



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA  
DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MULTIPUNTO MULTEC IEFI-6  
PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**CARLOS RAFAEL SÁNCHEZ MOSQUERA  
SEGUNDO GREGORIO DELGADO GALARZA**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

2012

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

Febrero 3 de 2012

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

CARLOS RAFAEL SÁNCHEZ MOSQUERA

---

**Nombre del Estudiante**

**Titulada:**

“IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN  
ELECTRÓNICA MULTIPUNTO MULTEC IEFI-6 PARA LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

f) Decano de la Facultad de Mecánica

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Diego Constante N.  
f) Director de tesis

---

Dr. Mario Audelo G.  
f) Asesor de tesis

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

Febrero 3 de 2012

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

SEGUNDO GREGORIO DELGADO GALARZA

---

**Nombre del Estudiante**

**Titulada:**

“IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN  
ELECTRÓNICA MULTIPUNTO MULTEC IEFI-6 PARA LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

f) Decano de la Facultad de Mecánica

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Diego Constante N.  
f) Director de tesis

---

Dr. Mario Audelo G.  
f) Asesor de tesis

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**Nombre del estudiante:** CARLOS RAFAEL SÁNCHEZ MOSQUERA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MULTIPUNTO MULTEC IEFI-6 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”.

**Fecha de Examinación:** Febrero 3 de 2012

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

Comité de Examinación	Aprueba	No aprueba	Firma
Ing. Marco Santillán G.			
Ing. Diego Constante N.			
Dr. Mario Audelo G.			

Más que un voto de no aprobación es condición suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**Nombre del estudiante:** SEGUNDO GREGORIO DELGADO GALARZA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MULTIPUNTO MULTEC IEFI-6 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”.

**Fecha de Exanimación:** Febrero 3 de 2012

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

Comité de Exanimación	Aprueba	No aprueba	Firma
Ing. Marco Santillán G.			
Ing. Diego Constante N.			
Dr. Mario Audelo G.			

Más que un voto de no aprobación es condición suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

**epoch**

FACULTAD DE MECÁNICA

---

**CERTIFICACIÓN DE REVISIÓN DE TESIS DE GRADO**

---

Ing. Diego Constante N. y Dr. Mario Audelo G, en su orden Director y Asesor del tribunal de la Tesis de Grado desarrollada por el señor CARLOS RAFAEL SÁNCHEZ MOSQUERA

**CERTIFICAN**

Que luego de revisada la Tesis de Grado en su totalidad, se encuentra que cumple con las exigencias académicas de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Carrera INGENIERÍA, por lo tanto autorizamos su presentación y defensa.

Ing. Diego Constante N.  
**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Mario Audelo G.  
**DOCENTE ASESOR**

**epoch**

FACULTAD DE MECÁNICA

---

**CERTIFICACIÓN DE REVISIÓN DE TESIS DE GRADO**

---

Ing. Diego Constante N. y Dr. Mario Audelo G, en su orden Director y Asesor del tribunal de la Tesis de Grado desarrollada por el señor SEGUNDO GREGORIO DELGADO GALARZA

**CERTIFICAN**

Que luego de revisada la Tesis de Grado en su totalidad, se encuentra que cumple con las exigencias académicas de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Carrera INGENIERÍA, por lo tanto autorizamos su presentación y defensa.

Ing. Diego Constante N.  
**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Mario Audelo G.  
**DOCENTE ASESOR**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f.) Carlos Rafael Sánchez Mosquera

---

f.) Segundo Gregorio Delgado Galarza



## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma durante el desarrollo de este proyecto de tesis y durante nuestra formación profesional

Sobre todo queremos agradecer a nuestros padres y familiares por su apoyo incondicional en todo momento, de igual manera al Dr. Mario Audelo, asesor de tesis e Ing. Diego Constante, director de tesis por su valiosa colaboración para el desarrollo de este trabajo.

**Carlos Rafael Sánchez Mosquera**

**Segundo Gregorio Delgado Galarza**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme brindado la suficiente fuerza para poder vencer los obstáculos, a mi abuelito Rafael que me hubiese gustado compartiera este momento tan importante en mi vida, a mis queridos padres por apoyarme día a día para alcanzar mis metas, a mi hermano por compartir su sabiduría y guiarme, y a todos mis familiares por estar siempre pendientes de mí.

A todos los maestros de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por compartir sus conocimientos y haberme forjado de la mejor manera para tener un buen desempeño en mi vida profesional.

**Carlos Rafael Sánchez Mosquera**

El presente trabajo lo dedico en primer lugar a DIOS, por haber iluminado mi camino y permitirme superar todas las barreras que se presentaron en mi vida, a mi madre que aunque no esté a mi lado yo sé que donde se encuentre siempre ruega por mí para cumplir ese gran sueño anhelado y a la persona que desde que llego a este mundo ha dado sentido a mi vida y es mi gran tesoro para ti Evelyn.

También dedico este trabajo a todos los docentes que compartieron sus conocimientos académicos y personales, para la formación integral y que de seguro será una gran ayuda para un servicio de calidad para la sociedad.

**Segundo Gregorio Delgado Galarza**

## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
2. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE .....	5
2.1. Sistema de inyección de combustible .....	5
2.1.1. Historia y evolución de la inyección .....	5
2.1.2. Introducción a la inyección electrónica de combustible .....	11
2.1.3. Resumen del funcionamiento del carburador.....	12
2.1.4. Principios de funcionamiento de la inyección electrónica .....	14
2.1.5. Carburador vs inyección .....	14
2.1.6. Ventajas de la inyección electrónica de combustible .....	19
2.1.7. Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de combustible. ....	21
2.1.7.1. Inyección alternada .....	21
2.1.7.2. Inyección agrupada o semisecuencia l .....	21
2.1.7.4. Inyección secuencial .....	23
2.1.7.5. Inyección directa.....	24
2.1.8. Sistema de inyección multipunto .....	25
2.1.8.1. Condiciones de funcionamiento .....	25
2.2. Sistema de inyección MULTEC IEFI-6.....	28
2.2.1. Introducción .....	28
2.2.2. Unidad de control electrónica (ECU).....	28
2.2.2.1. Comunicación entre componentes .....	28
2.2.2.2. Oscilador de cristal y cálculo de tiempo .....	29
2.2.2.3. Cuatro funciones básicas del computador .....	30
2.2.2.4. Memorias del microprocesador .....	31
2.2.3. Sensores .....	32
2.2.3.1. Sensor CKP .....	32
2.2.3.2. Sensor MAP .....	38
2.2.3.3. Sensor TPS.....	42

2.2.3.4.	Sensor IAT.....	48
2.2.3.5.	Sensor ECT.....	51
2.2.3.6.	Sensor de oxígeno o sonda lambda .....	54
2.2.4.	Actuadores .....	61
2.2.4.1.	Inyectores.....	61
2.2.4.2.	Válvula de aire adicional .....	71
2.2.4.3.	Bomba de combustible .....	78
2.2.4.4.	Relé de bomba de combustible .....	83
2.2.4.5.	Circuito hidráulico. ....	86
2.2.4.6.	Tanque de combustible.....	87
2.2.4.7.	Filtro de combustible.....	87
2.2.4.8.	Regulador de combustible.....	88
2.2.4.9.	Líneas de combustible. ....	90
2.2.4.10.	Riel de inyectores.....	90
3.	CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO Y DESCRIPCIÓN DE SUS ELEMENTOS.....	91
3.1.	Diseño de la estructura de soporte del sistema.....	91
3.2.	Diseño de las conexiones eléctricas del sistema en el tablero. ....	91
3.2.1.	Realización del diagrama eléctrico .....	93
3.2.2.	Desarrollo del programa para la obtención de señales simuladas.....	94
3.2.3.	Descripción de la programación de los microcontroladores .....	95
3.2.4.	Descripción de la comunicación con la interface .....	98
3.3.	Diseño y elaboración de las tarjetas electrónicas. ....	99
3.3.1.	Diseño de la tarjeta electrónica para los microcontroladores.....	99
3.3.2.	Tarjeta electrónica principal. ....	99
3.3.3.	Tarjeta electrónica de comunicación. ....	100
4.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MULTIPUNTO MULTEC IEFI-6.....	101
4.1.	Funcionamiento del tablero.....	101
4.2.	Recomendaciones generales.....	102
4.2.1.	Manual de usuario .....	102
4.3.	Guía de laboratorio.....	117
4.5.	Identificación de los puntos de medición.....	126
4.6.	Observaciones.....	126
4.7.	Mantenimiento del tablero .....	126

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	128
5.1.	Conclusiones .....	128
5.2.	Recomendaciones .....	128

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
I.	Voltaje mínimos del sensor TPS .....	45
II.	Valores de temperatura y resistencia del sensor IAT .....	49
III.	Valores de temperatura y resistencias del sensor ECT .....	54
IV.	Fallas, comprobaciones y soluciones de los inyectores .....	70

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>ABS</b>	Sistema de Frenos Antibloqueo
<b>CKP</b>	Sensor de posición del cigüeñal
<b>DTC</b>	Código de averías
<b>ECU</b>	Unidad de control electrónica
<b>ECM</b>	Módulo de control electrónico
<b>ECT</b>	Sensor de temperatura de refrigerante
<b>ECT</b>	Sensor de temperatura del motor
<b>IAC</b>	Válvula de aire adicional
<b>IAT</b>	Sensor de temperatura del aire
<b>MAP</b>	Sensor de posición absoluta
<b>NTC</b>	Coficiente térmico negativo
<b>O2</b>	Sensor de oxígeno
<b>ON</b>	Posición activada
<b>OFF</b>	Posición desactivada
<b>PTC</b>	Coficiente térmico positivo
<b>PMS</b>	Punto muerto superior
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>TPS</b>	Sensor de posición de la mariposa del acelerador

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO 1:** Programa del Microcontrolador PIC16F628A
- ANEXO 2:** Programa del Microcontrolador PIC16F876A
- ANEXO 3:** Programa del Microcontrolador PIC16F876A
- ANEXO 4:** Guía de laboratorio
- ANEXO 5:** Prácticas sugeridas



## RESUMEN

Se Implementó un Tablero Didáctico del Sistema de Inyección Electrónica Multipunto MULTEC IEFI-6 para la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, con la finalidad de que los estudiantes tengan una formación íntegra en sus conocimientos teórico – prácticos con un sistema real.

El tablero fue realizado con partes del sistema de inyección de combustible del automóvil CHEVROLET CORSA MPFI 1.6; los elementos principales del sistema fueron distribuidos y colocados en el tablero acorde a la investigación realizada, y estos son: ECU (Unidad de Control Electrónica), relé de la bomba de combustible, bomba de combustible, riel de inyectores, e inyectores.

En el tablero se ubicó borneras correspondientes a cada uno de los sensores para realizar mediciones de voltaje y observar la forma de onda, éstas señales fueron simuladas de acuerdo a los parámetros reales de funcionamiento del motor, de esta manera se informa sobre la gestión del motor a la ECU, para que sea procesada la información y proceda a la activación y control de los actuadores, la variación de las señales de voltaje correspondientes a los sensores se manejan mediante una interface en la cual se encuentra perillas de control para cada sensor, de esta manera se obtiene el control del tablero.

Se recomienda cumplir con todas las medidas estipuladas en el plan de mantenimiento del tablero didáctico y utilizarlo para los fines creados, esto prolongaría su vida útil.

## **ABSTRACT**

A Didactic Board of the Multipoint Electronic Injection System MULTEC IEFI-6 for the Automotive Engineering School of the ESPOCH was implemented so that the students may have a integral information of their theoretical-practical background with a real system.

The board was carried out with the fuel injection system parts of the automobile CHEVROLET CORSA MPF1.6; the main system elements were distributed and placed on the board according to the investigation and these are: ECU (Electronic Unit Control), fuel pump relay, fuel pump, injector rail and injectors.

On the board the corresponding benders were placed on each sensor to carry out voltage measurements and observe the wave form; the signals were simulated according to the real parameters of the motor functioning; this way the ECU is informed about the motor management, so that the information may be processed so as to active and control the actuators; the variation of the voltage signals corresponding to the sensors are handled through an interface in which the control knobs for each sensor are found; this way the board control is obtained.

It is recommended to accomplish all the stipulate measures in the maintenance plan of the didactic board and use it for the created objectives; this will prolong its service life.

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 Introducción

La inyección electrónica es una forma de inyección de combustible, para motores de gasolina, en los cuales lleva ya varias décadas implantada. Este sistema ha reemplazado al carburador en los motores de gasolina. Su introducción se debió a un aumento en las exigencias de los organismos de control del medio ambiente para disminuir las emisiones contaminantes de los motores.

Su importancia radica en su mejor capacidad respecto al carburador para dosificar el combustible y dosificar la mezcla aire / combustible, es decir el factor lambda de tal modo que quede muy próxima a la relación estequiométrica (14,7:1 para la gasolina), lo que garantiza una muy buena combustión con reducción de los porcentajes de gases tóxicos emanados a la atmósfera.

El funcionamiento se basa en la medición de ciertos parámetros de funcionamiento del motor, como son: el caudal de aire, régimen del motor, estos dos son los más básicos, y son los que determinan la carga motor, es decir la fuerza necesaria de la combustión para obtener un par motor, es decir una potencia determinada. Adicionalmente se toman en cuenta otros datos, como la temperatura del aire y del refrigerante, el estado de carga, posición de la mariposa y cantidad de oxígeno en los gases de escape. Estas señales son procesadas por la unidad de control, dando como resultado señales que se transmiten a los actuadores (inyectores) que controlan la inyección de combustible y a otras partes del motor para obtener una combustión mejorada, teniendo siempre en cuenta las proporciones aire/combustible, es decir el factor lambda.

Estos sistemas desde hace algún tiempo tienen incorporado un sistema de autocontrol o autodiagnóstico que informa cuando algún elemento electrónico o mecánico está averiado por medio de una luz testigo (check engine), además existe la posibilidad de realizar un análisis externo por medio de aparatos de diagnóstico electrónicos que se conectan a la unidad de control de inyección y revisan todos los parámetros, indicando aquellos valores que estén fuera de rango.

La detección de fallas, llamados "DTC" (*Diagnostic Trouble Codes*) debe realizarla personal especializado en estos sistemas y deben contar con herramientas electrónicas de diagnóstico también especiales para cada tipo de sistema de inyección. La reparación de estos sistemas se limita al reemplazo de los componentes que han fallado, generalmente los que el diagnóstico electrónico da como defectuosos con un análisis minucioso.

Desde su creación la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ha tenido como misión formar profesionales competitivos con amplio conocimiento científico y tecnológico en sus diferentes carreras que brindan para contribuir al desarrollo sustentable de nuestro país. La Escuela de Ingeniería Automotriz fue creada en el año 2003, con lo cual la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo oferta a la sociedad ecuatoriana una carrera que resuelva los problemas técnico - científicos del parque automotor, así como al cuidado del ambiente.

La industria automotriz en el Ecuador en los últimos años ha tenido un crecimiento considerable y consigo el avance tecnológico en el campo de la electrónica, ya que los automotores vienen equipados con sistemas de inyección de combustible que están totalmente computarizados con lo cual se optimizan el proceso de combustión y por lo tanto se logra un menor consumo de combustible y reducción de la contaminación al ambiente, por lo tanto es necesario formar profesionales teórico - prácticos capacitados en laboratorios equipados con sistemas de inyección electrónico reales de los automóviles.

El presente proyecto didáctico sobre el sistema de inyección electrónica multipunto permite realizar pruebas y demostraciones de funcionamientos reales simulando el sistema que se encuentra en el automóvil.

## **1.2 Justificación**

El campo automotriz en su constante avance tecnológico cuenta con sistemas de inyección electrónica que claramente optimizan el proceso de combustión, por lo tanto se vuelve necesario contar con personas cada vez más capacitadas para poder dar soluciones adecuadas a las averías que se presentan en vehículos equipados con gestión electrónica.

Con la utilización de sistemas de inyección electrónica en los vehículos que hoy en día circulan a nivel mundial, a más de lograr una mejor combustión, es notable la disminución de consumo de combustible y por ende una menor contaminación al reducir los agentes nocivos que escapan al ambiente producto de la combustión.

Con este proyecto se pretende mejorar el sistema de estudio para los alumnos de la Escuela de Ingeniería Automotriz, por medio de la implementación de un sistema de inyección electrónica multipunto real en los talleres de la escuela antes mencionada, ya que el método de enseñanza será teórico - práctico con lo cual un mejor entendimiento del funcionamiento y optimización del sistema.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general.***

Implementar un tablero didáctico del sistema de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6 para la Escuela de Ingeniería Automotriz

### ***1.3.2 Objetivos específicos.***

- Estudiar y analizar la introducción a los sistemas de inyección electrónica de combustible.
- Construir un tablero didáctico del sistema de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6, para que los estudiantes tengan una formación íntegra en sus conocimientos teóricos – prácticos con sistemas reales.
- Realizar pruebas, calibraciones y evaluación del sistema de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6, para que los estudiantes se familiaricen mediante prácticas, con los sistemas de inyección electrónica.

## CAPÍTULO II

### 2. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

#### 2.1. Sistema de inyección de combustible

##### 2.1.1. *Historia y evolución de la inyección.*

Aunque el carburador nacido con el motor, se desarrolló constantemente hasta llegar a ser un complejo compendio de cientos de piezas, que lo convirtieron en un refinado y muy duradero preparador de la mezcla aire-gasolina para el motor del automóvil en todo el rango de trabajo, no pudo soportar finalmente la presión ejercida por las reglas de limitación de contaminantes emitidas por las entidades gubernamentales de los países más desarrollados y fue dando paso a la inyección de gasolina, comenzada desde la décadas 60-70s principalmente en Alemania, pero que no fue tecnológicamente realizable hasta que no se desarrolló lo suficiente la electrónica miniaturizada.

La diferencia conceptual fundamental entre los dos tipos de preparación de la mezcla, es que en el carburador se hace básicamente de acuerdo a patrones más o menos fijos, establecidos de fábrica, que con el uso se van alterando hasta sacarlo de los estrechos índices permitidos de producción de contaminantes, mientras que la inyección de gasolina tiene sensores en todos los elementos que influyen en el proceso de alimentación y escape del motor y ajusta automáticamente la mezcla para mantenerlos siempre dentro de las normas, a menos que se produzca una avería en el sistema.

Es por eso que la historia de la inyección de combustible no puede desligarse de los primeros días del carburador, la razón de su existencia se debe a las desventajas del carburador, la carburación comenzó en 1975, cuando Robert Street logró la evaporación del aceite de alquitrán de hulla y la trementina en un motor atmosférico.

En 1824, Samuel Morey y Erskine Harzard crearon el primer carburador para un motor de tipo atmosférico, éste incluía un precalentamiento para favorecer la evaporación.

En 1825 se dio un paso importante hacia la destilación del petróleo ligero y se obtuvo una sustancia llamada gasolina. El fisicoquímico Michael Faraday experimentó con la evaporación de combustibles líquidos e hidrocarburos.

En 1833, Eilhard Mitscherling logró la separación de los ácidos benzoicos por calor, después surgió un nuevo producto ligero, el cual denominó bencina (en terminología americana gasolina y en terminología británica nafta).

En 1838, Willian Barnett patentó un dispositivo para evaporar la gasolina. Con éste Barnett intentaba utilizar la gasolina en el motor de compresión con el cual experimentaba.

En 1860, Nokolaus August Otto, el inventor del motor Deutz de gas de cuatro tiempos, comenzó a experimentar con un motor de combustión, el cual poseía un dispositivo para evaporar combustibles líquidos de hidrocarburos. Otto ensayó el motor con una bencina natural y como no obtuvo éxito, se concentró en la producción de motores a gas.

En 1865, Siegfried Marcus solicitó una patente para un carburador, y subrayó la sencillez de su dispositivo comparado con los complicados generadores de vapor que existían hasta entonces.

En 1875, Wilhelm Maybach, de la Deutz, fue el primero en convertir un motor a gas para que funcionara con gasolina.

Deutz ideó cerrar el gas para ver que sucedía si mantenía un trapo mojado con gasolina a la entrada del múltiple y el motor funcionó hasta que el trapo se secó, lo que llevó a inventar el carburador de mecha, el cual era de tipo estático. La mecha absorbía el



combustible en la parte sumergida y lo llevaba hacia el aire en la parte expuesta. Su primera aplicación fue entre 1833 y 1884 en un carruaje con motor.

Fernand Forest ideó y construyó un carburador, el cual incluía una cámara de flotador y una adaptó a un motor que construyó en 1884.

En 1885, Otto logró, con una variedad de combustibles líquidos de hidrocarburos, incluyendo gasolina y bencina mineral, utilizar un carburador de superficie mejorado.

En 1886, Carl Benz mejoró el carburador de superficie, adicionando una válvula de flotador para asegurar un nivel constante de combustible.

En 1892, Maybach planeó el carburador con rociado, el cual se convirtió en la base de todos los carburadores.

En 1894 solicitó una patente para un nuevo carburador de rocío, en el cual el combustible se suministraba en forma de boquilla de regadera con cabezal rociador, que se abastecía de una taza de flotador que mantenía el nivel constante. El primer carburador de dos gargantas apareció en 1901 y fue un invento de Krastin, quien afirmaba que formaba buenas mezclas sin importar el flujo masivo de aire.

En 1902, Arthur Krebs inventó un carburador de tres partes con desviación automática para el aire, con el fin de reducir al mínimo las desviaciones de la proporción ideal de aire combustible, aumentando la velocidad de flujo del gas. Krebs utilizó el vacío del múltiple para abrir una válvula y admitir aire adicional.

Los primeros avances de la inyección de combustible comenzaron realmente en la aviación. En 1903, el aparato Wright Flier utilizó un motor de inyección de combustible de 28 Hp. Antes de la primera Guerra Mundial, la industria de la aviación consideró las ventajas obvias que la inyección de combustible proporcionaba. Los carburadores de los aeroplanos

eran propensos a congelarse durante los cambios de altitud, limitando la potencia disponible, mientras en la inyección de combustible no sucede esto. Adicionalmente, las tazas de los carburadores son propensas a derramar combustible.

La primera Guerra Mundial trajo un énfasis en la rapidez y los costos de desarrollo, por lo tanto, hubo más presión en el desarrollo del carburador en la inyección de combustible.

El motor Antoinette, que impulsaba un biplano Voisin, hizo su primer vuelo de Europa en 1906; estaba equipado con inyección de combustible, se introdujo no solo la bomba de pistón a alta presión, sino el principio de inyector calibrado. La bomba de inyección fue la primera en tener una carrera variable del pistón, como un medio para aumentar o reducir la cantidad de combustible a inyectar.

En 1912, Robert Bosch convirtió un motor de dos tiempos fuera de borda, a inyección de combustible, utilizando una bomba reconstruida de presión de aceite lubricante para inyectar el combustible. A mediados de 1920, Stromberg introdujo un carburador sin flotador para aplicación aeronáutica, el cual es el predecesor de los sistemas actuales de inyección en el cuerpo del acelerador.

El auge militar que empezó en Alemania, llevó a la compañía de Robert Bosch al desarrollo de a la inyección de combustible para la aviación. Los primeros sistemas de inyección Bosch introdujeron la inyección directa la cual rocía el combustible bajo alta presión directamente sobre la cámara de combustión, de la misma forma que en el sistema de inyección diesel.

En la segunda Guerra Mundial, la Continental utilizó un sistema de inyección de combustible diseñado por la compañía SU Carburetter, de Inglaterra, y construido por Simmonds Aerocessories en Estados Unidos, el motor enfriado por aire y diseñado para utilizarse en el tanque Patton.

La inyección electrónica de combustibles se inició en Italia, en 1940, cuando Ottavio Fuscaldo incorporó un solenoide eléctrico como un medio para controlar el flujo de combustible hacia el motor.

### **Inyección Hilborn**

En 1949 un automóvil llamado Offenhauser, equipado con inyección de combustible, fue inscrito en la carrera de 500 millas de Indianápolis. El sistema de inyección diseñado por Stuar Hilborn, destacó la inyección indirecta, con la que el combustible es inyectado en el múltiple de admisión, exactamente delante de la válvula de admisión, este se puede comparar con el sistema de inyección en el cuerpo del acelerador para cada cilindro.

### **Inyección Chevrolet Ramjet**

Chevrolet, en 1975, introdujo su primer motor con inyección de combustible para producción masiva del Corvette. El sistema Ramjet utilizó una bomba de alta presión, la cual movía el combustible del tanque a los inyectores.

El combustible era rociado continuamente delante de la válvula de admisión. Un diafragma de control principal monitoreaba la presión del múltiple de admisión y la carga del motor. También era conectado con una palanca, la cual controlaba la posición del pistón. Un cambio en la posición de la válvula operada por el pistón alteraba la cantidad de combustible desviado hacia el depósito de la bomba y lejos de los inyectores, lo cual modificó la relación de aire combustible para satisfacer las necesidades del motor. Chevrolet y Pontiac descartaron el sistema Ramjet en 1959.

### **Bosch D-Jetronic**

En 1968, la Volkswagen introdujo el sistema D-Jetronic de Bosch en el mercado americano, con los modelos tipo 3. Este sistema fue utilizado en una variedad de modelos europeos incluyendo Saab, Volvo y Mercedes Benz, a principios de 1970 hasta 1976. A pesar

de la falta de una comprensión adecuada de cómo funcionaba el sistema por parte de los que brindaban el servicio, éste se mantuvo y se presentaron procedimientos de servicio y diagnóstico de la inyección de combustible electrónica.

### **Inyección Cadillac Bendix**

En 1975 Cadillac introdujo la primera producción masiva del sistema de inyección de combustible, como equipo estándar en el Cadillac Seville, modelo 1976. Éste fue desarrollado a través de la cooperación entre Bendix, Bosch y GM, con un sorprendente parecido al sistema D-Jetronic.

El sistema Cadillac Bendix fue utilizado hasta la introducción de la siguiente mejora tecnológica de la inyección de combustible, es decir la aparición de la computadora digital. La Cadillac introdujo su sistema de inyección digital de combustible (DFI) en 1980.

El sistema DFI había sido concebido como un sistema multipunto con un inyector por cilindro. El DFI se introdujo como un sistema de inyección del cuerpo del acelerador de los inyectores.

Los beneficios obtenidos con la computadora digital incluyen una mayor precisión del control de los inyectores, más habilidad para controlar una gran variedad de sistemas de soporte del motor. Con la utilización de la computadora digital, el tiempo de encendido, las operaciones de la bomba de aire del automóvil y la gran variedad de funciones relacionadas con la emisión, pudieron ser controladas por un único módulo compacto de control.

La capacidad de almacenaje de una computadora digital, significó que sería posible para los sensores reprogramarla de acuerdo con los cambios de condición general del motor.

Los intervalos de servicio podrían incrementarse grandemente, debido a que el sistema de inyección podría compensar el deterioro de los componentes del encendido. Una computadora digital podría detectar y almacenar en la memoria las fallas concernientes al

circuito en el sistema. Estos datos podían ser analizados por el mecánico como ayuda en la localización de fallas.

### **Inyección GM**

En 1982 Chevrolet introdujo el Camaro y el Corvette, con la que se llamó Crossfire Injection, éste presento dos unidades sencillas de inyector en el cuerpo del acelerador, montadas en un múltiple de admisión común, con la unidad derecha alimentando el lado izquierdo y al unidad izquierda alimentando el lado derecho.

Este concepto cruzado permitió incrementar la velocidad del aire y lograr una mejor atomización del combustible. El Crossfire Injection (CIS) proporcionó una ganancia de 20 HP sobre la carburación.

El sistema de inyección del cuerpo del acelerador de Rochester, también se adiciono a la producción de 1982 del Brazilian de 1.8 litros con motor de leva en la culata, utilizado en el Cavalier, Citation y Celebrity.

La producción también fue introducida en 1985 en el Camaro 5.0 litros y en el Corvette 5.7 litros; al que Chevrolet llamó Tuned Port Fuel Injection (TPFI)

#### ***1.1.2. Introducción a la inyección electrónica de combustible.***

Los sistemas de inyección electrónica de combustible tienen la misión de preparar una mezcla de aire y combustible adaptada lo mejor posible al respectivo estado del funcionamiento del motor. Para ello han de alcanzar una proporción denominada “estequiométrica” correspondiente a una proporción de 14,7 gramos de aire por cada gramo de gasolina.

Los sistemas de inyección electrónica de combustible son más adecuados que los carburadores para el cumplimiento de los estrechos límites preestablecidos respecto a la

composición de la mezcla. De ello resultan ventajas en lo referente al consumo de combustible, comportamiento de la marcha y potencia. Las exigencias a nivel mundial, cada vez más estrictas sobre gases de escape han dado lugar en el campo de la aplicación del automóvil a que la inyección electrónica de combustible desplazara completamente al carburador.

Los dispositivos electrónicos tienen en cuenta toda una serie de entradas correspondientes a la temperatura ambiente, presión atmosférica, temperatura del motor, posición del pedal del acelerador, produciendo inmediatamente una respuesta en la que se calcula la cantidad y momento exacto de la inyección de gasolina y producción de chispa correspondiente al encendido.

### ***2.1.3. Resumen del funcionamiento del carburador.***

El proceso de combustión necesita el oxígeno del aire para quemar combustible. La proporción ideal teórica para que exista una combustión total es de una parte de gasolina por 14,7 partes de aire, denominado proporción estequiométrica. Si hay más combustible, éste no se quema del todo, y en el sistema de escape se aumenta la cantidad de hidrocarburos no quemados. Cuando hay menos combustible en comparación con el aire, la potencia disminuye y el proceso de combustión se vuelve más lento, lo cual ocasiona que se incremente la temperatura del motor.

La mezcla para la combustión se realiza normalmente en el colector de admisión, de forma básica mediante el carburador, el cual es un tubo abierto en el colector comunicado con una cuba de nivel estable de combustible; el aire que atraviesa el colector, aspirado por el cilindro, succiona el combustible líquido vaporizándolo. En los colectores el calor de éstos termina de generar la vaporización total, por lo que la mezcla del mismo entra a la cámara dispuesta a ser encendida por la chispa de la bujía después del ciclo de compresión.

Esta simplificación debe contemplar varias particularidades que hacen su funcionamiento irregular en diversas circunstancias; esto se resuelve con varios sistemas de funcionamiento dentro de lo que es un carburador.

El poco flujo de gases que entra a regímenes de ralentí es insuficiente para succionar suficiente gasolina y mezclarla convenientemente, de ahí que se precise un surtidor de ralentí después de la mariposa, ajustable en la riqueza de combustible mediante un tornillo.

Cuando el flujo de gases pasa de ralentí a carga, proceso de aceleración, la respuesta del flujo de gases es inmediata, mientras que el combustible debe ser succionado por lo que genera un retraso que se manifiesta como una bajada inicial de la proporción de gasolina. Para ello se añade una bomba pequeña en el mismo carburador, llamada de aceleración, que es accionada directamente por el acelerador, la cual añade la gasolina necesaria para el cambio de modo de funcionamiento. Ésta vierte un chorro de gasolina por encima de la mariposa en el colector. Este sistema será responsable, por un lado, de la rápida respuesta de los carburadores y por otro, del famoso ahogo de los vehículos cuando se insiste en acelerar continuamente en los arranques del motor, lo que da entrada a demasiada gasolina, que una vez vaporizada no deja sitio para aire suficiente.

Cuando el régimen aumenta, la mayor densidad de la gasolina generará un exceso de la misma por el tamaño del surtidor, para evitar este exceso se emplean emulsionadores, que mezclan la gasolina, que va a salir por el surtidor o difusor, con aire para que la densidad sea menor.

Cuando se habla de motores de varios cilindros y gran cilindrada, es porque un solo surtidor no puede mezclar convenientemente la gasolina que se requiere a alto régimen, por lo que se emplean varios surtidores. Éstos entran en funcionamiento según sea la demanda del acelerador. De esta forma hablamos de carburador de dos o más cuerpos los cuales tienen

aperturas diferenciadas o sea, a baja carga sólo abre la mariposa de un cuerpo y a partir de una alta carga abren los dos.

