



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

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PANEL DIDÁCTICO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA, EN  
MOTORES DE GASOLINA, EN LA ESCUELA DE MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Oscar René Dubón Alvarado**

Asesorado por el Ing. Rubén Enrique Pérez Mazariegos

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PANEL DIDÁCTICO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA, EN  
MOTORES DE GASOLINA, EN LA ESCUELA DE MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**OSCAR RENÉ DUBÓN ALVARADO**

ASESORADO POR EL ING. RUBÉN ENRIQUE PÉREZ MAZARIEGOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Mirian Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PANEL DIDÁCTICO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA, EN MOTORES DE GASOLINA, EN LA ESCUELA DE MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 7 de febrero de 2007.



**Oscar René Dubón Alvarado**

Guatemala 01 de Abril, del 2012

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador de Área  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Respetable Ing. Guzmán.

De la manera más atenta me dirijo a usted deseándole éxitos es sus labores.

El motivo por el cual me dirijo a usted es para presentarle el informe del trabajo de graduación del estudiante universitario: Oscar Rene Dubón Alvarado, que se identifica con carné 93-12069, titulado "DISEÑO Y ELABORACION DE UN PANEL DIDACTICO DE INYECCION ELECTRONICA, EN MOTORES DE GASOLINA, EN LA ESCUELA DE MECANICA FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA". Mismo que tuve a bien revisar y asesorar a solicitud del interesado el cual pongo a su disposición para darle el visto bueno y así continuar con los tramites respectivos.

Agradeciendo de antemano su atención brindada me suscribo muy atentamente



f.) \_\_\_\_\_

**Ruben Pérez Mazariegos**  
Ing. Electricista Col. 2001

Ing. Rubén Enrique Pérez Mazariegos

Colegiado: 2001

**Ruben Pérez Mazariegos**  
Ing. Electricista Col. 2001



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME- 54. 2012.

Guatemala, 4 de OCTUBRE 2012.

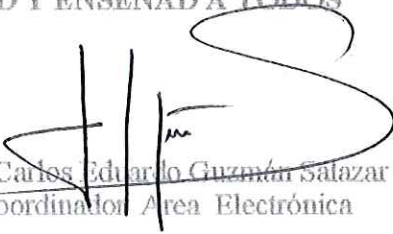
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
"DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PANEL DIDÁCTICO DE  
INYECCIÓN ELECTRÓNICA, EN MOTORES DE GASOLINA,  
EN LA ESCUELA DE MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERIA,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", del  
estudiante Oscar René Dubón Alvarado, que cumple con los  
requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
DISEÑO Y ENSEÑANZA A TODOS

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador Área Electrónica



FJGL/sro



REF. EIME 58. 2012.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; OSCAR RENÉ DUBÓN ALVARADO titulado: "DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PANEL DIDÁCTICO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA EN MOTORES DE GASOLINA, EN LA ESCUELA DE MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero

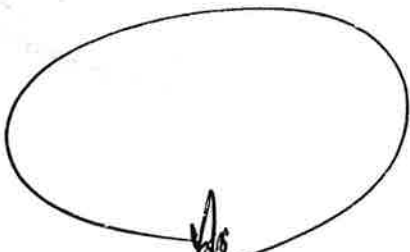



GUATEMALA, 24 DE OCTUBRE 2012.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PANEL DIDÁCTICO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA, EN MOTORES DE GASOLINA, EN LA ESCUELA DE MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar René Dubón Alvarado**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Ollympo Paiz Recinos  
Decano  


Guatemala, 15 de abril de 2013

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme entendimiento, salud, y sobre todo fuerzas en los momentos más difíciles de mi vida, y a quien dedico toda gloria.
- Mis padres** Oscar Rene Dubón Vásquez. Lugilía Florencia Alvarado Mazariegos, por su amor y apoyo que me han brindado desde mi nacimiento hasta hoy y especialmente el esfuerzo que han dado para alcanzar la meta, que les dedico con gratitud.
- Mis hermanos** Hernán, Erick, Virginia, Augusto, Walter, Josué Dubón Alvarado, por su apoyo, esfuerzo, entusiasmo, amor y ejemplo.
- Mi esposa** Norma Marroquín de Dubón, por su amor, comprensión y apoyo emocional.
- Mis hijos** Karen, Ericka, Fabio, Shophia Dubón Marroquín, por ser ángeles a mi vida.
- Mis tías** Lorenza Alvarado, Concepción Alvarado (q.e.p.d.), por el apoyo recibido.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Ing. Renzo Diluca</b>  | Por su gran ayuda, entre otras cosas.   |
| <b>Ing. Rubén Pérez</b>   | Por su dedicación y apoyo para la finalización de este proyecto.  |
| <b>Mis compañeros</b>     | Por compartir grandes momentos.   |
| <b>Todas las personas</b> | Que siempre me han demostrado su amistad y sabios consejos, que de alguna manera, colaboraron en la elaboración de este proyecto. |

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA.....	1
1.1. Principio de funcionamiento de la unidad de control electrónico (ECU) .....	1
1.2. Señales de entrada y salida .....	4
1.3. Entrega de combustible.....	4
1.4. Sistema de inyección de combustible multi punto ( MPFI) ..	5
1.5. Esquema general.....	7
2. SISTEMA DE ENCENDIDO .....	11
2.1. Componentes.....	11
2.2. Diagrama eléctrico.....	13
3. SISTEMA DE INYECCIÓN .....	21
3.1. Componentes.....	21
3.2. Esquema de cableado.....	36

4.	PANEL DIDÁCTICO DE SIMULACIÓN .....	39
4.1.	Diagnóstico de a bordo (OBD).....	39
4.2.	Presión de combustible.....	42
4.3.	Temperatura del aire de admisión (IAT).....	43
4.4.	Presión absoluta del múltiple de admisión (MAP).....	45
4.5.	Temperatura del agua de enfriamiento (ECT).....	46
4.6.	Sensor de oxígeno.....	47
4.7.	Sensor posición de mariposa (TPS).....	49
	CONCLUSIONES .....	51
	RECOMENDACIONES .....	53
	BIBLIOGRAFÍA .....	55

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Procesamiento de señales en la unidad de control.....	3
2.	Esquema de inyección electrónica.....	9
3.	Esquema de conexión batería, transformador.....	14
4.	Esquema de funcionamiento de un distribuidor.....	16
5.	Esquema de un sistema de encendido sin distribuidor.....	17
6.	Esquema de bloques de encendido electrónico.....	19
7.	Bomba de gasolina.....	22
8.	Regulador de presión.....	24
9.	Filtro de combustible.....	24
10.	Pre filtro.....	25
11.	Sonda lambda.....	26
12.	Inyector.....	28
13.	Unidad de comando electrónico (ECU).....	29
14.	Medidor de flujo de aire.....	29
15.	Medidor de masa de aire.....	30
16.	Actuador de marcha ralentí.....	30
17.	Accionador de aire.....	31
18.	Sensor de temperatura del motor.....	32
19.	Potenciómetro de mariposa de la aceleración.....	32
20.	Interruptor de mariposa de la aceleración.....	33
21.	Relé.....	34
22.	Válvula de ventilación del tanque de combustible.....	35
23.	Bujía de encendido.....	36

24.	Esquema de flujo de combustible y aire de admisión.....	37
25.	Panel didáctico.....	43

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>kV</b>	Abreviatura de kilovoltio
<b>RPM</b>	Abreviatura de revoluciones por minuto
<b>A</b>	Amperios
<b>Off</b>	Apagado
<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>DC</b>	Corriente directa
<b>DTC</b>	Data Trouble Code (código de diagnóstico del problema)
<b>On</b>	Encendido
<b>ECT</b>	Engine coolant temperature (temperatura del refrigerante del motor)
<b>Input</b>	Entrada
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minuto
<b>seg</b>	Segundos
<b>DIS</b>	Sistema de ignición
<b>TPS</b>	Throttle Position Sensor (sensor de posición del acelerador)
<b>ECU</b>	Unidad de comando electrónico
<b>bar</b>	Unidad de presión usado en el sistema cegesimal dina cm <sup>2</sup>
<b>V</b>	Voltaje





## GLOSARIO

<b>Actuador</b>	Dispositivo electromecánico capaz de realizar una acción definida, en base de una señal eléctrica de control.
<b>Arco eléctrico</b>	Descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de voltaje y colocados en una atmosfera gaseosa enrarecida, normalmente bajo presión o al aire libre.
<b>Cánister</b>	Electro válvula de ventilación del tanque de combustible, está unido al colector de admisión.
<b>Check engine</b>	En español (revisar falla de motor), existen distintas fallas tanto menores como de consideración que pueden hacer que se encienda la lámpara indicadora de falla, por ejemplo, falla del sensor de oxígeno, mezcla de aire-gasolina equivocada, sensor de temperatura dañado o cualquier otra falla que afecte el desempeño del motor o la emisión de gases al medio ambiente.
<b>Combustión</b>	Es una reacción química en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de calor y luz. En toda combustión existe un elemento que arde y se denomina (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), generalmente oxígeno en forma de O <sub>2</sub> gaseoso.

<b>Eeprom</b>	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (memoria de lectura programable y borrrable sólo eléctricamente).
<b>Electrodo</b>	Conductor a través del cual entra o sale una corriente eléctrica de un dispositivo o un sistema.
<b>Feprom</b>	Flash Erasable Programmable Read Only Memory (memoria rápida de lectura programable y borrrable).
<b>Iat</b>	Intake Air Temperature (temperatura del aire de admisión).
<b>Inyección electrónica</b>	Sistema de alimentación de combustible que reemplaza al carburador y que comandado por una computadora mejora la relación aire-combustible, para cada una de las necesidades del motor, consiguiendo aumentar la potencia con un menor consumo.
<b>Inyector</b>	Dispositivo electromecánico utilizado para dosificar fluidos. Utiliza un fluido a alta presión que sale por una boquilla a alta velocidad y baja presión convirtiendo su energía potencial en energía cinética.
<b>Lambda</b>	Nombre utilizado en el mando del automóvil para hacer referencia a la mezcla estequiometrica del aire-combustible.
<b>Mil</b>	Malfunction Indicator Lamp (lámpara indicadora de mala función).

<b>Map</b>	Manifold Absolute Presion (presión absoluta del colector).
<b>Maf</b>	Mass Air Flow (flujo de aire másico).
<b>Mpfi</b>	Multi Point Fuel Ignition (ignición de combustible multi punto).
<b>Output</b>	Salida.
<b>Obd</b>	On Board Diagnostic (diagnostico a bordo).
<b>Pmi</b>	Punto muerto inferior.
<b>Pms</b>	Punto muerto superior.
<b>Procesador</b>	Incorpora en su interior una unidad central de proceso (CPU) y todo un conjunto de elementos lógicos que permiten enlazar otros dispositivos como memorias y puertos de entrada y salida (I/O), formando un sistema completo para cumplir con una aplicación específica dentro del mundo real.
<b>Ralentí</b>	Marcha mínima, número de revoluciones que se ajusta al motor para mantener su funcionamiento de forma estable, aunque no esté accionado el acelerador.
<b>Ram</b>	Random Access Memory (memoria de acceso rápido)

- Sensor** Dispositivo diseñado para convertir un fenómeno físico en una señal eléctrica, como por ejemplo, convertir un valor de temperatura del refrigerante del motor de combustión interna, en una señal eléctrica proporcional al valor de la temperatura del refrigerante.
- Señal analógica** Tipo de señal que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc.
- Señal digital** Tipo de señal en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el interruptor de la luz sólo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado, o la misma lámpara: encendida o apagada.
- Sonda lambda** Elemento usado para informar al ECU que controla la inyección de combustible la cantidad de oxígeno en el escape, según los datos recibidos de la sonda, la ECU enriquece o empobrece la mezcla de aire-combustible.

