

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Implementación del Sistema de Inyección Electrónica a Gasolina a un
vehículo Mazda 323

Proyecto Técnico

Nelson Paúl Guachamin Quishpe

Electromecánica Automotriz

Trabajo de titulación presentado como requisito
Para la obtención del título de
Licenciado en Electromecánica Automotriz

Quito, 15 de mayo de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Implementación del Sistema de Inyección Electrónica a Gasolina a un
vehículo Mazda 323**

Nelson Paúl Guachamin Quishpe

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Gonzalo Tayupanta, Msc

Firma del profesor

Quito, 15 de mayo de 2016

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Nelson Paúl Guachamin Quishpe

Código: 00113028

Cédula de Identidad: 1718549056

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2016

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar este trabajo en primer lugar a Dios, quien es el que permito que pueda lograr culminar esta meta en mi vida, en segundo lugar agradecer a toda mi familia, por su inmenso apoyo y su gran ayuda para poder concluir con mis estudios superiores, a mis padres, por ser mi apoyo y ejemplo a seguir durante el día a día para no rendirme y poder lograr mis sueños, que harán que a un futuro nunca me falten las fuerzas para salir adelante y poder ser el mejor día a día en el área que a un futuro decida especializarme

Quiero dar un especial agradecimiento a mis amigos y familiares, por de alguna manera contribuir con este logro, dándome ánimos ya sea en cuerpo presente o a la distancia, pero siempre estuvieron pendientes de mí, también quiero dar un gran agradecimiento a mis profesores de la carrera, por todas las enseñanzas, conocimientos y asesoría compartida durante todos estos años, que sin lugar a dudas contribuyeron para que todas mis dudas y problemas fueras despejados y así poder a través de sus conocimientos impartidos poder ser un mejor profesional.

RESUMEN

El trabajo del cambio de tecnología de un Mazda 323 de carburador a inyección es una idea muy interesante, ya que en si el tema específico es el cambio de tecnología que se le da, al pasar del uso de carburador por un sistema de inyección, en el cual se podrá constatar las mejoras que llegar a tener el vehículo en cuestión de consumo de combustible.

Además al realizar este trabajo se pone en práctica todo lo aprendido durante el tiempo que se cursó la carrera, ya que en dicho trabajo se pone a prueba conocimientos tanto en mecánica general, motores, electrónica y electricidad; haciendo que se compruebe los verdaderos conocimientos con los que se cuenta, además de que es una notable ayuda para poder saber cuáles son los temas que necesitan volver a tratarse o complementarse con algún curso adicional al recibido en la universidad. La principal motivación a realizar este proyecto, es sin lugar a dudas el sentimiento que se tiene al área automotriz, en donde el proyecto en cuestión es un laboratorio donde se puede probar diferentes ideas, todo en pro de encaminarse hacia la industria, ya que el hacer este trabajo de titulación hace que se pueda tener una mayor experiencia sobre conocimientos básicos aprendidos durante la etapa de formación profesional, en pro de poder mejorarlo, sea cual sea el ámbito en el cual se enfoque, es prácticamente el contar con un vehículo al cual se le puede adaptar absolutamente cualquier cosa, y lo que provocara es que la persona que lo haga siga aprendiendo nuevos conocimientos, además de ganar experiencia practicando en el vehículo en cuestión, y así a futuro no pensar en qué lugar se puede trabajar, sino más bien tener la idea de que persona va a pedir su asesoría en dicho tema o en qué sector de la industria se va a trabajar.

Al realizar este trabajo de titulación se pudo observar las principales falencias que se cuenta dentro del sistema de carburación de un motor, y aunque en si este sistema ya está discontinuado, pudimos constatar el verdadero motivo por el cual se dió el cambio hacia el sistema de inyección, dentro del mismo tema se constató las verdaderas ventajas que tiene el sistema de inyección, y los diferentes procesos para la comprobación del sistema, además de conocer de una manera más natural cuales son los sensores verdaderamente indispensables para el correcto funcionamiento de este sistema, el cual en si se explicara su verdadero beneficio, el cual no es ciento por ciento un beneficio en caballos de potencia o velocidad, sino más bien un beneficio ambiental, por la reducción de gases contaminantes al momento de realizar la comparativa entre estos dos sistemas.

ABSTRACT

The work of changing technology of a Mazda 323 of carburetor to injection is a very interesting idea, since whether the specific issue is the change in technology is given, passing the use of carburetor injection system in which may determine the improvements that have come within the vehicle fuel consumption.

In addition to this work you put into practice everything learned during the time the career was extended, as in this work is tested knowledge both in general mechanics, engines, electronics and electricity; causing them to check the true knowledge with that account, plus it is a remarkable help to know what are the issues that need to be retreated or supplemented by some additional members are college course. The main motivation for this project, is without doubt the feeling you have when automotive area, where the project in question is a laboratory where you can try different ideas, all in favor of moving towards the industry, as the do this work titration makes it possible to have more experience learned basic skills during the period of vocational training, towards to improve it, whatever the field in which you focus, is practically have a vehicle to which you may be absolutely adapt anything, and what would cause that the person to do it keep learning new knowledge, besides gaining experience practicing in the vehicle in question, and thus future not to think about where they can work, but well have the idea that person will ask for your advice on this subject or what sector of the industry is going to work.