Como durante el funcionamiento en frío la gasolina se vaporiza muy mal, para conseguir que ésta llegue a vaporizarse en cantidad suficiente que se pueda completar la combustión, se enriquece la mezcla. Para ello se dota a los carburadores de starter o más conocido como choke, el cual es una válvula de mariposa del ahogador encima de la controlada por el acelerador, que genera una depresión mayor en el colector sacando más gasolina del surtidor, su uso inadecuado, cuando es manual y el motor se calienta, genera un exceso de gasolina que puede llegar a ahogar el motor.

En los carburadores existe un tornillo de ralentí y otro llamado de riqueza de mezcla, los cuales gobiernan el flujo de aire que pasa por la mariposa para régimen de ralentí y la gasolina que saldrá por el surtidor de ralentí

#### ***2.1.4. Principios de funcionamiento de la inyección electrónica.***

#### ***2.1.5. Carburador vs inyección.***

La ventaja más importante que posee la inyección electrónica de combustible se encuentra en que mejora las fallas del carburador, por lo tanto es el punto de partida para examinar los principios de la inyección de combustible y sus dispositivos. Debido a que el carburador deja o no pasar el aire, es el primer eslabón para controlar la respiración del motor.

En teoría, durante la carrera de admisión, el pistón debe succionar al interior del cilindro un volumen de mezcla a presión atmosférica igual al desplazamiento del cilindro. En realidad, la cantidad de mezcla que entra es casi siempre a la cantidad teórica.

La proporción entre la cantidad teórica y la cantidad real se denomina eficiencia volumétrica. El valor común para un motor moderno es cercano al 85%, algunas de las razones para no llegar al 100% son:



- **Restricciones en el carburador** junto con los dobleces en el múltiple de admisión, limita el flujo de la mezcla en los cilindros.
- **Calentamiento de la carga** que entra por un puerto caliente de admisión o por otras partes calientes que se encuentran cerca del múltiple de admisión, ocasionando que la mezcla de aire/combustible se expanda antes de entrar a los cilindros.
- **Gases calientes** en el escape, que quedan atrapados en el interior del cilindro después de la carrera de escape.

La idea básica del carburador es tener un pasaje de aire con alimentación automática de combustible, que se autorregule para proporcionar flujo masivo de aire, en cuanto es medido por un Venturi.

El carburador mezcla la carga de combustible y de aire, y distribuye esta mezcla a los cilindros por medio del múltiple e admisión. La mezcla debe ser lo bastante rica para asegurar que los cilindros que se encuentran más lejos del carburador obtengan el combustible suficiente.

Los cilindros más cercanos, como consecuencia tienden a enriquecerse más. Y es una de las desventajas más grandes, tanto para la economía de combustible como para el control de emisiones.

Los carburadores poseen una válvula de mariposa (acelerador), la cual controla el flujo de aire que entra. La masa de aire que entra al carburador regula la velocidad del motor y, por lo tanto, puede usarse para regular la potencia del motor. Cuando se acciona el pedal del acelerador se abre la válvula y cuando se suelta se cierra.

El surtidor de combustible se alimenta desde la taza y lo envía a la parte más estrecha del Venturi, donde el aire tiene la velocidad más alta, la gasolina es llevada por goteo por el flujo de aire, esto se logra a la diferencia de presión entre la taza del flotador y el múltiple de

admisión. Es un hecho que el suministro de combustible en un carburador tiende a retrasarse con relación al movimiento de la mariposa, debido principalmente a la tensión superficial y a la inercia en el combustible.

Un carburador básico opera cuando la válvula mariposa está completamente abierta o completamente cerrada, por lo tanto se agregó un circuito de marcha en vacío para mantener el motor operando, así no se requiera potencia. El surtidor en marcha mínima admite combustible en el lado del motor en que se encuentra la válvula mariposa, y es un circuito independiente del carburador que opera cuando la válvula mariposa está cerrada.

El flujo de aire es asegurado para el carburador por la acción de bombeo de los pistones. El movimiento descendente del pistón en la carrera de admisión crea un vacío parcial en el cilindro. La mezcla en el múltiple de admisión se apresura para llenar el vacío y el flujo de gas ajustado por la caída de presión lleva un nuevo aire al carburador.

La caída de presión es por medio del Venturi, el combustible fluye de la taza del flotador al orificio del surtidor principal, porque la presión en la superficie del combustible es la presión atmosférica, mientras en la salida del surtidor existe un vacío parcial y el combustible sale por el surtidor como rocío y es arrastrado por el aire que entra.

La eficiencia del Venturi depende de la proporción de su longitud con su diámetro, la cantidad de combustible que se arrastra al interior del motor depende de la magnitud de la caída de la presión, cuanto más pequeñas sean las partículas de combustible que salen del carburador, con mayor facilidad se mezclarán con el aire y se evaporarán en su paso por el múltiple de admisión hacia el interior del cilindro.

Las dimensiones del tubo de suministro de aire y el surtidor principal se calculan cuidadosamente para dar una proporción correcta de aire/combustible, el problema existente es que esta proporción no es constante y el carburador no puede ajustarla exactamente a las

necesidades cambiantes. Para un encendido adecuado y una combustión completa, y sin desperdicio, la mezcla tiene que ser un vapor homogéneo sin que contenga combustible líquido; es un factor muy importante para tener en cuenta en los sistemas de inyección de combustible.

La velocidad del flujo de combustible en el surtidor principal aumenta más rápidamente que la caída de presión en el Venturi, por lo tanto sería más rico a medida que la velocidad aumenta, esto se corrige introduciendo aire al suministro de combustible antes de que salga del surtidor.

El tipo más común de purgador es un tubo de emulsión, con agujeros a través de él, colocado en un recipiente de combustible dentro del carburador, a medida que aumenta la caída de presión, el combustible fluye con más rapidez, lo cual baja el nivel en la taza y destapa más orificios en el tubo de emulsión.

De ello resulta que se purga más aire al interior de la mezcla y evita que se forme una mezcla rica. El grado de atomización cambia enormemente con los cambios de velocidad y carga del motor. Un Venturi de diámetro grande es lo mejor para una operación a toda potencia. Uno de diámetro pequeño es lo mejor para que funcione parcialmente la válvula mariposa, además ofrece la ventaja de ahorrar combustible.

Hay un límite práctico en cuanto a las dimensiones máximas del Venturi para que el automóvil tenga un funcionamiento aceptable a baja velocidad, de ahí el diseño de carburadores de dos o cuatro gargantas.

En un carburador se puede obtener la proporción estequiométrica (14,7 de aire por una de combustible), sólo en funcionamiento constante, velocidad de crucero con variaciones mínimas en el ángulo de la válvula mariposa y de las revoluciones del motor.

El aire y la gasolina no se mezclan bien en tiempo frío. Solamente las porciones ligeras de gasolina ayudan a formar una mezcla de combustible, por ello la mezcla debe ser más rica cuando el motor está frío y la temperatura ambiente es baja, y se logra por medio de un mecanismo ahogador que es una válvula que se coloca en la boca del carburador de modo que bloquee parcialmente la entrada de aire, el vacío es aumentado drásticamente en el Venturi, haciendo que aumente la velocidad del flujo de gasolina y, por lo tanto, se logra una mezcla más rica.

El bloque de admisión del aire tiende a apagar el motor, por ello se inventó la leva de marcha rápida en vacío, la cual comienza a trabajar en el momento el ahogador (choke). El múltiple de admisión incorpora un pasaje especial para los gases de escape, con el fin de calentar la mezcla entrante y mejorar la atomización en los arranques en frío.

Una vez que el motor se ha calentado, el calentamiento de la mezcla es indeseable, ya que ocasiona que esta se expanda antes de entrar al cilindro, lo cual reduce la eficiencia volumétrica del motor. Por lo tanto, se proporciona una válvula elevadora de calor para dirigir el flujo de los gases de escape de acuerdo con la temperatura del motor.

La válvula elevadora de calor se controla mediante un resorte plano en espiral, sensible a la temperatura, que al calentarse el motor se desenrolla y abre la válvula, o también, por un motor de vacío controlado por un interruptor de vacío sensible a la temperatura del refrigerante.

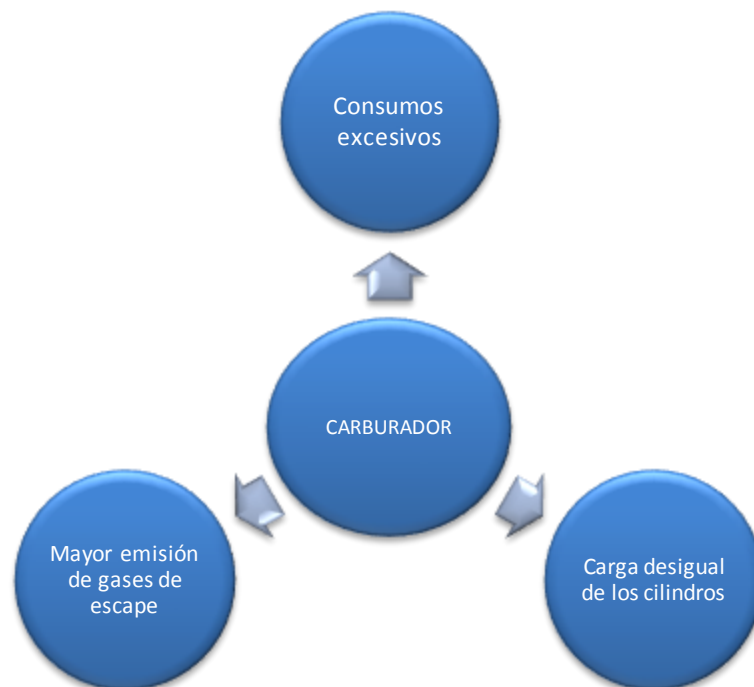
Cuando arranca el motor, el vacío del múltiple de admisión se dirige al motor de vacío por medio del interruptor del refrigerante, para cerrar a válvula elevadora de calor.

En los motores en V, cuando la válvula está cerrada, los gases de escape se dirigen a la cámara de calor a través de un costado del pasaje de cruce de escape, a través de la cámara de calor de los gases se dirigen al múltiple de escape por medio de otro pasaje.

### 2.1.6. Ventajas de la inyección electrónica de combustible.

El sistema de inyección electrónica fue reemplazando a los carburadores, los cuales tienen la propiedad de originar procesos que producen mezclas de aire desiguales de aire combustible, para los diferentes cilindros. La necesidad de formar una mezcla que aumente suficientemente incluso al cilindro más desfavorecido, obliga en general a dosificar una cantidad de combustible demasiado elevado, además al modificarse el estado de carga, el combustible se precipita sobre las paredes del colector de admisión, formando una película que luego se degrada.

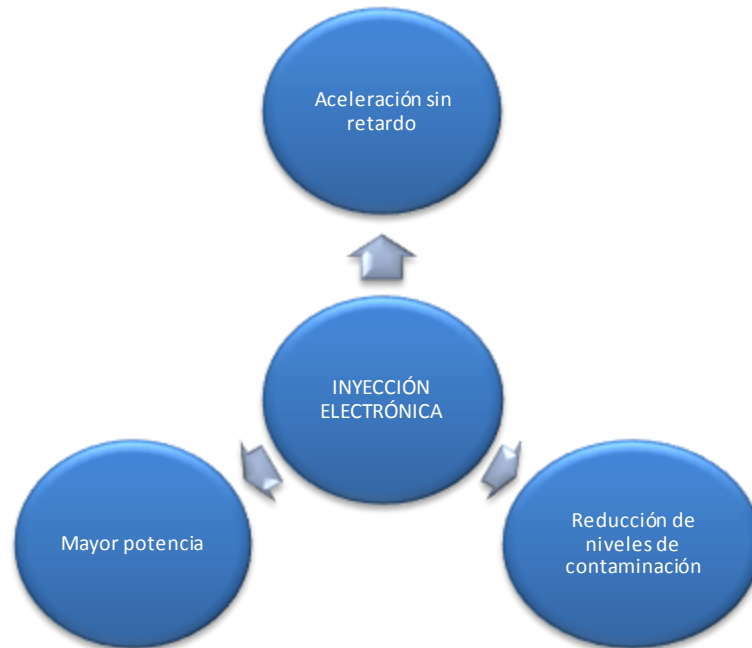
Las consecuencias son:



**Figura 2.1.** Desventajas del carburador [5]

En los sistemas de inyección de combustible cada cilindro tiene asignada una válvula de inyección, estas válvulas son comandadas desde la unidad central o computadora, con lo que se asegura que cada cilindro reciba combustible en el momento preciso en cualquier

estado de carga del motor, la misma cantidad de combustible exactamente dosificada, de acuerdo a las órdenes de la unidad de control en los sistemas de inyección, ya sea su clasificación agrupada, alternada, secuencial, simultánea y directa.



**Figura 2.2.** Ventajas de la inyección electrónica [5]

**Aceleración sin retardo.-** En los sistemas de inyección electrónica de combustible el motor se adapta a las condiciones variables de carga y al flujo de aire que ingresa al múltiple de admisión, esta aceleración es simultánea, sin ninguna demora, ya que las válvulas de inyección inyectan la cantidad necesaria de combustible.

**Mayor potencia.-** La utilización del sistema de inyección, permite optimizar la forma de conductores de admisión y el aumento del par del motor, debido al mejor llenado de los cilindros. El resultado se traduce en una mayor potencia específica (entre 10 a 15%) y una evolución favorable del par motor, de acuerdo a las informaciones recibidas por la computadora, de los diversos componentes electrónicos.

**Reducción de niveles de contaminación.-** La concentración de los elementos contaminantes en los gases de escape depende directamente de la proporción aire/gasolina. Para reducir la emisión de contaminantes es necesario preparar una mezcla de una determinada proporción. Los sistemas de inyección permiten ajustar en todo momento la cantidad necesaria de combustible respecto a la cantidad de aire que entra en el motor.

#### ***2.1.7. Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de combustible.***

El sistema de inyección está clasificado de acuerdo a los modelos de vehículos, marcas y el diseño fábrica:

- Inyección alternada
- Inyección agrupada o semisecuencia
- Inyección simultánea
- Inyección secuencial
- Inyección directa

##### **2.1.7.1. Inyección alternada**

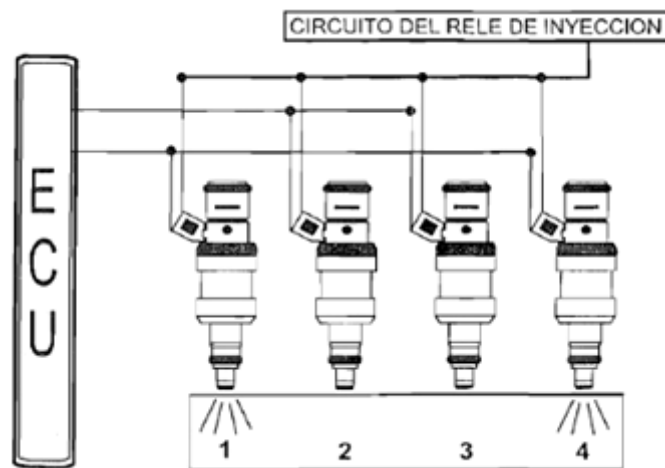
Éste sistema se utiliza en muchos vehículos americanos, como por ejemplo en las líneas Ford, General Motor (GMC), Dodge, Chrysler y otros. Este sistema cuenta con dos inyectores en el cuerpo de aceleración, cuando un inyector pulsa, el otro permanece cerrado en milisegundos. Algunos vehículos americanos de mayor potencia pueden llegar a tener cuatro inyectores en el cuerpo de la mariposa.

##### **2.1.7.2. Inyección agrupada o semisecuencia**

Este diseño del sistema de inyección electrónica de combustible, se encarga de inyectar por pares o se divide la cantidad de cilindros por dos. En el caso de un motor de

cuatro cilindros, inyectará de a dos por vez, si fuera de seis cilindros inyectará tres inyectores por vez, operación que producirá en cada vuelta del motor ( $720^\circ$ ).

La unidad de control envía órdenes de trabajo a través de dos circuitos, esto quiere decir que uno de los circuitos está conectado al primero y al cuarto cilindro, el siguiente está conectado al segundo y tercer cilindro. El inyector número uno es utilizado en la fase de admisión y el inyector número cuatro espera hasta que llegue en su ciclo o fase de admisión para propagar la mezcla de aire combustible, de tal forma causará la combustión del motor.



**Figura 2.3.** Inyección semisecuencial [1]

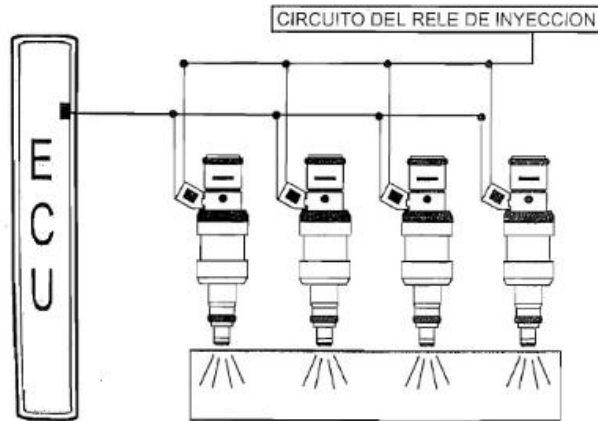
### 2.1.7.3. Inyección simultánea

El sistema de inyección simultánea está gobernado hidromecánicamente. Un ejemplo de este tipo es el K-Jetronic, que inyecta en todos los cilindros a la vez por cada revolución del motor y de acuerdo a la dosificación del aire por el caudalímetro.

En éste tipo de inyección la unidad de control suministra la inyección a través de un solo circuito, en forma de pulsos, y a la vez los inyectores están alimentados con la tensión de 12V desde el relé de inyección o en algunos a través de un fusible.



En la inyección mecánica K-Jetronic el combustible está suministrado a través del dosificador y el plato sonda, el cual se denomina inyección continua (CIS).



**Figura 2.4.** Inyección simultánea [1]

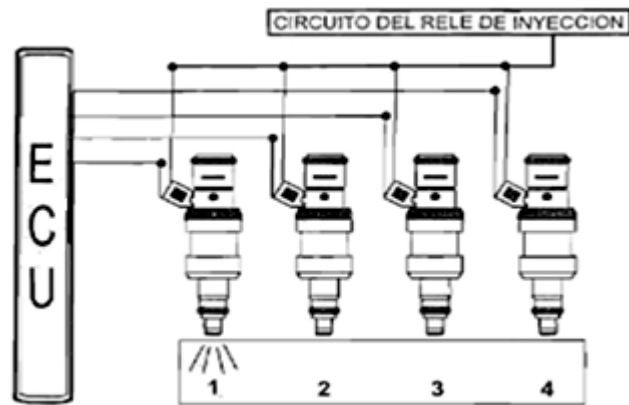
#### 2.1.7.4. Inyección secuencial

La computadora del vehículo está programada para este tipo de rango de trabajo (en orden). Este sistema de inyección, es mejorado por los fabricantes y se obtuvo:

- mayor rendimiento del motor
- mayor economía
- menor emisión de gases contaminantes

La función que cumple este sistema es que opera de acuerdo al programa de la computadora, por ejemplo de acuerdo al orden de encendido, en un vehículo de cuatro cilindros, la computadora envía los pulsos correspondientes hacia los inyectores según el orden de encendido 1-3-4-2.

La unidad de control está programada para esta orden, y con circuitos independientes hacia los inyectores. De esta forma se identifica el sistema de inyección secuencial o también identificando el sensor de árbol de levas.

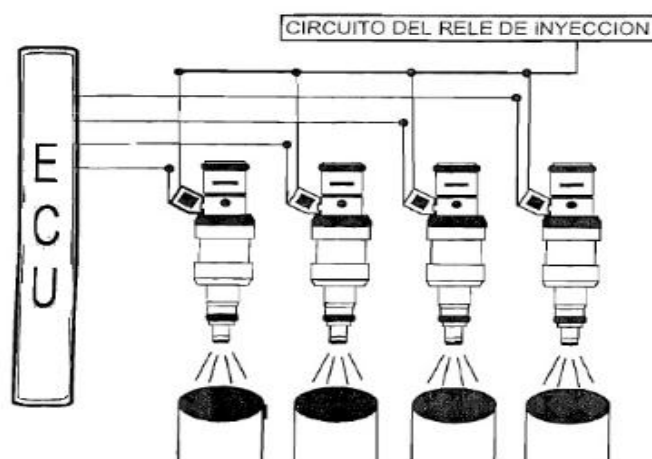


**Figura 2.5.** Inyección simultánea [1]

### 2.1.7.5. Inyección directa

En los recientes modelos y algunos vehículos, se ha diseñado el sistema de inyección directa para optimizar el rendimiento, reducir la emisión de gases contaminantes y mejorar el consumo. Este sistema tiene la propiedad de inyectar el combustible directamente en la cámara de combustión.

La unidad de control se encarga de suministrar a los electroinyectores a través de los circuitos como se muestra en la figura.



**Figura 2.6.** Inyección directa [1]

Éste sistema se diferencia de los modelos de inyección indirecto o en puerto, por ejemplo: en el sistema de inyección indirecta, los electroinyectores inyectan detrás de la

válvula de admisión, en cambio en la inyección directa de combustible, los electroinyectores suministran el combustible en forma directa hacia la cámara de combustión, recibiendo órdenes desde la ECU; también existe la diferencia de presión de combustible, algunos sensores que se han incrementado y el tipo de bomba de combustible.

#### **2.1.8. Sistema de inyección multipunto.**

Los equipos de inyección electrónica multipunto intentan ser sistemas de alimentación más precisos, es la razón por la cual se utiliza la electrónica para conseguir una dosificación más exacta.

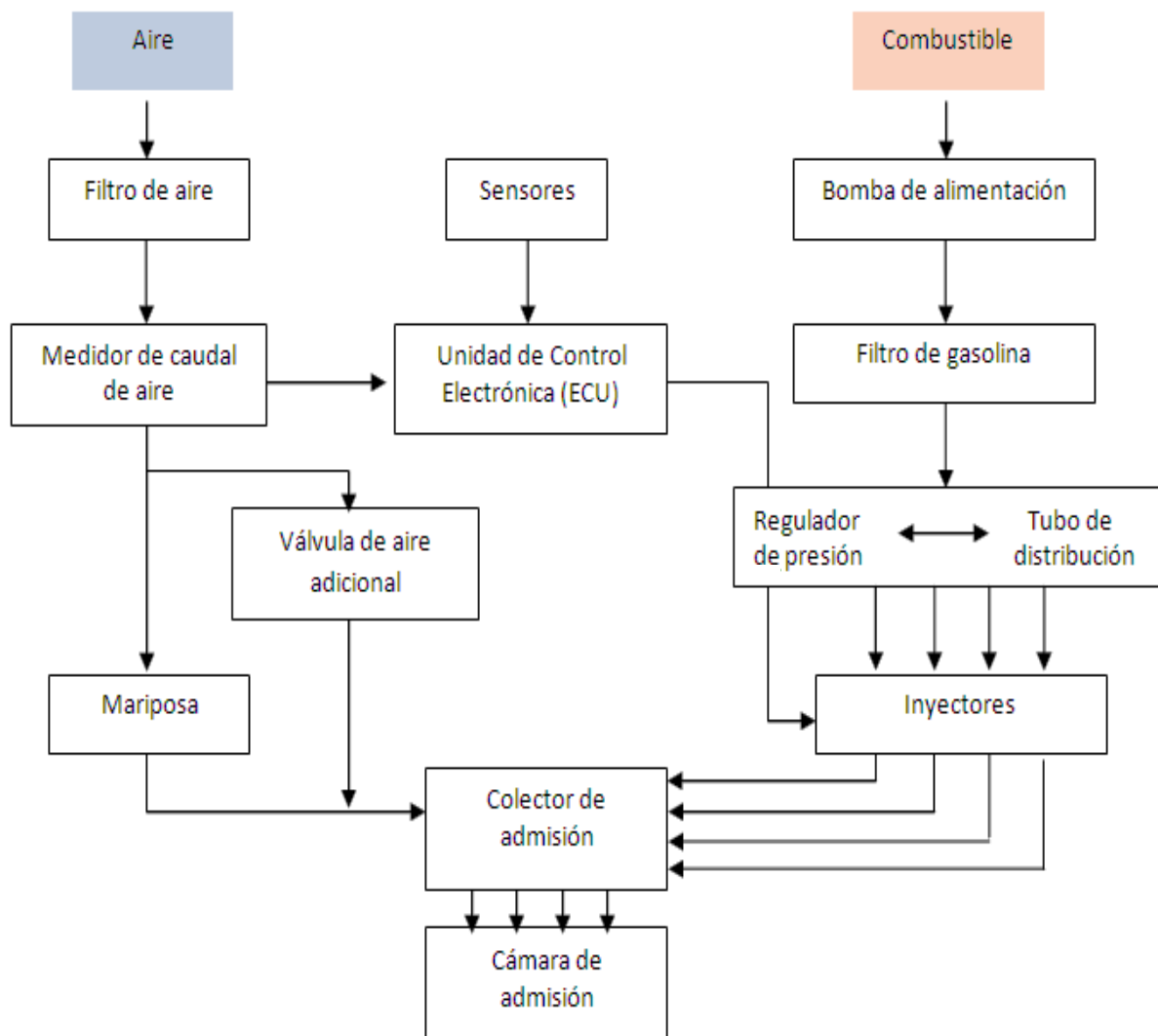
El control de la dosificación se puede realizar, ya que se controla una serie de parámetros para determinar el tiempo básico de inyección, como son:

- Densidad de aire
- Temperatura del motor
- Régimen de giro del motor
- Carga del motor
- Tensión de la red del vehículo
- Oxígeno residual de la mezcla.

##### **2.1.8.1. Condiciones de funcionamiento**

Para la determinación de estos parámetros son utilizados transductores capaces de determinar modificaciones de tensión eléctrica, de acuerdo con la magnitud que controlan. Los transductores transmiten a la ECU (Unidad de Control Electrónica), la información, que será procesada, y así transmitir las órdenes al sistema.

En el esquema siguiente podemos ver los diferentes procesos a los cuales se ven sometidos tanto el aire como la gasolina antes de ser mezclados.



**Figura 2.7.** Condiciones de funcionamiento [1]

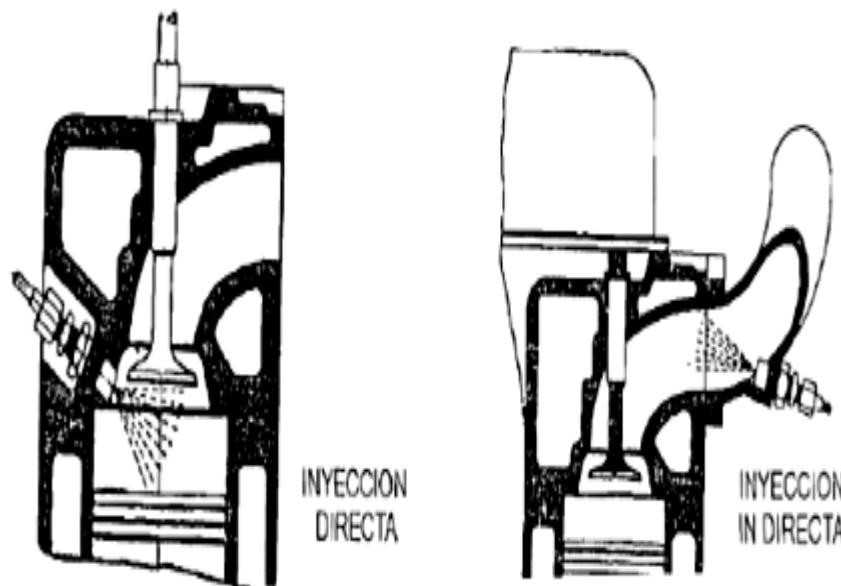
El aire aspirado pasa primero por el filtro de aire enseguida pasa al medidor de flujo de aire, el cual envía la información a la ECU. La cantidad de aire que entra está regulada por la válvula mariposa, que envía la señal de su estado a la ECU y por la válvula de aire adicional también controlada por la ECU.

El recorrido de la gasolina empieza desde el tanque de combustible, donde es aspirada por la bomba eléctrica de combustible, que recibe la corriente desde el relé principal, regida por el interruptor de contacto y la ECU. La bomba de combustible impulsa la gasolina a través del filtro, al tubo de distribución (riel), y llega al regulador de presión donde se

establece la presión adecuada, finalmente, el aire recibe la aportación de combustible de los inyectores para que se produzca la combustión.

Los sistemas de inyección de gasolina actuales dosifican exactamente la cantidad de combustible que es requerida en cada régimen de giro y carga del motor. En los sistemas actuales de inyección indirecta el combustible es inyectado en el colector de admisión, justamente delante de las válvulas de admisión.

Por medio de un sistema de inyección autónoma, gobernado mediante un dispositivo electrónico, de esta forma se consigue un mayor control de la mezcla aire- combustible en cualquiera de las condiciones de marcha del motor, de los que resultan unos niveles reducidos de emisión de gases contaminantes y mejor rendimiento del motor.



**Figura 2.8.** Comparación entre inyección directa e inyección indirecta. [1]

A través de los colectores y conductos de admisión circula aire solamente, inyectándose la gasolina justamente en la entrada del cilindro, dosificándola adecuadamente de manera que el motor reciba la cantidad justa para sus necesidades reales. Asimismo, cada uno de los cilindros recibe la misma cantidad de combustible.

## **2.2. Sistema de inyección MULTEC IEFI-6**

### **2.2.1. Introducción.**

#### **2.2.2 Unidad de control electrónica (ECU).**

Los vehículos equipados con el sistema de inyección electrónica, están diseñados con una computadora a bordo, también denominada de acuerdo a las marcas de los vehículos: ordenador, centralita, unidad de control electrónica (ECU), módulo de control electrónico (ECM).

Esta computadora se encuentra ubicada en diversos lugares, de acuerdo a las marcas y modelos de vehículos. La computadora del vehículo recibe información, la utiliza para tomar diversas decisiones y luego enviar las órdenes de acuerdo a estas decisiones tomadas.

Esta unidad no puede pensar por sí misma, lo hace todo de acuerdo a un detallado plan de instrucción llamado Programa.

La computadora está compuesta por un chip de silicio, dentro de ellas se encuentran decenas de millares de circuitos lógicos a transistores.

#### **2.2.2.1. Comunicación entre componentes**

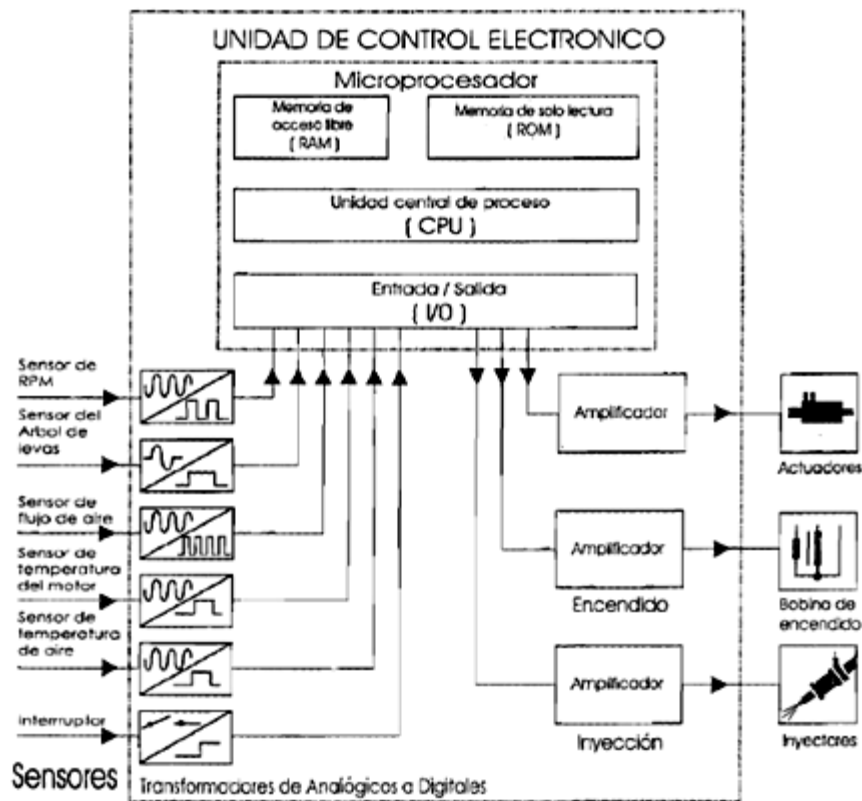
Las primeras computadoras eran de proceso analógico, hoy en día prácticamente todo son digitales, debido a que el proceso de información se puede lograr con más rapidez y por consiguiente, obtener cambios y resultados de comandos en forma más veloz.