## RESUMEN

La importancia primordial de hacer este trabajo de graduación es dotar a la Escuela de Mecánica de una herramienta más, que le sirva como forjadora de nuevos ingenieros, los nuevos modelos de automóviles incorporan algún sistema de inyección a sus motores, por lo cual como profesionales de la mecánica no se puede excluir de estos conocimientos.

En el capítulo I, se presenta el sistema de inyección electrónica de gasolina, su principio de funcionamiento es la unidad de control electrónico conocido como ECU. Es el elemento activo que solicita datos, controla las entradas, las salidas y el desarrollo de las operaciones para poder llevar a cabo una o varias funciones.

Al detectar cualquier avería se enciende la lámpara detectora de falla (Check Engine). La cantidad de combustible que se inyecta es en función de la masa de aire que aspira el motor y la temperatura del aire de admisión.

El sistema multipunto tiene una inyección de combustible directa en cada cilindro, comandado electrónicamente.

En el capítulo II, se presenta el sistema de encendido, se refiere al sistema necesario e independiente capaz de producir el encendido de la mezcla de combustible y aire dentro del cilindro en los motores de gasolina, consiste en energizar de alto voltaje a la bujías, directamente de la bobina de encendido.

Puede controlar el avance necesario para cada cilindro logrando un balance casi perfecto de cilindros utilizando un sistema de encendido sin distribuidor, es un sistema eficiente que reduce las emisiones nocivas y aumenta la potencia.

En el capítulo III, se presenta los componentes eléctricos más usados en un sistema de inyección electrónica, pero indudablemente varían de acuerdo al fabricante, se intentó documentar de los más comunes usados en el mercado nacional.

En el capítulo IV, se presenta el Manual de usuario del panel didáctico, consta de un PLC el cual está programado para realizar las secuencias grabadas en una ECU, las señales de entradas analógicas están representadas por potenciómetros, que dependiendo de los parámetros o señal que envíen al PLC harán que los actuadores o salidas digitales y analógicas simulen que ocurre con la inyección, y aceleración del vehículo.

El PLC cuenta con una pantalla donde se pueden observar los códigos de falla para ayudar al operador a corregir el respectivo potenciómetro y manualmente poner en punto el funcionamiento, y poder analizar que ocurre cuando una señal está variando.

# OBJETIVOS

## General

Realizar un panel didáctico de inyección electrónica en motores de gasolina.

## Específicos

1. Identificar la función de los sistemas de inyección electrónica de gasolina, de acuerdo a especificaciones técnicas de fabricantes.
2. Equiparar tipos de componentes eléctricas del motor gasolina, de acuerdo a su función.





## INTRODUCCIÓN

Los inicios de la inyección de gasolina en los motores de encendido por chispa se remonta a los años de la Segunda Guerra Mundial y su primera aplicación fue en los motores de aviación.

La necesidad de motores potentes y ligeros, de mayor fiabilidad del sistema de carburación, y menor consumo, que permitieran aumentar la autonomía del avión, fueron los incentivos que fomentaron la investigación hacia los sistemas de inyección de combustible y su posterior incorporación a los motores de encendido por chispa. Se tomaron como modelo los motores Diesel porque en ellos se obtenía y se sigue obteniendo un consumo específico de combustible notablemente reducido en comparación con los motores de carburador. Esta ventaja en el consumo de los motores Diesel es debida, en parte al sistema de inyección.

En Alemania, Bosch preparó un sistema de inyección de gasolina con funcionamiento mecánico parecido al empleado en los motores Diesel. En Estados Unidos, Bendix y Stromberg fabricaron el carburador de inyección en el que, en función de la depresión creada dentro del conducto de admisión, se inyectaba de manera continua un chorro de gasolina por debajo de su difusor: el caudal lo regulaba la depresión del difusor y podía, además, ser regulado manualmente.

Posteriormente se introdujeron ambos sistemas en los motores de los automóviles pero, debido a su elevado coste, sólo se hizo en modelos de la gama alta como Mercedes 300 SL (1953-54) o el Chevrolet Corvette (1958).

Con la crisis del petróleo en los años setenta, la inyección de gasolina tomo un nuevo auge gracias a la electrónica; el descenso de coste y tamaño de los componentes electrónicos favorecieron su incorporación en las funciones de control del motor, extendiéndose a gran número de modelos de automóviles y generando una demanda de personal especializado en el mantenimiento de estos motores.

Esta investigación describirá detalladamente y de forma sencilla, el sistema MPFI, (los sistemas MPFI tienen un inyector para cada cilindro o pistón), los componentes que los forman y su funcionamiento.

Asimismo se encontrará un diseño didáctico que representa el funcionamiento real.

# **1. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA**

Debido a la evolución muy rápida de los vehículos, el viejo carburador ya no sirve más para los nuevos motores, en lo que se refiere a la contaminación del aire, economía de combustible, potencia y respuestas rápidas en las aceleraciones, etc. El desarrollo de sistemas de inyección electrónica de combustible, tiene como objetivo proporcionar al motor un mejor rendimiento con más economía en todos los regímenes de funcionamiento, y principalmente menor contaminación del aire.

Los sistemas de inyección electrónica tienen la característica de permitir que el motor reciba solamente el volumen de combustible que necesita.

## **1.1. Principio de funcionamiento de la unidad de control electrónico (ECU)**

Se basa en la medición de ciertos parámetros del funcionamiento del motor, como son: el caudal de aire, la temperatura del aire y del refrigerante, cantidad de oxígeno en los gases de escape, revoluciones del motor, etc., 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.

La Unidad de control electrónico es el elemento activo que solicita los datos, controla las entradas, las salidas y el desarrollo de las operaciones.

La unidad de control electrónico contiene en su interior tres unidades fundamentales, Unidad lógica de cálculo EEPROM que realiza las operaciones aritméticas, operaciones lógicas y preparación de señales, un microprocesador que se compone de dos tipos de memoria EEPROM y RAM.

Memoria EEPROM (Electrically Erasable/Programmable Read-Only Memory) mantiene gravados los programas con los datos, con los que funciona el sistema.

Memoria RAM (Random Access Memory) es la memoria en la que se almacenan todos los datos que proporcionan los sensores hasta el momento que son requeridos por el microprocesador.

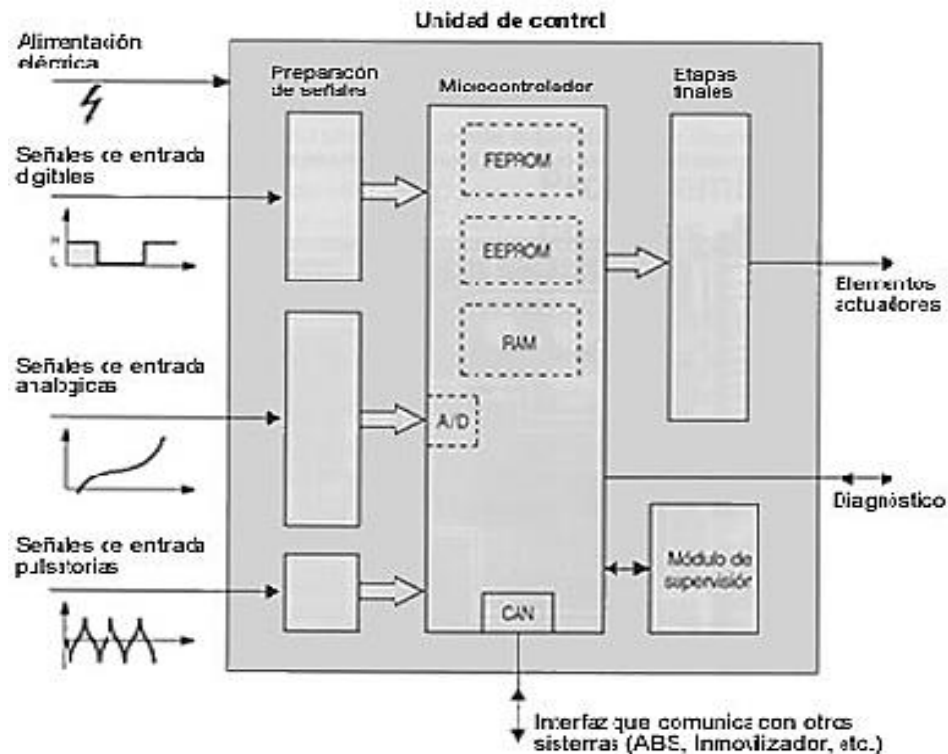
Los datos elaborados se envían al exterior a través de las etapas de salida, que envían señales eléctricas a la bomba de combustible, a la bobina de encendido y a los inyectores. Los errores quedan memorizados en la unidad de control electrónico en el orden que van apareciendo, cuando se presenta un defecto por primera vez y el estado de error permanece durante un tiempo mayor de 0.5 segundos, el defecto se memoriza como permanente.

Si este defecto desaparece, en seguida se memoriza como intermitente y no presente. Si un fallo se clasifica como permanente, se activa la función de emergencia o modo de fallo.

La lámpara indicadora de fallo o MIL (Malfunction Indicator Lamp) se enciende cuando hay un defecto memorizado como presente e importante cada vez que se conecta el encendido del motor. Si no hay fallos importantes presentes la lámpara detectora de fallos se apaga normalmente.

Los errores almacenados en la memoria de la unidad de control electrónico pueden borrarse accediendo directamente a la memoria EEPROM, donde están almacenados mediante la opción borrado de memoria de errores. Debido a que el protocolo de acceso a la memoria de fallos es codificado, es necesario utilizar los equipos de diagnóstico propios de cada fabricante u otro scanner universal. La figura 1 representa un diagrama de bloques de la unidad de control electrónico.

Figura 1. **Procesamiento de señales en la unidad de control**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 655.

## **1.2. Señales de entrada y salida**

Para que la Unidad de control electrónico, pueda llevar a cabo una o varias funciones, necesita de información, la cual se define en términos de computación como entrada (Input). Los sensores de entrada brindan la información necesaria para realizar un determinado trabajo.

Señales de entradas digitales: encendido On/Off, presión de combustible, presión de aceite. Señales de entradas análogas: voltaje de la batería, temperatura del motor, temperatura del aire de entrada, flujo de aire, ángulo de la mariposa, sensor lambda o de oxígeno, velocidad de vehículo entre otras.