In performing this titration work was observed major shortcomings which account within the fuel system of an engine, and although if this system is already discontinued, we observed the real reason why the change was given to the processing system injection, within the same subject the real advantages of the injection system, and the different processes for testing of the system was found, besides knowing in a more natural way what the truly indispensable for the proper functioning of this system sensors, which itself will explain their true benefit, which is not hundred percent profit in horsepower or speed, but rather an environmental benefit by reducing greenhouse gases when making the comparison between these two systems.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	11
JUSTIFICACION.....	13
OBJETIVOS.....	14
GENERAL:	14
ESPECIFICOS:	14
CAPÍTULO 1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CARBURADOR	16
1.1 Mezcla aire/combustible.....	18
1.2 Partes del Carburador	19
1.3 Constitución Fundamental del Carburador.....	20
1.4 Desventajas del Sistema	21
CAPITULO 2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCION ..	23
2.1 Ventajas de la Inyección Electrónica de Combustible	23
2.1.1 Suministro de Aire	23
2.1.2 Suministro de Combustible	23
2.1.3 Parte Eléctrica.....	24
2.1.4 Suministro de Mezcla.....	24
2.2 Clasificación de los Sistemas de Inyección Electrónica	25
2.2.1 Número de Inyectores	25
2.2.2 Por la ubicación del Inyector.....	26
2.2.3 Por la sincronización de la Inyección.....	27
2.3 Componentes del Sistema de Inyección	28
2.3.1 Bomba de Combustible	28
2.3.2 Filtro de Combustible.....	29
2.3.3 Riel de inyectores	30
2.3.4 Inyectores	31
2.3.5 Bobina de Encendido	32
2.3.6 Sensor de Presión Absoluta (MAP)	33
2.3.7 Sensor de Temperatura de Aire (IAT).....	34
2.3.8 Sensor de Posición de la Aleta de Aceleración (TPS)	36

2.3.9	Sensor de Temperatura (CTS).....	37
2.3.10	Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP).....	39
2.3.11	Sensor de Oxígeno (Sonda Lambda o Sensor O ₂).....	42
2.3.12	Catalizador	44
2.3.13	Unidad Electrónica de Control (ECU)	46
CAPITULO 3. MODIFICACIONES AL SISTEMA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE DE UN MAZDA 323		47
3.1	Ficha técnica del vehículo	47
3.2	Desmontaje de Componentes del sistema de Carburador	48
3.3	Reconocimiento del sistema de Inyección	51
3.4	Fabricación del Nuevo Múltiple de Admisión	52
3.4	Instalación de los circuitos eléctricos	55
3.4.1	Instalación del Circuito de la ECU.....	58
3.4.2	Instalación del Circuito de Inyectores	59
3.4.4	Circuito de Conexión de los sensores IAT, CT, MAP y TPS	63
3.4.5	Circuito de Conexión del Sensor de Oxígeno	65
3.5	Ubicación de Sensores y Actuadores	66
CAPITULO 4. ANALISIS Y COMPROBACION DEL SISTEMA DE INYECCION.....		72
4.1	Medición de Gases de Escape	72
4.1.1	Medición de Gases sin Potenciómetro	73
4.1.2	Medición de Gases con Potenciómetro	74
4.2	Consumo de Combustible	75
4.3	Temperatura del Motor.....	76
4.4	Arranque en Frío y estabilidad en marcha Mínima.....	76
4.5	Costos de Modificación.....	77
VENTAJAS Y DESVENTAJAS		78
CONCLUSIONES		80
RECOMENDACIONES		82
GLOSARIO DE TERMINOS		84
ANEXOS.....		87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		91

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Esquema fundamental de funcionamiento del carburador (Aficionados a la Mecánica, 2014).....	16
Ilustración 2 Principio Efecto Venturi (Fullmecanica, 2014)	17
Ilustración 3 Funcionamiento del principio de depresión (Aficionados a la mecánica, 2014) .	17
Ilustración 4 Tabla de Dosificación (Aficionados a la Mecánica, 2014)	19
Ilustración 5 Cálculo de Relación Estequiométrica (Aficionados a la mecánica, 2014)	19
Ilustración 6 Partes del Carburador (Aficionados a la Mecánica, 2014).....	20
Ilustración 7 Sistema de Inyección Mono Punto (Taringa, 2014).....	25
Ilustración 8 Sistema de Inyección Multi Punto (Revista Motor, 2013).....	26
Ilustración 9 Inyección Directa de Combustible (Mobis, 2015)	26
Ilustración 10 Inyección Indirecta de Combustible (Revista Motor, 2014).....	27
Ilustración 11 Bomba Eléctrica de Combustible (Aficionados a la Mecánica, 2014))	29
Ilustración 12 Filtro de Combustible (Bosch, Automotive 2014).....	30
Ilustración 13 Riel de Inyectores (Aficionados a la Mecánica, 2014)	31
Ilustración 14 Partes del Inyector (Aficionados a la Mecánica, 2014)	32
Ilustración 15 Estructura de la Bobina de Encendido (Berú, 2014)).....	32
Ilustración 16 Bobina de Encendido de Doble Embobinado (Mercado Libre, 2015).....	33
Ilustración 17 Constitución Sensor MAP (Encendido Electrónico, 2013).....	34
Ilustración 18 Constitución Interna del Sensor IAT (encendidoelectronico.com, 2014).....	35
Ilustración 19 Sensor de Temperatura de Aire (B Motorsports, 2014).....	35
Ilustración 20 Constitución Interna y Circuito Electrónico Sensor TPS (Aficionados a la Mecánica, 2014).....	36
Ilustración 21 Sensor de Posición de la Aleta de Aceleración (Mercado libre, 2016).....	37
Ilustración 22 Constitución del sensor de temperatura del Motor (encendidoelectronico.com, 2014).....	38
Ilustración 23 Sensor de Temperatura del Motor (FAE, 2014).....	38
Ilustración 24 Sensor de Posición del Cigüeñal (Mercado Libre, 2015).....	39
Ilustración 25 Descripción de Ubicación Sensor CKP y Polea dentada (ehtmotors, 2013).....	41
Ilustración 26 Distribución de Bornes del Sensor de Posición del Cigüeñal (Isuzu, 1998).....	41
Ilustración 27 Estructura Interna del Sensor de Oxígeno (Aficionados a la Mecánica, 2014)	42
Ilustración 28 Sensor de Oxígeno (Mercado Libre, 2016).....	44
Ilustración 29 Catalizador (Aficionados a la Mecánica, 2014)	45
Ilustración 30 Unidad Electrónica de Control Constitución interna y externa (Continental - Automotive, 2013)	46
Ilustración 31 Motor Mazda 323 a Carburador (el autor, 2016)	47
Ilustración 32 Ficha Técnica Mazda 323 (Toyo Kogyo, 1980)	48
Ilustración 33 Desmontaje del Carburador (el autor, 2016).....	48
Ilustración 34 Desmontaje del Carburador y sus Cañerías (el autor, 2016).....	49
Ilustración 35 Toma del Múltiple de Admisión (el autor, 2016)	49
Ilustración 36 Desmontaje Múltiple de Admisión (El autor, 2016).....	50
Ilustración 37 Kit de Inyección (el autor, 2016)	52
Ilustración 38 Vista Entrada de admisión del motor (el autor, 2016)	53
Ilustración 39 Fabricación Múltiple de Admisión (el autor, 2016).....	53