La comunicación entre sensores y computadoras se efectúa por medio de voltajes enviados por el sensor en forma analógicamente variable, en algunos de los recientes modelos los sensores envían señal digital, pero sucede que la computadora es un micro procesador matemático y no entiende de voltajes variables. Tal es así que dentro de la computadora se encuentra un transformador de ANALÓGICO A DIGITAL.

La señal para ser procesada es convertida en código binario digital, la cual puede ser procesada matemáticamente.

El código binario tiene solamente dos números y sus millones de combinaciones que son los números 1 y 0. El número (1) representa una señal de PRENDIDO, ALTO, SI, ON y el número (0) representa los valores como APAGADO, BAJO, NO, OFF. Este código binario es recibido de grupos conocidos como BYTES en un total de 8, 16 o 32 números.

Esta es la forma como se programa en la fábrica, asignándole a cada voltaje o resistencia un valor digital de 8 dígitos. Para que sea almacenado en la memoria de la computadora, puedes ser calculado al recibir la señal desde el sensor.



**Figura 2.9.** Comunicación entre componentes [1]

#### 2.2.2.2. Oscilador de cristal y cálculo de tiempo

Para calcular el tiempo de recepción y envío de información, la computadora cuenta con un reloj interno que calcula toda la información y envío de señales en microsegundos.

La función de este oscilador de cristal reloj, es muy importante, el cual cuenta con la duración del pulso de inyección, las r.p.m. del motor por minuto de diferencia entre dígito y dígito. Todo esto y muchas otras funciones puede llegar a calcular hasta una millonésima de segundo.

### 2.2.2.3. Cuatro funciones básicas del computador

- Entrada
- Procesado
- Almacenado
- Salida

**Entrada.-** La computadora recibe una señal de voltaje desde un dispositivo que puede ser muy simple, como una llave de ignición o contacto de encendido, un interruptor o un sensor que esta sobre el motor.

Los vehículos modernos usan sensores eléctricos y magnéticos para medir factores como la velocidad de vehículos, la temperatura, las revoluciones del motor o la detonación.

La computadora recibe estas señales de voltaje y antes de utilizarlas las procesa de acuerdo a las informaciones recibidas y luego envían directivas a los diversos componentes electrónicos.

**Procesado.-** Las señales de voltaje son procesadas a través de una serie de circuitos lógicos y comandados interiormente por sus instrucciones programadas. Éstos circuitos lógicos cambian las señales de voltaje de entrada (informaciones, en señales de voltaje frecuencia de salida (órdenes).

**Almacenado.-** El programa de instrucciones para una computadora es almacenado en la memoria electrónica. Algunos programas pueden necesitar que ciertos datos de informaciones



tengan que ser almacenados para una posterior referencia o para un procesamiento futuro en otros casos.

En los comandos de salida (órdenes) podrían ser postergados o almacenados para ser transmitidos a componentes de otros sistemas.

**Salida.-** Después de procesar las señales recibidas (informaciones), la computadora envía señales de voltaje de salida o comandos (órdenes), hacia diversos componentes de sistemas llamados actuadores.

La computadora también puede comunicarse con computadoras de otros sistemas, por ejemplo. El sistema A.B.S. (Sistema de Frenos Antibloqueo), con la ECU de transmisiones automáticas electrónicas. Esta comunicación es necesaria, debido a que algunos interruptores, sensores o actuadores envían información que debe ser utilizada por más de una de ellas, por ejemplo: el sensor T.P.S envía información que es útil para la unidad de control de transmisión automática, para el sistema A.B.S. y otros.

#### **2.2.2.4. Memorias del microprocesador**

**Memoria ROM.-** La memoria ROM, también llamada memoria de sólo lectura, se caracteriza por que la memoria central puede solamente leer su contenido, pero no puede escribir o cambiar su información. Ésta memoria viene programada de fábrica, en ningún momento se puede cambiar, en ella se almacenan datos específicos. Si se desconecta la batería no se pierde el contenido de la memoria ROM.

**Memoria RAM (RANDOM ACCES MEMORY).-** La memoria RAM, también llamada temporal, recibe esta denominación debido a que la computadora puede leer la información allí contenida y además escribir información a través de los programas de la computadora.

Esta memoria almacena los códigos de fallas del vehículo. Esta sección viene a ser como un anotador donde se escriben notas y luego, una vez utilizada se borran o descartan. A

esta memoria también se le conoce como el borrador de la computadora si se desconecta la batería, o cualquiera de sus polos la misma se perderá.

**Memoria PROM (PROGRAMABLE MEMORY).**- La memoria PROM también llamada memoria permanente, viene programada de fábrica, en ningún momento puede cambiar. En ella está contenida toda la información general, incluyendo el tipo de motor, como así también accesorios que tiene el vehículo, modelo, transmisión. Ésta memoria no se pierde si se desconecta la batería.

**Memoria Adaptable (ADAPTIVE MEMORY).**- Esta memoria se encuentra en la sección de RAM, su función es la de ir cambiando los valores a medida que los sensores, cables y conectores envejecen. La computadora puede reprogramar o cambiar los valores o códigos binarios digitales originales, para que el sistema se actualice.

Cuando un actuador o sensor es cambiado, la memoria adaptable cambiará todos los valores del viejo sensor que se encontraban en ella por los del nuevo, de esta forma el vehículo funcionará con mayor precisión. Si se desconecta cualquiera de las polaridades de la batería, al igual que la memoria RAM, la adaptable también se borra.

### 2.2.3. Sensores.

#### 2.2.3.1. Sensor CKP

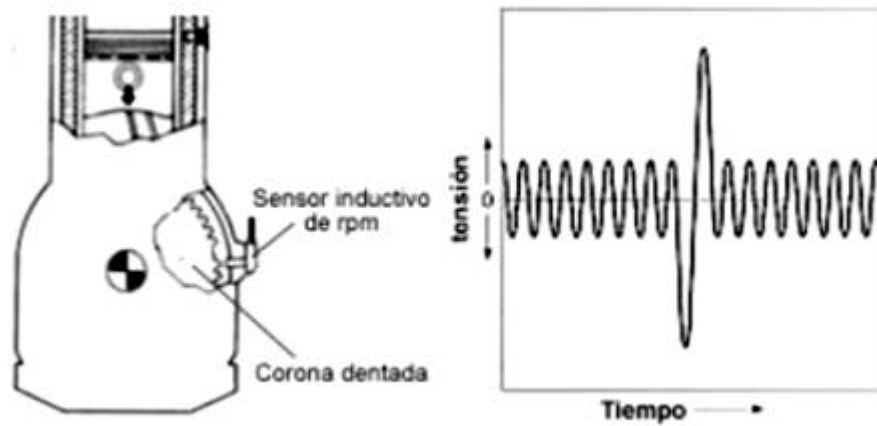
**Nombre:** Sensor de posición del cigüeñal (Crankshaft Position Sensor).



**Figura 2.10.** Sensor CKP [4]

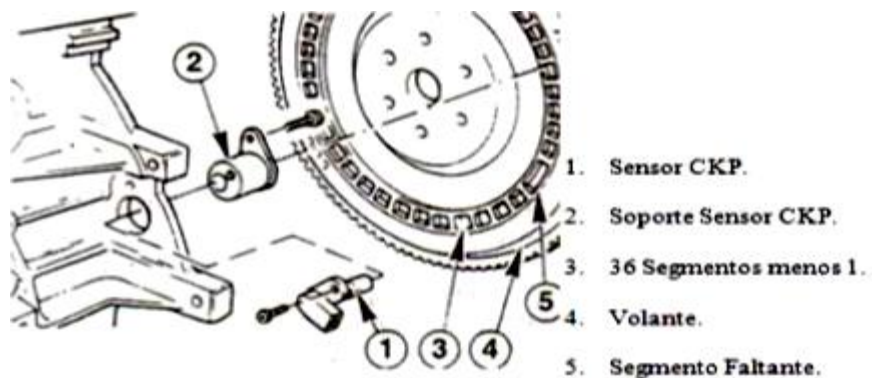
**Función:** Proporcionar a la ECU la posición del cigüeñal y las r.p.m. Es del tipo captador magnético.

Es un sensor de tipo inductivo, en otros casos un sensor de efecto hall. Se instala cercano a la rueda del volante de inercia, los dientes de la cinta del volante de inercia pasan muy cerca del sensor inductivo y por cada diente se genera un pulso de corriente alterna; es decir si la cinta dentada tuviera 300 dientes, por ejemplo en cada vuelta completa del cigüeñal se inducirían 300 pulsos en el sensor.



**Figura 2.11.** Sensor CKP (Inductivo) [4]

La señal del CKP es usada para establecer la posición del cigüeñal, velocidad del motor, punto de encendido y momento de la inyección.



**Figura 2.12.** Montaje del sensor CKP [4]

**Ubicación:** Frecuentemente se encuentra ubicado en la parte baja del motor, al lado derecho cerca de la polea del cigüeñal (incrustado en el bloque de cilindros, o a un lado de la polea principal), en la tapa de la distribución o en el monoblock o forma parte del distribuidor.



**Figura 2.13.** Ubicación del sensor CKP [4]

**Descripción:**

**Sensor de posición del cigüeñal CKP (Hall):** El sensor de cigüeñal de tipo hall genera una sola onda cuadrada con tantas señales como cilindros tenga el motor, monitorea la posición del cigüeñal, y envía la señal al módulo de encendido indicando momento exacto en que cada pistón alcanza el máximo de su recorrido. En algunos casos una de las señales es más grande que las demás, indicando el PMS del cilindro uno cuando el sistema es de inyección secuencial.

Hay dos tipos de señales de efecto hall según su amplitud:

- De (0 a 5) V.
- De (0 a 12) V.

Lo importante en este tipo de onda es que la base de la señal llegue a 0V (máximo 1V) para que la ECU lo pueda interpretar.

Estos sensores tienen 3 cables de conexión:

- Alimentación: 12V.
- Masa.
- Señal.

**Sensor de posición del cigüeñal CKP (Inductivo):** El sensor CKP de tipo inductivo genera una onda alterna senoidal con una irregularidad cíclica producida por un diente faltante sobre la rueda fónica de excitación montada en el cigüeñal. Consta de una bobina arrollada sobre un núcleo de imán enfrentado a la rueda dentada o fónica.

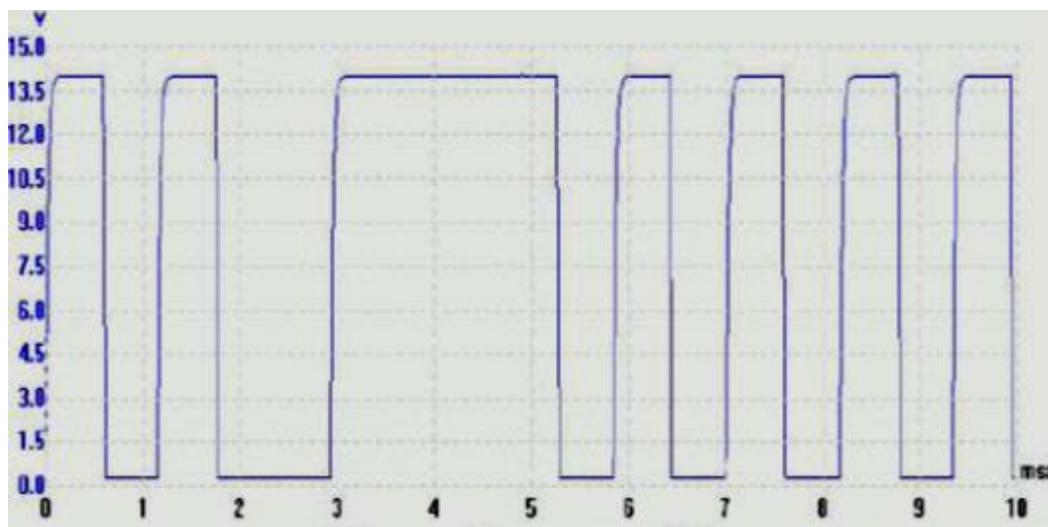
Existen dos diseños de ruedas fónicas:

- La mayoría de los sistemas: 60 dientes – 2 dientes – 58 dientes.
- En el caso de Ford: 36 dientes – 1 diente – 35 dientes.

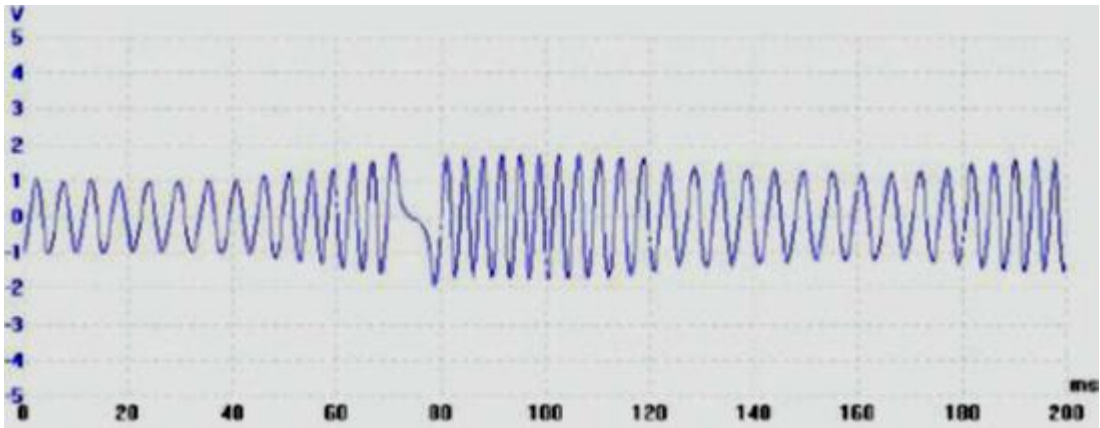
Los sensores CKP, tienen solo dos pines de conexión correspondientes a los extremos de la bobina del sensor. Algunos CKP tienen tres cables, siendo el tercero un blindaje a masa, para evitar interferencias parásitas del encendido.

**Sensor tipo opto-eléctrico CMP y CKP en distribuidor - Señal fotoeléctrica proveniente del distribuidor:** Este tipo de sensor suele estar ubicado dentro del distribuidor. Provee al PCM señal de r.p.m. y de PMS de los cuatro cilindros. Su medición es similar a la de un sensor efecto hall.

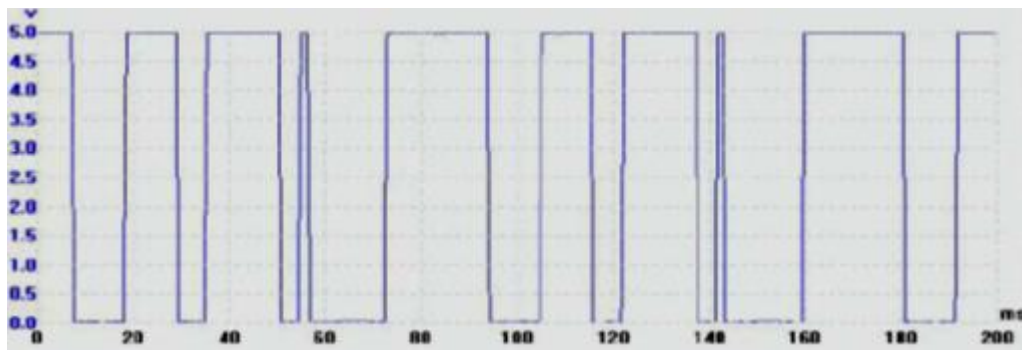
**Forma de onda del sensor de posición del cigüeñal (CKP)**



**Figura 2.14.** Forma de onda del sensor CKP (Efecto hall) [4]

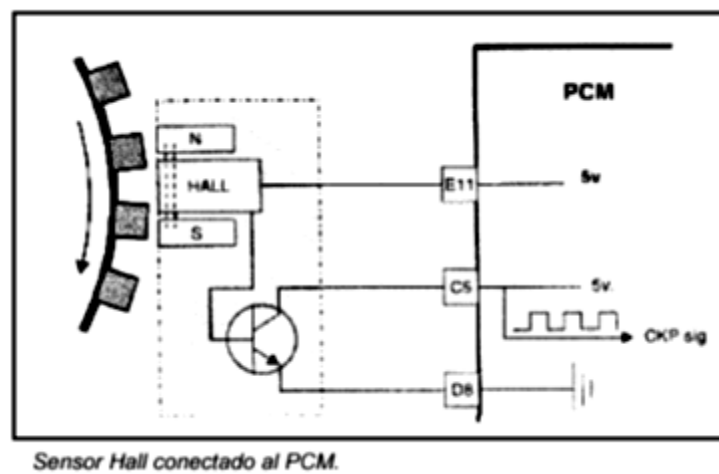


**Figura 2.15.** Forma de onda del sensor CKP (Inductivo) [4]

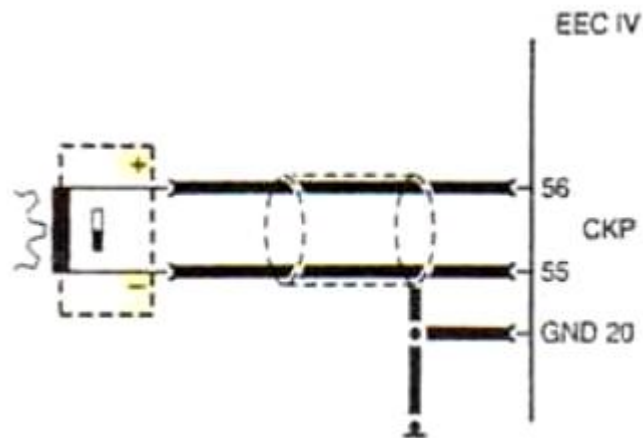


**Figura 2.16.** Forma de onda del sensor tipo Opto-Eléctrico CMP y CKP en el distribuidor [4]

**Circuito del sensor:**



**Figura 2.17.** Circuito eléctrico del sensor CKP (Efecto hall) [4]



**Figura 2.18.** Circuito eléctrico del sensor CKP (Inductivo) [4]

### Fallas y Comprobaciones:

#### Fallas:

- El motor no arranca.
- Explosiones en el arranque.
- El automóvil se tironea.
- Puede apagarse el motor espontáneamente.

#### Comprobaciones:

- Probar que tenga una resistencia de (190 - 250) ohm. del sensor esto preferente a temperatura normal del motor.
  - Continuidad de los 2 cables.
  - Y con el scanner buscar el número de pulsos.
  - Observar algún deterioro físico del sensor
  - Con un osciloscopio observar las ondas

### 2.2.3.2. Sensor MAP

**Nombre:** Sensor de presión absoluta del múltiple (Manifold Absolute Pressure).



**Figura 2.19.** Sensor MAP [4]

**Función:** Indica las variaciones de presión atmosférica, en el vacío del motor y en el múltiple de admisión, enviando una señal a la ECU para que pueda controlar el tiempo de ignición y ajustar la mezcla de aire combustible en las diferentes condiciones de carga del motor y altitud sobre el nivel del mar.

**Ubicación:** El sensor MAP (Manifold Absolute Pressure), se encuentra en la parte externa del motor después de la mariposa de aceleración, presentándose en algunos casos en la ECU o en cualquier lugar del motor pero siempre conectado por una manguera al múltiple de admisión.



**Figura 2.20.** Sensor MAP en ECU [4]



**Descripción:** Su objetivo es proporcionar una señal proporcional a la presión existente en el múltiple de admisión con respecto a la presión atmosférica, midiendo la presión absoluta existente en el colector de admisión.

Se genera una señal que puede ser analógica o digital, reflejando la diferencia entre la presión en el interior del múltiple de admisión y la atmosférica. Podemos encontrar dos diferentes tipos de sensores, por variación de presión y por variación de frecuencia.

**Funcionamiento:** El funcionamiento del sensor MAP por variación de presión está basado en una resistencia variable accionada por el vacío creado por la admisión del cilindro. Tiene tres conexiones, una de ellas es la entrada de corriente que provee la alimentación al sistema, una conexión de masa y otra de señal. La conexión de masa se encuentra aproximadamente en el rango de los 0 a 0.06 V, la tensión de entrada es generalmente de unos 5 V, mientras que la de señal varía entre los 0.5 y 4.7 V. Esta última es la encargada de enviar la tensión de salida a la unidad demandando.

La frecuencia de esta señal suele oscilar entre 90 y 160 Hertzios, la tensión de alimentación del sensor es de +5.0 V, la toma de masa debe presentar una tensión máxima de 0.08 V igual que el de variación de tensión.

### **Control del ECU según información del MAP**

- **Dependiendo de la presión barométrica ECU controla:**

- Tiempo de encendido.
- Inyección del combustible.

- **Dependiendo del vacío del motor ECU controla:**

- Tiempo de encendido.
- Inyección de combustible.
- Corte momentáneo de la inyección de combustible en desaceleración.

Según el vacío en el múltiple de admisión es la carga aplicada al motor. Al forzar el motor se requiere mayor potencia. En éste momento el vacío en el múltiple es muy poco y el MAP da la señal para que el ECU de mayor cantidad de combustible y retrase el tiempo de encendido para que no cascabelee ya que la mezcla rica arde rápidamente.

Al aumentar el vacío en el múltiple de admisión, el MAP da la señal para que la ECU de menor cantidad de combustible y como la mezcla pobre arde más lentamente ECU adelanta el tiempo comportándose como un avance de vacío. En una desaceleración, el vacío en el múltiple de admisión aumenta considerablemente y en éste momento la ECU recibe la señal para cortar el suministro de combustible y evitar emisión de gases contaminantes.

### Forma de onda sensor MAP.

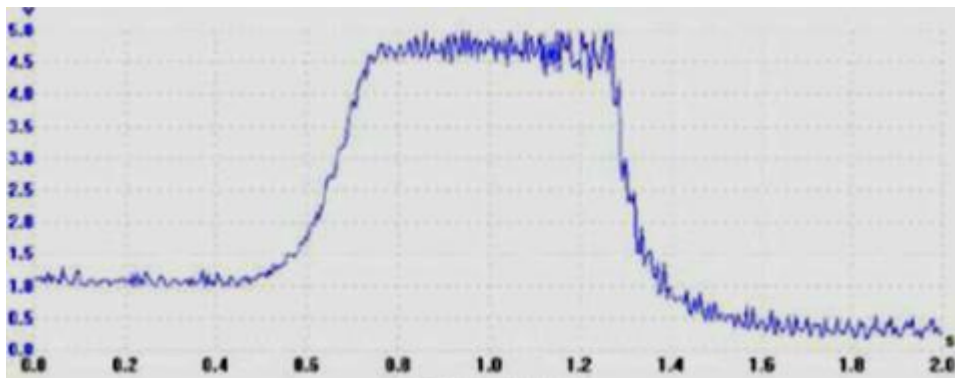


Figura 2.21. Forma de onda del sensor MAP [4]

### Circuito del sensor MAP.

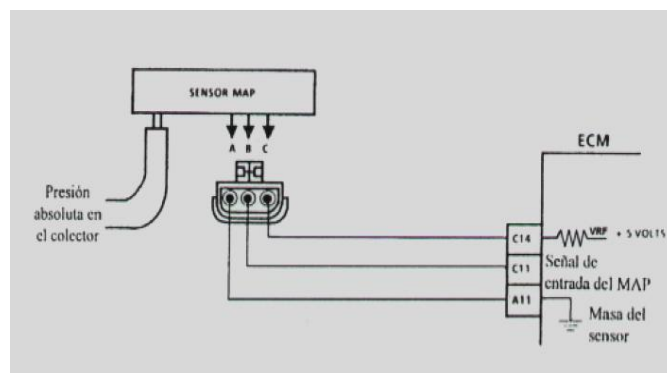


Figura 2.22. Circuito eléctrico del sensor MAP [4]

**Fallas y comprobaciones:****Fallas:**

- Consumo excesivo de combustible, niveles altos de CO (monóxido de carbono).
- Se enciende la luz de Check Engine.
- Bajo rendimiento en el encendido, encendidos prematuros.
- Emisión humo negro por el escape, debido al atraso de la chispa o demasiado tiempo de inyección.
- Posible calentamiento del convertidor catalítico.
- Arranques difíciles, ralentí disparejo.
- Paros, fallas, titubeos, ahogos.
- Golpeteo debido a un avance excesivo

**Comprobaciones:**

- Revisar en cada afinación o bien cada 40,000 Km.
- Comprobar que no existan mangueras de vacío mal conectadas, deformadas, agrietadas u obstruidas.
- Los sensores MAP tienen 3 cables de conexión, desconecte el arnés con el interruptor en OFF y luego con el interruptor en ON medir los voltajes correspondientes:
  - Alimentación: 5V.
  - Masa.
  - Señal: entre (0,6 - 4,7) V.
- Verificar las alimentaciones del sensor:
  - En contacto motor cerrado: (4 - 4,7) V (según presión atmosférica).
  - Motor en ralentí: (1,2 - 1,6) V.
  - En desaceleración brusca: (0,5 - 0,9) V.
  - En aceleración brusca: la señal debe crecer a 3V o más.
- Revisar si la manguera y todo el conducto de aspiración hacia el sensor estén libres.

- En caso de variación de frecuencia sus valores están entre:  
(80 – 162) Hz. (12 – 105) KPa.
- Con una bomba manual de vacío generar depresión en el MAP y medir el voltaje de salida:  
0.2 bar = (3.5 - 3.9) V. 0.4 bar = (2.3 - 2.7) V.  
0.6 bar = (1.3 - 1.7) V. 0.8 bar = (0.3 - 0.7) V.

### 2.2.3.3. Sensor TPS

**Nombre:** Sensor de posición de mariposa del acelerador (Throttle Position Sensor).



**Figura 2.23.** Sensor TPS [2]

**Función:** Informa la posición angular de la mariposa del cuerpo de aceleración, la cual nos indica la posición del acelerador enviando la información hacia la unidad de control. En función de esta señal la ECU calcula el pulso del inyector, la curva de avance del encendido y el funcionamiento del sistema del control de emisiones.

**Las señales que genera este sensor la computadora las usa para modificar:**

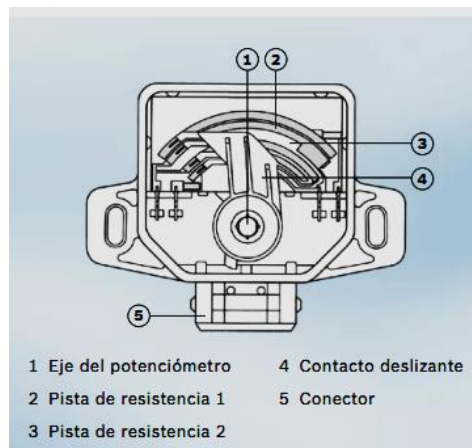
- Regulación del flujo de los gases de emisiones del escape a través de la válvula EGR.
- La relación de la mezcla aire combustible.
- Corte del aire acondicionado por máxima aceleración.

**Ubicación:** El sensor de posición del acelerador se encuentra ubicado en el cuerpo de aceleración, sujeto al eje de la mariposa



**Figura 2.24.** Ubicación del sensor TPS [4]

**Descripción:** En la actualidad el tipo de TPS más utilizado es el potenciómetro. Este consiste en una pista resistiva barrida con un cursor, y alimentada con una tensión de 5 voltios desde el ECM.



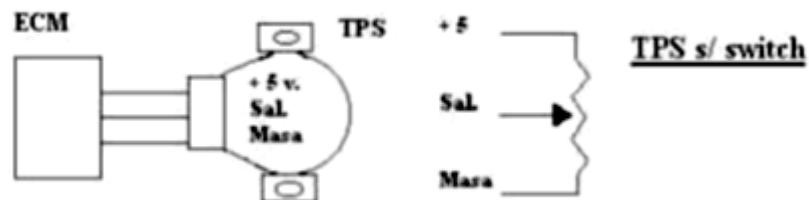
**Figura 2.25.** Partes del sensor TPS [2]

Si no ejerce ninguna acción sobre la mariposa entonces la señal estaría en 0 V, con una acción total sobre ésta la señal será del máximo de la tensión, 4.6 V, con una aceleración media la tensión sería proporcional con respecto a la máxima, es decir 2.3 V.

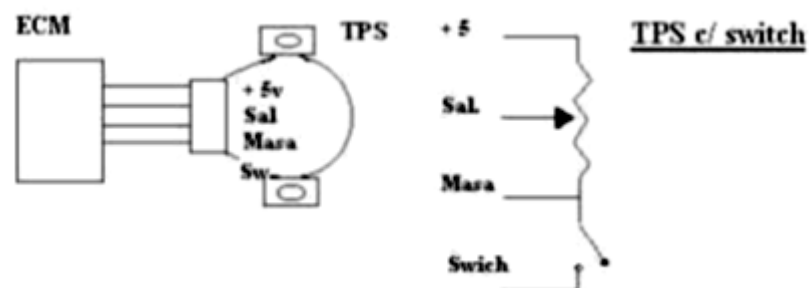
Los TPS de este tipo suelen tener 3 cables de conexión y en algunos casos pueden tener 4 cables, este último caso incluye un switch, utilizado como contacto de marcha lenta (idle switch).

Si tienen 3 cables, una de ellas es la entrada de corriente que provee la alimentación desde la ECU, una conexión de masa y otra de señal, y el cursor recorre la pista pudiéndose conocer según la tensión dicha posición del cursor. Si posee switch para marcha lenta (4 terminales) el cuarto cable va conectado a masa cuando es detectada la mariposa en el rango de marcha lenta, que depende según el fabricante y modelo, por ejemplo General Motors acostumbra situar este rango en  $(0.5 \pm 0.05) \text{ V}$ , mientras que Bosch lo hace por ejemplo de  $(0.45 - 0.55) \text{ V}$ , pero generalmente esta en  $0.6 \text{ V}$ .

#### Conexiones del TPS con el ECM o ECU.



**Figura 2.26.** Conexión del sensor TPS (sin switch) con la ECU [4]



**Figura 2.27.** Conexión del sensor TPS (con switch) con la ECU [4]

En el primer caso, el cursor recorre la pista y de acuerdo a la posición de éste sobre la pista del potenciómetro, se puede leer en tensión dicha posición angular. El segundo caso (con switch), un cuarto cable se conecta a masa cuando es censada la condición de mariposa cerrada.

### **Condiciones de trabajo de un TPS**

**Apertura máxima:** Cuando la apertura es máxima (WOT), permite que el ECU detecte la aceleración a fondo, condición que se efectúa cuando el acelerador es pisado a fondo. En esta condición el ECU efectúa enriquecimiento adicional, modifica el avance y puede interrumpir el accionamiento de los equipos de A/C.

**Marcha lenta:** Cuando la marcha es lenta o mariposa cerrada (Idle speed), es detectada por el TPS en base a su condición de tensión mínima prevista, dicha tensión debe estar comprendida en un rango predeterminado y entendible por el ECM como marcha lenta. Este valor de tensión se suele denominar Voltaje.

Mínimo del TPS o Voltaje Mínimo y su ajuste es de suma importancia a los efectos que el ECM pueda ajustar correctamente el régimen de marcha lenta y la condición de freno motor. En aquellos casos en los que el TPS incorpore switch, es este mismo switch el que al conectarse da aviso al ECM acerca de la condición de marcha lenta.

### **Ejemplos de voltaje mínimo:**

**TABLA I.** Voltajes mínimos del sensor TPS [3]

Bosch, V.W	(0.45 - 0.55) V.
Ford EECIV	(0.65 - 0.9) V.
Nissan	(0.45 +/- 0.05) V.
General Motors - en general	(0.6 +/- 0.05) V.