Una vez que la unidad de control electrónico calcula la estrategia a seguir, activa y controla la función de varios sub-sistemas. A las señales que activan estos sistemas se les conoce como salida (Output), mientras que al componente activado se le conoce como Actuador. Un actuador en este caso, será un componente electromecánico que utiliza un voltaje eléctrico para producir una acción mecánica.

Señales de salida: inyectores, bobina de encendido, bomba de combustible, relé principal, lámpara detectora de falla.

## **1.3. Entrega de combustible**

Un motor en general necesita de una mezcla aire y gasolina ajustada a 14.7 partes de aire por una de gasolina, mezclas más ricas se queman pero generan muchos hidrocarburos sin quemar, como materias contaminantes. Proporciones más altas de aire suelen generar fallos en la combustión por la no progresión del frente de llama dentro de la cámara.

El sistema de admisión de aire consta de filtro de aire, colector de admisión, cuerpo de mariposa, inyector y los tubos de admisión conectados a cada cilindro. El sistema de admisión de aire tiene por misión hacer llegar a cada cilindro del motor la cantidad de mezcla aire/combustible necesaria a cada carrera de explosión del pistón.

La cantidad de combustible que se inyecta es en función de la masa de aire que aspira el motor y temperatura de aire de admisión, la temperatura del motor, posición que ocupa la mariposa de gases y la composición de la mezcla por medio de la sonda lambda o sensor de oxígeno para calcular el tiempo de apertura de los inyectores y su frecuencia, en función de la velocidad de giro del motor.

#### **1.4. Sistema de inyección de combustible multi punto (MPFI)**

El sistema MPFI tiene las características de tener una inyección indirecta, multipunto, intermitente, secuencial y electrónica. La clasificación del sistema de inyección es en función de cuatro características distintas: según el lugar donde se inyecta directa o indirecta, según el número de inyectores mono punto y multipunto, según el número de inyecciones, continua, intermitente, secuencial; según las características de funcionamiento mecánica, electromecánica, electrónica.

Inyección directa: el inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión.

Inyección indirecta: el inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión, que no tiene por qué estar necesariamente abierta.

Inyección mono punto: hay solamente un inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión, después de la mariposa de gases.

Inyección multipunto: hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo inyección directa o indirecta. Es la que se usa en vehículos de media y alta cilindrada.

Inyección continua: los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.

Inyección intermitente: los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la ECU. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:

Inyección secuencial: el combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.

Inyección semisecuencial: el combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.

Inyección simultánea: el combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo.

Inyección electrónica: en este tipo de inyección de combustible, la gestión de la apertura de los inyectores se realiza con la ayuda de la electrónica.



Se trata de un sistema mucho más eficaz y de mayor control que los carburadores o la inyección mecánica, por lo que se ha impuesto con la llegada de las normativas anticontaminantes cada vez más estrictas.

En los sistemas de inyección electrónica, la cantidad de combustible que se inyecta es función de la masa de aire que aspira el motor, la cual se mide mediante un sensor especial.

Una sonda especial de temperatura también informa al procesador para calcular el tiempo de apertura de los inyectores y su frecuencia, en función de la velocidad de giro del motor.

### **1.5. Esquema general**

El sistema MPFI es comandado electrónicamente y pulveriza el combustible en el múltiple de admisión. Su función es suministrar el volumen exacto para los distintos regímenes de revolución (rotación).

La unidad de comando recibe muchas señales de entrada, que llegan de los distintos sensores que envían informaciones de las condiciones instantáneas de funcionamiento del motor.

La unidad de comando compara las informaciones recibidas y determina el volumen adecuado de combustible para cada situación.

La cantidad de combustible que la unidad de comando determina, sale por las válvulas de inyección.

Las válvulas reciben una señal eléctrica, también conocido por tiempo de inyección (TI). En el sistema MPFI la unidad de comando controla el sistema de combustible y encendido.

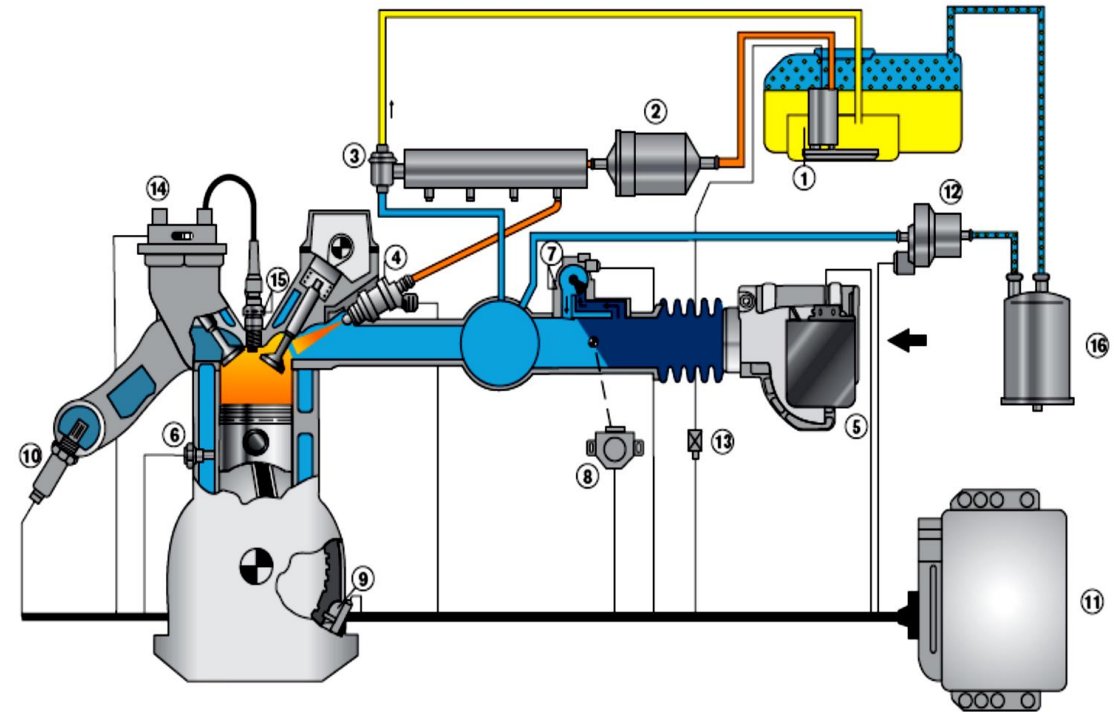
Posee una sonda lambda o sensor de oxígeno, que está instalado en el tubo de escape. El sistema es digital, posee memoria de adaptación e indicación de averías en el tablero.

El control del momento del encendido (chispa) se hace por un sensor de revolución instalado en el volante del motor (rueda dentada).

En el sistema, hay una electroválvula de ventilación del tanque, también conocida como válvula del cánister, que sirve para re aprovechar los vapores del combustible, que son altamente peligrosos, contribuyendo así para la reducción de la contaminación, que es la principal ventaja de la inyección.

En la figura 2 se puede apreciar un esquema general del sistema de inyección con las partes que lo forman: 1 bomba de combustible, 2 filtro de combustible, 3 regulador de presión, 4 válvula de inyección, 5 medidor de flujo de aire (caudalímetro), 6 sensor de temperatura, 7 actuador de ralentí (marcha lenta), 8 potenciómetro de la mariposa, 9 sensor de revolución (pertenece al sistema de encendido), 10 sonda lambda, 11 unidad de comando (ECU inyección encendido), 12 válvula de ventilación del tanque, 13 relé de comando, 14 bobina de encendido, 15 bujía de encendido, 16 cánister.

Figura 2. Esquema de inyección electrónica



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 670.



## **2. SISTEMA DE ENCENDIDO**

En los motores, para lograr un buen rendimiento, es importante que se produzca una buena combustión. El sistema de inyección electrónica es responsable por generar una buena mezcla en condiciones óptimas para la combustión. ¿Pero de qué sirve una buena mezcla, si no se tiene una buena chispa? Entonces, el sistema de encendido, platino o electrónico, tiene la función de producir la chispa con potencia suficiente para realizar una buena combustión.

### **2.1. Componentes**

Cuando se habla de sistema de encendido generalmente se refieren al sistema necesario e independiente capaz de producir el encendido de la mezcla de combustible y aire dentro del cilindro en los motores de gasolina, conocidos también como motores de encendido por chispa.

En los motores de gasolina resulta necesario producir una chispa entre dos electrodos separados en el interior del cilindro en el momento justo y con la potencia necesaria para iniciar la combustión.

Es conocido el hecho de que la electricidad puede saltar el espacio entre dos electrodos aislados si el voltaje sube lo suficiente produciéndose lo que se conoce como arco eléctrico. Este fenómeno del salto de la electricidad entre dos electrodos depende de la naturaleza y temperatura de los electrodos y de la presión reinante en la zona del arco.

Así se tiene que una chispa puede saltar con mucho menos voltaje en el vacío que cuando hay presión y que a su vez, el voltaje requerido será mayor a medida que aumente la presión reinante.

El sistema de encendido debe elevar el voltaje del sistema eléctrico del automóvil hasta valores capaces de hacer saltar la electricidad entre dos electrodos separados, colocados dentro del cilindro a la presión alta de la compresión.

Durante la carrera de admisión la mezcla que ha entrado al cilindro, mediante la inyección de gasolina en el conducto de admisión se calienta, el combustible se evapora y se mezcla íntimamente con el aire.

Esta mezcla está preparada para el encendido, en ese momento una chispa producida dentro de la masa de la mezcla comienza la combustión. Esta combustión produce un notable incremento de la presión dentro del cilindro que empuja el pistón con fuerza para producir trabajo útil.

Para que el rendimiento del motor sea bueno, este incremento de presión debe comenzar a producirse en un punto muy próximo después del punto muerto superior del pistón y continuar durante una parte de la carrera de fuerza.

El sistema de encendido debe ir adelantando al momento del salto de la chispa (tiene que accionar antes de que el pistón toque su punto muerto superior) y atrasado a medida que el pistón gradualmente aumenta la velocidad de rotación del motor.

Cuando la distribución del sistema de encendido es para un motor de múltiples cilindros de trabajo, será necesario producir la chispa en cada uno de los cilindros cumpliendo con los requisitos anteriores, por cada dos vueltas en el motor de cuatro tiempos.

## **2.2. Diagrama eléctrico**

Dada la diversidad y de formas en que pueden complementarse en la actualidad las exigencias del sistema de encendido y a su larga historia de adaptación a las tecnologías existentes se hace difícil abarcar todas las posibilidades, no obstante, se hace un recorrido por lo más representativo.

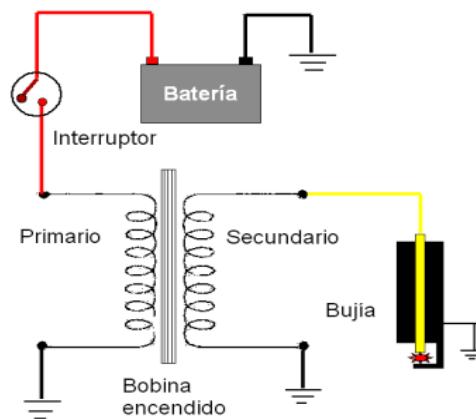
La fuente de alimentación del sistema de encendido depende en muchos casos de la futura utilización a que se destine el motor, así se tiene que normalmente para el motor del automóvil que incluye, porque es requerido, una batería de acumuladores, se utiliza esta fuente para la alimentación del sistema.