Ilustración 40 Soldadura de Múltiple de Admisión y Cañerías de Refrigeración (el autor, 2016).....	54
Ilustración 41 Montaje de riel de Inyectores (el autor, 2016)	55
Ilustración 42 Unidad Electrónica de Control (el autor, 2016)	56
Ilustración 43 Soker Unidad Electrónica de Control (el autor, 2016).....	56
Ilustración 44 Maquina Marcadora de Cables (el autor, 2016).....	57
Ilustración 45 Circuito de Conexión de la ECU (Isuzu Motors, 1998)	58
Ilustración 46 Circuito de Conexión de Inyectores (Isuzu Motors, 1998)	59
Ilustración 47 Circuito de Conexión de Mono bobina y CKP (Isuzu Motors, 1998).....	60
Ilustración 48 Modificación de la Polea del Cigüeñal (el autor, 2016).....	62
Ilustración 49 Fijación del Sensor CKP (el autor, 2016)	63
Ilustración 50 Circuito de Conexión IAT, CT, MAP y TPS (Isuzu Motors, 1998)	63
Ilustración 51 Circuito de Conexión del Sensor de Oxígeno (Isuzu Motors, 1998)	65
Ilustración 52 Ubicación Sensor IAT (el autor, 2016)	66
Ilustración 53 Ubicación Sensor MAP (el autor, 2016)	67
Ilustración 54 Ubicación Sensor TPS (el autor, 2016).....	67
Ilustración 55 Ubicación Sensor CT (el autor, 2016).....	68
Ilustración 56 Ubicación Distribuidor (el autor, 2016)	68
Ilustración 57 Ubicación Mono bobinas (el autor, 2016).....	69
Ilustración 58 Orificio de la Bomba Mecánica de Combustible (el autor, 2016)	69
Ilustración 59 Instalación Bomba Eléctrica de Combustible (el autor, 2016).....	70
Ilustración 60 Ubicación Sensor de temperatura (el autor, 2016).....	70
Ilustración 61 Montaje Completo Sistema de Inyección (el autor, 2016).....	71
Ilustración 62 Resultados Emisión de Gases a Carburador (el autor, 2016).....	73
Ilustración 63 Resultados Emisión de Gases a Inyección sin Potenciómetro (el autor, 2016) 73	73
Ilustración 64 Tabla Comparativa Gases en Ralentí (el autor, 2016)	73
Ilustración 65 Resultados Emisión de Gases a Inyección con Potenciómetro (el autor, 2016) 74	74
Ilustración 66 Tabla Comparativa Gases en Ralentí (el autor, 2016)	74
Ilustración 67 Tabla de Costos (el autor, 2016)	77

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este trabajo de titulación es el cambio de tecnología de un auto Mazda 323 con sistema de carburador a un sistema de inyección, el motivo principal de realizar este trabajo es principalmente el poner en práctica todos los conocimientos adquiridos durante toda la carrera, a la vez de afianzar más los conocimientos que no habían sido explotados en la misma. La principal propuesta a realizar este trabajo de titulación es en parte la mejora de consumo de combustible y la emisión de gases del vehículo, y mientras se vaya desarrollando el proyecto poder dar resultados reales de cuáles fueron las ventajas alcanzadas.