Forma de onda del sensor de posición de la mariposa del acelerador TPS.



Figura 2.28. Forma de onda del sensor TPS [4]

Circuito eléctrico del sensor TPS.

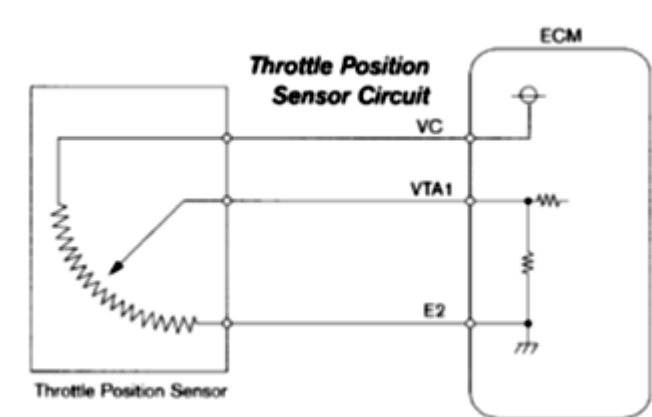


Figura 2.29. Circuito eléctrico del sensor TPS [4]

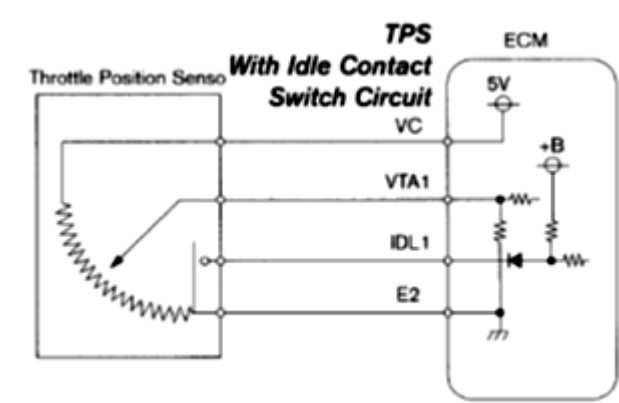


Figura 2.30. Circuito eléctrico del sensor TPS con contacto de switch [4]



**Fallas y comprobaciones:****Fallas:**

- El titubeo y el ahogamiento durante la desaceleración.
- Luz “Check Engine” encendida
- Problemas de arranque
- La marcha mínima inestable.
- Una falta de rendimiento del motor o mayor consumo de combustible.
- Un problema causado por un TPS en mal estado es la pérdida del control de marcha lenta, quedando el motor acelerado o regulando en un régimen incorrecto. La causa de esto es una modificación sufrida en la resistencia del TPS por efecto del calor producido por el motor, produciendo cambios violentos en el voltaje mínimo y haciendo que la unidad de control no reconozca la marcha lenta adecuadamente, esta falla es una de las más comunes en los TPS.
- El TPS se desajusta cuando toma temperatura, la falla se presenta como pérdida del control de marcha lenta, ósea, el motor se queda acelerado o regula en un régimen inadecuado en ciertas condiciones.
- La pista del TPS se encuentra defectuosa y al barrerla hay mal contacto, la falla produce tironeo de motor y puede encender la lámpara de diagnóstico.

**Comprobaciones:**

- **Control de voltaje mínimo:** Uno de los controles que podemos realizar es la medición de voltaje mínimo. Para esto con el sistema en contacto utilizamos un multímetro haciendo masa con el negativo del multímetro a la carrocería y conectando el positivo al cable de señal.

- **Control de voltaje máximo:** Se realiza con el sistema en contacto y acelerador a fondo utilizando un multímetro obteniéndose en caso de correcto una tensión en el rango de la tensión de voltaje máxima según el fabricante, generalmente entre (4-4.6)V
- **Barrido de la pista:** El barrido de la pista se realiza con un multímetro preferentemente de aguja o con un osciloscopio debiéndose comprobar que la tensión se mantenga uniforme y sin ningún tipo de interrupción durante su ascenso. La tensión comienza con el voltaje mínimo y en su función normal consiste en una subida hasta llegar al voltaje máximo, valor que depende según el fabricante.
- **Barrido de la pista:** El cursor debe recorrer la pista del potenciómetro sin cortes ni falsos contactos, esto es muy importante a los efectos de evitar tironeo de motor, fallas y detecciones de mal función por el sistema de autodiagnóstico del ECM.
- **Señal del TPS:** La salida de tensión del TPS "Arranca" con el Voltaje Mínimo, y a medida que se abre la mariposa la tensión debe ir ascendiendo hasta llegar al valor máximo, normalmente comprendido entre 4 y 4.6 V. La forma de comprobar este barrido consiste en efectuar la medición con un multímetro de aguja, osciloscopio analógico o digital y verificar el ascenso de la tensión de salida sin interrupciones.

#### 2.2.3.4. Sensor IAT

**Nombre:** Sensor de temperatura del aire de admisión. (Air Temperature Sensor).



**Figura 2.31.** Sensor IAT [2]

**Función:** Se encarga de medir la temperatura de aire admitido hacia el motor calculando la densidad o masa del aire. Este sensor trabaja en función de la temperatura, ósea que si el aire está en expansión o en compresión, esto debido a su temperatura. De esta manera la ECU calcula el tiempo de inyección.

**Ubicación:**

- Se encuentra en el ducto de plástico del colector de admisión del aire.
- Localizada en el depurador o filtro de aire.
- En la entrada de la mariposa de aceleración o forma un solo conjunto con el caudalímetro

**Descripción:** Es un termistor de coeficiente negativo, es decir entre más caliente, menor es su resistencia, es alimentado de 5 voltios y es similar al sensor ECT.

**Cuando la ECU recibe solamente información de la cantidad de aire:**

- **Aire frío:** Las moléculas están muy condensadas o comprimidas lo que significa que el número de moléculas en este volumen de aire será mayor.
- **Aire caliente:** Las moléculas se ponen en movimiento y la cantidad de ellas en el volumen aspirado será menor

**Valores de temperaturas y sus respectivas resistencias.**

**TABLA II.** Valores de temperatura y resistencia del sensor IAT [3]

TEMPERATURA (°F)	TEMPERATURA (°C)	RESISTENCIA (OHMS)	VOLTAJE DE SEÑAL
212	100	177	0,46
176	80	332	0,78
140	60	667	1,33
104	40	1459	2,13
78	20	3520	3,07
50	10	5670	3,51

### Forma de curva del sensor de temperatura aire (IAT).

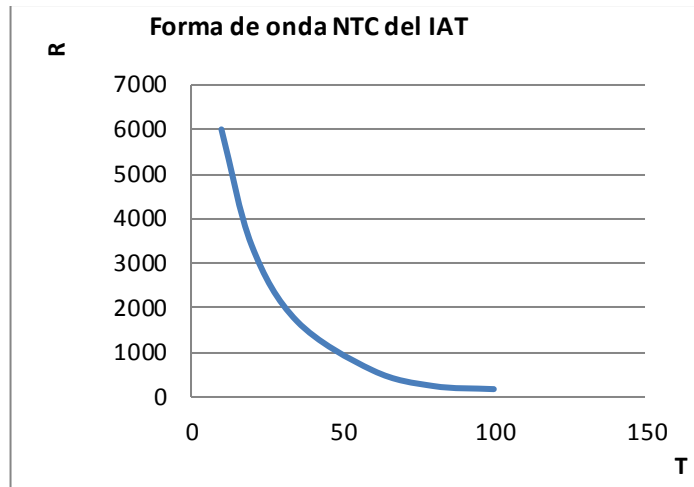


Figura 2.32. Forma de onda del sensor IAT [5]

### Circuito eléctrico del sensor IAT.

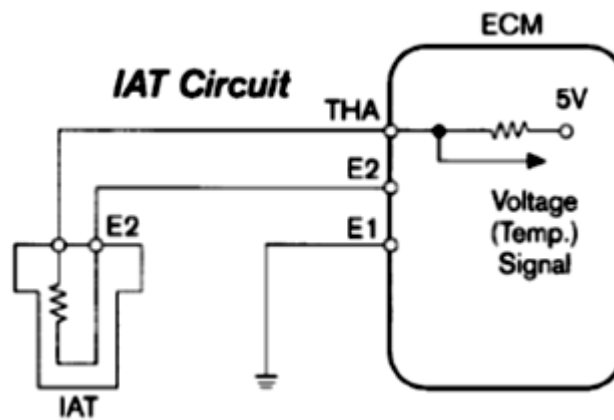


Figura 2.33. Circuito eléctrico del sensor IAT [4]

### Fallas y Comprobaciones:

#### Fallas:

- Se enciende la luz de Check Engine.
- Cable abierto.
- Altas emisiones contaminantes de monóxido de carbono.

- Consumo elevado de combustible.
- Problemas para el arranque en frío.
- Aceleración ligeramente elevada o alta.
- Titubeo en el motor.
- Fuerte olor de gasolina en el escape y bajo rendimiento.

### Comprobaciones:

- Con el sensor desconectado verificar el voltaje de alimentación entre (4.8 – 5) V.
- Verificar la señal de salida en diferentes temperaturas.
  - Motor Frío (4 - 4.8) V.
  - Motor Caliente (0.4 - 0.5) V.

### 2.2.3.5. Sensor ECT

**Nombre:** Sensor de temperatura de refrigerante. (Engine Coolant Temperature).

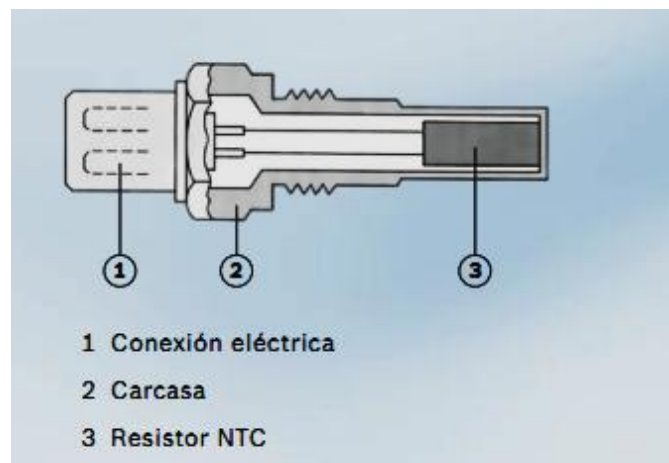


**Figura 2.34.** Sensor ECT [2]

**Función:** Es informar a la ECU la temperatura del refrigerante del motor a través de una resistencia que provoca la caída de voltaje a la ECU, para que esta a su vez calcule la entrega de combustible, ajustando la mezcla aire/combustible y la duración de pulsos de los inyectores, así como la activación y la desactivación del ventilador del radiador.

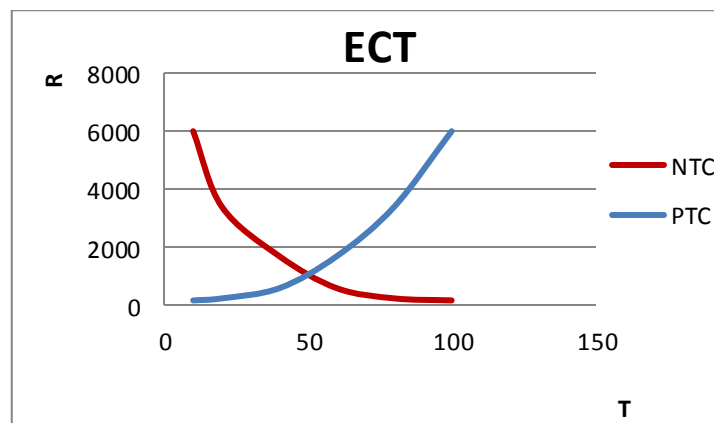
**Ubicación:** Este sensor se encuentra ubicado cerca al termostato del motor, roscado en la culata en contacto directo con el líquido refrigerante del motor.

**Descripción:** El sensor de temperatura del refrigerante es un termistor que envía información para la preparación de la mezcla aire/combustible, registrando las temperaturas del motor, la computadora adapta el ángulo de inyección y el tiempo de encendido para las diferentes condiciones de trabajo, dependiendo de la información de este sensor. El sensor de Temperatura del Refrigerante puede ser de dos tipos: sensor de coeficiente negativo (NTC), lo que significa que su resistencia interna aumenta cuando la temperatura disminuye o sensor de coeficiente positivo (PTC), lo que significa que su resistencia interna aumenta cuando la temperatura aumenta.



**Figura 2.35.** Sensor ECT con vista del termistor NTC [2]

**Forma de curva del sensor de temperatura de refrigerante (ECT).**



**Figura 2.36.** Forma de onda del sensor ECT [5]

### Circuito eléctrico del sensor ECT.

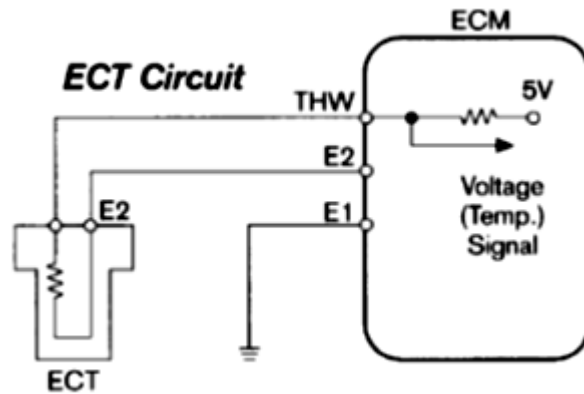


Figura 2.37. Circuito eléctrico del sensor ECT [4]

### Fallas y comprobaciones:

#### Fallas:

- Consumo excesivo de combustible.
- Se enciende la luz de Check Engine.
- Ventilador encendido en todo momento con motor funcionando.
- El motor tarda en arrancar en frío y en caliente.
- Niveles de CO muy altos.
- Problemas de sobrecalentamiento.
- Variación en marcha mínima.
- Pérdida de potencia.

#### Comprobaciones:

- Con el sensor desconectado verificar el voltaje de alimentación entre (4.8 – 5) V.
- Verificar la señal de salida en diferentes temperaturas del motor.
  - Motor frío (4,5 - 4.8) V.
  - Motor caliente (0.4 - 0.5) V.

### Pruebas de resistencias.

- El sensor deberá marcar aproximadamente 3000 ohmios en frío y 300 ohmios en caliente.
- No debe existir interrupción de esta lectura a medida que aumenta la temperatura.

100C: (8.10 - 10.77) K $\Omega$

200C: (2 - 4) K $\Omega$

500C: (600 - 900)  $\Omega$

900C: (100 -300)  $\Omega$

### Valores de temperaturas y sus respectivas resistencias.

**TABLA III.** Valores de temperatura y resistencias del sensor ECT [3]

TEMPERATURA (°F)	TEMPERATURA (°C)	RESISTENCIA	VOLTAJE DE SEÑAL
212	100	180	0,46
176	80	350	0,78
140	60	600	1,33
104	40	1700	2,13
78	20	3400	3,07
50	10	6000	3,51

### 2.2.3.6. Sensor de oxígeno o sonda lambda [6]

**Nombre:** Sensor de oxígeno (Oxygen Sensor)



**Figura 2.38.** Sonda lambda [2]



## Datos generales

Las regulaciones ambientales actuales obligan a los fabricantes de automóviles a reducir las emisiones de gases. Es por eso que hoy en día todos los vehículos con motores Otto están equipados con un catalizador de tres vías.

El catalizador convierte los gases nocivos en sustancias que no dañan el medio ambiente, para que funcione correctamente. La relación aire combustible tiene que ser equilibrada cuidadosamente. **La sonda lambda** determina en todo momento la composición de los gases de escape.

**Función:** Medir la cantidad de oxígeno en los gases de escape, por lo tanto este sensor emite una señal eléctrica a la ECU, la cual varía la cantidad de combustible a inyectar, garantizando una mezcla aire/combustible ideal.

Tienen la particularidad de generar corriente, variando el voltaje de salida que va de (0.1 - 0.9) V, en cuanto siente residuos altos o bajos de oxígeno interpretando como una mezcla rica, o pobre, dando lugar a que la computadora ajuste la mezcla, tratando de equilibrar una mezcla correcta. (14.7 partes de aire por 1 de gasolina).

**Ubicación:** Generalmente ubicado en el múltiple de escape, o cerca de él.



Figura 2.39. Ubicación de la sonda lambda [6]

**Descripción:** Para hablar del sensor de oxígeno debemos primero conocer algunos términos para comprender su función y funcionamiento.

**Estequiometría:** Es la parte de la química que trata sobre las relaciones cuantitativas entre compuestos y/o elementos en reacciones químicas.

Los motores que utilizan gasolina como combustible mantienen un equilibrio entre entrega de potencia y generación de gases contaminantes, cuando funcionan con una mezcla estequiometría de 14.7:1; 14.7 partes de aire por una parte de combustible.

Relación de mezcla = Peso del combustible / Peso del aire

**-Expresado en masa:** 14.7 Kg. de aire por 1Kg. de combustible.

**-Expresado en volumen:** 10.000 Litros de aire por 1 Litro de combustible.

Teóricamente es la cantidad de aire y combustible requerida para una combustión completa, y es, en este punto en donde el catalizador se desempeña en forma óptima, a la proporción 14.7:1 se le denomina LAMBDA 1

**Lambda:** Es el índice de relación de aire, expresa en qué punto se encuentra la mezcla en proporción al aire disponible para la combustión, con respecto al aire teórico necesario para una combustión completa.

$$LAMBDA = \frac{\text{masa de aire proporcionado}}{\text{masa de aire necesaria}}$$

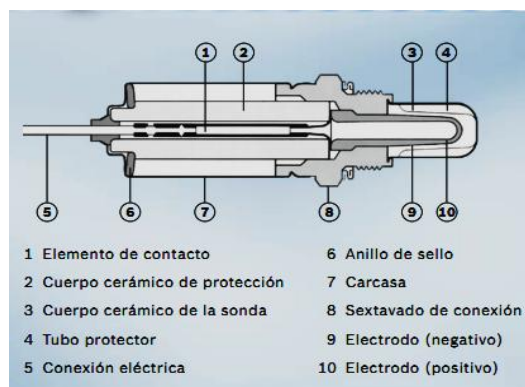
Si la cantidad de aire proporcionado, es igual a la cantidad de aire necesario, obtendremos un valor de lambda = 1 (14.7:1). De esta manera, obtener una lectura de lambda 1.10 (16.17:1) nos expresa un 10% de exceso de aire, un Lambda de 0.90 (13.23:1) expresa un 10% de exceso de combustible.

La ECU calcula la cantidad de combustible a suministrar, dependiendo de la cantidad y densidad del aire admitido a los cilindros, en el momento preciso salta la chispa entre los electrodos de la bujía iniciando así, la combustión de la mezcla; la expansión de gases obliga al pistón a desplazarse desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior produciendo trabajo mecánico, al subir el pistón nuevamente, los gases son desalojados del cilindro a través de las válvulas de escape, una vez que estos gases se encuentran en el colector o en el tubo de escape el sensor de Oxígeno verifica el nivel de  $O_2$  de los gases producto de la combustión.

Normalmente, en un sistema “Fuel Injection” no se utiliza la señal del sensor de oxígeno en determinadas condiciones conocidas como operación de ciclo abierto “open loop” tales como:

- a) **Al arrancar el motor**, hasta que el sensor alcanza su temperatura mínima de operación y sea válida la señal de salida.
- b) **En la condición de “ralentí”**, por el poco volumen de gases quemados en ésta condición, la temperatura del sensor no es la adecuada para confiar en su señal. salida.
- c) **Durante la etapa de aceleración**, se prefiere una mezcla “rica” de gasolina para lograr una mayor potencia.

**Sus partes son:**



**Figura 2.40.** Partes de la sonda lambda [2]

### Una sonda lambda en perfectas condiciones garantiza:

- Óptimo rendimiento del motor
- Ahorro de combustible
- Reducción de emisiones

### Clasificación de la sonda según el número de cables.

- **Un cable:** El de color negro es el que da la señal a la ECU, siendo la carcasa la masa de la misma.
- **Dos cables:** El de color negro es señal, el blanco es resistencia de caldeo, siendo la carcasa la masa de la misma.
- **Tres cables:** El de color negro es señal, los dos blancos son resistencia (+) y (-) de caldeo.

### Forma de onda de sensor de oxígeno.

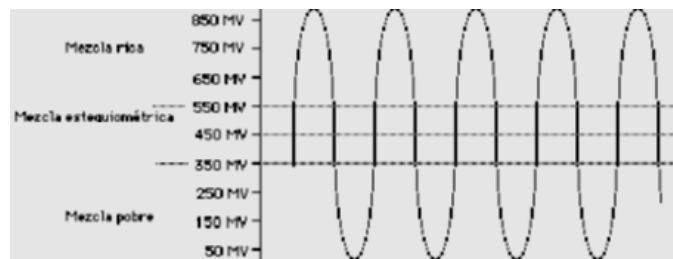


Figura 2.41. Forma de onda de la sonda lambda [4]

### Circuito eléctrico del sensor de oxígeno.

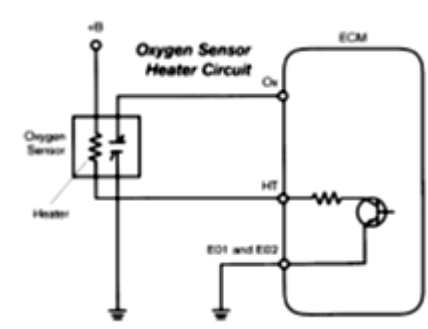
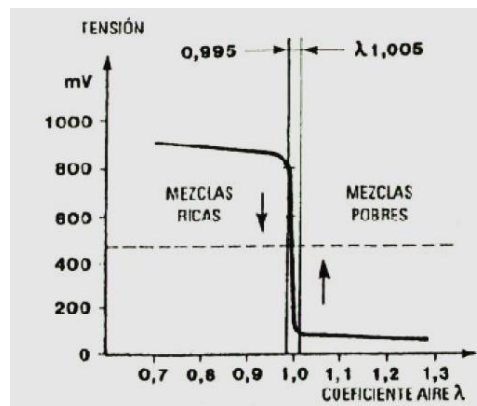


Figura 2.42. Circuito eléctrico de la sonda lambda [4]

### Rango de voltaje del sensor de oxígeno.



**Figura 2.43.** Rango de voltaje de la sonda lambda [4]

### Fallas y comprobaciones:

Durante el diagnóstico, será sumamente importante, saber si un motor está funcionando con mezcla rica o pobre. Recuerde que el sensor O<sub>2</sub> solamente está reportando el contenido de oxígeno en el flujo de gases de escape, pero no está creando la condición de mezcla rica o pobre. El funcionamiento del motor con mezcla pobre, será lo opuesto al funcionamiento de mezcla rica. El funcionamiento de mezcla pobre ocurre cuando existe mayor cantidad de oxígeno del necesario. El sensor O<sub>2</sub> detectará una pequeña diferencia entre el oxígeno presente en los gases de escape y el aire exterior. Cuando esto sucede el sensor generará un voltaje muy bajo de aproximadamente 0.2 V.

### Fallas:

- Se enciende la luz de Check Engine
- Un elevado consumo de combustible.
- Tironeo en la marcha.
- Presencia de carbón en las bujías y humo.
- Una mezcla estequiometría incorrecta.

**Comprobaciones:**

- Si el flujo de gases de escape está bajo en oxígeno, lo cual provocará que el voltaje se mantenga alto (mezcla rica), se analiza las siguientes condiciones:
  - 1.- Falla en la válvula de prueba del Cánister.
  - 2.- Sensor MAP dañado.
  - 3.- Señal de sensor de temperatura del refrigerante incorrecto.
  - 4.- Presión excesiva de combustible.
  - 5.- Fuga en el inyector.
  - 6.- Combustible contaminado de aceite.
  - 7.- Filtro de aire obstruido.
  
- Si el contenido de oxígeno en el flujo de gases de escape es alto, provoca una lectura de voltaje bajo (mezcla pobre), se analiza las siguientes condiciones:
  - 1.- Falla del sistema PCV.
  - 2.- El cable del sensor de oxígeno aterrizado contra el múltiple de escape o entre el conector y la ECU.
  - 3.- Inyectores defectuosos.
  - 4.- Un MAP defectuoso.
  - 5.- Una mala señal de temperatura.
  - 6.- Agua en el combustible y otros contaminantes.
  - 7.- Baja presión de combustible.
  - 8.- Fuga en el sistema de escape.
  - 9.- Sistema de inyección de aire defectuoso.
  
- Según el fabricante de la sonda existirá recomendaciones sobre su reemplazo cada ciertos miles de kilómetros, una buena práctica es verificar los gases de escape y testear la sonda lambda cada 20.000 o 30.000 kilómetros.



**Figura 2.44.** Comparación de la sonda lambda usada y nueva [6]

## 2.2.4. Actuadores.

### 2.2.4.1. Inyectores



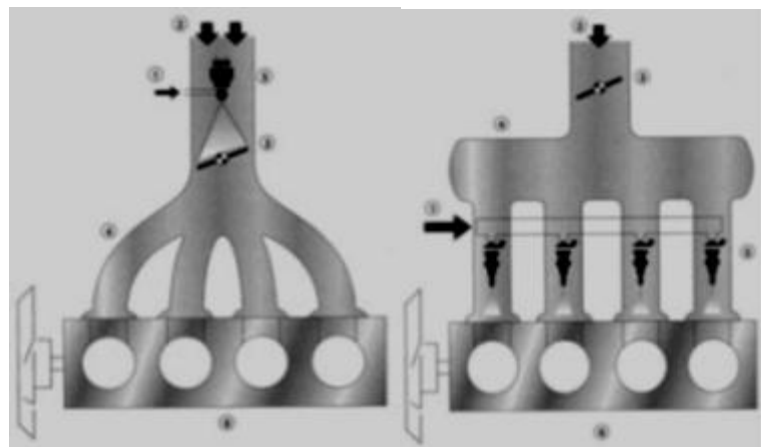
**Figura 2.45.** Inyectores [2]

**Antecedentes:** Hasta 1940 la inyección de combustible era totalmente mecánica, a partir de ese año se inicia la inyección electrónica se inició en Italia, cuando Ottavio Fuscaldò incorporo un solenoide eléctrico como un medio para controlar el flujo de combustible hacia el motor

**Función:** La función es la de producir la inyección de combustible líquido finamente pulverizado en el momento indicado y en la cantidad justa de acuerdo al régimen de funcionamiento del motor.

De acuerdo a la secuencia de encendido de un motor, el inyector, inyecta cierta cantidad de combustible a alta presión y finamente pulverizado en el ciclo de compresión del motor, el cual, al ponerse en contacto con el aire muy caliente, se mezcla y se enciende produciéndose la combustión.

**Ubicación:** En los sistemas monopunto se encuentra ubicado antes del estrangulador donde anteriormente se encontraba el carburador y en los sistemas multipunto el inyector se encuentra ubicado cerca de la válvula de admisión de manera que la gasolina más o menos pulverizada se mezcla con el aire en el colector de admisión junto a la válvula de admisión.



**Figura 2.46.** Ubicación de los inyectores en el sistema monopunto y multipunto [2]

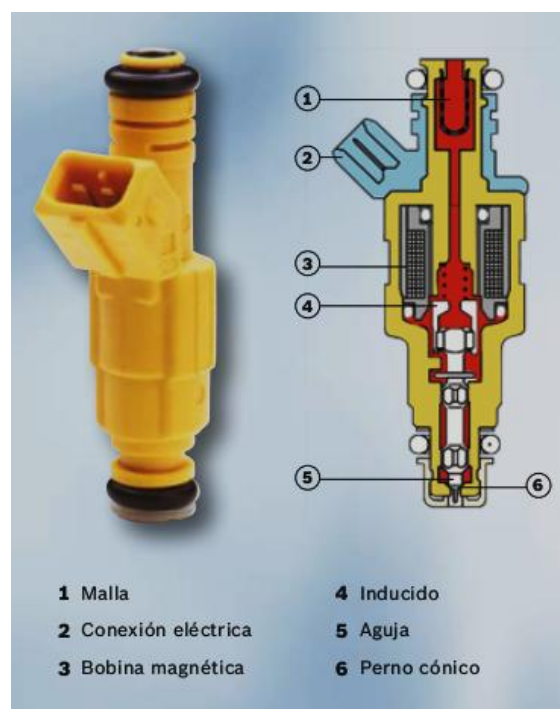


**Descripción:** Son válvulas electromagnéticas normales cerradas, que están controladas por la ECU que inyectan combustible más o menos pulverizado en algún punto de la admisión. La situación en la que se colocan depende principalmente del tipo de inyección.

En los primeros sistemas, los inyectores se abren con un pulso de 3 volts en la actualidad llega hasta 12 V.

La duración del pulso es sólo de unos pocos milisegundos (2 a 5 milisegundos), durante este tiempo el inyector pulveriza el combustible para alimentar el motor.

En la siguiente figura se halla un esquema de la constitución interna del inyector, se puede ver que está en posición de cerrado. Consta de una aguja de asiento inyectora que por la acción de un resorte se apoya sobre su asiento impidiendo la salida del combustible.



**Figura 2.47.** Constitución del inyector [2]

**Funcionamiento:** Están conectadas al circuito de la gasolina y a la ECU que manda impulsos eléctricos a la bobina integral que posee el inyector, que levanta la aguja, que se mantiene en su posición de cierre por acción de un muelle, dejando que la gasolina a una cierta presión

salga pulverizada, el tiempo de apertura es de unos milisegundos pero es variado por la ECU en función de la información que recibe de los sensores para ajustar el consumo y maximizar las prestaciones, una vez que deja de circular corriente, el muelle hace que la aguja vuelva a su posición y cierra el paso de combustible. Así pues la cantidad de combustible inyectado depende del tiempo de excitación de la bobina integral del inyector.

Como se puede apreciar, para realizar un correcto control de la inyección es importante la tensión de la batería puesto que las variaciones en su tensión provocan variaciones en la acción sobre las bobinas integrales de los inyectores, por ello algunas inyecciones llevan en el calculador una función que controla también este parámetro.

El positivo se recibe directamente del relé de inyección, mientras que la puesta a masa se realiza a través de la ECU, determinando este el momento y duración de la puesta a masa y por lo tanto la cantidad de gasolina inyectada.

### **Tipo de inyectores [7]**

La forma en que podemos clasificar a los inyectores puede ser en relación a sus características eléctricas, dimensionales y empaquetaduras.

**Clasificación por forma de pulverizar:** Hay principalmente tres tipos de inyectores, a saber:

**Inyector tipo perno:** Éste es el tipo más común de inyector, una aguja afilada calza sobre su asiento. Cuando se energiza la bobina del inyector, se retira la aguja permitiendo que el combustible pulverice. Este diseño se ha probado por más de 30 años ya de uso.



**Figura 2.48.** Inyector tipo perno [7]

**Inyector tipo disco:** En la primera foto el tipo de disco de marca Bosch utiliza el mismo tipo de mecanismo de impulsión que el tipo de perno pero substituye el perno por un disco plano y una placa con pequeñas perforaciones. Éstos trabajan muy bien con un buen cono de pulverización pero son más propensos a que se tapen los agujeros por depósitos.



**Figura 2.49.** Inyector tipo disco [7]

En la segunda foto, la marca Lucas coloca el disco hacia arriba dentro del cuerpo del inyector para reducir la masa del conjunto para así lograr una respuesta más rápida.

**Inyector tipo bolilla:** La división de Rochester de la General Motors usa el inyector de tipo de bolilla para algunos de sus vehículos. Éstos utilizan una bolilla y un alojamiento hembra como válvula y pulverizador. Éstos tienen una atomización excelente y un cono de pulverización ancho pero son propensos a taparse con depósitos del barniz provenientes de la nafta.



