SENSOR TESTER PLUS.  
1a EDICIÓN.  
CLEVELAND OHIO, 1993, 61 pp.
  
- CHRYSLER DE MÉXICO.  
MANUAL DE SERVICIO.  
1a EDICIÓN.  
CHRYSLER. MÉXICO, 1988, 462 pp.



- GENERAL MOTORS.  
INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.  
1a EDICIÓN.  
GENERAL MOTORS, MÉXICO, 1994, 199 pp.
  
- T.F. VÍCTOR.  
MANUAL DE DATOS TÉCNICOS PARA MOTORES A GASOLINA.  
10a EDICIÓN.  
T.F. VÍCTOR, MÉXICO, 544 pp.
  
- LAYNE, KEN.  
MANUAL DE ELECTRÓNICA Y ELECTRICIDAD AUTOMOTRICES.  
1a EDICIÓN.  
PRENTICE-HALL, MÉXICO, 1992. 279 pp.
  
- CHRYSLER.  
MANUAL DE DIAGNOSTICO.  
1a EDICIÓN.  
CHRYSLER, MÉXICO, 1985, 80 pp.
  
- WATSON, BEN.  
MANUAL DE FUEL INYECCIÓN BOSCH.  
1a EDICIÓN.  
PRENTICE HALL, MÉXICO, 1994, 183 pp.
  
- NISSAN.  
SUPLEMENTO, DE MODELOS DE LA SERIE B12.  
1a EDICIÓN.  
NISSAN. MÉXICO. 1988. 180 pp.
  
- GUERBER, ROGER.  
DICCIONARIO DEL AUTOMÓVIL.  
4a EDICIÓN.  
GUZTAVO GILI, ESPAÑA, 1972, 237 pp.
  
- GENERAL MOTORS.  
INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE TBI.  
1a EDICIÓN.  
GENERAL MOTORS, MÉXICO. 1991. 105 pp.

- READER'S DIGEST.  
LIBRO DEL AUTOMÓVIL.  
8a EDICIÓN.  
IMPRESORA Y EDITORA MEXICANA, MÉXICO, 1981, 422 pp.

- PFEIL, DON.  
FUEL INYECCIÓN MANUAL.  
1a EDICIÓN.  
HAYNES NORTH AMÉRICA, INC, 1986, 142 pp.