El voltaje de alimentación del sistema de encendido, por ejemplo, alimentado con una batería suele ser de 12 voltios mucho más bajo de los 18,000 a 25,000 voltios necesarios para generar la chispa entre los electrodos de la bujía, separados hasta 2mm, y bajo la presión de la compresión.

Para lograr este incremento se acude a un transformador elevador con muy alta relación entre el número de vueltas del primario y del secundario, conocido como bobina de encendido.

En la figura 3, se muestra un esquema del modo de convertir el voltaje de la batería al necesario para la chispa en el motor mono cilíndrico. Note como la corriente de la batería está conectada al primario del transformador a través de un interruptor y que la salida del secundario se conecta al electrodo central de la bujía. Todos los circuitos se cierran a tierra.

Figura 3. **Esquema de conexión batería, transformador**



Fuente: elaboración propia.

El interruptor está representado como un contacto, que era lo usual antes de la utilización de los dispositivos semiconductores. Hoy en día ese contacto es del tipo electrónico de diversos tipos.

Mientras el contacto está cerrado, circula una corriente eléctrica por el primario del transformador, en el momento de abrirse el contacto, esta corriente se interrumpe por lo que se produce un cambio muy rápido del valor del campo magnético generado en el núcleo del transformador y por lo tanto la generación de un voltaje por breve tiempo en el secundario.



Como la relación entre el número de vueltas del primario y del secundario es muy alta y además el cambio del campo magnético ha sido violento, el voltaje del secundario será extremadamente más alto, capaz de hacer saltar la chispa en la bujía.

Sincronizando el momento de apertura y cierre del contacto con el movimiento del motor y la posición del pistón, se puede generar la chispa en el momento adecuado al trabajo del motor en cada carrera de fuerza.

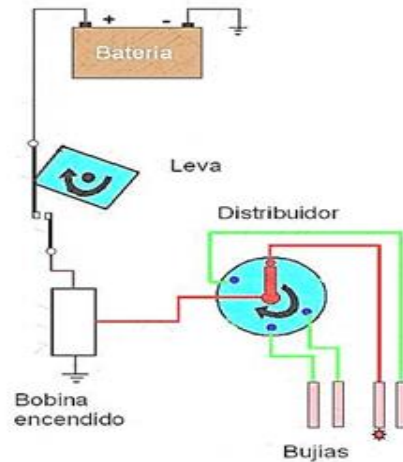
Cuando el motor tiene más de un cilindro se necesita una chispa para cada uno, puede optarse por elaborar un sistema completo independiente por cilindro y de hecho se hace.

Pero lo más común es que sólo haya un sistema generador del alto voltaje que produzca la elevación tantas veces como haga falta (una vez por cilindro) y otro aparato que distribuya la electricidad a la bujía del cilindro correspondiente, este dispositivo se llama distribuidor.

La figura 4, muestra un esquema donde se observa cómo funciona el distribuidor, se ha supuesto el sistema de encendido para un motor de cuatro cilindros, como se explicó anteriormente.

Un contacto eléctrico interrumpe el circuito primario de la bobina de encendido y genera en el secundario el voltaje suficiente.

Figura 4. **Esquema de funcionamiento de un distribuidor**



Fuente: elaboración propia.

En este caso una leva cuadrada sincronizada con el motor a través de engranaje gira y abre el contacto en cuatro ocasiones por cada vuelta, el voltaje generado por la bobina de encendido se conecta a un puntero que gira también sincronizado con el motor, de manera que cada vez que la leva abre el contacto, uno de los terminales que conduce a una bujía está frente al puntero y recibe la corriente.

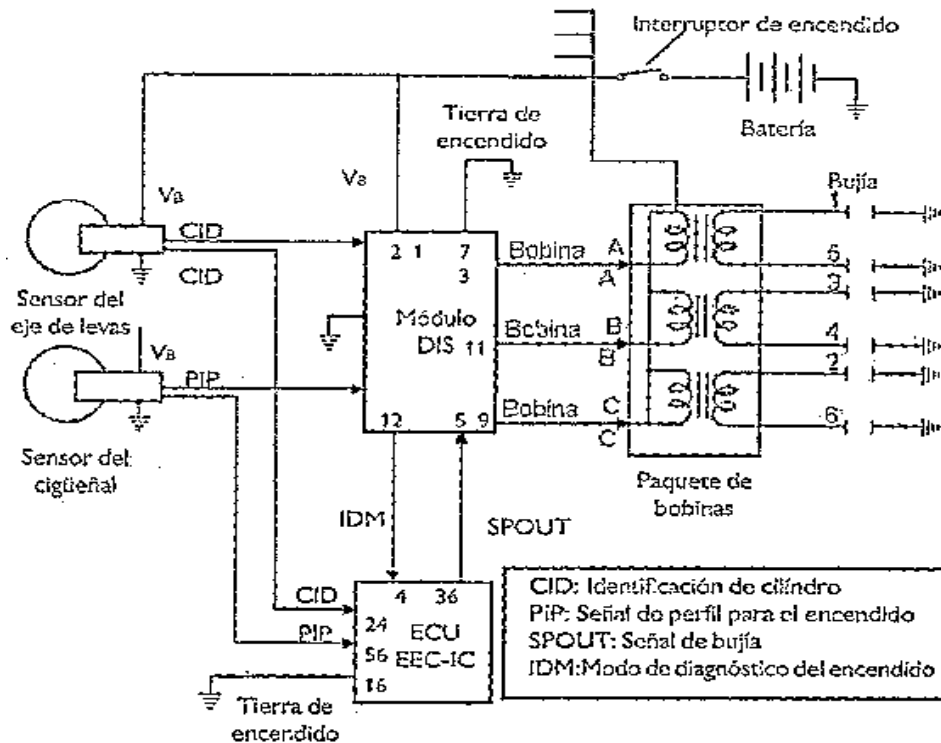
Colocando adecuadamente los cables a las bujías correspondientes se consigue que con un solo circuito generador de alto voltaje se alimenten todas las bujías en el momento propicio.

Sistema de encendido sin distribuidor (DIS), este sistema es uno de los más eficientes para mejorar la combustión, reduciendo las emisiones nocivas y aumentando la potencia, no se usa la tapa y el rotor del distribuidor de encendido, ha sido diseñado para reemplazar el distribuidor mecánico.

Es usado sólo en vehículos inyectados. Consiste fundamentalmente en energizar de alto voltaje a las bujías, directamente de la bobina de encendido. Este sistema puede controlar el tiempo de avance necesario para cada cilindro, logrando así un balance casi perfecto de cilindros.

Ventajas: menor número de partes móviles, montaje más compacto, capacidad de montaje remoto, eliminación de ajustes de tiempo de ignición mecánicos, menor mantenimiento, ninguna carga mecánica al motor, aumento de tiempo disponible de saturación de la bobina (ángulo de contacto), mayor tiempo de enfriamiento de las bobinas entre los eventos de disparo.

Figura 5. **Esquema de un sistema de encendido sin distribuidor (DIS)**



Fuente: Todo mecánica. [www.todomecánica.com/mecánica](http://www.todomecánica.com/mecánica). Consulta 3 de mayo 2011.

La figura 5, muestra un sistema de encendido sin distribuidor (DIS) consta de un módulo de encendido y bobinas de encendido, sensores de posición de cigüeñal (RPM) y sensor de árbol de levas (PMS).

Módulo de encendido, la función de este módulo define qué bobina activar, y la computadora de inyección le dice cuándo activarla. El módulo también informa a la computadora donde se encuentra cada uno de los pistones y las revoluciones del motor, para que ésta ejecute el control individual de la inyección secuencial.

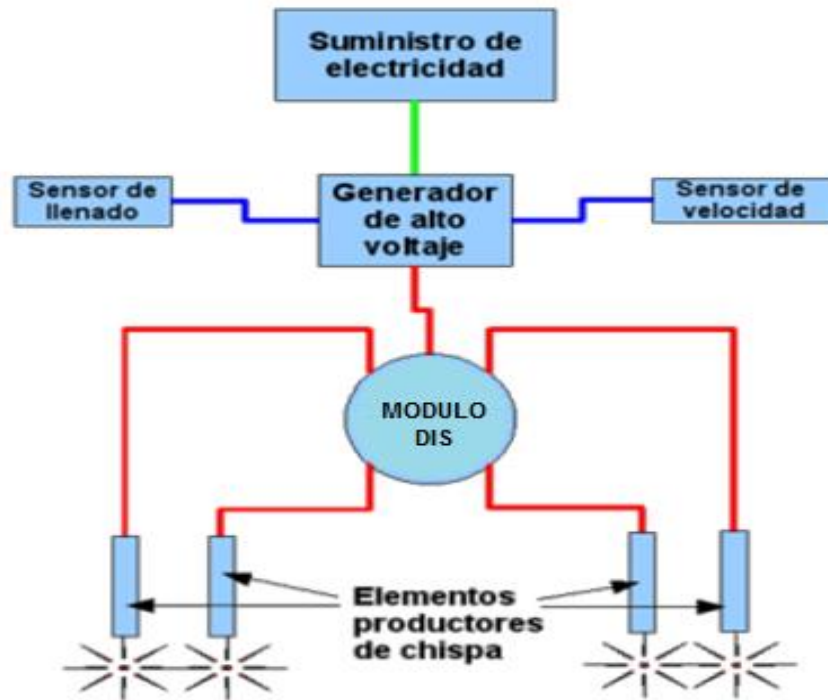
Necesita una fuente de suministro de energía eléctrica para abastecer al sistema, una batería de 12 voltios, luego será necesario un elemento que sea capaz de subir el bajo voltaje de la batería, a un valor elevado para el salto de la chispa (varios miles de voltios).

Este generador de alto voltaje tendrá en cuenta las señales recibidas de los sensores de llenado del cilindro y de la velocidad de rotación del motor para determinar el momento exacto de la elevación de voltaje.

Para la elevación del voltaje se usa un transformador elevador de altísima relación de elevación que se le llama bobina de encendido en trabajo conjunto con un generador de pulsos que lo alimenta.

La figura 6, muestra un sistema de encendido electrónico, será necesario también un dispositivo que distribuya el alto voltaje a los diferentes cables de cada uno de los productores de la chispa dentro de los cilindros (bujías) en concordancia con las posiciones respectivas de sus pistones para el caso del motor policilíndrico.

Figura 6. Esquema de bloques de encendido electrónico



Fuente: elaboración propia.