A la par con ello se buscó solucionar los problemas de funcionamiento que tenía el vehículo, tanto en su sistema eléctrico como en sus sistemas mecánicos, únicamente centrándonos en los puntos que requerían mantenimiento o reparación, puesto que no está contemplado dentro de este proyecto la modificación de todos los sistemas del vehículo, limitándonos únicamente a la modificación del sistema de combustión de gasolina y sus derivados, dichos puntos están establecidos dentro del proyecto y serán puntos que serán expuesto conforme se vaya desarrollando dicho proyecto, para de esta manera tener una comparativa de en qué condiciones estuvieron los sistemas antes y después de realizar dicho mantenimiento o sustitución, dependiendo el caso.

Al empezar a hablar del cambio de tecnología de este vehículo se comenzara por citar las características del mismo, para conforme se vaya desarrollando el proyecto se pueda tener una muestra real del antes y el después de dicho vehículo automotor, en donde se podrá demostrar las verdaderas ventajas que se dieron en dicho proyecto, a la vez que se expongan los problemas y las posteriores soluciones que se dieron durante el desarrollo del mismo, para

lo cual será indispensable el contar con las referencias del vehículo antes de realizar esta implementación, a la par con estos temas se mencionara tres puntos importantes los cuales serán los antecedentes del vehículo y sus sistemas de combustible, como lo son el de carburación y el de inyección, y como último se analizara los resultados obtenidos.

JUSTIFICACION

La propuesta va encaminada al mejoramiento de la tecnología del sistema de combustible de un vehículo, el cual servirá para poder demostrar las verdaderas ventajas y desventajas tanto del sistema de carburador como el de inyección, y que tendrá como fin el sustituir dicho sistema por un sistema más moderno como lo es el sistema de inyección. A la vez este proyecto tiene como punto primordial el demostrar que tan viable o no puede ser el realizar este proyecto, en el cual el mismo servirá como referencia para futuros proyectos de los estudiantes de Electromecánica Automotriz, quienes podrán contar con muchas referencias, que harán de alguna manera que la información presentada en este proyecto pueda servir como apoyo bibliográfico para futuros trabajos de titulación.

OBJETIVOS

GENERAL:

Cambiar el funcionamiento del sistema de combustión de un Mazda 323, de sistema de carburador original, por un sistema de inyección multipunto de una camioneta Luv 2.2, para de esta manera poder regular la inyección de gasolina, con lo que se busca reducir el consumo, tanto de combustible, así como las emisiones de gases de escape.

ESPECIFICOS:

- Diseñar y construir un múltiple de admisión, a partir del original, en donde se adaptará los inyectores

- Diseñar y construir tapas y bases para aislar orificios de los componentes del sistema de carburador que se va a aislar.

- Realizar el montaje de sensores eléctricos, actuadores y unidad electrónica de control en el vehículo.

- Realizar una modificación en la polea del cigüeñal, para de esta manera poder acoplar una polea dentada, de la cual tomará la referencia el sensor de posición del cigüeñal.

- Realizar un circuito de conexión para la bomba eléctrica de combustible, para que la misma pueda funcionar correctamente a partir de las referencias del sistema de inyección.

- Comprobar las mejoras realizadas a realizar ese cambio de sistema de alimentación de combustible, realizando las comparaciones respectivas para ver su verdadero beneficio y sus posibles complicaciones.

- Comprender todos los procesos y parámetros realizados en el proyecto, para poder estar en la capacidad de decidir si es viable o no el poder realizar dicha modificación en cualquier automotor, detectando posibles ventajas y desventajas, para de esta manera poder hacer que el sistema tenga un correcto funcionamiento.

CAPÍTULO 1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CARBURADOR

El sistema de alimentación de motores a gasolina por medio de un carburador es un sistema ya discontinuado, en dicho sistema su principio de funcionamiento se da “a partir de la depresión generada por un estrechamiento (denominado difusor) en la corriente de aire que alimenta al motor, para succionar el combustible desde un depósito auxiliar llamado cuba, en donde mezclado con la corriente de aire se forma la mezcla de aire/combustible que hará que en tiempo de expansión se pueda poner en funcionamiento el motor”. (Pérez, 2014)

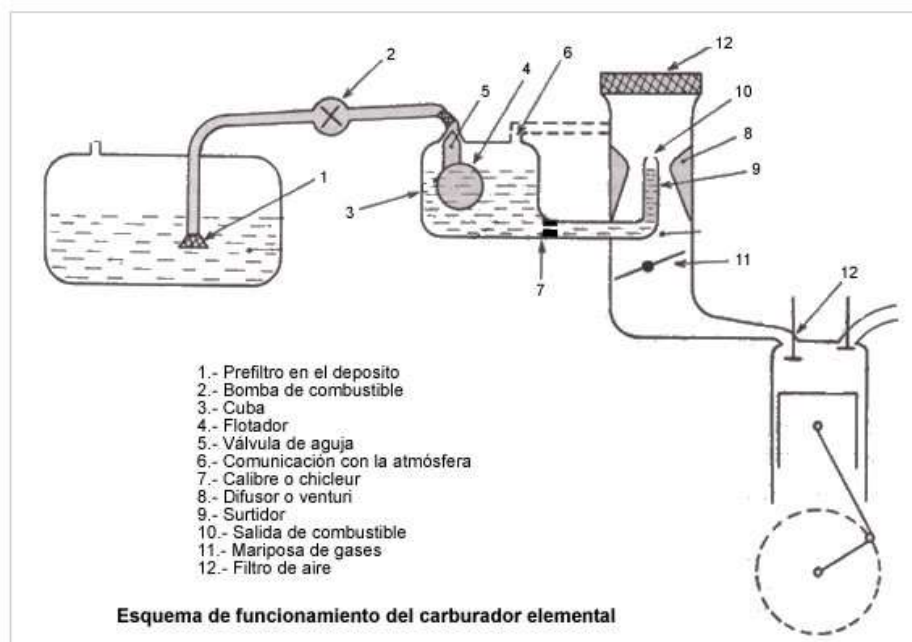


Ilustración 1 Esquema fundamental de funcionamiento del carburador (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Dicha depresión se basa en el principio del denominado efecto Venturi, principio por el cual cuando disminuye el diámetro del conducto por el cual circula la corriente de aire, este hace que su velocidad se incremente, que es lo que genera la depresión que hace que el

carburador pueda ser capaz de succionar gasolina desde la cuba, para así poder formar la mezcla.