**Figura 2.50.** Inyector tipo bolilla [7]

### Clasificación por conector eléctrico:



**Figura 2.51.** Tipo de conectores del inyector [7]

Para la mayoría de inyectores, hay dos tipos de conexiones eléctricas. El tipo D-Jetronic fue usado aproximadamente de 1967 a 1973 en los inyectores de Bosch. En dicho sistema, el enchufe se inserta internamente en el inyector. En el tipo L-Jetronic el enchufe calza por fuera del inyector generando de esta forma un sello impermeable. La mayoría de los inyectores de todas las marcas construidos después del año 1974 utilizan este último. Lamentablemente, varios fabricantes japoneses, por ejemplo Subaru y Toyota decidieron hacer sus propios conectores en los años 80. Éstos utilizaban un enchufe de forma oval no compatibles con el resto de los conectores.

El D-Jet puede apreciarse a la izquierda de la foto. El L-Jet al medio y derecha. En la foto de la izquierda puede apreciarse la entrada de combustible ranurada. En la foto del medio puede verse el o-ring tamaño pequeño y finalmente a la derecha el típico o-ring de 14 milímetros.

### Clasificación por alimentación de combustible:



**Figura 2.52.** Tipo de conexión del inyector [7]

La alimentación de combustible proveniente del riel de inyectores era con abrazaderas y mangueras en los primeros inyectores tal como muestra el inyector de la izquierda en la anterior foto (conector amarillo). Los inyectores actuales utilizan o-rings para hacer de sello entre la rampa y los inyectores y entre los inyectores y el múltiple de admisión.

### Número de cables

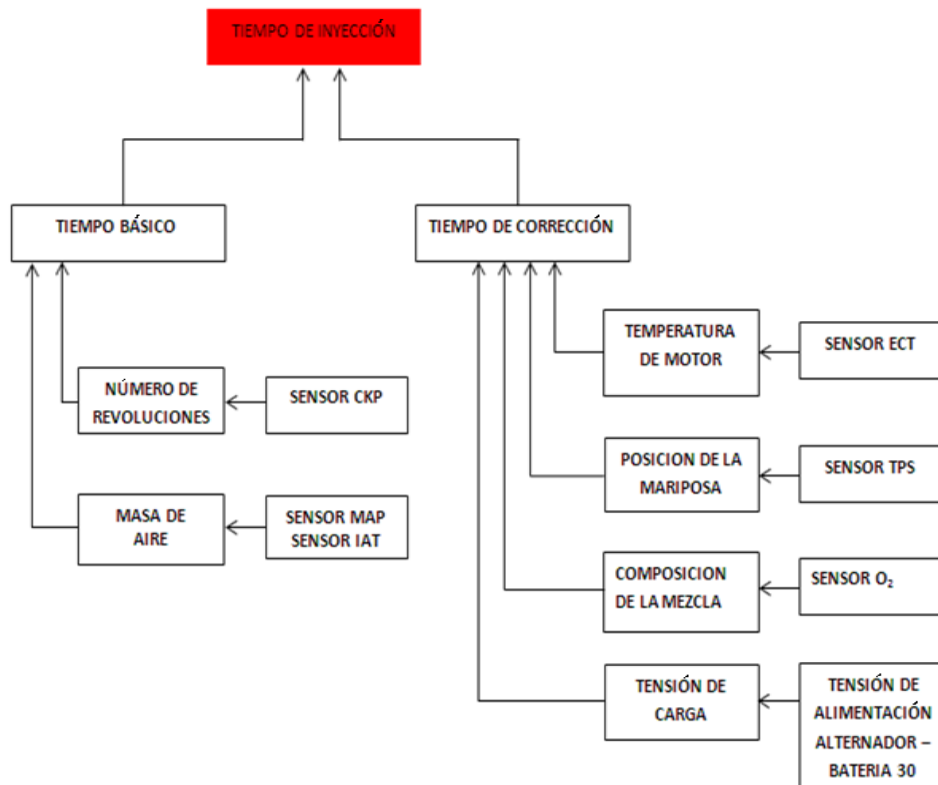
Son generalmente dos:

- Alimentación 12V
- GND puesta por la computadora



**Figura 2.53.** Designación de conexión del inyector [7]

### Tiempo de inyección



**Figura 2.54.** Tiempo de inyección [5]

### Alimentación del inyector

**Saturada.-** Se aplica una intensidad elevada y no controlada, la resistencia para sistemas simultáneos suele ser de 16 ohmios, y de 3 ohmios para sistemas secuenciales; la intensidad máxima es de 4 amperios.

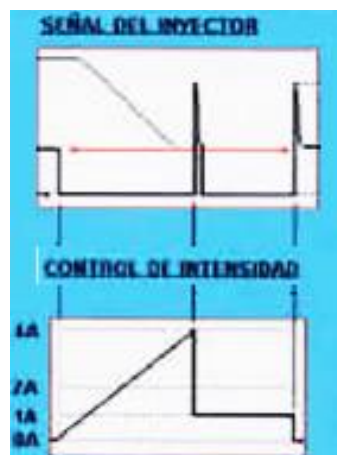
### Forma de onda



**Figura 2.55.** Forma de onda de la alimentación saturada [9]

**Intensidad controlada.-** La apertura se realiza con una corriente elevada, una vez abierta se mantiene constante la intensidad para mantenerlo abierto; la reducción de intensidad disminuye la necesidad de refrigeración de los inyectores y de la tapa de potencia que alimenta a los inyectores.

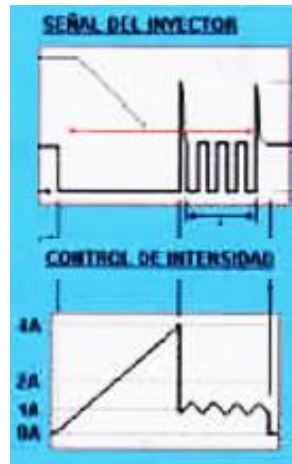
### Forma de onda



**Figura 2.56.** Forma de onda de la alimentación con intensidad controlada [9]

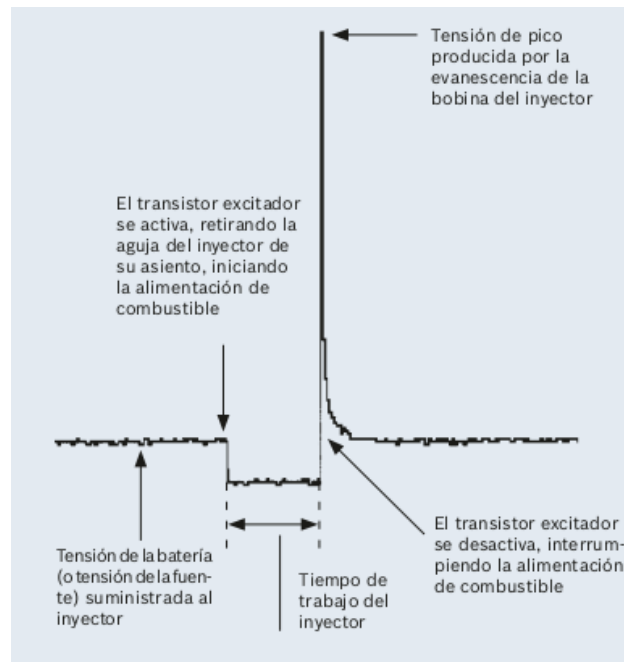
**Tensión controlada.-** La apertura se realiza con elevada intensidad, una vez abierto solo se necesita una pequeña intensidad para mantenerlo abierto, una vez abierto se mantiene con pulsos de tensión controlada; se utiliza en sistemas Renix, Renault y Volvo.

### Forma de onda



**Figura 2.57.** Forma de onda de la alimentación con tensión controlada [9]

### Forma de onda de la excitación del inyector



**Figura 2.58.** Forma de onda del inyector [2]

## Circuito eléctrico del inyector

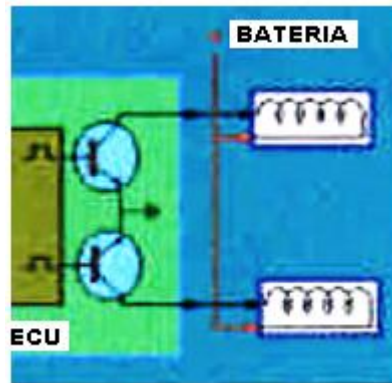


Figura 2.59. Circuito eléctrico del inyector [9]

## Fallas y comprobaciones:

TABLA IV. Fallas, comprobaciones y soluciones de los inyectores [5]

FALLAS	COMPROBACIONES	SOLUCIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consumo excesivo de combustible</li> <li>➤ El vehículo arranca pero no enciende</li> <li>➤ Se genera código de falla en la sonda lambda</li> <li>➤ Excesivo humo negro al escape</li> <li>➤ Se avería con mayor rapidez el catalizador</li> <li>➤ Pulverización errónea por suciedad en la aguja inyectora.</li> <li>➤ Taponamiento de microfiltros por suciedad del combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El cono o ángulo de pulverización que esté dentro de los parámetros, dependiendo del tipo de inyector.</li> <li>➤ Qué el caudal esté dentro de los parámetros del inyector que se está comprobando.</li> <li>➤ Dependiendo de las características del inyector revisar que la resistencia entre sus terminales esté dentro de los parámetros.</li> </ul>	<p>Montando los inyectores en una máquina comprobadora revisamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El cono o ángulo de pulverización</li> <li>➤ Que el caudal esté dentro de los parámetros</li> <li>➤ Revisar la resistencia entre sus terminales</li> <li>➤ Revisar microfiltro del inyector</li> </ul>



### 2.2.4.2. Válvula de aire adicional.

**Nombre:** Válvula de aire adicional IAC (Idle Air Control)



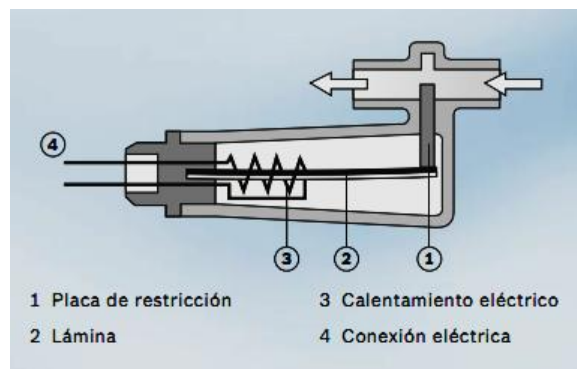
**Figura 2.60.** Válvula de aire adicional [2]

**Función:** La válvula IAC (Idle Air Control) se encarga de proporcionar el aire necesario para el funcionamiento en marcha lenta. Estando el motor en marcha lenta, la cantidad de aire que pasa por la mariposa de aceleración es muy poco y la válvula IAC proporciona el resto del aire por un conducto.

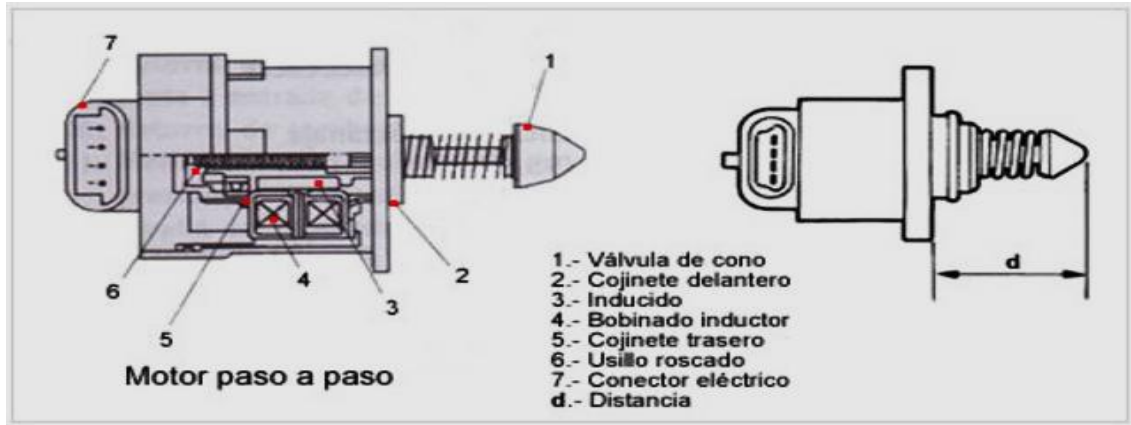
**Ubicación:** Está montado directamente en el múltiple de admisión en el cuerpo de aceleración.

**Descripción:** Estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente.

Toda la conmutación (excitación de las bobinas) debe ser externamente manejada por un controlador.



**Figura 2.61.** Partes de la válvula de aire adicional [2]



**Figura 2.62.** Partes del motor paso a paso [4]

**Funcionamiento:** Tiene en su interior un motor reversible con 2 bobinados para que el rotor pueda girar en los 2 sentidos. El rotor tiene una rosca en su interior y el vástago de la válvula se enrosca en el rotor. Si el rotor gira en un sentido, el vástago saldrá cerrando el flujo del aire y si gira en el otro sentido, el vástago se retraerá aumentando el flujo.

Durante la marcha mínima o desaceleración, la ECU calcula la posición necesaria del IAC basado en los siguientes factores:

1. Voltaje de la batería
2. Temperatura del motor
3. Revoluciones del motor

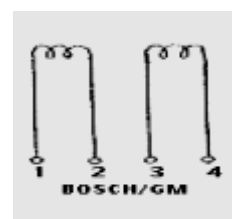
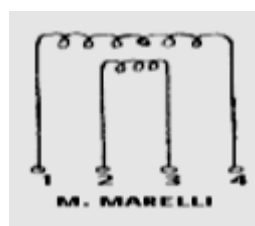
**Tipos:** Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

- 1.- **Bipolar:** Se componen de do bobinas

**Se divide en:**

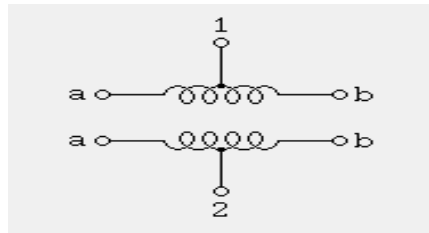
a) Magnetti Marelli

b) General Motors



**Figura 2.63.** Bobinas bipolares [5]

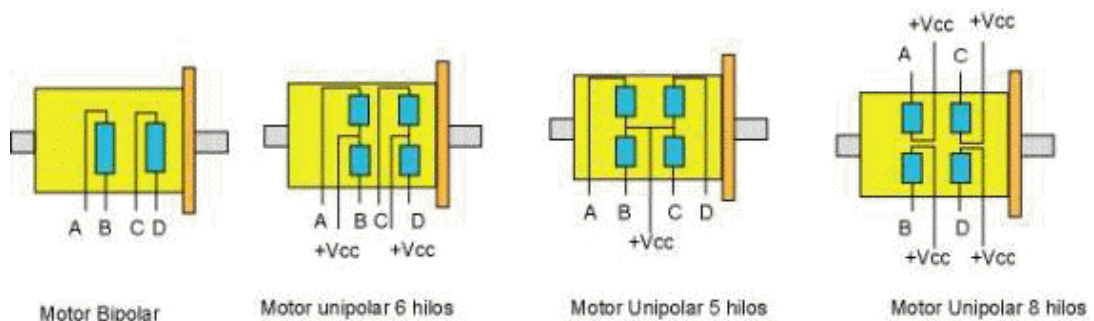
2.- **Unipolar:** tienen cuatro bobinas



**Figura 2.64.** Bobinas unipolar [5]

**Número de cables:**

- **Bipolar** tiene 4 cables dos para cada bobina
- **Unipolar** suelen tener 6 cables: Dos para cada bobina y otro para alimentación de cada par de estas. Aunque en algunos casos podemos encontrar motores unipolares con cinco cables, básicamente es lo mismo, solo que el cable de alimentación es común para los dos pares de bobinas.
- La existencia de varios bobinados en el estator de los motores de imán permanente, da lugar a varias formas de agrupar dichos bobinados, para que sean alimentados adecuadamente. Estas formas de conexión permiten clasificar los motores paso a paso en dos grandes grupos:



**Figura 2.65.** Tipo de bobinados [5]

### Tipos de motor paso a paso:

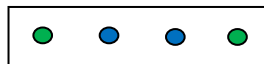
**1.- De reluctancia variable (V.R.):** El tipo de motor de reluctancia variable o V.R. consiste en un rotor y un estator cada uno con un número diferente de dientes. Ya que el rotor no dispone de un magneto permanente el mismo gira libremente, o sea que no tiene torque de detención.

**2.- De magneto permanente:** Ofrece como principal ventaja que su posicionamiento no varía aún sin excitación y en régimen de carga. El motor de magneto permanente (PM). En su forma más simple, el motor consiste en un rotor magneto permanentemente magnetizado radial y en un estator similar al motor V.R.

**3.- Híbridos:** Son combinación de los dos tipos anteriores; el rotor suele estar constituido por anillos de acero dulce dentado en un número ligeramente distinto al del estator y dichos anillos montados sobre un imán permanente dispuesto axialmente. El motor Híbrido consiste en un estator dentado y un rotor de tres partes (apilado simple).

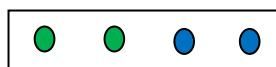
### Conexión para motores paso a paso:

**Magnetti Marelli:** en los pines de los extremos se conectan los cables verdes y en los pines del centro se conectan los cables azules.



**Figura 2.66.** Conexión Magnetti Marelli [5]

**Bosch y General Motors:** en el pin del extremo izquierdo del conector y en el de al lado se conectan los cables verdes y en los 2 pines siguientes se conectan los cables azules.



**Figura 2.67.** Conexión Bosch/GM [5]

## Forma de onda

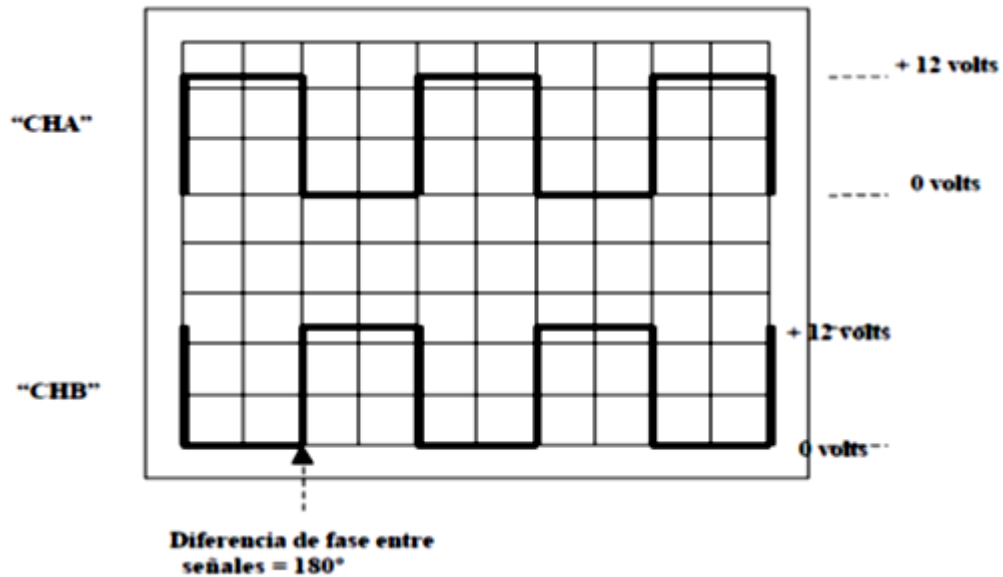


Figura 2.68. Forma de onda del motor paso a paso [5]

## Fallas y comprobaciones

### Fallas:

- Ralentí inestable
- Titubeo del motor
- Mayor consumo de combustible

### Comprobación:

Se sabe que los motores paso a paso son comandados por un circuito electrónico perteneciente a la computadora y su accionamiento es producido por pulsos positivos de forma rectangular que son aplicados a sus bobinas en una secuencia determinada, para que su vástago se extienda y en una secuencia inversa para que éste se retraiga.

Para comprobar el funcionamiento de un motor de este tipo en un banco de trabajo, es necesario contar con un accionador de motores paso a paso fabricado por alguna empresa dedicada a producir instrumentos de medición y prueba de componentes del automotor.

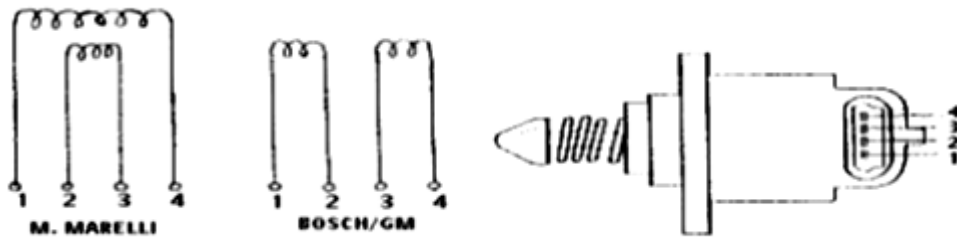


Figura 2.69. Designación de conector [5]

### Comprobación estática del componente

- Disponer un multímetro para medir resistencias (función óhmetro). Si el instrumento utilizado no es autorango, seleccionar la escala de 200 Ohms.
- Medir la resistencia de cada uno de los bobinados independientes con que cuenta el motor, conectando las puntas de medición del multímetro a los pines:
  - \* En motores Magnetti Marelli una bobina se encuentra entre los pines 1 y 4 y la segunda entre los pines 2 y 3.
  - \* En motores Bosch y GM una bobina se encuentra entre los pines 1 y 2 y la segunda entre los Pines 3 y 4.
- El valor de resistencia medido en cualquiera de los casos, debe situarse entre 50 y 60 Ohms.

### Comprobación dinámica del componente

- Asegurarse que el vehículo no se encuentre en contacto.
- Desenchufar el conector de cuatro conductores que conecta el motor paso a paso a la computadora.
- Retirar el motor paso a paso de su alojamiento quitando los tornillos de fijación del mismo.
- Reponer la conexión del motor paso a paso, enchufando el conector retirado previamente.

- **Mientras se observa el eje del motor paso a paso solicitar a un ayudante que dé contacto:**

El eje se desplazará hacia fuera, al ser accionado por la computadora, hasta la posición que ésta determine de acuerdo a la condición de preparación de puesta en marcha y a la temperatura a la que se encuentre el motor del vehículo.

- **Siguiendo observando el eje del motor, solicitar que se quite el contacto:**

La computadora accionará el motor paso a paso retrayendo su eje hasta la posición inicial.

- **Si el motor paso a paso cumple las secuencias citadas anteriormente, ya se tendrá seguridad que por lo menos en la faz de arranque la computadora está accionando el motor.**

- Esta comprobación por supuesto no es totalmente definitiva en lo que respecta al funcionamiento del motor paso a paso, puesto que un endurecimiento en el mecanismo del mismo (conversor de movimiento de rotación en rectilíneo) puede ocasionar una mala apertura del paso de aire, creando así dificultades en la faz de arranque.
- Con el motor paso a paso dispuesto en las mismas condiciones que en la comprobación anterior, fuera de su alojamiento y con su conector enchufado, obstruir parcialmente con un dedo el paso de aire que quedó totalmente abierto al retirar el motor.
- Solicitar que se dé arranque al motor del automóvil.
- Una vez que el motor del auto arranque y se mantenga funcionando, restringir con el dedo aún más el paso de aire. Las vueltas del motor caerán y a medida que el motor intente detenerse la computadora accionará el motor paso a paso retrayendo el eje del mismo, creyendo que está abriendo el paso de aire adicional.

- Desobstruir lentamente el paso de aire, la computadora deberá accionar el motor paso a paso extendiendo su eje hacia fuera, intentando cerrar el paso de aire adicional.
- Repitiendo estas maniobras, se podrá comprobar con bastante aproximación si el motor paso a paso está lento en su reacción, o si tiene algún problema mecánico.

### **Comprobación del estado de los bobinados de las válvulas**

- Dejar desconectado el conector de la válvula.
- Quitar el contacto del motor
- El valor de resistencia obtenido en ambos casos, que corresponden a los dos bobinados gemelos con que cuenta la válvula, deben ser similares y deben estar comprendidos entre 12 a 20 Ohms. (según marcas y modelos de autos).

### **2.2.4.3. Bomba de combustible**

**Nombre:** Bomba de combustible (Fuel Pump).



**Figura 2.70.** Bomba de combustible [2]

### **Antecedentes**

- Durante los años ochenta aparecen las bombas de nafta (gasolina) eléctricas, junto con los sistemas de inyección electrónica de combustible para los automóviles.
- Algunas bombas eléctricas se instalan en el exterior del depósito de combustible, otras se ubican dentro del tanque.



- La bomba de combustible provee de combustible desde el depósito hasta el carburador o inyectores en forma permanente, según el caso; existen dos tipos de bombas: mecánicas y eléctricas.

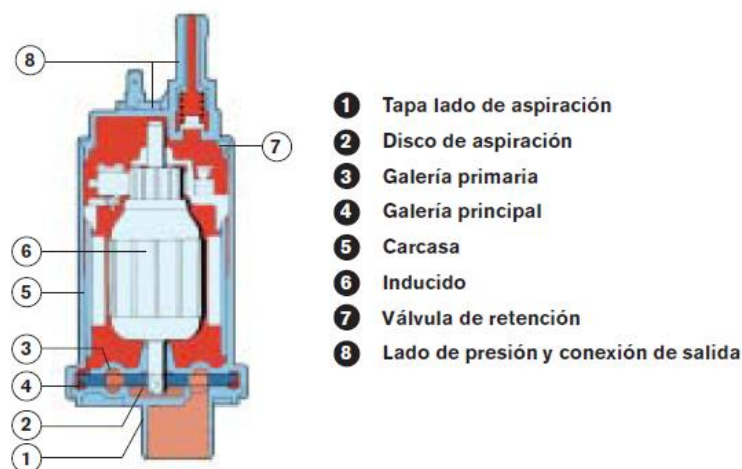
**Función:** Bombear combustible de manera eficiente y constante desde el tanque reservorio, hasta la riel de inyectores.

En los motores de inyección electrónica toda bomba de combustible está sobredimensionada, ya que la cantidad y la presión que necesitan los inyectores será siempre menor al que puede entregar la bomba.

Se diseñaron de esta forma, ya que se trata de mantener una presión y caudal estable en el sistema, para que los inyectores puedan enviar a los cilindros la cantidad necesaria sin restricciones, aún en casos extremos de aceleración, de taponamiento de los filtros, y hasta una mala alimentación de tensión eléctrica a la bomba.

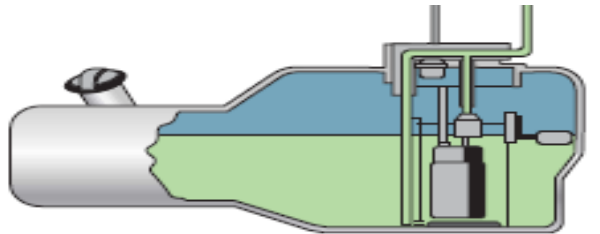
Generalmente se han diseñado bombas de combustible para que tengan una vida útil igual que la de un vehículo, razón por la cual generalmente está sellada, sin oportunidad de reparación.

**Sus partes son:**



**Figura 2.71.** Partes de la bomba de combustible [2]

**Ubicación:** Las bombas de combustible de casi todos los sistemas de inyección son situadas dentro del tanque de combustible, aunque otros sistemas tienen la bomba ubicada fuera del tanque de combustible, ya que como son bombas que generan altas presiones, a la vez también generan mucho calor, y la mejor manera para refrigerarla, es con el mismo combustible del automóvil. Es por eso que se recomienda que no se deje bajar de un cuarto de tanque el combustible, caso contrario la bomba al no tener refrigeración simplemente durarían menos por estar sometidas constantemente a elevadas temperaturas.



**Figura 2.72.** Ubicación de la bomba de combustible [2]

**Descripción:** Las bombas de los sistemas de inyección electrónica a gasolina, vienen de forma totalmente hermética y sellada, con tan solo los orificios de succión, de descarga de combustible y los conectores para la corriente. De modo que si sufre algún daño la única solución es el recambio.

**Funcionamiento:** La bomba está compuesta por un motor de corriente continua de tipo magneto permanente, en su eje va montado un rotor excéntrico en cuyo interior se ubican los rodillos que giran en la circunferencia interna de la carcasa de la bomba. Cuando el rotor gira, la fuerza centrífuga hace que los rodillos se peguen a la cavidad. Creando un sello giratorio. La acción de bombeo se crea una vez los rodillos cierran la entrada y el combustible es atrapado entre ellos, hasta que la salida es despejada y el combustible pueda pasar, este fluye alrededor del rotor; el riesgo de explosión no existe por carencia de oxígeno. La bomba siempre entrega más combustible del que el motor necesita. Esto se traduce en suficiente

presión para cualquier condición de marcha. La válvula anti retorno evita que el combustible se devuelva una vez la bomba.

En la siguiente figura podemos apreciar la conexión eléctrica de la bomba de combustible, en este diagrama se observa como desde el polo positivo de la batería, da tensión a la ECU, protegida siempre con fusibles. En este caso esta computadora comanda el positivo que alimenta al relé, de modo que cuando se abre el switch, la ECU da la señal positiva y el relé se acciona, para energizar a la bomba.

### Conexión eléctrica de la bomba de combustible.

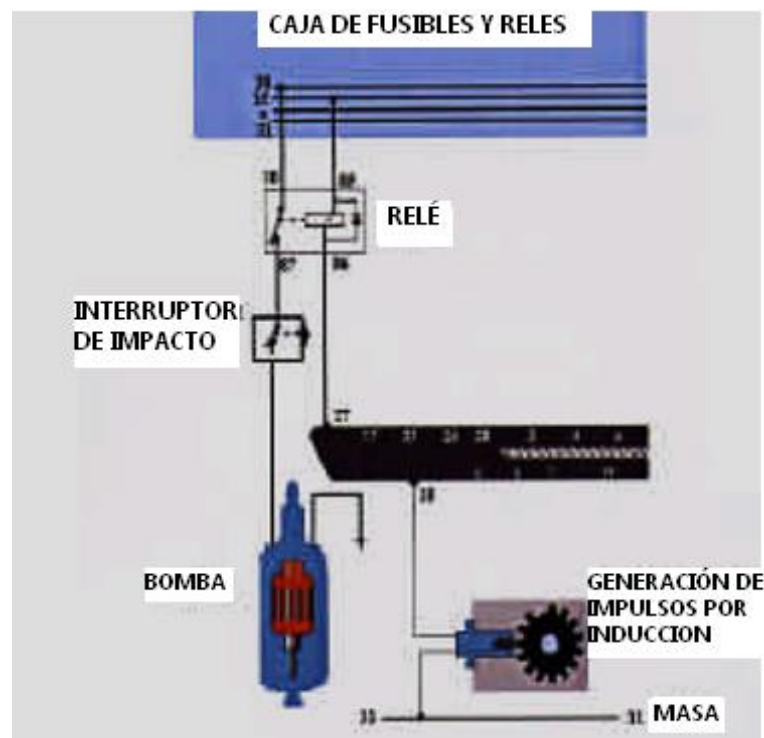


Figura 2.73. Circuito eléctrico de la bomba de combustible [9]

### Fallas y comprobaciones:

#### Fallas:

- Caídas de tensión en el circuito eléctrico.
- Falta de presión de combustible o caudal erróneo.
- La bomba funciona de forma intermitente.

### Comprobaciones:

- Asegúrese que haya gasolina en el depósito. No confíe en el indicador de nivel del panel de instrumentos ya que este puede dar lecturas erróneas
- Para revisar que no haya caídas de tensión se energiza el circuito, luego se conecta el multímetro como indica la figura, primero desde el polo positivo de la batería hasta el polo negativo de la bomba, y tiene que marcar 12 V. o más.
- Se realiza la misma operación intercambiando los polos. De esta manera se comprobará con facilidad en qué lado del cableado existen caídas de tensión, ya sea por cableado dañado, o por alguna otra razón.