### **3. SISTEMA DE INYECCIÓN**

Los vehículos modernos con las nuevas generaciones de motores optimizados y exigentes necesitan sistemas de alimentación de combustible de alto rendimiento. Se desarrolla y suministra sistemas completos de alimentación de combustible de última generación a las ensambladoras de vehículos y al mercado de reposición de autopartes. Los componentes del sistema de inyección de gasolina son proyectados y fabricados buscando siempre el mejor desempeño del motor con el mínimo consumo de combustible, menos ruido y la menor emisión de gases contaminantes.

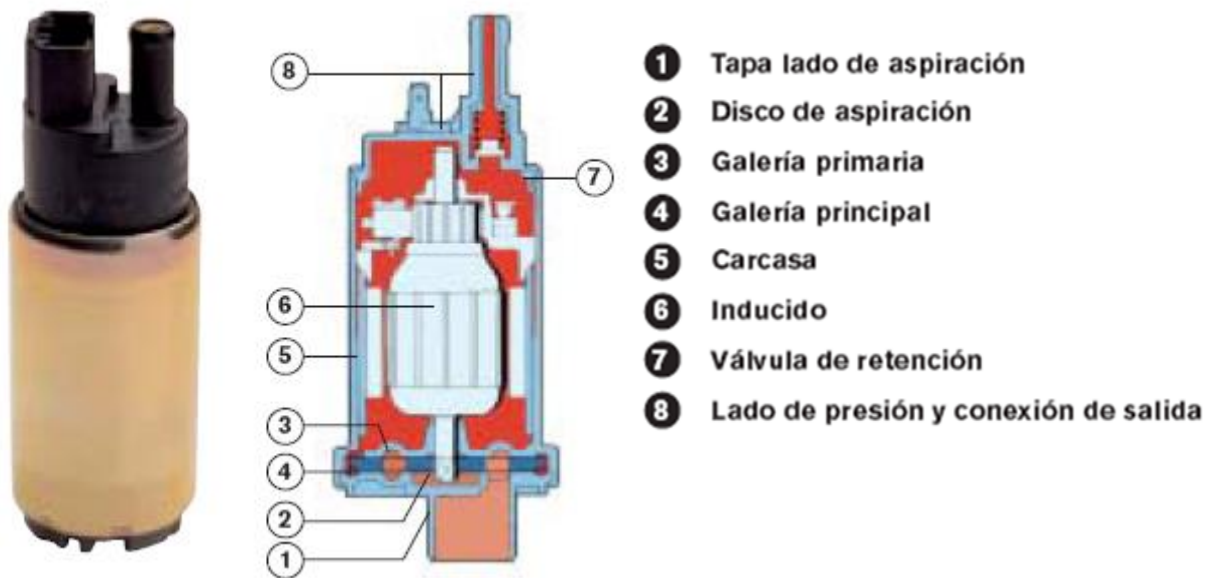
#### **3.1. Componentes**

Bomba eléctrica de combustible se encarga de extraer el combustible desde el tanque (depósito de combustible) y lo envía al riel de inyectores. Está ubicada dentro del tanque y es accionada por un motor eléctrico. La bomba es de funcionamiento continuo y recibe la alimentación de un relé, el cual es comandado por la ECU.

La bomba de combustible bombea a presiones y volúmenes más altos de lo requerido. Impulsa el combustible mas no lo succiona y por lo general se encuentra dentro del tanque. El sistema está equipado con un interruptor inercial que, en caso de accidente, inhibe la alimentación de la electrobomba de combustible.

Esta bomba debe tener un funcionamiento continuo para mantener la alimentación a una presión estable. Por lo tanto, se trata de una bomba rotativa que ofrece presión de forma inmediata.

Figura 7. **Bomba de gasolina**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automovil. p. 722.

Regulador de presión su función es transferir el combustible al tanque (depósito) por el conducto de rebose (línea de retorno) en el caso que se supere la presión máxima admisible en el riel de inyectores.

Adicionalmente, el regulador se encuentra comunicado con el colector de admisión, por lo que la regulación se hace sensible a la depresión que existe en el colector.



El objetivo fundamental de esta regulación es impedir que las variaciones de vacío en el colector influyan en la cantidad de combustible inyectado.

Al aumentar la depresión en el colector, la cantidad de combustible que ingresa en los cilindros será mayor, por lo que en esas condiciones el regulador disminuye la presión de inyección, quedando compensada la cantidad real de combustible que ingresa en los cilindros.

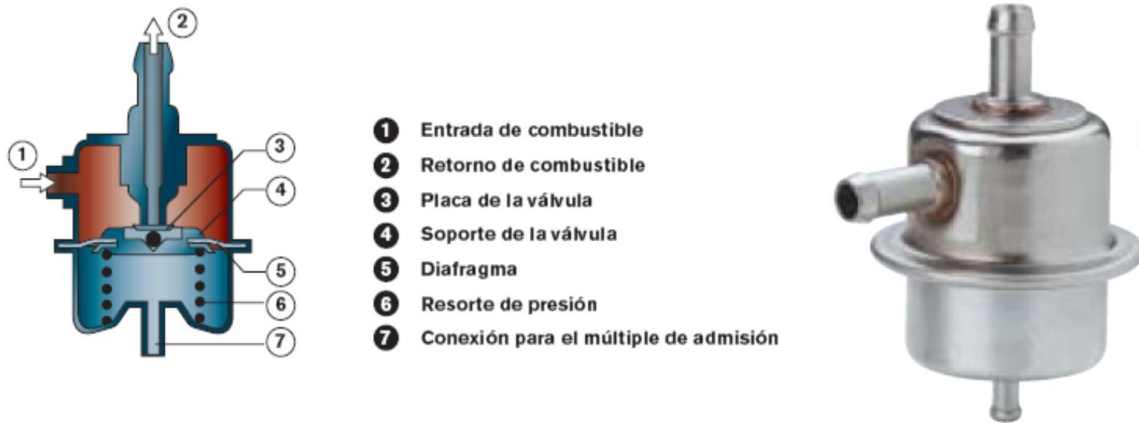
Cuando la depresión en el colector disminuye, el regulador actúa en forma contraria, es decir, aumenta la presión de inyección. Es de anotar que la gama de regulación de presiones siempre estará por debajo de la presión máxima que desarrolla la bomba eléctrica de combustible.

El dispositivo posee una membrana, en cuyo centro hay una válvula mediante la cual se puede abrir o cerrar el conducto de rebose.

La membrana divide en dos partes el cuerpo del regulador. Se posee una cámara de presión y otra opuesta regida por la acción de un muelle (resorte) y de la depresión que se tiene en el colector de admisión.

El combustible entra en la cámara de presión y la membrana se mantiene cerrando el conducto de rebose mientras la presión del combustible no supere la opuesta del muelle (resorte) y la depresión.

Figura 8. **Regulador de presión**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 727.

Filtro de combustible se encarga de retener las partículas de suciedades existentes en la gasolina, para que éstas no obstruyan los pequeños orificios de descarga de los inyectores, es de alta presión, generalmente consiste en una malla fina de papel en una lata metálica que filtra partículas muy pequeñas.

Figura 9. **Filtro de combustible**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 730.

Pre filtro se utiliza el antes de la bomba de gasolina. Su función es retener las impurezas contenidas en el combustible, protegiendo los componentes internos de la bomba. No remplazarlo significa: Riesgo de quemar la bomba, Disminución del volumen de combustible, lo que afecta el rendimiento del motor.

Figura 10. **Pre filtro**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 731.

Sonda lambda (sensor de oxígeno), instalada en el tubo de escape del vehículo, en una posición donde se logra la temperatura ideal para su funcionamiento, en todos los regímenes de trabajo del motor. Instalada de una forma que un lado está permanentemente en contacto con los gases de escape, y otro lado en contacto con el aire exterior.

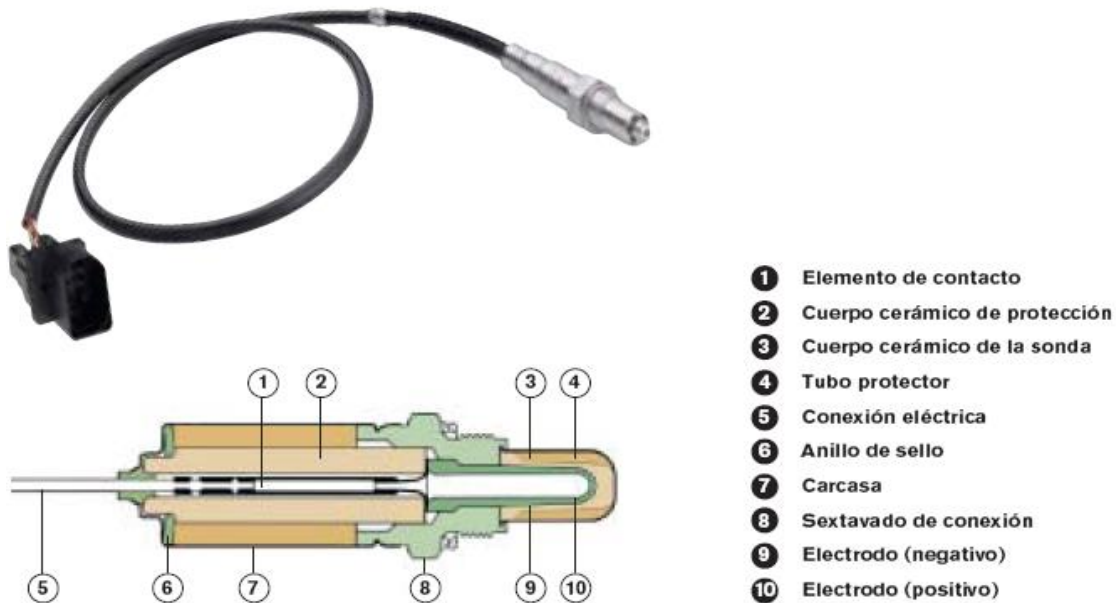
Si la cantidad de oxígeno en los dos lados no es igual, se producirá una señal eléctrica (tensión) que será enviada a la unidad de comando para que corrija el pulso de la inyección.

La sonda es un repuesto de mucha importancia para el sistema de inyección, y su mal funcionamiento podrá contribuir para la contaminación del aire. Como ella está constantemente expuesta a los gases de la combustión, con el tiempo necesita ser remplazada.

En motores que están quemando aceite, la contaminación producida por el aceite puede contaminar la cerámica de la sonda.

En motores que funcionaron con mezcla demasiado rica, esa contaminación también puede afectar el cuerpo cerámico de la sonda, lo que es imposible limpiar.

Figura 11. **Sonda lambda**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 750.

Válvula de inyección en los sistemas multipunto, cada cilindro utiliza una válvula de inyección que pulveriza el combustible antes de la válvula de admisión del motor, para que el combustible pulverizado se mezcle con el aire, produciendo la mezcla que resultará en la combustión.

Las válvulas de inyección son comandadas electromagnéticamente, abriendo y cerrando por medio de impulsos eléctricos provenientes de la unidad de comando. El tiempo de duración de los impulsos determina el tiempo de apertura de la aguja pulverizadora, y debido a que la presión de alimentación del inyector es constante, la cantidad de combustible inyectado será proporcional al tiempo de duración del impulso eléctrico.