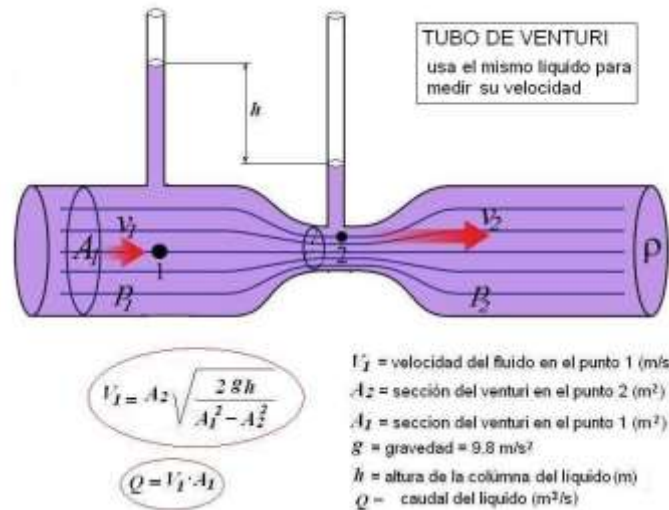


Ilustración 2 Principio Efecto Venturi (Fullmecanica, 2014)

Al hablar del carburador como un elemento mecánico, este depende de la depresión generada por el pistón en su carrera descendente hacia el PMI para generar el vacío y así poder entrar en funcionamiento, para lo cual poder establecer que en un punto exista depresión, solo se lo podrá hacer únicamente si en dicho punto sobresale una presión inferior a otra tomando como referencia, por citar un ejemplo la presión atmosférica.

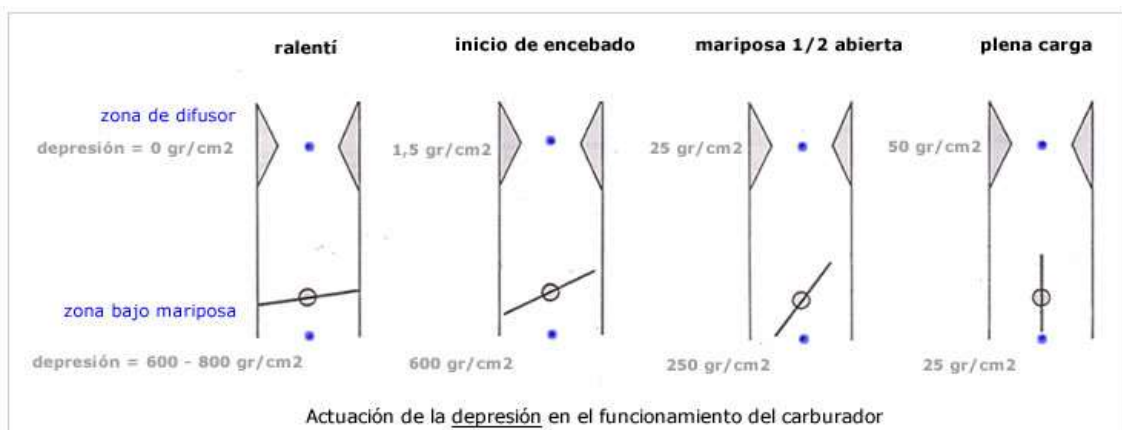


Ilustración 3 Funcionamiento del principio de depresión (Aficionados a la mecánica, 2014)

Cabe destacar que cuando el motor se encuentra parado todos los puntos están a la misma presión (presión = presión atmosférica), con lo que no hay movimiento, ni aspiración de aire o mezcla de combustible.

Cuando el pistón realiza su recorrido descendente en el tiempo de admisión se provoca un vacío en la cámara de combustión, por lo que la presión absoluta en la misma será muy inferior a la atmosférica; es decir habrá una gran depresión. Esta depresión se transmitirá a través de la tubería de admisión al carburador y hacia el exterior, lo que motivará la entrada en funcionamiento del carburador proporcionando gasolina que se mezclará con el aire que entra debido a la depresión, formando la mezcla de aire-combustible que después se quemará en el interior de la cámara de combustión del motor (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Esta depresión será mejor aprovechada mientras se encuentre menos obstaculizada en su trayecto hacia la mariposa de aceleración, si esta se encuentra totalmente cerrada actuará como un obstáculo respecto a la depresión, lo que provocara que dicha depresión se pierda haciéndola prácticamente igual a la presión atmosférica.