### Comprobación de la presión por medio de un manómetro.

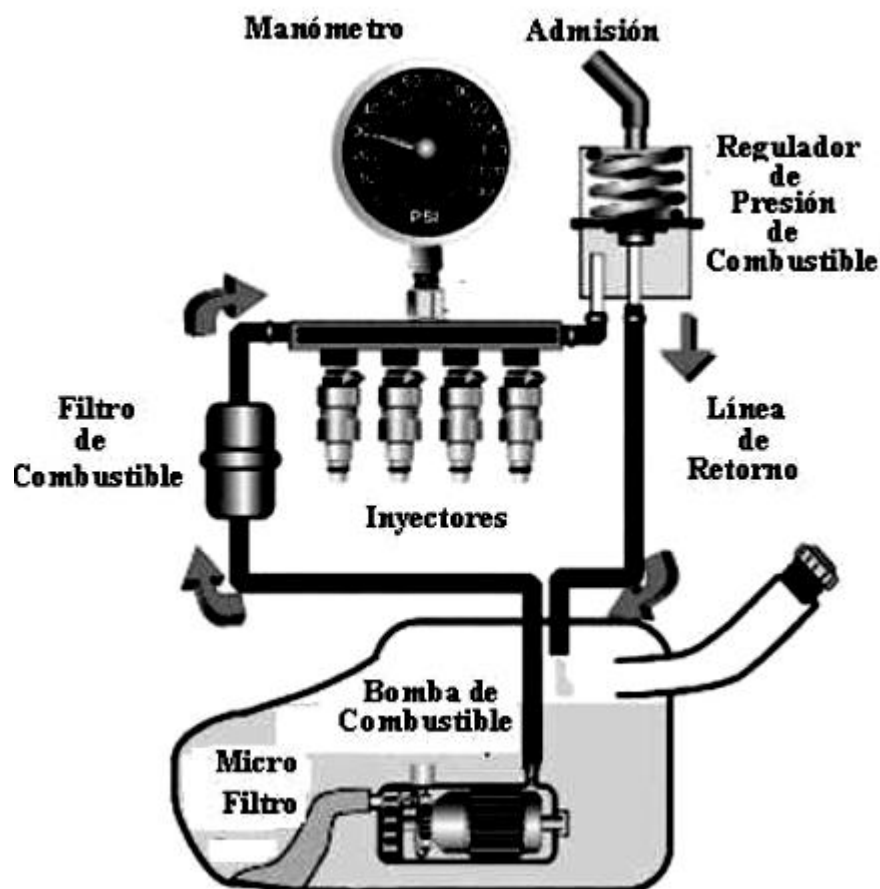


Figura 2.74. Comprobación de la bomba de combustible [9]

- Para verificar el correcto funcionamiento de la bomba, se procede a conectar un manómetro de presión de combustible en el circuito. Entonces se obtura la cañería de retorno, al instante la presión debe subir en el manómetro, caso contrario la bomba estaría dando anomalías de entrega de presión.
- Otra comprobación, es llevar el automóvil a una prueba de recorrido con el manómetro de presión conectado, y observar repentinas variaciones de presión, se puede detectar que la bomba tiene problemas, o a su vez el regulador de presión.

#### 2.2.4.4. Relé de bomba de combustible

**Nombre:** Relé (Relay)



**Figura 2.75.** Relé de la bomba de combustible [2]

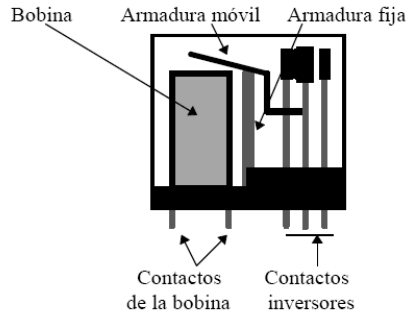
**Función:** La función que cumple un relé es controlar grandes consumos eléctricos mediante una pequeña corriente de activación.

Gracias a estos dispositivos, nos permitimos por ejemplo, prender las luces altas con una pequeña palanca que activa un micro switch en el tablero mientras que el trabajo pesado lo hace el relé que usualmente está muy cerca del consumo (en este caso cerca de las luces altas).

**Ubicación:** Debajo del tablero de mandos o en un pequeño compartimiento cercano al motor.

**Descripción:** El relé es un elemento electromecánico que puede actuar como interruptor o conmutador, dependiendo del número de contactos, accionado por una corriente eléctrica.

Consta de un circuito de excitación, formado por la bobina unida a la armadura fija, y un circuito de trabajo, compuesto por la armadura móvil y el grupo de contactos.



**Figura 2.76.** Circuito del relé [5]

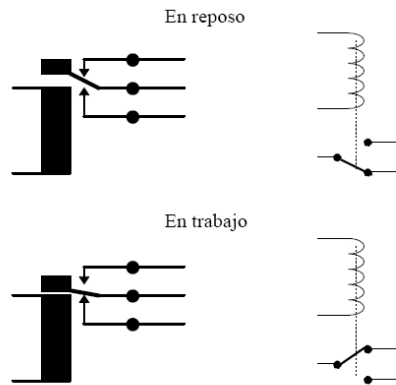
El relé puede poseer uno o varios circuitos o grupos de contactos, usándose solo dos de ellos como interruptor o tres como conmutador o inversor.

Su funcionamiento es sencillo; al aplicar tensión a la bobina, esta atraerá la armadura móvil que a su vez provocará el movimiento de los contactos. Al cesar la alimentación de la bobina, los contactos regresarán a su posición original.



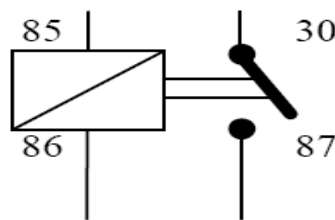
**Figura 2.77.** Funcionamiento de la bobina del relé [5]

En un automóvil a inyección electrónica se utilizan relés tanto para la alimentación de los inyectores, calentador de sonda lambda, sistema de encendido, etc. (estos son los denominados relés de inyección) como para alimentar a la bomba de combustible (relé de bomba). De esta forma la ECU, puede comandar a todos estos periféricos sin tener la necesidad de manejar las corrientes que éstos consumen gracias a la existencia de los relés.



**Figura 2.78.** Funcionamiento de los contactos del relé [5]

Otra representación simbólica es la siguiente:



**Figura 2.79.** Designación del relé [5]

La numeración está indicada en cada contacto, y su aplicación será la indicada:

85 - 86 Alimentación bobina.

30 - Entrada de positivo desde batería

87 - Salida de tensión positiva al consumidor

### Fallas y comprobaciones:

#### Fallas:

- Contactos internos pegados por exceso de calor.
- Bobinado dañado o recalentado.
- Contactos internos que realizan falsos contactos, por lo que no fluye la corriente.

### Comprobaciones:

Verificar por medio de un comprobador del luz con un extremo a masa y el otro en el pin 87, que haya paso de corriente.

Verificar la resistencia de bobinado entre (70 a 75)  $\Omega$

#### 2.2.4.5. Circuito hidráulico

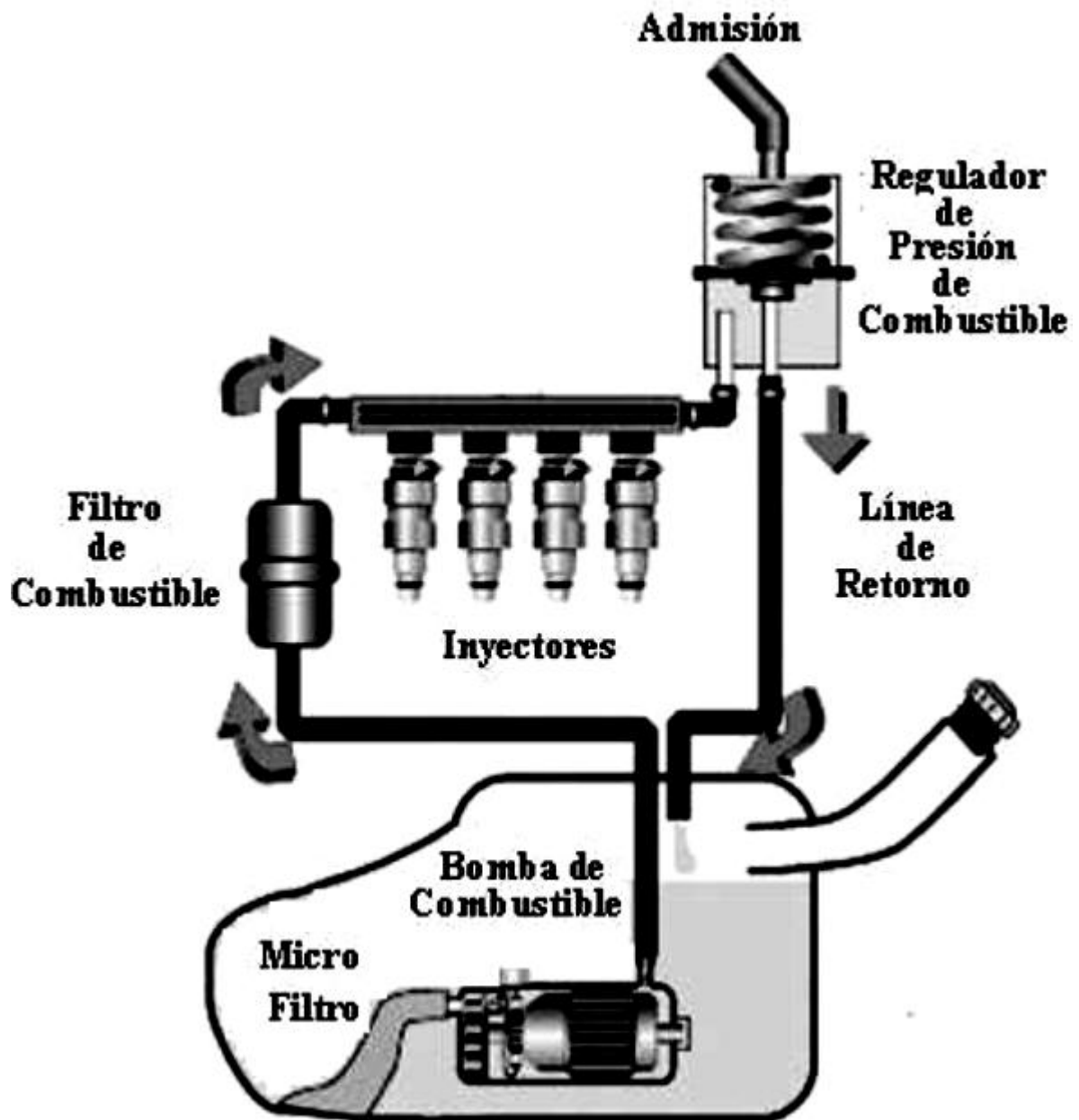
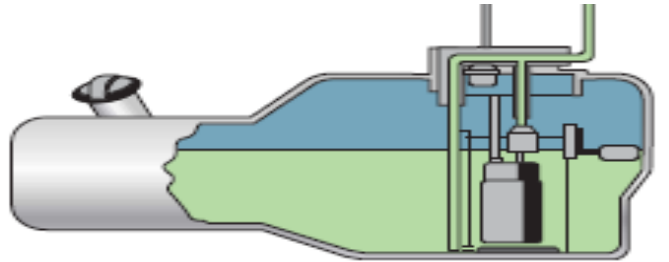


Figura 2.80. Circuito hidráulico del sistema inyección [9]



### 2.2.4.6. Tanque de combustible

**Nombre:** Tanque de combustible.



**Figura 2.81.** Tanque de combustible [2]

**Función:** Es un reservorio donde se almacena el combustible y en donde va instalada la bomba eléctrica del automóvil. El mismo que en su interior posee celdas que evitan que la gasolina tenga excesivos movimientos, de esa manera asegurando la correcta succión de la bomba.

El tanque puede ser de distintos tipos de materiales, como acero o aleaciones de plástico. La capacidad de reserva dependerá del cilindraje del motor y del fabricante.

**Ubicación:** Bajo el baúl del vehículo.

### 2.2.4.7. Filtro de combustible

**Nombre:** Filtro de combustible (Fuel Filter).



**Figura 2.82.** Filtro de combustible [2]

**Función:** Retener las impurezas que se puede hallar en el depósito de gasolina, estas impurezas pueden llegar al depósito cuando recargamos combustible. El elemento filtrante de un filtro de gasolina puede ser fabricado de papel, mallas metálicas, fibra de vidrio, entre otros y este elemento se encuentra recubierto de un cuerpo metálico o de plástico.

Actualmente se usa en los vehículos modernos un filtro de cubierta metálica esto es porque en los automóviles antiguos se tenía una presión en el sistema de alimentación de entre 7 u 8 libras de presión y se le considera sistema de baja presión, para este sistema se utiliza un filtro de cubierta de plástico pero en un vehículo moderno que utiliza una presión entre 15 y 100 PSI el filtro de plástico es insuficiente ya que no resistiría la presión por ello se utiliza actualmente los filtros metálicos.

Los filtros de gasolina pueden retener impurezas que tengan un tamaño mayor a las 10 micras, el tiempo en que hay que cambiar un filtro de gasolina puede ser a los 6 meses o cada 10.000 Km.

Todos los filtros tienen sentido de flujo de combustible por lo que es necesario la previa verificación antes de instalarlo.

#### **2.2.4.8. Regulador de combustible**

**Nombre:** Regulador de combustible (Fuel Regulator).



**Figura 2.83.** Regulador de presión del combustible [2]

**Función:** Mantener constante la presión del combustible en todo el sistema de alimentación del vehículo, permitiendo así un funcionamiento óptimo del motor cualquiera sea el régimen de éste. Posee un flujo de retorno, que al sobrepasarse el límite de presión actúa entonces liberando el circuito de retorno hacia el tanque de combustible.

**Ubicación:** Puede variar, situándose en el tubo distribuidor o también en el circuito con la bomba.

En el siguiente gráfico se puede observar los diferentes componentes internos de un regulador de presión de combustible. El regulador está construido por un contenedor metálico que posee una membrana, un muelle y una válvula, haciendo que la válvula se abra y el carburante retorne al tanque si la presión en el sistema de alimentación del combustible supera el límite establecido por el tarado del muelle.

#### Partes del regulador de combustible.



**Figura 2.84.** Partes del regulador de combustible [2]

El regulador tiene una toma de depresión proveniente del colector de admisión para que la válvula se abra según el tarado y presión del colector, mientras que en sistemas de inyección monopunto la apertura solo realiza según el tarado del muelle ya que como el inyector está situado arriba de la mariposa de los gases no existe toma de depresión.

#### 2.2.4.9. Líneas de combustible

**Nombre:** Líneas de combustible. (Fuel Lines).

**Función:** Son las encargadas de transportar el combustible, comenzando por la bomba de combustible, amortiguador de vibraciones, filtro, hasta el riel de inyectores. Por lo general en muchos de los sistemas de inyección trabajan con sistema de retorno (otra línea separada), justo desde el mismo riel de inyectores, hasta llegar al tanque de combustible.

Pueden ser de distintos materiales, como tuberías de tipo metálicas, de caucho, plástico o de acero inoxidable. Estas últimas son la de mayor resistencia tanto a la corrosión, resistencia a elevadas temperaturas, como por su resistencia física gracias a su mallado externo.

#### 2.2.4.10. Riel de inyectores

**Nombre:** Riel de inyectores (Injectors Rail).



**Figura 2.85.** Riel de inyectores [2]

**Función:** El riel es el encargado de transportar el combustible a los inyectores, además de alojar al regulador de presión del sistema de alimentación. Por lo general el riel tiene dos cañerías, en donde la una es para el ingreso del combustible y la otra para retorno del mismo hacia el tanque.

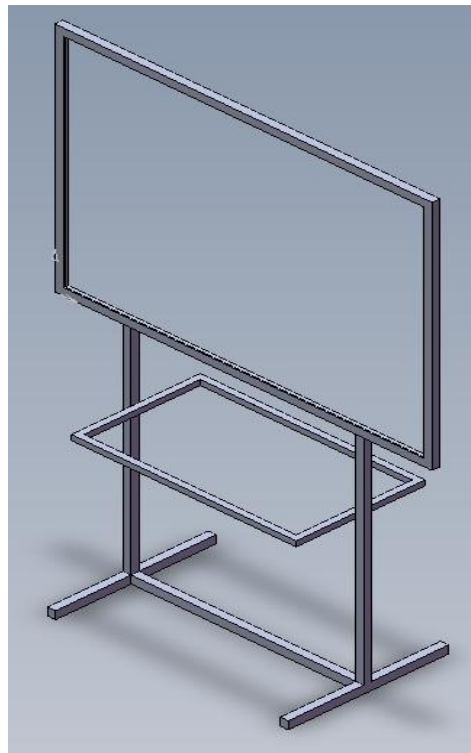
Los autos con tecnología de punta solo llevan en su riel una cañería, para el ingreso de combustible, y la presión la controla totalmente la ECU, ya sea modificando el ancho y el número de pulsos de inyección.

## CAPÍTULO III

### 3. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO Y DESCRIPCIÓN DE SUS ELEMENTOS

#### 3.1. Diseño de la estructura de soporte del sistema

La estructura del tablero está construida por perfil cuadrado de acero de 1,5 mm de espesor, la misma que soporta los componentes del sistema de inyección electrónica, y la caja de control del sistema.



**Figura 3.1** Estructura del tablero

#### 3.2. Diseño de las conexiones eléctricas del sistema en el tablero. [5]

Para realizar las conexiones eléctricas del tablero se utilizaron los diagramas eléctricos del automóvil CHEVROLET CORSA 1.6 con la finalidad de obtener condiciones reales.

En la siguiente figura se muestra los diagramas eléctricos utilizados para las conexiones del tablero de inyección electrónica didáctico.

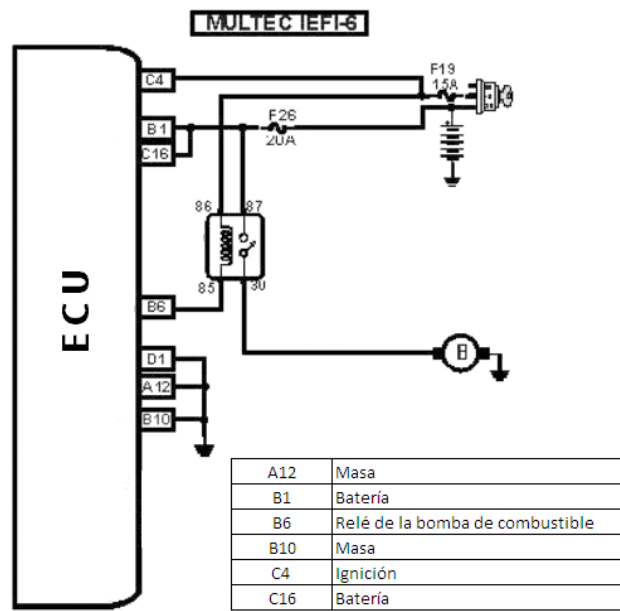


Figura 3.2. Diagrama de alimentación de la ECU

En la siguiente figura se muestra los pines de la ECU a la que llegan las señales enviadas por los sensores, así como también sus respectivas conexiones a masa.

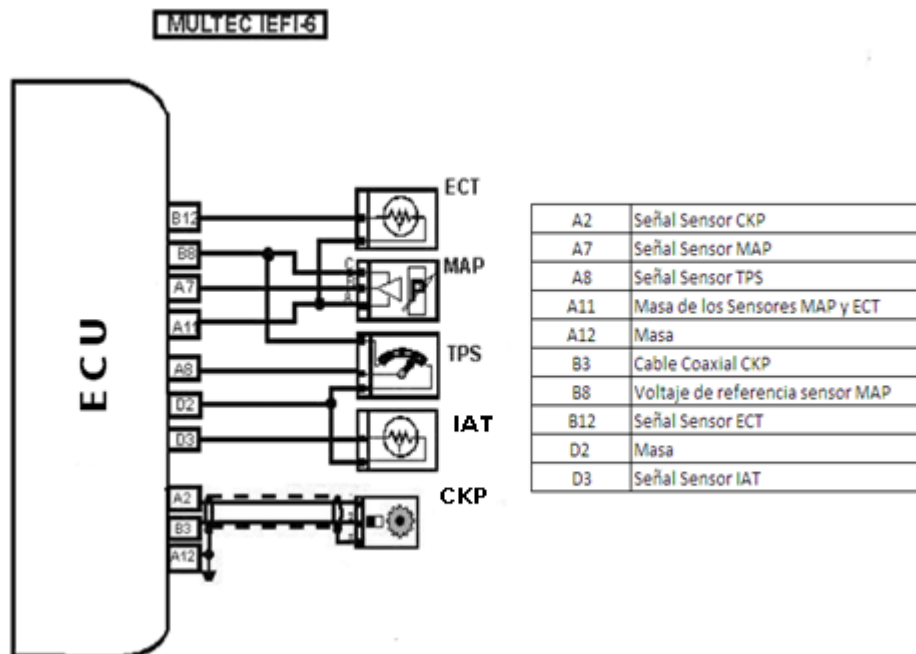
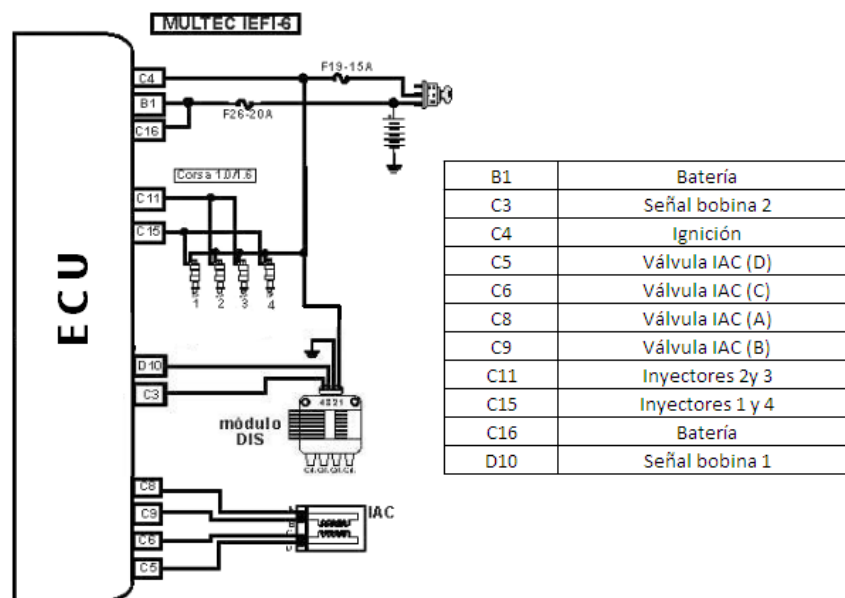


Figura 3.3. Diagrama de conexión de sensores con la ECU

Otra función primordial de la ECU es la de controlar los actuadores en función de la información recibida por parte de los sensores. La Bomba de combustible, la válvula IAC, los inyectores y las bobinas son los actuadores con los cuales contaremos en el tablero de inyección electrónica.

Si bien el relé principal también es un actuador, éste se encuentra en el diagrama de alimentación de la ECU (ver Fig. 3.2)

El diagrama de conexión de los actuadores antes mencionados es el siguiente:



**Figura 3.4.** Diagrama de conexión de actuadores con la ECU

### 3.2.1. Realización del diagrama eléctrico.

En el tablero didáctico de inyección electrónica se conectó junto con la ECU, los actuadores (bomba de combustible, inyectores, válvula IAC, bobinas) los mismos que son controlados por la ECU, además, las señales simuladas de los sensores (CKP, TPS, MAP, ECT, IAT) que son los encargados de informar a la ECU del estado de funcionamiento del motor.

Sobre el tablero didáctico de inyección electrónica, se colocaron puntos de medición, y LEDs, con el fin de mejorar y facilitar el aprendizaje por parte de los estudiantes durante la realización de las prácticas basadas en las guías de laboratorio proporcionadas más adelante.

Con una fuente de energía que hace las veces de batería en el automóvil, se alimenta la ECU, la bomba de combustible y los inyectores. La fuente de energía, está ubicada dentro de la caja de control junto con las placas electrónicas en las que se encuentran los microcontroladores que son los encargados de simular las señales de los sensores antes mencionados.

### ***3.2.2 Desarrollo del programa para la obtención de señales simuladas.***

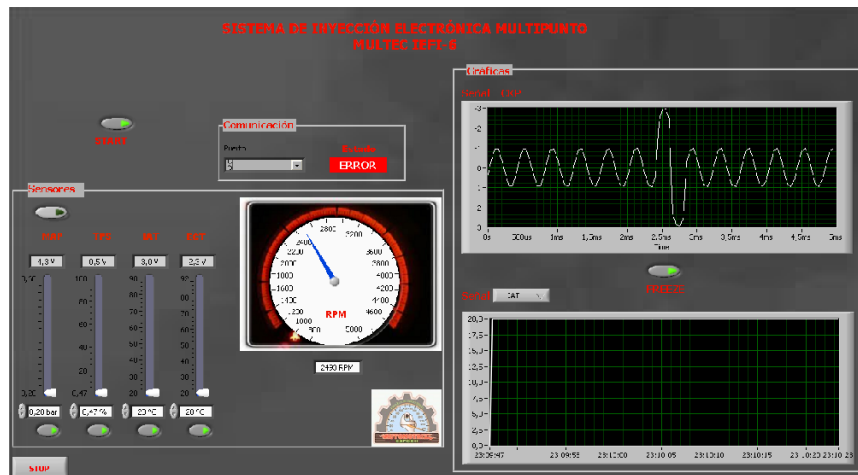
Para lograr nuestro objetivo, de construir un tablero de inyección electrónica de combustible, debemos tener en cuenta los parámetros de funcionamiento normal del motor, es decir el valor de los voltajes que llegarán a la ECU, para que la misma controle los tiempos de inyección.

Es así entonces que las señales que llegarán a la ECU estarán programadas en microcontroladores, y simularán las señales de los siguientes sensores:

- Señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP)
- Señal del sensor de presión en el múltiple de admisión (MAP)
- Señal del sensor de posición de la mariposa (TPS)
- Señal del sensor de temperatura de aire (IAT)
- Señal del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Para el control y visualización de las señales generadas se creo la interfaz MULTEC en el software LabView 8.5, mediante el uso del interfaz MULTEC se puede modificar las señales que llegarán a la ECU desde los microcontroladores.





**Figura 3.5.** Interfaz MULTEC

### 3.2.3 Descripción de la programación de los microcontroladores.

Al necesitar generar la simulación de 5 señales analógicas (CKP, MAP, TPS, IAT, ECT), se decidió la utilización de 2 modelos de microcontroladores, el 16F628A y 16F876.

Para la comunicación desde el ordenador hacia la caja de control donde se encuentran las placas de los microcontroladores, se utilizará el microcontrolador 18F4550 ya que posee una salida para el manejo de comunicación mediante USB.

En el PIC 16F628A se encuentra la programación (ver ANEXO 1) para la obtención de la onda senoidal, ésta es la señal que envía el sensor CKP a la ECU para informar sobre el régimen de funcionamiento del motor de combustión interna.

La señal del sensor CKP es la principal para que la ECU cierre el circuito mediante la activación de un relé y así empiece a funcionar la bomba de combustible junto con los inyectores y las bobinas de encendido.

La onda simulada del sensor CKP fue creada en función de valores obtenidos del motor de un vehículo CHEVROLET CORSA 1.6 que funciona mediante el control de la ECU que se utilizará para el desarrollo del tablero didáctico de inyección electrónica.

La señal simulada del sensor CKP irá desde el pin 17 del pic 16F628A al pin A2 de la ECU.

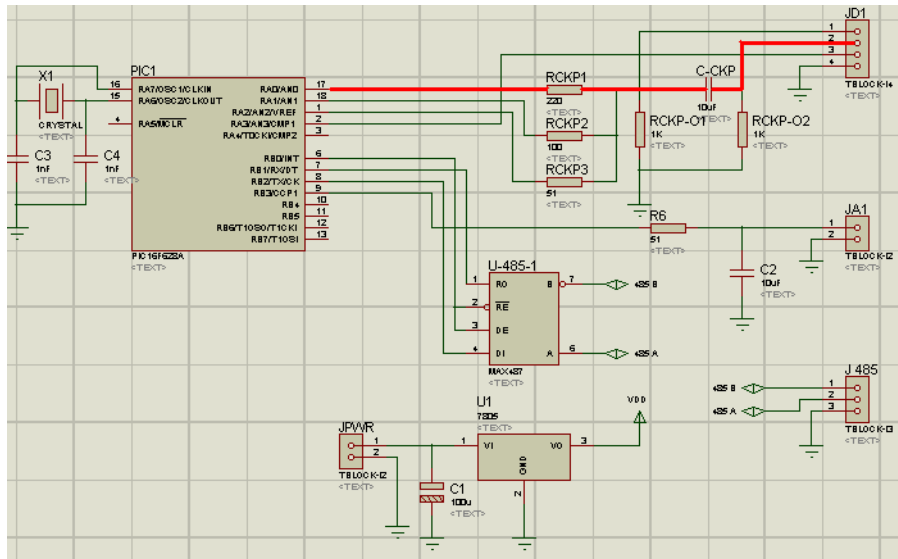


Figura 3.6. Salida de la señal sensor CKP desde el PIC

La señal simulada del sensor MAP también se encuentra programada en este mismo microcontrolador y va desde el pin 9 del pic 16F628A, que es una salida analógica al pin A7 de la ECU que es el pin por donde entra la señal.

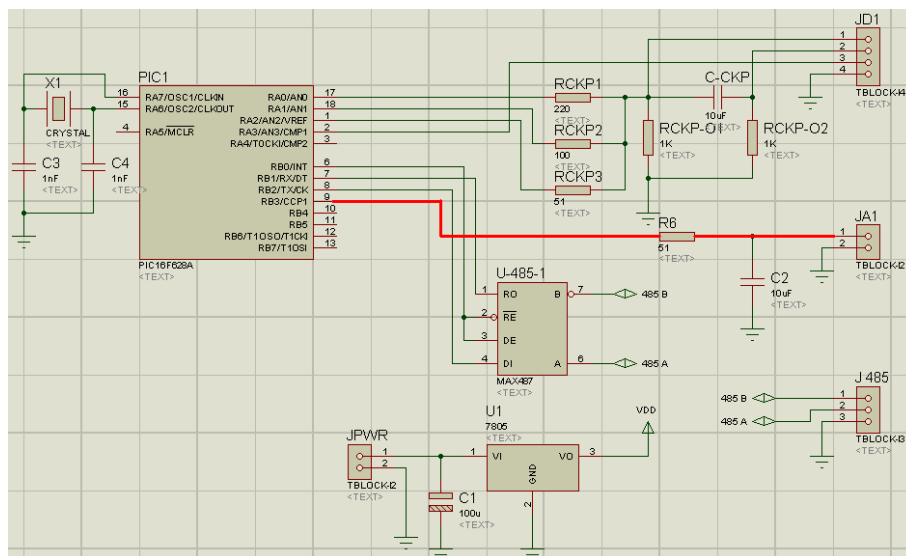


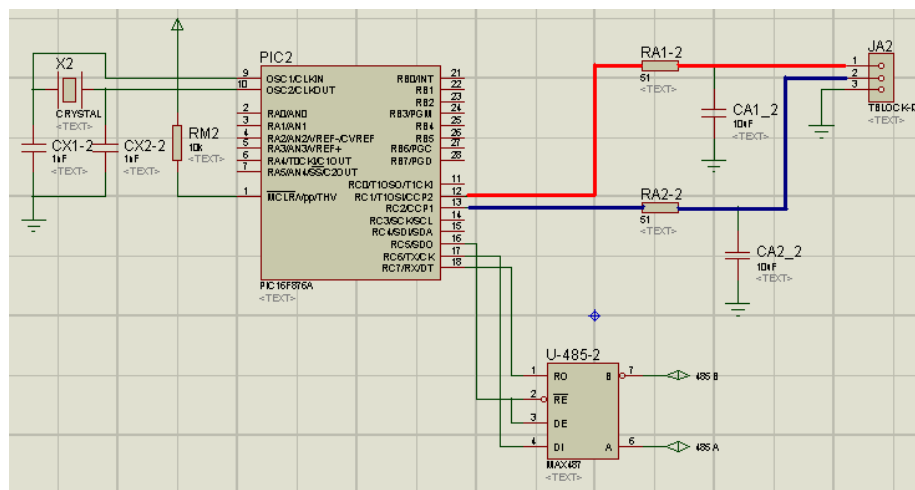
Figura 3.7. Salida de la señal sensor MAP desde el PIC

En el pic 16F876 ubicado en la parte superior de la tarjeta electrónica están programadas las señales de los sensores ECT e IAT (ver ANEXO 2).