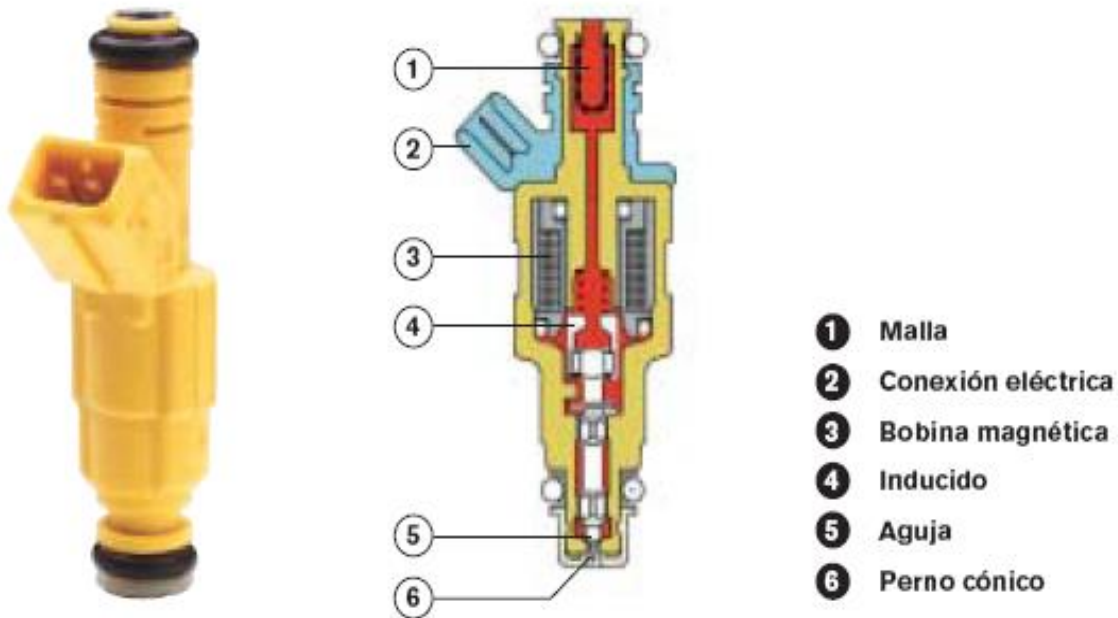
El inyector se compone de una aguja pulverizadora que cierra el paso del combustible a través de la tobera (boquilla). La tobera junto con la aguja pulverizadora y la presión de tarado del muelle (resorte) y de alimentación, determinaran la forma de dardo de inyección.

La aguja forma parte de un vástago y va encajada en una armadura que se desplaza dentro de una bobina. El muelle (resorte) tarado presiona el vástago y, por consiguiente la aguja hacia su asiento en la tobera impidiendo el paso de combustible.

El combustible llega del conducto de alimentación y a través de un tubo de conducción llega hasta la punta de la aguja. Por otro lado, la válvula tiene una conexión hacia el exterior por la cual se envía el impulso eléctrico que provoca un campo magnético en la bobina que induce al vástago a desplazarse, abriendo la aguja de paso de combustible a través de la tobera.

La punta del inyector está diseñada para dividir el combustible en un rocío muy fino.

Figura 12. **Inyector**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 771.

La unidad de comando es el cerebro del sistema. Determina el volumen ideal de combustible a ser pulverizado, con base en la información que recibe de los sensores del sistema, de esta forma la cantidad de combustible que el motor recibe, se determina por la unidad de comando, por medio del tiempo de apertura de las válvulas, también conocido por tiempo de inyección.

Figura 13. **Unidad de comando eléctrico (ECU)**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 792.

Medidor de flujo de aire su función es informar a la unidad de comando, la cantidad y temperatura del aire admitido, para que la información modifique la cantidad de combustible pulverizado.

Figura 14. **Medidor de flujo de aire**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 802.

Medidor de masa de aire está instalado entre el filtro de aire y la mariposa, y mide la corriente de masa de aire aspirado, por esa información, la unidad de comando determina el exacto volumen de combustible para las diferentes condiciones de funcionamiento del motor.

Figura 15. **Medidor de masa de aire**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 808.

Actuador de marcha lenta (ralentí) garantiza un ralentí estable en el período de calentamiento y también la mantiene independiente de las condiciones de funcionamiento del motor.

Figura 16. **Actuador de marcha lenta**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 812.



El adicionador de aire funciona como el ahogador en los vehículos carburados, permitiendo el paso y una cantidad adicional de aire, lo que hará aumentar la revolución mientras el motor esté frío. En el adicionador de aire, una placa de restricción comanda por medio de un resorte, el paso de aire. Mientras el motor esté frío, el adicionador libera más paso de aire, lo que hace subir la revolución.

A medida que sube la temperatura del motor, el adicionador lentamente cierra el paso de aire, haciendo bajar la revolución hasta el régimen de ralentí. La lámina se calienta eléctricamente, lo que limita el tiempo de apertura conforme el tipo de motor.

Cuando el motor, está frío presenta problemas para mantenerse funcionando, la avería puede estar en este componente.

Figura 17. **Accionador de aire**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 816.

Sensor de temperatura del motor está instalado en el block del motor, en contacto con el líquido de enfriamiento, mide la temperatura del motor por medio del líquido. Internamente posee una resistencia de coeficiente negativo, y su valor se altera de acuerdo con la temperatura del agua (líquido de enfriamiento).

Figura 18. **Sensor de temperatura**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 822.

Potenciómetro de la mariposa está fijado en el eje de la mariposa de aceleración. Él informa todas las posiciones de la mariposa. De esta forma, la unidad de comando recibe esta precisa información y por medio de ella, modifica el suministro de combustible de acuerdo con las necesidades del motor.

Figura 19. **Potenciómetro de mariposa de la aceleración**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 828.

Interruptor de la mariposa de aceleración está fijado en el cuerpo de la mariposa y se acciona por el eje de aceleración. Posee dos posiciones: de carga máxima y de ralentí (marcha lenta). Los contactos se cierran en estas condiciones. Problemas en estos componentes afectan el rendimiento del motor.

Figura 20. **Interruptor de mariposa de la aceleración**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 830.

Relé es un interruptor operado magnéticamente, éste se activa o desactiva (dependiendo de la conexión) cuando un electroimán (que forma parte del relé) es energizado. El relé es el responsable por mantener la alimentación eléctrica de la batería para la bomba de combustible y otros componentes del sistema.

Si ocurriera un accidente, el relé interrumpe la alimentación de la bomba de combustible, evitando que la bomba permanezca funcionando con el motor apagado.

La interrupción ocurre cuando el relé no más recibe la señal de revolución, proveniente de la bobina de encendido es un componente que cuando está dañado podrá parar el motor del vehículo.

Figura 21. Relé



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 835.

Válvula de ventilación del tanque esta válvula es un componente que permite que se aprovechen los vapores del combustible contenidos en el tanque, impidiendo que salgan a la atmosfera.

Estos vapores son altamente contaminantes y contribuyen para la contaminación ambiental. La válvula de ventilación del tanque se controla por la unidad de comando, que determina el mejor momento para el reaprovechamiento de estos vapores, de acuerdo con el régimen de funcionamiento del motor.

Este componente contribuye mucho para garantizar la eficiencia del sistema de inyección electrónica, haciendo el aire más puro.

Figura 22. **Válvula de ventilación de tanque de combustible**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 836.

Bujía de encendido, estas bujías son desarrolladas para cada tipo de motor, que permiten arranques más rápidos y seguros, reduciendo el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes, son las encargadas de hacer detonar el combustible en la cámara de combustión, es controlada por la unidad de control electrónico.

Se necesitan de ciertos cuidados en el montaje, de un buen torque, distancia entre electrodos importante para la combustión. Si la bujía está mal apretada existe el riesgo de no disipar el calor, ocasionando súper calentamiento en la cámara de combustión, eso puede producir autoencendido, derretir la bujía y hasta dañar el motor.

Cuando la bujía está demasiado apretada hay riesgo de romper el aislador lo que permitirá fugas de corriente ocasionando fallas de encendido, cuando ocurre la fuga de corriente, no hay combustión, lo que genera pérdida de potencia, mayor consumo de combustible, elevada producción de gases contaminantes y riesgo de dañar el catalizador.

Figura 23. **Bujía de encendido**



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 840.

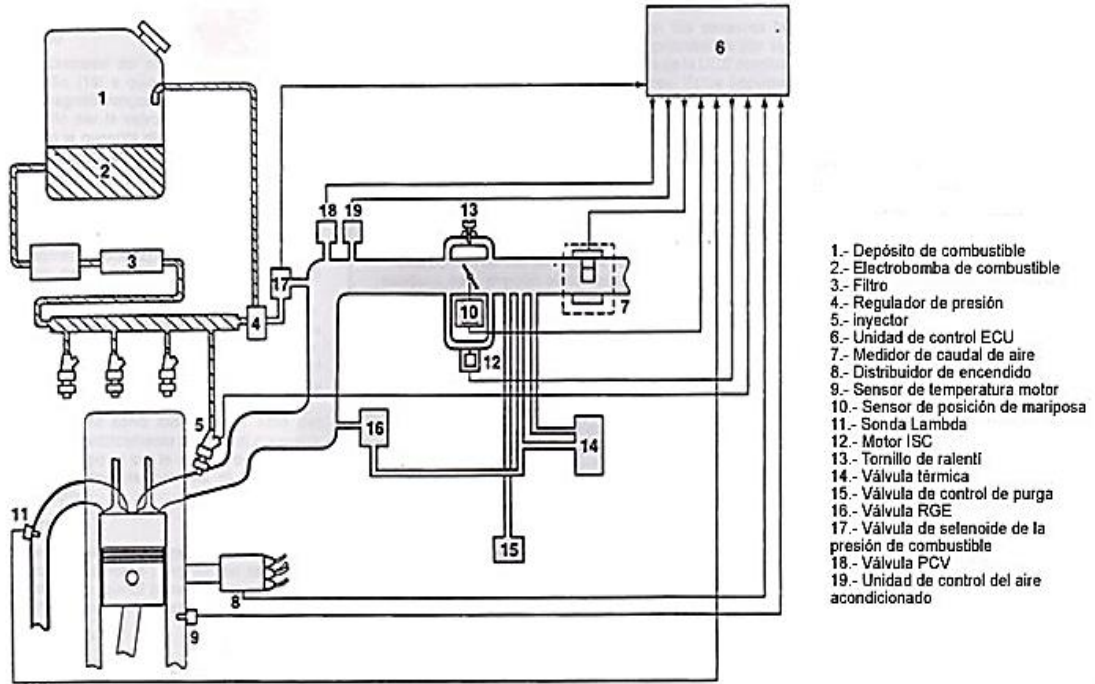
### 3.2. Esquema de cableado

El sistema de alimentación suministra combustible en volumen necesario para las más diferentes condiciones de carga y revolución del motor. La bomba aspira el combustible del tanque y lo envía a través del filtro hasta las válvulas de inyección.