1.1 Mezcla aire/combustible

La mezcla de aire combustible, como su nombre lo indica no es otra cosa que la mezcla entre ambos, los cuales al estar dentro de la cámara de combustión harán posible que se realice la combustión, lo que hará que el motor pueda entrar en funcionamiento. Dentro de la mezcla de aire y combustible hay que tener en cuenta que existe una mezcla estequiométrica o ideal, con la cual teóricamente entra en funcionamiento, la proporción de esta mezcla es de 14,7 kg

de aire por 1 kg de gasolina, esta mezcla química es la que hace posible la combustión, en el caso de que se varíe la proporción no podrá tener una buena combustión, pasando de una mezcla ideal a una mezcla rica.

dosificación mínima para ralentí	1/22 (r = 0,7)
dosificación máxima para arranque en frío	1/4,5 (r = 3,3)
dosificación para potencia máxima	1/12,5 (r = 1,2)
dosificación para máximo rendimiento	1/18 (r = 0,85)

Ilustración 4 Tabla de Dosificación (Aficionados a la Mecánica, 2014)

La fórmula para poder definir la relación estequiométrica (Re) en motores de combustión interna es la siguiente:

$$Re = \frac{\text{peso de combustible}}{\text{peso de aire}} = \frac{1}{15,3}$$

Ilustración 5 Cálculo de Relación Estequiométrica (Aficionados a la mecánica, 2014)

1.2 Partes del Carburador

Esencialmente el carburador está constituido por tres partes principales: la válvula de mariposa, el cuerpo del carburador y la tapa del carburador. Dentro de estas partes fundamentales del carburador se cuenta principalmente con: el difusor o Venturi, que como se mencionó anteriormente es por donde se produce la depresión que hace que pueda llegar a funcionar el sistema; el surtidor o gicleur, que es un conducto estrecho y alargado por donde pasa la gasolina para conjuntamente con el conducto de aire realizar la mezcla; la cuba, la cual es un depósito pequeño dentro del carburador donde se almacena combustible, para de esta manera siempre mantener un nivel constante del mismo en el carburador, la cual es

complementada por el flotador; el estrangulador o mariposa, que es la encargada de regular el paso de aire de entrada hacia el carburador, al disminuir el paso de entrada hace que pueda realizarse de mejor manera el arranque en frío; y la bomba de aceleración o pique que es la encargada de trasegar combustible del depósito hacia el carburador, para de esta manera tener una mejor aceleración. (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, 1985)

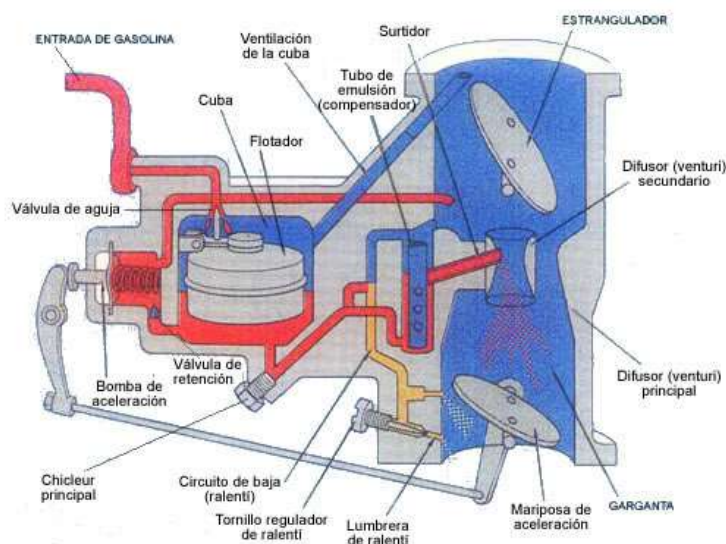


Ilustración 6 Partes del Carburador (Aficionados a la Mecánica, 2014)

1.3 Constitución Fundamental del Carburador

Dentro de las partes principales del carburador tenemos diversos sistemas, los cuales están dispuestos en distintos elementos los cuales detallaremos a continuación:

- Dispositivo de flotador: Donde constan la cámara, flotador y válvula de aguja del flotador.
- Dispositivo de arranque en frío: Pulsador, mariposa de arranque y carburador de arranque.

- Sistema de ralentí con dispositivo de transición: Pertenecen a este sistema el surtidor de aire de ralentí, el surtidor de combustible de ralentí, los taladros de paso y los dispositivos para la dosificación de mezcla o aire adicional.
- Sistema del surtidor principal: Del cual constan el difusor o Venturi, el surtidor principal, el surtidor corrector de aire y el tubo de mezcla.
- Dispositivo de aceleración: Del cual constan la bomba de aceleración, válvulas y tubo de inyección.
- Dispositivo de enriquecimiento: Del cual están incluidos válvulas de enriquecimiento, el tubo de enriquecimiento, y en ocasiones el mando de depresión.
- Dispositivos adicionales: Como por ejemplo el colector de altitud o la válvula de choque. (GTZ, 1985)

1.4 Desventajas del Sistema

Dentro del funcionamiento del motor, en teoría el pistón debería succionar al interior del cilindro un volumen de mezcla a presión atmosférica, igual al desplazamiento del cilindro, pero esto no ocurre ya que en la realidad la cantidad de mezcla que ingresa es casi siempre inferior 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 cerca del 85%, con todo el ahogador, las razones para no llegar al 100%, Jesús Rueda la cita de la siguiente manera:

- Restricciones del carburador y dobleces en el múltiple de admisión y el sistema de puerto, que limita el flujo de la mezcla en los cilindros.
- Calentamiento de 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 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.