La razón por la que se decidió utilizar el pic 16F876 es porque posee dos salidas analógicas, y las señales de los sensores de temperatura tanto del ECT como del IAT son señales analógicas y de esta manera se aprovechó la utilización de los microcontroladores.

Los valores que ingresarán a la ECU, irán desde el pin 12 para los valores de sensor ECT, y del pin 13 para los valores del sensor IAT.

En la siguiente figura están representadas las salidas desde el pic 16F876 hacia la ECU, con color rojo para el sensor ECT y color azul para el sensor IAT.



**Figura 3.8.** Salida de los valores de los sensores ECT e IAT

Para la obtención de los valores del sensor TPS. También se utilizó un pic 16F876, y una de sus salidas analógicas, al igual que para la programación de los parámetros del sensor CKP, para la programación de los sensores MAP y TPS (ver ANEXO3) se tomó valores de voltajes y tipos de onda, de un motor en funcionamiento de un vehículo CHEVROLET CORSA 1.6.

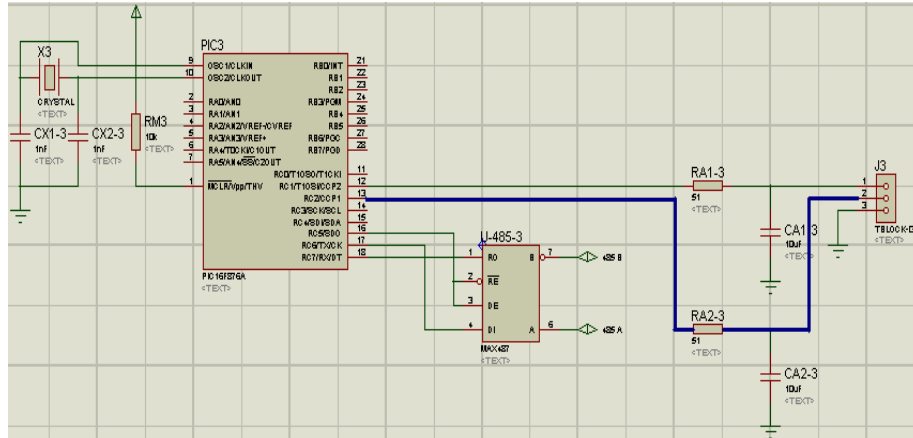


Figura 3.9. Salida de los valores del sensor TPS

### 3.2.4 Descripción de la comunicación con la interface.

Para la comunicación a la PC se utilizó un puerto USB, que junto con el integrado MAX 487, permite la comunicación con las tarjetas electrónicas donde ese encuentran los microcontroladores (16F628A y 16F876)

Para realizar la comunicación USB se utilizó el microcontrolador 18F4550 y mediante la programación del mismo (ver ANEXO 4), se realiza el control del tablero de inyección electrónica desde la interface MULTEC.

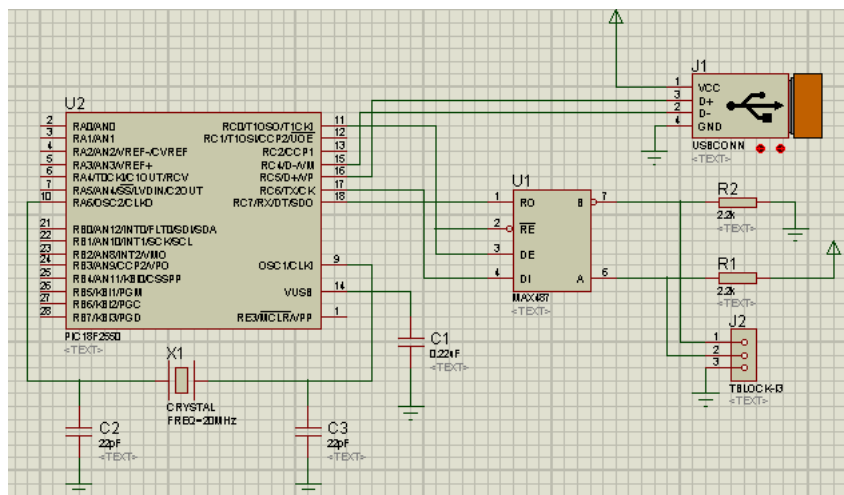


Figura 3.10. Diagrama de la tarjeta de comunicación USB.

### 3.3 Diseño y elaboración de las tarjetas electrónicas [5]

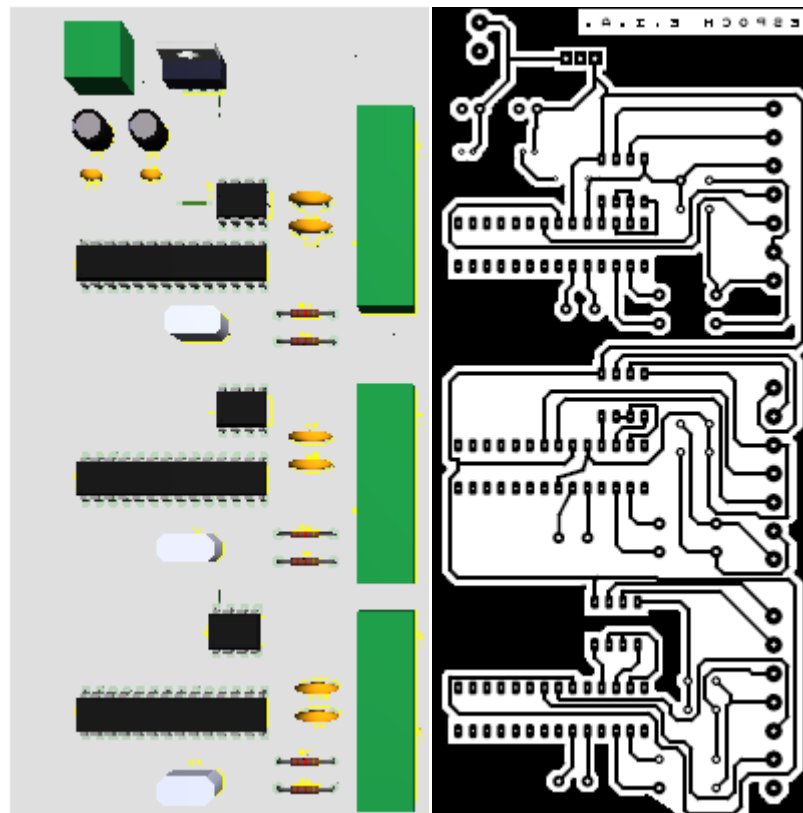
#### 3.3.1 *Diseño de la tarjeta electrónica para los microcontroladores.*

Para el diseño de las tarjetas electrónicas se utilizó el software Proteus 7, el mismo nos fue de gran ayuda para la realización de las tarjetas electrónicas en los que se ubicarán los microcontroladores mediante los cuales se maneja el tablero de inyección electrónica.

#### 3.3.2 *Tarjeta electrónica principal.*

En ésta tarjeta se encuentran los microcontroladores antes mencionados junto con el resto de elementos que permitan alcanzar nuestro objetivo, simular las señales de gestión de un motor de combustión interna.

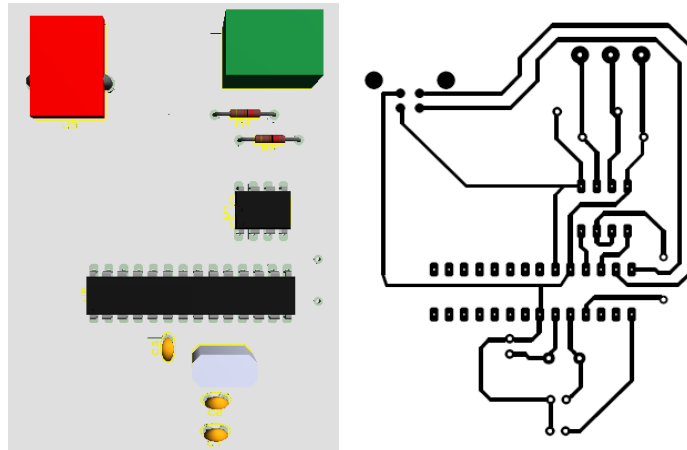
En la siguiente figura se muestra el diseño de la placa principal en forma de circuito, y la forma en la que quedara una vez ensamblada.



**Figura 3.11.** Tarjeta electrónica principal.

### 3.3.3 Tarjeta electrónica de comunicación.

En ésta tarjeta se encuentra el pic 16F4550 y el MAX 485 que permitirá la comunicación entre microcontroladores y la interface MULTEC en la PC.



**Figura 3.12.** Tarjeta de comunicación USB

## CAPÍTULO IV

### 4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MULTIPUNTO MULTEC IEFI-6

#### 4.1. Funcionamiento del tablero

El funcionamiento del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica multipunto está definido por las siguientes funciones:

Su principal función es que con la utilización de las señales de sensores principales de gestión del motor como: CKP (señal de número de revoluciones), TPS (señal de posición de la aleta de aceleración), MAP (señal de presión de aire), IAT (señal de temperatura de aire) y ECT (señal de temperatura del refrigerante) que llegan a la ECU como señales de voltaje, está procesa la información y envía señales de voltaje que activan los principales actuadores del sistema de inyección electrónica como los inyectores que se puede observar como inyectan combustible por la alimentación de combustible a la riel de inyectores mediante la bomba, también se activa las bobinas e IAC que se pueden observar con la activación de LEDS ubicados en el tablero.

También en su función varia el ancho de pulso de los inyectores de acuerdo al incremento de número de revoluciones del motor, aceleraciones y cuando se corta las señales de cualquier sensor de gestión de motor.

Las señales de los sensores de gestión del motor son simuladas y controladas mediante una interface llamado MULTEC, en los cuales existe perillas de control de cada uno de los sensores y también unos visualizadores de gráficas en los cuales se observa los ondas características de cada uno de los sensores.

## **4.2. Recomendaciones generales**

### **4.2.1. Manual de usuario. [5]**

Antes de utilizar el tablero didáctico del sistema de inyección electrónica multipunto Multec IEFI-6, se debe leer atentamente este manual ya que ha sido preparado para que se familiaricen con el funcionamiento del mismo y también para la seguridad del personal que lo utilice; así como del tablero didáctico.

Este tablero didáctico está equipado con el sistema de inyección electrónica del automóvil CHEVROLET CORSA MPFI 1.6 y con los inyectores como el único actuador visibles en los cuales se puede observar como inyecta combustible (función del sistema de inyección); de acuerdo a los regímenes del motor que son simulados y controlados mediante una interfaz; también se observa puntos de medición de los sensores de gestión del motor que están enumeradas; y lo más importa del sistema es la ECU la cual gestiona la inyección.

En la interface se controla el tablero por medio de un botón STAR, se puede observar el control de los valores de voltaje de los sensores de gestión del motor como CKP, TPS, MAP, IAT y ECT; y también se observa dos visores de onda uno principal del sensor CKP y otra en el cual se podrá seleccionar cualquier sensor como TPS, MAP, IAT y ECT.

Para mejor servicio del usuario el tablero didáctico está respaldado con los conocimientos adquiridos durante los años de preparación en la institución ESPOCH.

## **INFORMACIÓN SOBRE EL USO DEL TABLERO**

---

---

### **¡AVISO IMPORTANTE!**

Antes de utilizar el tablero didáctico, leer atentamente este manual y seguir todas las instrucciones.

---

---



## UBICACIÓN DEL TABLERO

El tablero didáctico debe estar debidamente ubicado en un lugar bajo cubierta lejos de los rayos solares, en un área limpio y libre de humedad para que no sufra ningún tipo de avería por estos factores.

## PRECAUCIONES

- Tener cuidado con la alimentación del tablero didáctico (110 V).
- El uso y abuso excesivo o por prolongado tiempo puede causar daños al tablero didáctico.
- Mantener limpio el tablero didáctico.
- Para cada práctica que se realice se utilizara diferente combustible en el depósito.
- El manejo del control del tablero se deberá realizar por personal capacitado.
- Revisar periódicamente los inyectores, puntos de medición de sensores y conexiones visibles.

## UBICACIÓN DE ELEMENTOS EN EL TABLERO





## ECU

Inyectores

Puntos de medición

**1.- TPS** (Sensor de posición de la mariposa de aceleración)

**2.- MAP** (Sensor de presión absoluta del múltiple)

**3.- ECT** (Sensor de temperatura de refrigerante)

**4.- IAT** (Sensor de temperatura del aire de admisión)

**5.- CKP** (Sensor de posición del cigüeñal)

LEDS blancos (IAC – Válvula de aire adicional)

LEDS rojos (inyectores)

LEDS azules (bobinas)

Bamba de combustible (sumergida en el tanque)

Caja de control

Cable USB

## DESCRIPCIÓN DEL TABLERO DIDÁCTICO

**ECU:** Es el principal elemento del sistema de inyección electrónica MULTEC IEFI-6 ya que recibe las señales de voltaje de los sensores, señales de entrada sobre la gestión del motor, procesa la información recibida y envía señales de voltaje de salida a los actuadores.

Es de un automóvil CORSA 1.6 por lo tanto fue fabricado por General Motors (GM) y se encuentra ubicada visible en el extremo derecho del tablero.

**Inyectores:** por las señales recibidas de la ECU produce la inyección de combustible de acuerdo al régimen de funcionamiento del motor que está simulado en la interface.

Es el actuador principal del sistema ya que podemos observar como inyecta combustible de acuerdo a los regímenes estipulados y se encuentra ubicado en el centro del tablero cumpliendo el principal objetivo del sistema de inyección.

### Puntos de medición

**TPS (Sensor de posición de la mariposa de aceleración).**- Informa la posición del acelerador y envía la información hacia la unidad de control y que es simulada y controlada en la interface.

El tablero está dotado por tres borneras (masa, señal y alimentación) que son puntos de medición en el cual se podrá medir voltaje y observar la variación, esta enumerado con el número 1.

**MAP (Sensor de presión absoluta del múltiple).**- Indica las variaciones de presión atmosférica, en el vacío del motor en el múltiple de admisión que en nuestro caso está simulada y controlada en la interface, enviando una señal a la ECU para que pueda controlar el tiempo de inyección.

El tablero está dotado de tres borneras (masa, señal y alimentación) que son puntos de medición en el cual se podrá medir voltaje y observar la variación de la presión que está simulada, se encuentra numerado con el número 2.

**ECT (Sensor de temperatura de refrigerante).**- Informa la temperatura del refrigerante que es simulado y controlado desde la interface, tomemos en cuenta que la temperatura ambiente es de 13 a 25 ° C que es la temperatura inicial del motor y la temperatura de funcionamiento del motor es de 80 a 90 ° C.

En el tablero se encuentra con dos bornera (masa y señal) en las cuales podrá medir voltaje y se encuentra enumerado con el número 3.

**IAT (Sensor de temperatura del aire de admisión).**- Nos informa la temperatura a la cual ingresa el aire de admisión es simulada y controlado mediante la interface.

En el tablero se encuentra dos borneras (masa y señal) las cuales nos servirán para medir el voltaje y observar la variación y se encuentra numerada con el número 4.

**CKP (Sensor de posición del cigüeñal).**- Es la señal principal del sistema nos indica las r.p.m. del motor que en este caso es simulada y controlada mediante la interface.

En el tablero se encuentra dos borneras en las cuales se podrá observar la onda del CKP y no se podrá medir voltaje ya que esta señal varía de positivo a negativo y se encuentra enumerada con el número 5.

**Leds blancos (IAC – Válvula de aire adicional).**- En estos leds podremos ver como gestiona la ECU y envía voltajes a las bobinas de la válvula IAC para controlar el ingreso de aire adicional al motor de acuerdo a las cargas producidas en el mismo.

**Leds rojos (inyectores).**- Esta ubicados sobre los inyectores y fueron colocados en el tablero para mejor visibilidad de la activación de los inyectores.

**Leds azules (bobinas).**- En estos leds podremos observar con activa la ECU a las bobinas son dos leds ya que este sistema es por chispa perdida y produce chispa en dos cilindros.

**Bomba de combustible (sumergida en el tanque).**- Se encuentra ubicada en el interior del tanque sumergida en el combustible ya que este tipo de bombas es refrigerado por el mismo combustible para alargar su vida útil.

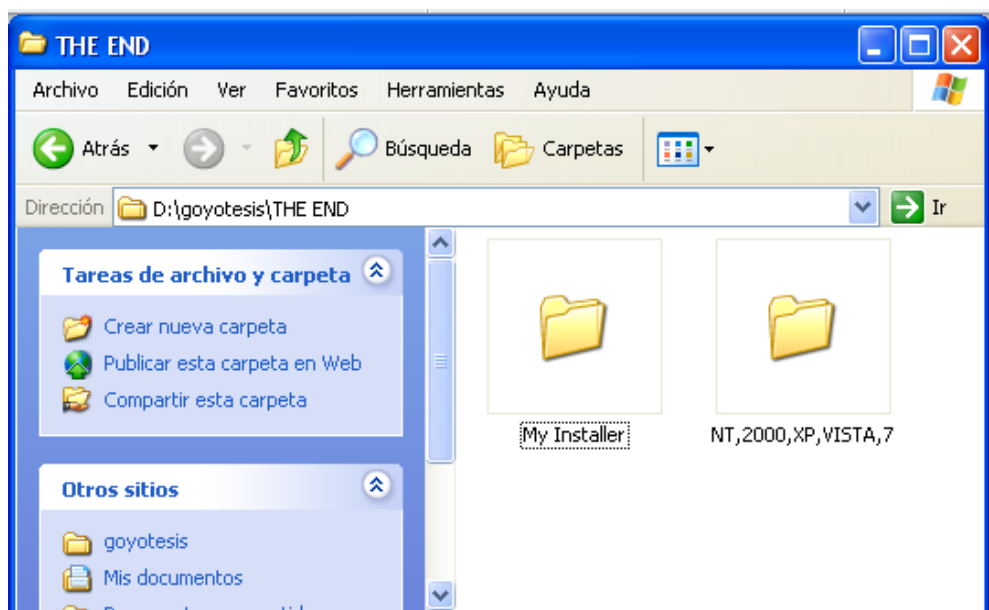
**Caja de control.**- En esta caja se encuentran ubicadas las placas electrónicas, en las que esta simulado las señales de los sensores, la alimentación de la ECU y la de comunicación. También está la fuente de poder que alimenta al relé de la bomba, ECU y placas.

**Cable USB.**- Este cable está conectado con la placa de comunicación de los placas de señales y está en dispositivo nos servirá para lo comunicación entre el tablero y la interface.

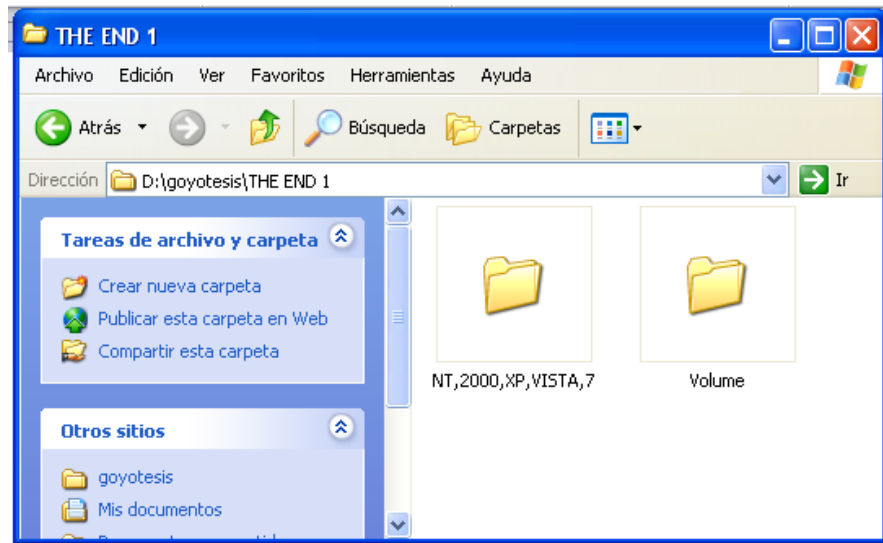
## INSTALACIÓN DE LA INTERFACE DE CONTROL DEL SISTEMA

La instalación de este programa de control MULTEC del tablero didáctico es muy sencilla como cualquier otro programa.

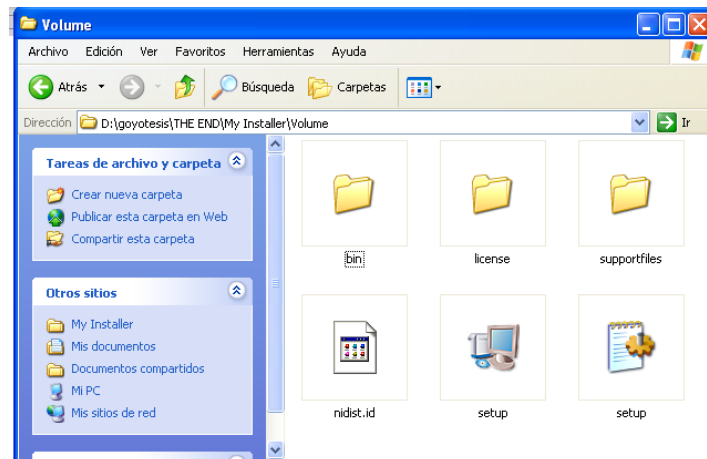
1. Introducir el disco que contiene el SETUP.
2. Abrir la capeta MY INSTALLER.



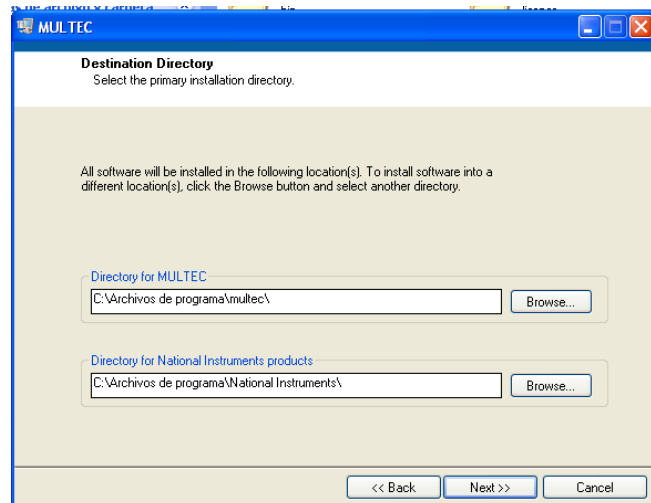
3. Abrir la carpeta VOLUME.



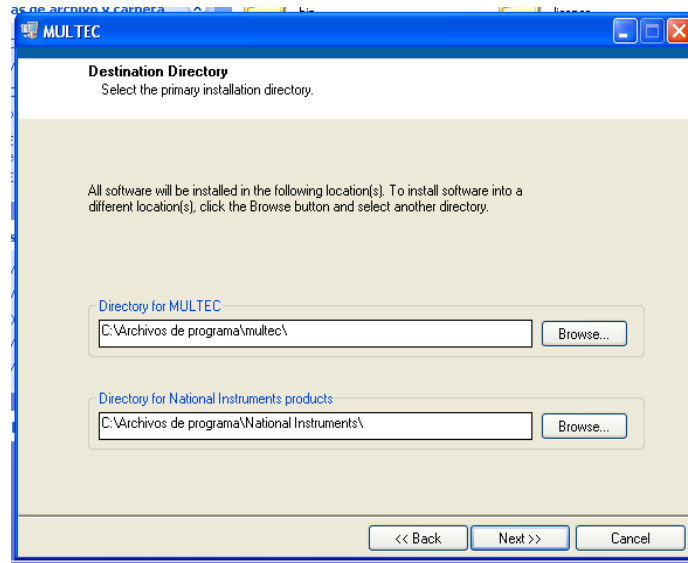
4. Doble click en SETUP.



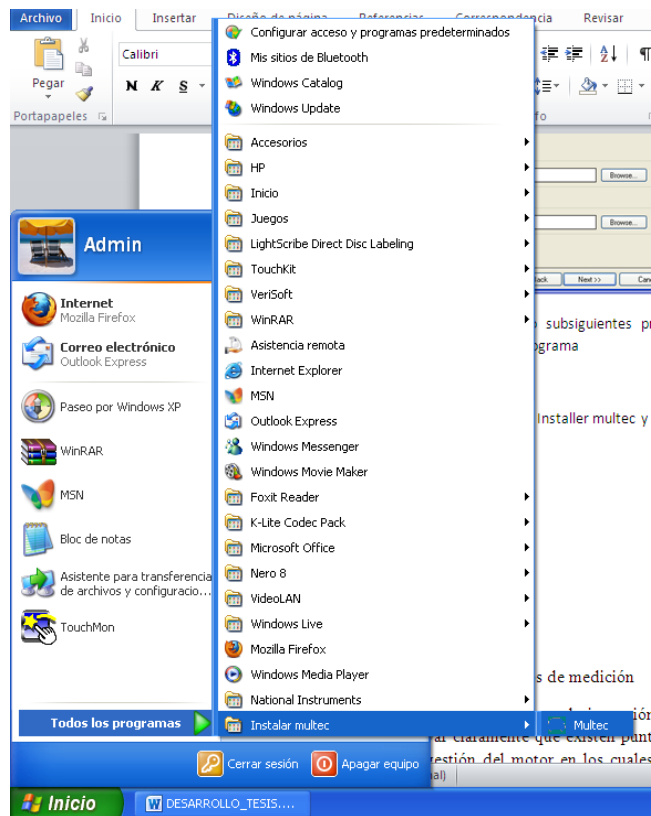
5. Damos click en NEXT.



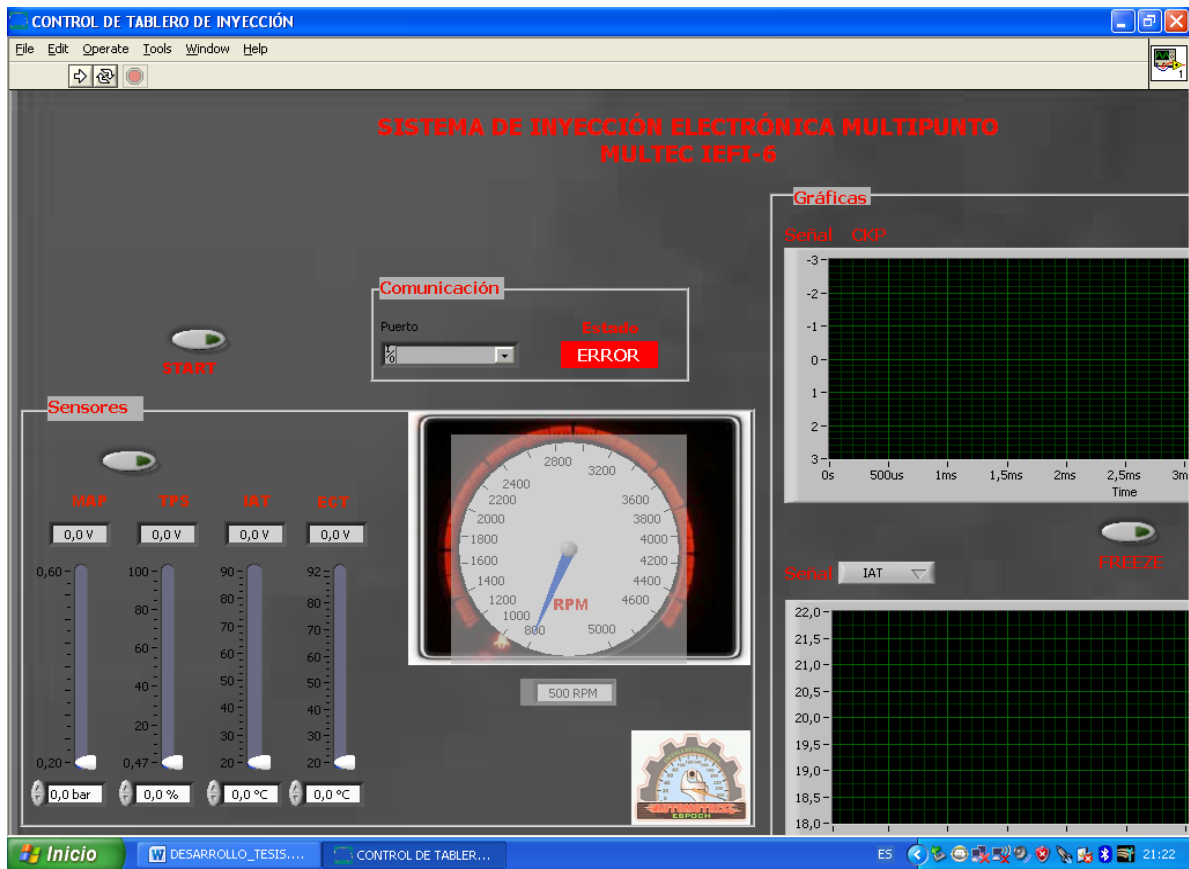
6. Seleccionamos I accept the license agreement(s) y presionamos Next.



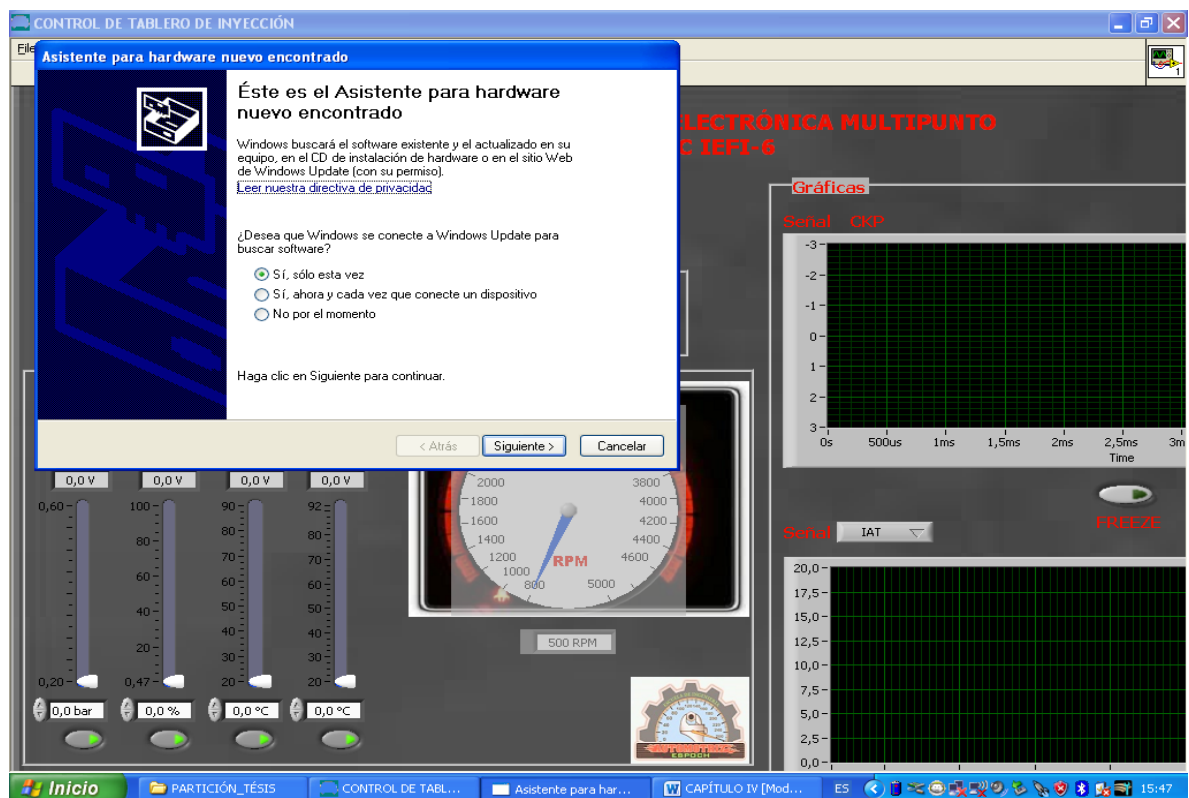
7. En todos los cuadros de diálogo subsiguientes presionamos Next y esperamos un instante hasta que se instale el programa.
8. Damos click en FINISH.
9. Buscamos en todos los programas Installer multtec y luego MULTTEC.