El regulador de presión controla (regula) la presión necesaria para la perfecta pulverización del combustible en las válvulas de inyección. A través de un diafragma y un resorte calibrado, el regulador controla la presión producida por la bomba que es de 1 hasta 5 bares.

La bomba tiene la posibilidad de producir más caudal del que utiliza el motor lo excedente retorna al tanque sin desperdicio, ayudando a enfriar la bomba y el combustible, evitando la producción de vapores contaminantes. La figura 24 representa el sistema de cableado hidráulico y neumático.

Figura 24. Esquema de flujo de combustible y aire de admisión



Fuente: Bosch. Manual técnico del automóvil. p. 626.





## 4. PANEL DIDÁCTICO DE SIMULACIÓN

El panel consta de un PLC el cual está programado para realizar las secuencias grabadas en una ECU, las señales de entradas analógicas están representadas por potenciómetros, que dependiendo de los parámetros o señal que envíen al PLC haran que los actuadores o salidas digitales y analógicas simulen que ocurre con la inyección, y aceleración del vehículo.

El PLC cuenta con una pantalla donde se pueden observar los códigos de falla para ayudar al operador a corregir el respectivo potenciómetro y manualmente poner en punto el funcionamiento, y poder analizar que ocurre cuando una señal está variando.

El PLC está representado en la figura 25 en la posición 11, cuenta con un indicador de revoluciones por minuto, figura 25 en la posición 13, aquí se puede observar como varía la aceleración dependiendo de las señales digitales y analógicas que ingresan al PLC.

Para la puesta en marcha se activa el interruptor principal, figura 25 en la posición 15, luego se gira el interruptor de llave a la derecha, figura 25 en la posición 2.

### 4.1. Diagnóstico de a bordo

El OBD (*On Board Diagnostics*) sistema de diagnóstico a bordo, permite estandarizar los códigos de averías para todos los fabricantes y posibilitar el acceso a la información del sistema con equipos de diagnosis universales.

Proporciona información sobre las condiciones operativas en las que se detectó y define el momento y la forma en que se debe visualizar un fallo relacionado con los gases de escape.

Para todos los sistemas OBD, si se encuentra un problema, la ECU enciende la luz check engine (revisar el motor), service soon (servicio pronto), malfunction indicator lamp, MIL (lámpara indicadora de fallo), para advertir al conductor figura 25 posición (3) y establece un código de diagnóstico del problema (DTC), Data Trouble Code para identificar donde ocurrió el problema figura 25 posición (11).

Para recuperar estos códigos, se requiere una herramienta especial de diagnóstico, como el lector de códigos que los consumidores y profesionales utilizan como punto de partida para las reparaciones. El objetivo es ayudar a detectar rápida y efectivamente una falla en el sistema de inyección, con el único objetivo de minimizar la emisión de gases de los vehículos.

Cuando el sistema tiene alguna falla en su funcionamiento, las emisiones de gases aumentan fuera de los límites, y es la misión del estándar OBD sentar las formas y procedimientos de detección de estas fallas, puesto en funcionamiento desde 1996.

Código de diagnóstico del problema DTC el estándar J2012 define un código de 5 dígitos en el cual cada dígito representa un valor predeterminado. Todos los códigos son presentados de igual forma para facilidad del mecánico algunos de estos son definidos por este estándar, y otros son reservados para uso de los fabricantes.

El código tiene el siguiente formato YXXXX donde Y, el primer dígito, representa la función del vehículo. P Electrónica del Motor y Transmisión (powertrain). B Carrocería (Body). C Chasis (Chassis). U No definido (Undefined).

El segundo dígito indica la organización responsable de definir el código. 0 SAE (código común a todas las marcas). 1 El fabricante del vehículo (código diferente para distintas marcas).

El tercer dígito representa una función específica del vehículo. 0 El sistema electrónico completo. 1 Control de aire y combustible. 2 Control de aire y combustible. 3 Sistema de encendido. 4 Control de emisión auxiliar. 5 Control de velocidad y ralentí. 6 ECU señales de entradas y salidas. 7 Transmisión.

El cuarto y quinto dígito identifican componentes y sistemas individuales, para este proyecto en particular tenemos lo sig.:

Código	Interpretación de la avería
P0000	No se encuentra ninguna avería
P0087	Rampa de combustible / presión sistema demasiado baja
P0097	Sensor temperatura de aire admisión-señal baja
P0098	Sensor temperatura de aire admisión-señal alta
P0107	Sensor presión absoluta colector -- señal entrada baja
P0117	Sensor temperatura refrigerante motor – señal entrada baja
P0118	Sensor temperatura refrigerante motor – señal entrada alta
P0171	Regulación inyección – demasiado pobre
P0172	Regulación inyección – demasiado rico

## 4.2. Presión de combustible

Este sistema trabaja con una bomba eléctrica que está sumergida en el tanque de gasolina, está constantemente sometido a presión inclusive con el motor apagado. En los sistemas multipunto la presión de trabajo suele oscilar entre los 2.5 a 3.0 bar de presión. En los sistemas mono punto la presión suele ser de 0.8 1.2 bar.

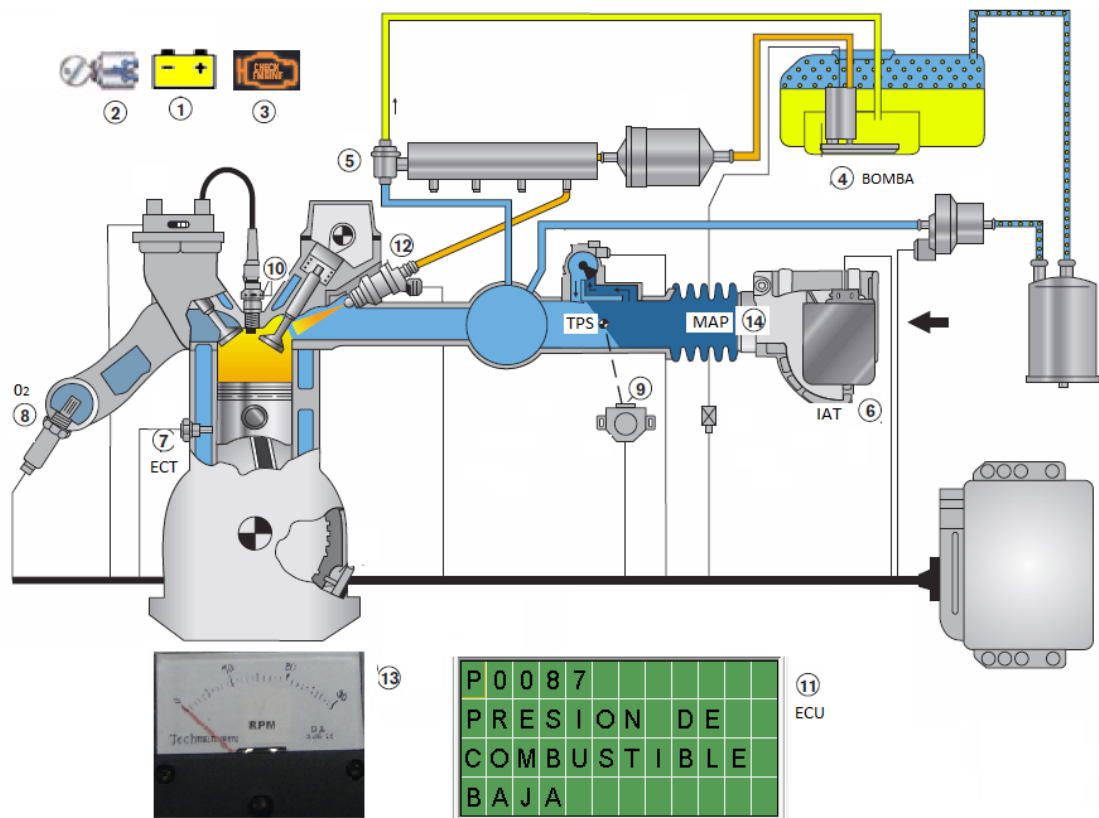
El combustible es sometido a presión por la bomba. Esta es activada desde el momento en que se coloca la llave del auto. Accionando la llave indicado en la figura 25 posición (2) usualmente, en la mayoría de los vehículos, cuando se pone en contacto la llave se enciende la bomba de combustible figura 25 posición (4) para asegurar una presión adecuada en el sistema.

Cuando la ECU da a los inyectores figura 25 posición (12) la orden de abrirse, el combustible es pulverizado gracias a la presión reinante en la ramba. Al cesar esta orden, los inyectores se cierran automáticamente pues están provistos de un resorte que hace que la válvula ajuste contra su asiento. En promedio el tiempo que dura un inyector abierto suele ser del orden 2.5 milisegundos.

A la salida de la ramba porta inyectores, se encuentra un regulador de presión que en función del vacío reinante en el múltiple de admisión abre o cierra el camino de retorno del combustible al tanque. En este panel un potenciómetro está instalado en la posición (5) según la figura 25, para regular la presión, se puede bajar o subir la presión, cuando la presión es baja se ilumina el MIL, se genera un código en pantalla P0087 deteniendo de marcha.

Cuando la presión de combustible es alta se apaga el código de falla indicado en la pantalla, de esta manera la ECU puede continuar con la marcha.

Figura 25. Panel de control



Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Temperatura de aire de admisión (IAT)

El sensor de temperatura del aire conocido como IAT por sus siglas en inglés (*Intake Air Temperature*), tiene como función medir la temperatura del aire, se puede ajustar así la mezcla con mayor precisión, si bien este sensor es de los que tiene menor incidencia en la realización de la mezcla igualmente su mal funcionamiento acarreará fallas en el motor.

Posee una resistencia que aumenta proporcionalmente al aumento de la temperatura del aire. El sensor IAT se localiza en el conducto de aire de admisión. En vehículos equipados con sensor MAF, el sensor IAT forma parte integral del sensor MAF. El sensor IAT se usa para detectar la temperatura promedio del aire del ambiente en un arranque en frío y continua midiendo los cambios en la temperatura del aire a medida que el motor comienza a calentar al aire que sigue ingresando.

Los problemas de este sensor se traducen sobre todo en emisiones de monóxido de carbono demasiado elevadas, problemas para arrancar el vehículo cuando está frío y un consumo excesivo de combustible. También manifiesta una aceleración elevada. El potenciómetro instalado en la figura 25 posición (6), varía la temperatura de aire de admisión, cuando la temperatura de aire de admisión es baja se genera un código en pantalla P0097, si la temperatura de aire de admisión es baja se incrementa la aceleración. Si transcurren 2 minutos con la temperatura baja se activa el MIL.

Cuando la temperatura de aire de admisión es alta se genera un código en pantalla P0098, si la temperatura de aire de admisión es alta disminuye la aceleración. Si transcurren 2 minutos con la temperatura de aire de admisión elevada se activa el MIL, estas señales sólo intervienen con la combustión pero no paran la marcha.

Cuando se varía la temperatura de aire de admisión por medio del potenciómetro a una temperatura promedio de trabajo se desactiva la MIL y en pantalla desaparecen los códigos de falla.