Básicamente el motivo por el cual se decidió cambiar de sistema de alimentación de combustible fueron por razones ambientales, ya que se obligó al empleo de catalizadores para depurar gases residuales (Pérez, 2014), pero además de ello también se buscaba economizar el consumo de combustible o hacer que su consumo pueda ser regulado, y fue cuando se decidió cambiar al sistema de inyección, para de esta manera no desperdiciar el combustible en tiempos muertos como lo es estar el motor parado en ralentí, ya que al usar un carburador, el consumo de gasolina era el mismo sea que este parado o en movimiento, mientras que como se mostrara a continuación, el sistema de inyección controlaba el consumo de combustible para hacer que en ralentí se consuma lo más mínimo posible.

CAPITULO 2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCION

En comparación al sistema de carburador, el sistema de inyección es un sistema electrónico que controlado por la ECU hace posible el correcto funcionamiento de sensores, que estos a su vez generarán que los actuadores se puedan poner en funcionamiento y de esta manera poder trabajar con normalidad. Dentro de este sistema existen varias ventajas con relación a su predecesor, los cuales se detallaran a continuación.

2.1 Ventajas de la Inyección Electrónica de Combustible

2.1.1 Suministro de Aire

Haciendo una comparativa con el sistema de carburador el principio es el mismo, ya que el aire ingresa por un ducto, el cual a través del filtro elimina impurezas y llega a la válvula de mariposa, pero en el caso del sistema de inyección al accionar el pedal de aceleración, lo único que se dosifica es la entrada de aire y no la de combustible. Adicional a ello existe un sistema eléctrico que ayuda al paso de aire en marcha mínima, para trabajar con un rango de revoluciones muy bajo, además de que el diseño del múltiple de admisión hace que llegue a cada cilindro la misma cantidad de aire, lo que hace que la mezcla de aire/combustible sea mejor aprovechada.

2.1.2 Suministro de Combustible

En este caso no se cuenta con una bomba mecánica que mantienen siempre el mismo régimen de combustible, sino que en su lugar tenemos una bomba eléctrica, la cual va sumergida en el tanque de gasolina y que es la encargada de enviar el combustible hacia los inyectores, en donde a través de un regulador de presión en la riel de inyectores hace que el

combustible retorne hacia el tanque, en caso de no requerir mucho combustible. Este último proceso es controlado por los inyectores, las cuales son válvulas eléctricas que dosifican y pulverizan el combustible antes de ingresar en la cámara de combustión, los cuales son controlados por la Unidad Electrónica de Control (ECU) que será la encargada de darle la señal para que pueda inyectar el combustible.

2.1.3 Parte Eléctrica

Como se destacó anteriormente los inyectores son accionados por medio de la ECU, la cual es la encargada de dosificar el combustible, tomando como referencia la señal de otros sensores esta determinará el tiempo en el cual los inyectores estarán abiertos. El tiempo que permanezcan abiertos dependerá de otros parámetros como lo son la temperatura y velocidad del motor, además de la posición de la aleta mariposa, la cual hará que la ECU envíe una señal para que permanezcan un mayor o menor tiempo abiertos, con lo cual evidentemente existe un consumo menor de combustible.

2.1.4 Suministro de Mezcla

El suministro de mezcla que llega a cada cilindro puede ser medido y a la vez ser homogéneo para todos, cosa que no es así en el carburador, ya que existe una desigualdad, la cual llega al 30%, es decir que unos cilindros tienen una mezcla más rica, mientras que otros cuentan con una mezcla más pobre. (Pérez, 2014) Esto provoca que las aceleraciones y desaceleraciones sean más rápidas, ya que al contrario de los carburadores, la cantidad de combustible inyectado cambia de manera constante, dependiendo de la posición de la aleta de aceleración, la cual se encuentra medida por el sensor de posición de la aleta de aceleración.

2.2 Clasificación de los Sistemas de Inyección Electrónica

Los sistemas de inyección electrónica se clasifican dependiendo sus prestaciones, dentro de las cuales se pueden clasificar por:

2.2.1 Número de Inyectores

- **Inyección Mono punto:** Cuando únicamente existe un inyector en la misma posición en la que estuviera el carburador, siendo la gran diferencia que cantidad de combustible inyectado no depende de la depresión del colector. (Pérez, 2014)

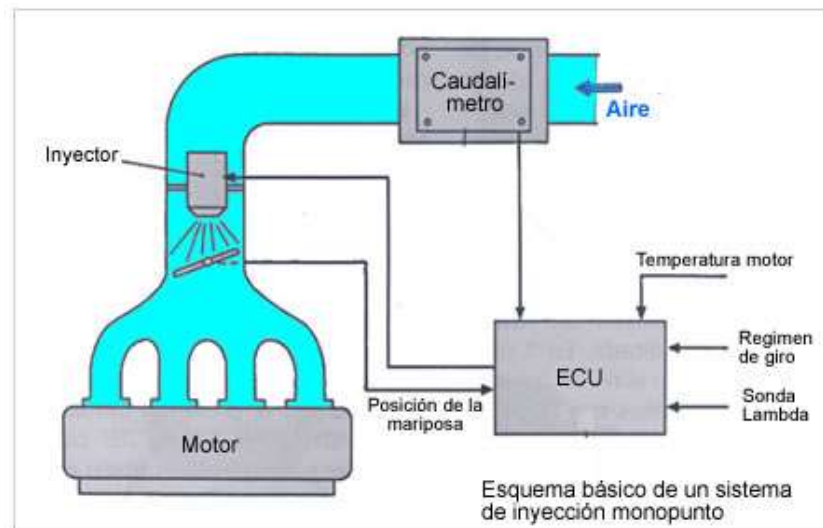


Ilustración 7 Sistema de Inyección Mono Punto (Taringa, 2014)

- **Inyección Multipunto:** En este caso existe un inyector por cada cilindro, lo que hace que el porcentaje de mezcla de aire/combustible sea la misma para todos los cilindros, haciendo que exista un ahorro en el consumo de combustible.