10. Luego se abra el programa.

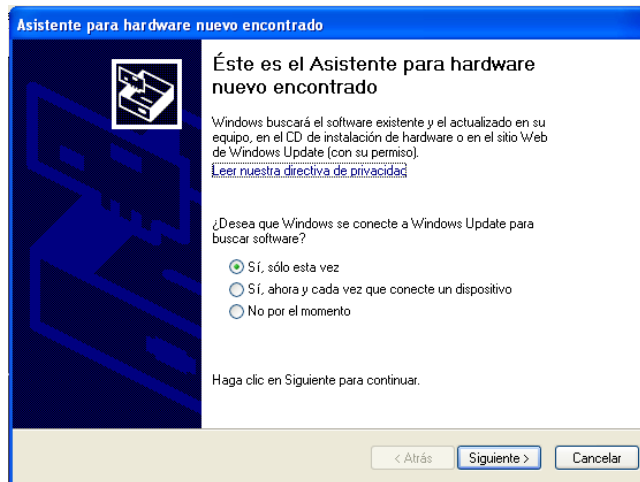


11. Conectar el cable USB y sale un cuadro de diálogo.

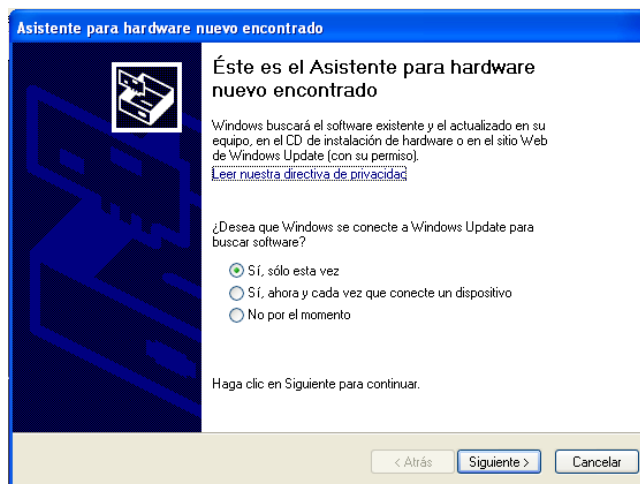




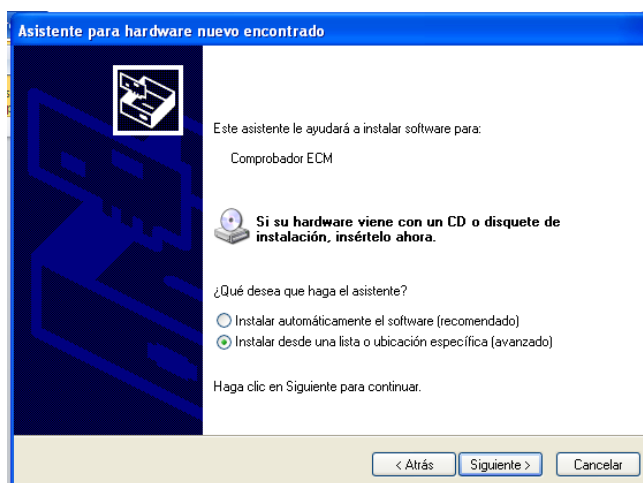
12. Conectado el cable USB y observar el cuadro de Asistente para Hardware nuevo encontrado.



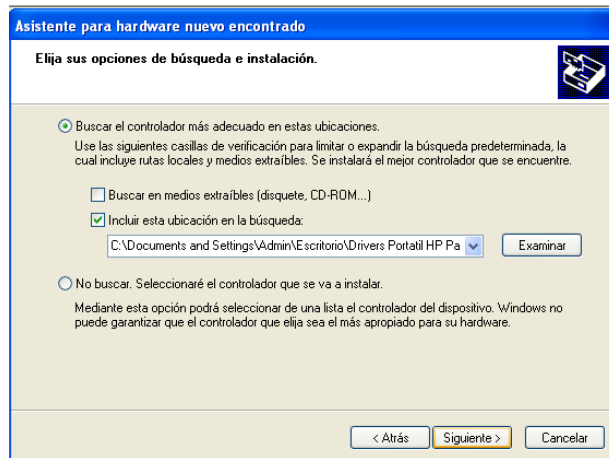
13. Seleccionar la opción si, solo esta vez y siguiente.



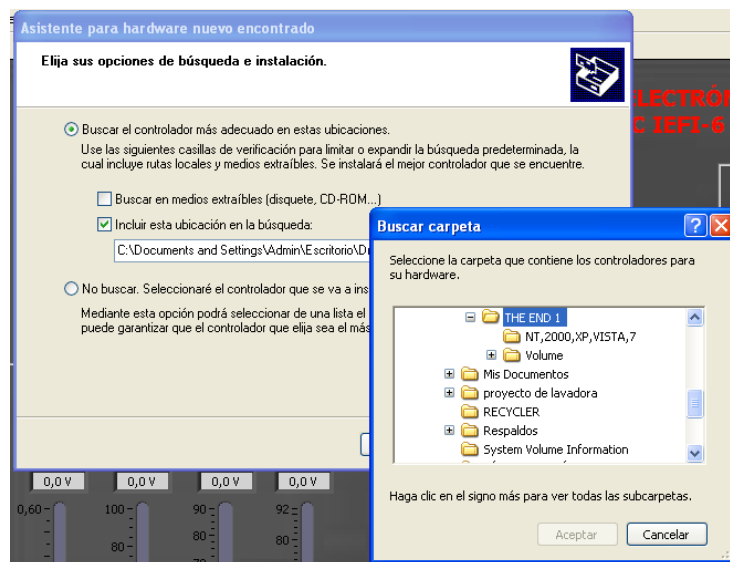
14. Seleccionar la opción, Instalar desde una lista o ubicación específica (avanzado).



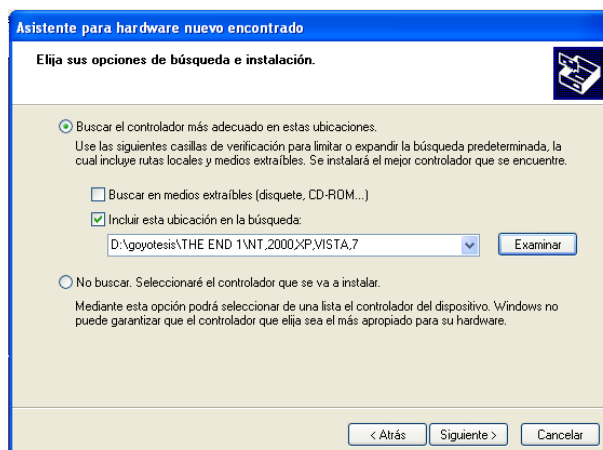
15. Seleccionar la opción Examinar y luego siguiente.



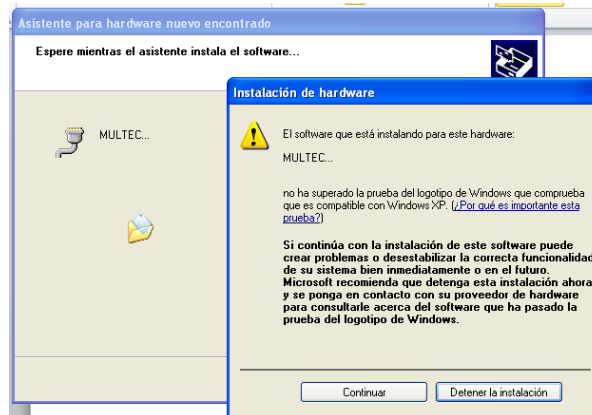
16. Buscar la ubicación de la carpeta NT,2000,XP,VISTA,7 que se encuentra en el disco de instalación y aceptar.



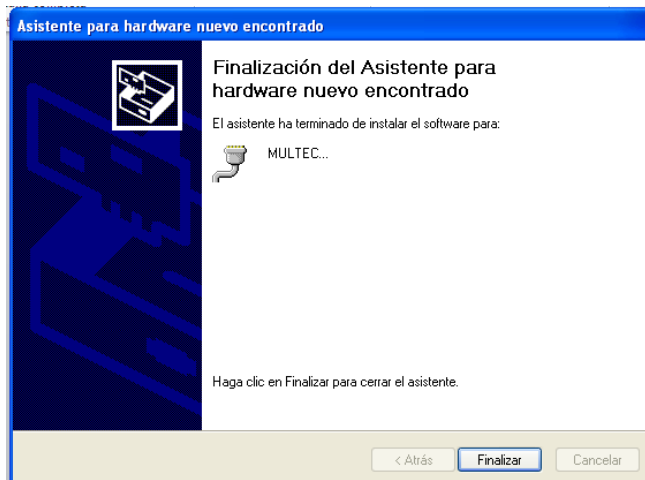
17. Mostrado la ubicación ponemos siguiente.



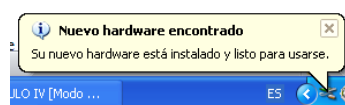
18. En el siguiente cuadro de diálogo seleccionamos continuar.



19. Seleccionamos Finalizar.



20. Luego sale la opción de nuevo Hardware encontrado.

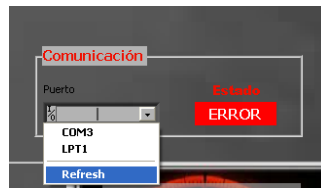


## MANEJO DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL TABLERO DIDÁCTICO DE INYECCIÓN

1. Asignar puerto en el recuadro de comunicación.



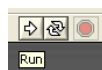
2. Refrescar el puerto con un click en Refresh.



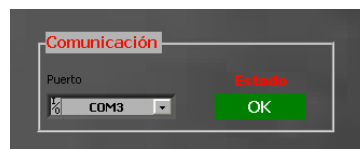
3. Seleccionamos el puerto en el que está conectado el cable USB que siempre será diferente ya que cada puerto tiene su denominación (Ejemplo).



4. Iniciar el programa MULTEC con un click en RUN.



5. La comunicación de la interface y el tablero será OK.



6. Iniciar el control del tablero didáctico con un click en el botón START y empezara la inyección de combustible por los inyectores.

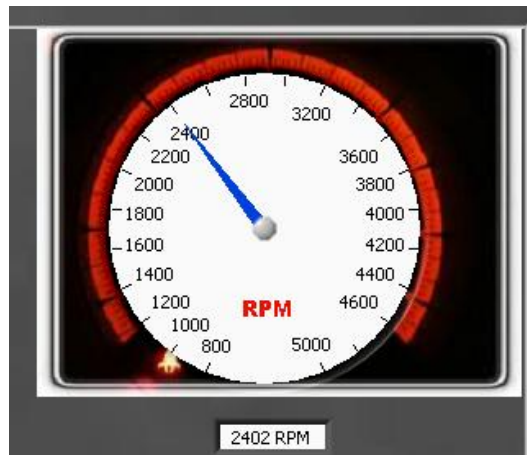


APAGADO

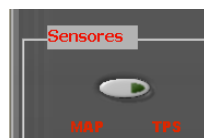


ENCENDIDO

7. Simulamos el aumento de las revoluciones o señal del CKP con el mouse en el reloj de RPM o escribimos en el recuadro de abajo las RPM que deseamos.



8. Para que interactúen los sensores CKP, MAP y TPS con el botón ubicado en el recuadro de sensores.

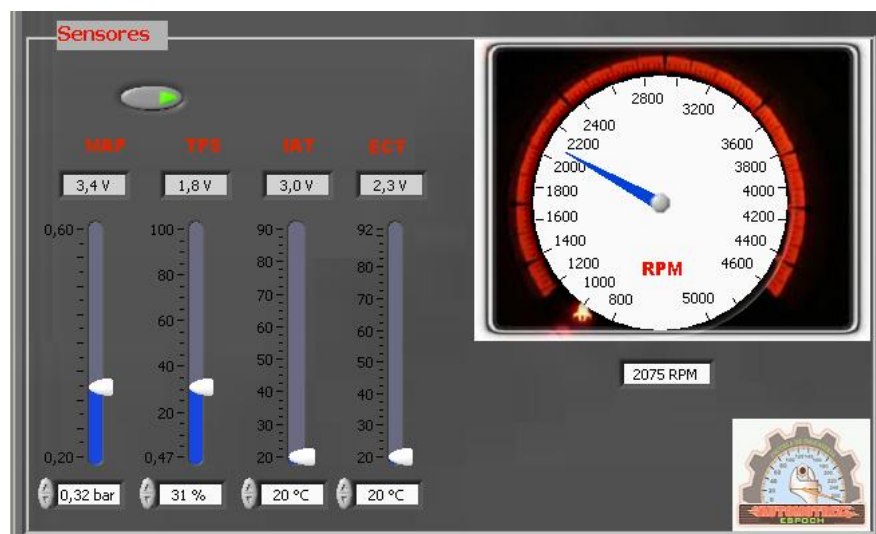


APAGADO

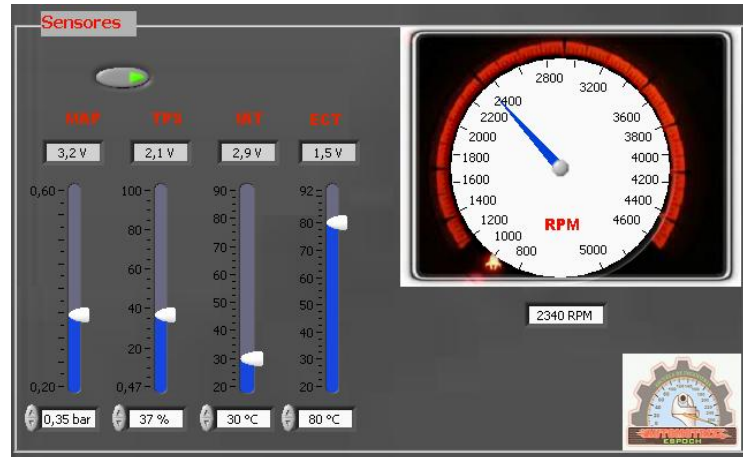


ENCENDIDO

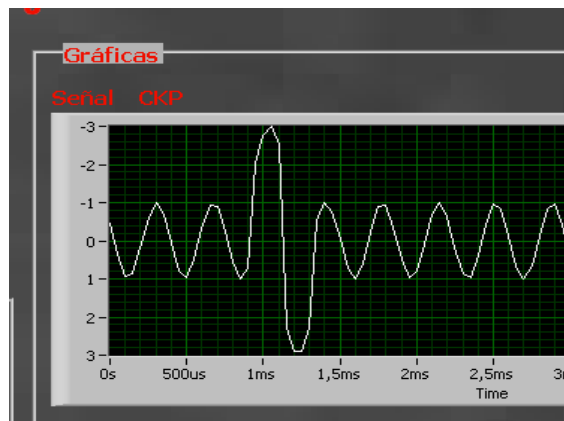
9. Elevamos las RPM y observamos la interacción de los sensores y el afinamiento en la inyección de combustible.



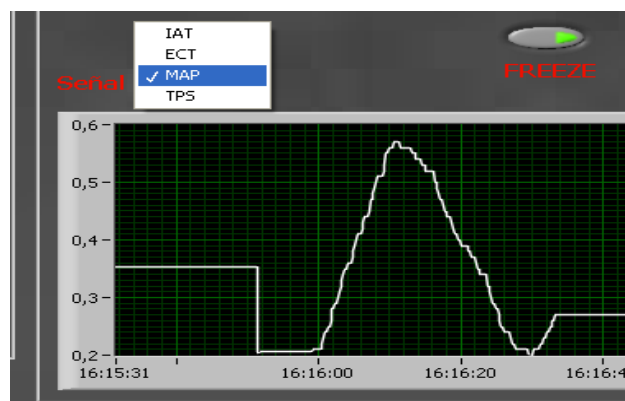
10. En el recuadro de los sensores podremos modificar los valores de los mismos y también podremos observar los valores de voltaje y también que mide cada uno de los sensores.



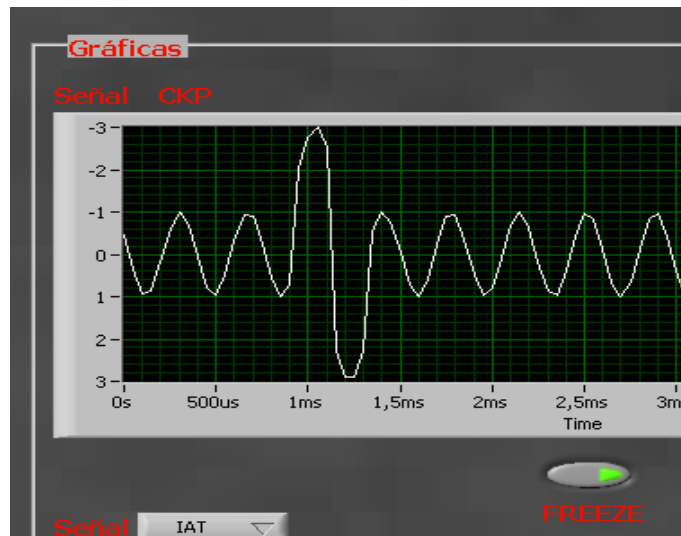
11. En el recuadro de las gráficas podemos observar dos visores de gráficas:
- En el primero observamos la onda característica del CKP y como aumenta las ondas a medida que aumenta la frecuencia a medida que aumenta las RPM.



- En el segundo podemos escoger la gráfica del sensor que deseamos ver.



12. Podemos congelar la gráfica de CKP para observar el diente perdido con el boton FREEZE.



13. Detenemos el control del tablero didáctico con el botón START.



APAGADO



ENCENDIDO

14. Detenemos el programa con un click en el botón STOP.



NOTA: Para cambiar de puerto USB, primero dar click en el botón STOP.

### 4.3. Guía de laboratorio

Las guías de laboratorio son muy útiles, ya que gracias a estas el estudiante podrá saber los procedimientos a seguir en sus diferentes prácticas, porque fueron desarrolladas con pruebas y calibraciones al tablero; sobre todo servirá de gran ayuda para que no causen ningún tipo de avería en el tablero didáctico.

## GUÍA DE LABORATORIO INYECCIÓN ELECTRÓNICA

### GUÍA N° 1

#### TEMA

“Reconocimiento del sistema de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6 y su funcionamiento”.

#### OBJETIVOS

- ✓ Identificar los componentes del tablero de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6.
- ✓ Observar el funcionamiento del tablero de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6.

#### HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- ✓ Computadora (portátil y/o mesa).
- ✓ Multímetro automotriz.

#### REVISIÓN TEÓRICA

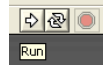
- Sistema de inyección MULTEC IEFI-6.
- Manual de usuario del tablero didáctico.

#### PROCEDIMIENTO

- ✓ Abrir el interface MULTEC.
- ✓ Conectar la fuente de alimentación del tablero didáctico (110 V).
- ✓ Conectar el cable USB de control del tablero al puerto de la computadora.
- ✓ Encender la fuente de alimentación del tablero.



- ✓ En el recuadro de comunicación asignar puerto.
- ✓ Iniciar el programa MULTEC con un click en RUN.



- ✓ Dar click en el boton START para el inicio del cotrol del tablero didàctico.
- ✓ Observar el funcionamiento del sistema en el tablero.
- ✓ Fijarse en la activación de los actuadores (Relé, Bomba de combustible, IAC e Inyectores).
- ✓ Reconocer los sensores principales de gestión del motor.
- ✓ Revisar el diagrama eléctrico (ver figura) de los sensores y actuadores en el tablero.

**NOTA:** Para cambiar de puerto USB, primero dar click en el botón STOP.

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

.....

.....

**CONCLUSIONES**

.....

.....

.....

## GUÍA DE LABORATORIO INYECCIÓN ELECTRÓNICA

### GUÍA N° 2

#### TEMA

“Medición de voltajes en los sensores de gestión del motor a diferentes RPM y obtención de gráficas de sensores e inyectores”.

#### OBJETIVOS

- ✓ Medir voltajes de todos los sensores de gestión del motor: CKP, TPS, MAP, IAT y ECT.
- ✓ Obtener las gráficas de la forma de onda de los sensores CKP, TPS, MAP, IAT y ECT
- ✓ Obtener la gráfica de forma de onda de los inyectores.

#### HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- ✓ Computadora (portátil y/o mesa).
- ✓ Multímetro automotriz.
- ✓ Osciloscopio automotriz, mínimo de 2 canales.
- ✓ Tester de inyectores.

#### REVISIÓN TEÓRICA

- ✓ Sensores y actuadores.

#### PROCEDIMIENTO

- ✓ Conectar las puntas del multímetro en los puntos de medición de los sensores en el borne negro el negativo y en el borne rojo la señal (TPS y MAP borne del medio).
- ✓ Tomar los datos de voltaje de cada uno de los sensores.

SENSORES	REVOLUCIONES POR MINUTO			
	800	1500	2500	3500
	V	V	V	V
<b>TPS</b>				
<b>MAP</b>				
	TEMPERATURAS			
	T° AMBIENTE		T° DE FUNCIONAMIENTO	
<b>IAT</b>	20°C		35°C	
<b>ECT</b>	20°C		85°C	

- ✓ Conectar las puntas del osciloscopio en los puntos de medición de los sensores y dibujar la forma de onda.

SENSORES	ESTADO	GRÁFICA
<b>CKP</b>	En ralentí En 2500 rpm	
<b>TPS</b>	Mueva la perilla de control en la interface de mínimo a máximo	
<b>MAP</b>	Mueva la perilla de control en la interface de mínimo a máximo	
<b>IAT</b>	Mueva la perilla de control en la interface de mínimo a máximo	
<b>ECT</b>	Mueva la perilla de control en la interface de mínimo a máximo	

- ✓ Conectar las puntas del osciloscopio en el conector de cada uno de los inyectores y dibujar la forma de onda.

Forma de onda a 1500 rpm	Forma de onda a 2500 rpm

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

.....

.....

### **CONCLUSIONES**

.....

.....

.....

## GUÍA DE LABORATORIO INYECCIÓN ELECTRÓNICA

### GUÍA N° 3

#### TEMA

“Funcionamiento del tablero en modo de falla”.

#### OBJETIVOS

- ✓ Observar el funcionamiento del tablero de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6.
- ✓ Hacer funcionar el tablero en modo de falla.

#### HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- ✓ Computadora (portátil y/o mesa).
- ✓ Multímetro automotriz.

#### REVISIÓN TEÓRICA

- Fallas del sistema.

#### PROCEDIMIENTO

- ✓ Hacer funcionar el tablero en 800 rpm.
- ✓ Pulsar el botón de interacción de los sensores MAP y TPS.
- ✓ Elevar la rpm a 3500 y observar la inyección de combustible.
- ✓ Medir voltajes de los sensores.

SENSORES	VOLTAJE
TPS	
MAP	
IAT 35°C	
ECT 85°C	

- ✓ Cortar la señal del sensor MAP con un click en el pulsador que se encuentra en la parte inferior de la perrilla de control de este sensor.
- ✓ Medir en el punto de medición del sensor MAP.  
VOLTAJE.....
- ✓ Enviar la señal del sensor MAP con un click en el pulsador de corte de señal.
- ✓ Medir en el punto de medición del sensor MAP.  
VOLTAJE.....
- ✓ Observar como disminuye el tiempo de inyección en los inyectores y en los leds de los inyectores.
- ✓ Enviar la señal del sensor MAP con un click en el pulsador que se encuentra en la parte inferior de la perrilla de control de este sensor.
- ✓ Esperar que se establezca la inyección por un periodo de 1 minuto.
- ✓ Cortar la señal del sensor TPS con un click en el pulsador que se encuentra en la parte inferior de la perrilla de control de este sensor.
- ✓ Medir en el punto de medición del sensor TPS.  
VOLTAJE.....
- ✓ Enviar la señal del sensor TPS con un click en el pulsador de corte de señal.
- ✓ Medir en el punto de medición del sensor TPS.  
VOLTAJE.....
- ✓ Observar la modificación en el tiempo de inyección en los inyectores y en los leds de los inyectores.
- ✓ Enviar la señal del sensor TPS con un click en el pulsador que se encuentra en la parte inferior de la perrilla de control de este sensor.
- ✓ Cortar la señal del sensor IAT con un click en el pulsador que se encuentra en la parte inferior de la perrilla de control de este sensor.

- ✓ Medir en el punto de medición del sensor IAT si llega señal.

VOLTAJE.....

- ✓ Enviar la señal del sensor IAT con un click en el pulsador de corte de señal.

- ✓ Medir en el punto de medición del sensor IAT si llega señal.

VOLTAJE.....

- ✓ Cortar la señal del sensor ECT con un click en el pulsador que se encuentra en la parte inferior de la perrilla de control de este sensor.

- ✓ Medir en el punto de medición del sensor ECT.

VOLTAJE.....

- ✓ Enviar la señal del sensor ECT con un click en el pulsador de corte de señal.

- ✓ Medir en el punto de medición del sensor ECT.

VOLTAJE.....

- ✓ Dejar funcionar el tablero por un periodo de tiempo de un minuto hasta que se estabilice el tiempo de inyección.

- ✓ Disminuir las revoluciones a 800 rpm.

- ✓ Apagar el equipo y desconectar.

**NOTA:** No existirá variaciones considerables en el tiempo de inyección con la variación de los sensores de temperatura por lo tanto no será visible en los inyectores ni en los leds de los inyectores.

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

.....

**CONCLUSIONES**

.....

.....

#### **4.5. Identificación de los puntos de medición**

En nuestro tablero didáctico del sistema de inyección electrónico multipunto MULTEC IEFI-6 se puede observar claramente que existen puntos de medición enumerados de todos los sensores de gestión del motor en los cuales se podrá realizar las diferentes mediciones de voltaje como: la alimentación, señal y tierra de los sensores; así como se podrá sacar las ondas con el osciloscopio.

Tomando en cuenta que en el sensor CKP hay variaciones de voltaje positivo y negativo solo se podrá observar las ondas producidas por este sensor y la señal que transmite en este caso el diente perdido, ósea, la ubicación del primer pistón en el punto muerto superior en el tiempo de compresión.

También tómese en cuenta que se puede desmontar el conector de los inyectores y tendremos un punto de medición de voltaje y por lo tanto también se podrá conectar el osciloscopio y observar pulso de activación del mismo

#### **4.6. Observaciones**

El tablero didáctico de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6 debe ser utilizado exclusivamente para los fines creados, ósea, para dar instrucciones didácticas y prácticas de inyección de combustible específicamente del sistema MULTEC

Tomar en cuenta todas las recomendaciones que se las ha explicado en el manual del usuario y cumplir con los mantenimientos estipulados

#### **4.7. Mantenimiento del tablero**

El tablero didáctico de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6 se puede considerar de bajo mantenimiento, sin embargo debe ser sometido a inspecciones periódicas,



en sus elementos visibles tales como los inyectores, ECU, bornes de medición, conexiones y líneas de combustible

- Se recomienda revisar posibles fugas de combustible en las líneas de combustible de alimentación y retorno.
- Después de cada practica se debe vaciar el combustible del depósito ya que este fluido se degrada con el tiempo
- Se podrá vaciar el combustible ya que está sujeta con una correa desmontable.
- Revisar periódicamente toda las conexiones posibles.
- Limpiar con una franela el tablero después de cada práctica de laboratorio.

**NOTA:** No dejar que se riegue ningún tipo de fluido en la superficie que es designado para ubicar los equipos y/o herramientas ya que podría hacer contacto con la caja de control en el cual esta almacenada circuitos eléctricos y podrían producirse una sobrecarga y producirse una avería considerable y dejar inusable al tablero.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Una vez analizado el tablero didáctico de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6 se ha llegado a la conclusión que se ha cumplido con el objetivo principal de la implementación del tablero didáctico con un resultado satisfactorio, para que los estudiantes tengan una formación íntegra en sus conocimientos teóricos – prácticos, en la Escuela de Ingeniería Automotriz

Se ha estudiado y analizado la introducción a los sistemas de inyección electrónica de combustible y se ha reforzado la base teórica, con lo cual se ha cumplido este objetivo

Realizadas las pruebas, calibraciones y evaluaciones del sistema de inyección electrónica multipunto MULTEC IEFI-6, se realizó las guías de laboratorio para la optimización del uso del equipo, con lo cual los estudiantes se familiarizaran mediante prácticas con este tipo de sistema de inyección electrónica

Tomando en cuenta la función del tablero se realizó un plan de mantenimiento que consiste en pocos pasos, ya que requiere bajo nivel de mantenimiento.

#### 5.2. Recomendaciones

Se recomienda que antes de hacer funcionar el tablero didáctico se debe leer todos las instrucciones que se detallan minuciosamente en el manual de Usuario.

Para realizar las prácticas de laboratorio los estudiantes deberá seguir estrictamente el proceso indicado en las guías de laboratorio, nunca experimentar sin

la autorización del instructor ya que podrían producir alguna avería al tablero didáctico.

Se recomienda cumplir con todos los parámetros estipulados en el plan de mantenimiento del tablero didáctico, ya que esto alargaría su vida útil.

Se recomienda utilizar el tablero solo para los fines creados, esto se detallan ampliamente en los capítulos anteriores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://es.scribd.com/doc/34481882/Manual-Inyeccion-Electronic-A-1ra-Parte>
- [2] **BOSCH**, Sistema de inyección electrónica: Digital
- [3] **SANTANDER**, Jesús. Mecánica y Electrónica Automotriz. Colombia: Diseli, 2005. Pág. 765
- [4] **OROZCO**, José. Diagnóstico y Servicio de Inyección Electrónica, México: Digital Comunicación, 2006. Pág. 26-29
- [5] **AUTORES**, Segundo Delgado y Carlos Sánchez
- [6] <http://www.automotriz.net/tecnica/sensor-de-oxigeno.html>
- [7] <http://testengineargentina.blogspot.com/2007/04/inyectores-diferentes-tipos.html>
- [8] <http://www.bosch.com.co/divisiones/pdf/FolletoInyeccionBosch.pdf>
- [9] Apuntes e Información de 9vo Semestre, Inyección Electrónica

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, José Manuel. Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 10ª Edición, España 2004
- ALONSO, José Manuel. Técnicas del Automóvil: Inyección de Gasolina y Dispositivos Anticontaminación, 2ª edición, España 2003
- ARIAS PAZ, Manuel. Manual de Automóvil, edición 54ª, editorial Cie 2001
- ÁGUEDA Eduardo, Fundamentos Tecnológicos del automóvil, Montytexto, España 2002
- CROUSE, William. Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil, 6ª edición, Alfaomega Colombia 2001
- GIL, Hermógenes. Manual Práctico del automóvil, editorial CULTURAL s.a.
- GIL, Hermógenes. Circuitos eléctricos en el Automóvil, Ceac 2002
- GIL, Hermógenes. Manual del automóvil, Ceac, 2003
- GIL, Hermógenes. Sistema de inyección de gasolina, editorial Ceac 2002
- SANTANDER, Jesús. Mecánica y Electrónica Automotriz, tomo 3, Colombia: Diseli

## LINKOGRAFÍA

### SENSOR DE OXÍGENO

<http://www.automotriz.net/tecnica/sensor-de-oxigeno.html>

2011/02/12

### TIPO DE INYECTORES

<http://testengineargentina.blogspot.com/2007/04/inyectores-diferentes-tipos.html>

2011/02/20

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR DE INYECCIÓN

<http://electronicatecnoparque.blogspot.com/2010/06/disenio-e-implementacion-de-un-simulador.html>

2011/06/07

### INYECCIÓN ELECTRÓNICA BOSCH

<http://www.bosch.com.co/divisiones/pdf/FolletoInyeccionBosch.pdf>

2011/08/15

### PROGRAMA LabVIEW

<http://qtcorregido.galeon.com/LabVIEW.htm>

2011/09/12