Cuando el sensor está frío, la resistencia del sensor es alta, y la señal de voltaje es alta también. A medida que el sensor se calienta, la resistencia cae y el voltaje de la señal disminuye. Los sensores que funcionen de este modo se les conocen con el nombre técnico de termistores.

En circuitos eléctricos los sensores de temperatura se someten a prueba para hallar, apertura de circuitos, cortos, resistencia del sensor (comparar la resistencia del sensor contra la temperatura real).

#### **4.4. Presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)**

El sensor de presión absoluta conocido también como MAP por sus siglas en inglés (*Manifold Absolute Presion*), este sensor se encuentra en la parte externa del motor. Su objetivo radica en proporcionar una señal proporcional a la presión existente en la tubería de admisión con respecto a la presión atmosférica, midiendo la presión absoluta existente en el colector de admisión.

Posee tres conexiones, una de ellas es la entrada de corriente que provee la alimentación al sistema, una conexión de masa y otra de salida. La conexión de masa se encuentra aproximadamente en el rango de los 0 a 0.08 voltios, el voltaje de entrada es generalmente de unos 5 voltios mientras que la de la salida varía entre 0.6 y 2.8 voltios. Esta última es la encargada de enviar la señal a la unidad de comando.

Este sensor está constituido de una elemento de cerámica o bien de silicio sensible a la presión, el sensor informa a la ECU el estado de carga del motor y con esta información, la computadora se encarga de ajustar el avance del encendido y el enriquecimiento de la mezcla de combustible, para así lograr una mayor económica de combustible.

El sensor MAP mide el vacío generado en el múltiple de admisión a través de una manguera que conecta ambos componentes, una posible causa a los siguientes problemas de motor puede estar estrechamente ligada a fallas en el sensor mismo o bien en su cableado o conexión de vacío.

El potenciómetro MAP instalado en la figura 25 posición (14) representa la señal que generaría este sensor a la ECU, cuando la presión es baja se genera un código en pantalla P0107 y se enciende el MIL, variando el potenciómetro MAP a un rango promedio de operación se apaga el MIL y el código de falla se borra de la pantalla, esta operación sólo interfiere en empobrecer o enriquecer la mezcla de combustible, por ejemplo si existiera una fuga de vacío en la manguera del sensor, éste determina que hay una mayor carga y en consecuencia aumentaría el tiempo de inyección y retrasaría el encendido.

#### **4.5. Temperatura del agua de enfriamiento (ECT)**

El sensor de temperatura del anticongelante del motor conocido por ECT por sus siglas en inglés (*Engine Coolant Temperature*). Su objetivo es conocer la temperatura del motor a partir de la temperatura del líquido refrigerante del mismo, informando a la unidad de control para que regule la mezcla y el momento de encendido del combustible.

El sensor de temperatura del motor se encuentra situada próximo a la conexión de la manguera del agua del radiador, usualmente la parte mas caliente del sistema de refrigeración del motor.

Eléctricamente se trata de una resistencia no lineal variable en función de la temperatura.



La falla de este sensor puede causar diferentes problemas como problemas de arranque ya sea con el motor frío o en caliente y consumo en exceso del combustible, puede ocasionar además que el ventilador esté continuamente prendiendo o bien problemas de sobrecalentamiento del motor.

La ECU necesita saber cuál es la temperatura del agua en el momento del arranque para así controlar el tiempo de inyección, también la ECU utiliza esta señal para saber cuándo son válidas las lecturas de la sonda de oxígeno.

El potenciómetro instalado en la figura 25 posición (7), varía la temperatura del agua de refrigeración del motor, cuando la temperatura del agua es baja por debajo de 70°C se genera un código en pantalla P0117, si la temperatura del agua de refrigerante es baja se incrementa la aceleración, si transcurren dos minutos con la temperatura baja se activa el MIL pues la ECU asume que hay una avería en el sensor, tiempo suficiente para incrementar la temperatura y llevarla a un nivel de trabajo. Esta condición no detiene la marcha sólo una aceleración alta en marcha ralentí.

Cuando la temperatura del agua refrigerante es alta por arriba de 90°C se genera un código en pantalla P0118, encendiendo la luz del MIL.

#### **4.6. Sensor de oxígeno**

Esta sonda mide el oxígeno de los gases de combustión con referencia al oxígeno atmosférico, gracias a esto la unidad de control puede regular con mayor precisión la cantidad de aire y combustible hasta en una relación 14.7 a 1, contribuyendo con su medición a una mejor utilización del combustible y a una combustión menos contaminante al medio ambiente gracias al control de los gases de escape que realiza.

Situada en el tubo de escape (representada por un potenciómetro figura 25 posición 8), se busca en su colocación la mejor posición para su funcionamiento cualquiera sea el régimen del motor. La temperatura óptima de funcionamiento de la sonda es alrededor de los 300°C o más.

Una parte de la sonda Lambda siempre está en contacto con el aire de la atmósfera (exterior la tubo de escape), mientras que otra parte de ella lo estará con los gases de escape producidos por la combustión.

Como entre los gases de escape y la atmosfera hay diferente concentración de moléculas de oxígeno, éstas migran en forma de iones entre la parte interior y exterior provocando una generación de tensión que se transmite a través del cable de señal.

Cuando la relación aire combustible es pobre, la tensión que produce es baja y se presenta una falla en pantalla PO171, cuando la relación aire combustible es rica, la tensión que produce la sonda es alta y presenta una falla en pantalla PO172. Cuando la mezcla aire combustible es la correcta, el sensor de oxígeno comienza a ciclar en una frecuencia aproximada de 8 a 10 cambios por segundo, tomando valores máximos y mínimos.

Entre las consecuencias de fallos en las sondas lambda se puede encontrar el encendido de testigo de fallo Check Engine, un elevado consumo de combustible, obviamente estas fallas no son siempre producidas por una falla en la sonda lambda, pero si existe posibilidad que estos síntomas se deban a ellas.

#### **4.7. Sensor de posición de mariposa (TPS)**

Las siglas de este sensor provienen del Inglés Throttle Position Sensor (sensor de posición de mariposa o aceleración). Mediante este sensor la ECU recibe en cada momento y con total detalle, la posición de la mariposa de aceleración.

De esta forma sabe si el conductor está sin presionar el pedal del acelerador (motor regulado), a mínimo recorrido, media carga, plena carga de acelerador o cualquier posición intermedia.

Representado en la figura 25 posición (9), eléctricamente se trata de un potenciómetro alimentada con una tensión de 5 voltios, que está solidario al eje de la mariposa (giran juntos) y cuya variación en resistencia será directamente proporcional a la variación angular del eje de la mariposa.

Si no se ejerce ninguna acción sobre la mariposa entonces la señal estaría en 0 volts, con una acción total sobre esta señal será del máximo de tensión, con una aceleración media la tensión sería proporcional con respecto a la máxima.

Un problema causado por un TPS en mal estado es la pérdida de control de marcha lenta, quedando el motor acelerado o regulado en régimen incorrectos.

La causa de esto en 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 adecuada.



## CONCLUSIONES

1. Con la elaboración de este panel didáctico de inyección, y con la información que proporciona se puede generar un diagnóstico más exacto con base en la medición de ciertos parámetros, como el caudal del aire de admisión, temperatura del aire de admisión y temperatura del refrigerante del motor, cantidad de oxígeno en los gases de escape, para obtener una combustión mejorada, estos parámetros son procesados por una unidad de control, dando como resultado señales que se transmiten a los actuadores que controlan la inyección de combustible.
2. Se ha presentado información en este trabajo y puede usarse como referencia para determinar la función de los sistemas de inyección pero indudablemente varía en relación a cada fabricante, esta información no es específica de un fabricante pero mantiene el concepto general.
3. Se puede realizar pruebas, como variar la presión de combustible, alta temperatura del refrigerante del motor, mala admisión, mala combustión, las cuales llevan un problema asociado, este problema es interpretado por la computadora la cual enciende la lámpara detectora de falla, al realizar estas pruebas, desarrolla experiencia y criterio para mejorar un diagnóstico.
4. En el presente trabajo de graduación se encuentran fotografías de los componentes eléctricos más usados en los sistemas de inyección de combustible, pero indudablemente varían de acuerdo al fabricante, se intentó documentar de los más comunes usados en el mercado nacional.

5. El pobre mantenimiento y la falta de programas adecuados de capacitación en el control de emisiones vehiculares, incrementa la amenaza de la contaminación del aire y reduce la calidad de vida de la población.
6. La relación aire combustible es muy importante y juega un papel crítico en la economía de combustible, la potencia generada y la cantidad de emisiones de gases contaminantes.
7. El balance de los inyectores es una de las pruebas más importantes, es la que sirve para comprobar que todos los inyectores permiten el paso de la misma cantidad de combustible.
8. La lámpara de check engine se encenderá al poner el interruptor o llave de ignición en On, sin que el motor arranque. Tan pronto el motor es puesto en marcha, esta lámpara debe apagarse, si sigue encendida, la ECU ha detectado una falla en el sistema de inyección.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar programas de inspección y mantenimiento adecuados a los vehículos automotores para reducir la contaminación atmosférica. Por ser la principal causa de contaminación de aire, principalmente en áreas urbanas.
2. Inspección periódica de las emisiones de gases de los vehículos. Ésta se realiza para detectar si los componentes del motor funcionan o no, sufrieron deterioro por falta de mantenimiento.
3. Para llevar a cabo un buen mantenimiento preventivo del vehículo, siga las instrucciones del fabricante.
4. La gasolina de calidad superior y sin plomo tiene el octanaje más alto y un mayor costo. No hay necesidad de usar una gasolina de octano más alto cuando el motor trabaja libre de golpeteo.
5. Si el fabricante especifica emplear gasolina sin plomo no se deberá usar con plomo, pues ello parará la acción del convertidor catalítico, y con frecuencia formará depósitos que lo tapaná.
6. Es importante realizar limpieza de inyectores. La mayoría de los problemas de los inyectores se debe a la suciedad en el combustible.





## BIBLIOGRAFÍA

1. BOSCH, Robert. *Manual de fuel injection*. Alemania: Robert Bosch, 1990. 250 p.
2. \_\_\_\_\_. *Manual técnico del automóvil*. 4a ed. Alemania: Robert Bosch, 2005. 1236 p.
3. \_\_\_\_\_. *Manual técnico de fuel injection*. Buenos Aires: Círculo Latino Austral, 2005. 330 p.
4. \_\_\_\_\_. *Medios de ensayo para sistemas de inyección*. Alemania: Robert Bosch, 1990. 120 p.
5. DALES, David N., et al. *Manual técnico automotriz: operación, mantenimiento y servicio*. México: Prentice-Hall, 1997. 210 p.
6. FREEMAN, Kerry A., et al. *Manual de reparación y afinación*. México: Limusa, 1987. 102 p.
7. PARERA, Albert Martí. *Inyección electrónica en motores de gasolina*. México: Alfaomega, 1992. 61 p.
8. RUEDA SANTANDER, Jesús. *Manual técnico de fuel injection*. 3a ed. Colombia: Diseli, 2006. 873 p.