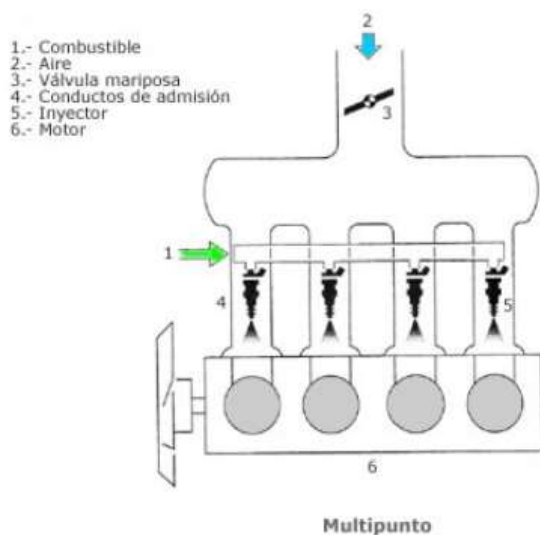


Ilustración 8 Sistema de Inyección Multi Punto (Revista Motor, 2013)

2.2.2 Por la ubicación del Inyector

- **Ubicación Directa:** En este caso el inyector se encuentra en contacto con la cámara de combustión, lo que hace que este inyecte el combustible de manera directa en el tiempo de expansión.



Ilustración 9 Inyección Directa de Combustible (Mobis, 2015)

- **Ubicación Indirecta:** En este caso los inyectores se encuentran muy cerca a la entrada del múltiple de admisión, exactamente en el colector y a partir de allí es donde realizan la inyección.

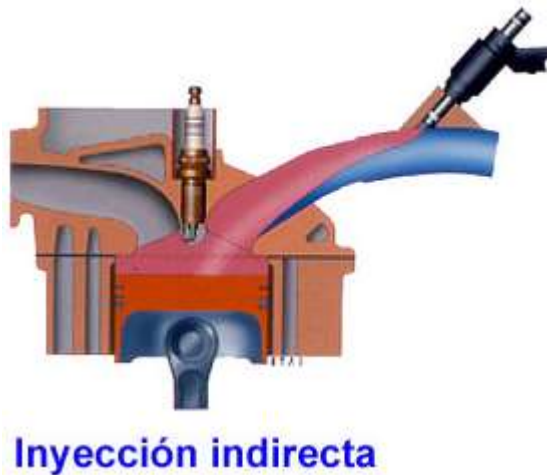


Ilustración 10 Inyección Indirecta de Combustible (Revista Motor, 2014)

2.2.3 Por la sincronización de la Inyección

- **Simultánea:** Este tipo de inyección es generalmente de manera indirecta, en la cual todos los inyecciones inyectan combustible a una cierta frecuencia (Pulso de Inyección) la cual no siempre coincide con el tiempo de expansión, por lo cual el combustible se acumula en la cámara de combustión y en ocasiones tiende a tener contra explosiones, es a lo que se le conoce como tiempos muertos, ya que no se aprovecha de gran manera los ciclos del motor.
- **Semi Secuencial:** En este caso la inyección se produce en serie de dos inyectores, los cuales se abren y cierran dentro de un determinado rango de tiempo.

- **Secuencial:** En este caso la inyección únicamente sucede cuando la válvula de admisión se encuentra abierta, el rango de apertura lo determina el inyector con referencia de la señal del CKP, para abrirse dependientemente del régimen de giro del motor.

2.3 Componentes del Sistema de Inyección

El sistema de inyección en si tiene como pilar fundamental a la ECU, la cual es la encargada de poner en funcionamiento a sensores y actuadores mediante las señales que entran y salen de la misma, controlando la dosificación del combustible mediante la apertura y cierre de los inyectores, los mismos que son generados en base a:

- La densidad del aire
- La temperatura del motor
- El régimen de giro del motor
- La carga del motor
- La tensión en la red del vehículo
- El porcentaje de gases de escape

Dentro de los sensores más importantes dentro del sistema de inyección, a continuación se explicará los que fueron empleados en este trabajo de titulación:

2.3.1 Bomba de Combustible

Es la encargada de enviar el combustible hacia la riel de inyectores, para hacer que la presión sea constante siempre retorna el combustible hacia el tanque. La bomba de combustible

trabaja con una presión aproximada de 45 PSI, cuando éstas llegan a averiarse se las debe reemplazar inmediatamente, no cuenta con un arreglo o mantenimiento, lo que sí se puede hacer para alargar tu tiempo de trabajo es no llegar a usarla con el tanque de gasolina en el mínimo nivel, ya que al estar sumergida dentro del tanque de combustible, el mismo sirve como refrigerante de la bomba, y al estar éste en el nivel mínimo hará que la bomba llegue a sobrecalentarse. Para su instalación es necesario la utilización de un relé, el cual regulara su uso, para que no entre gasolina a los inyectores hasta que el vehículo este encendido.

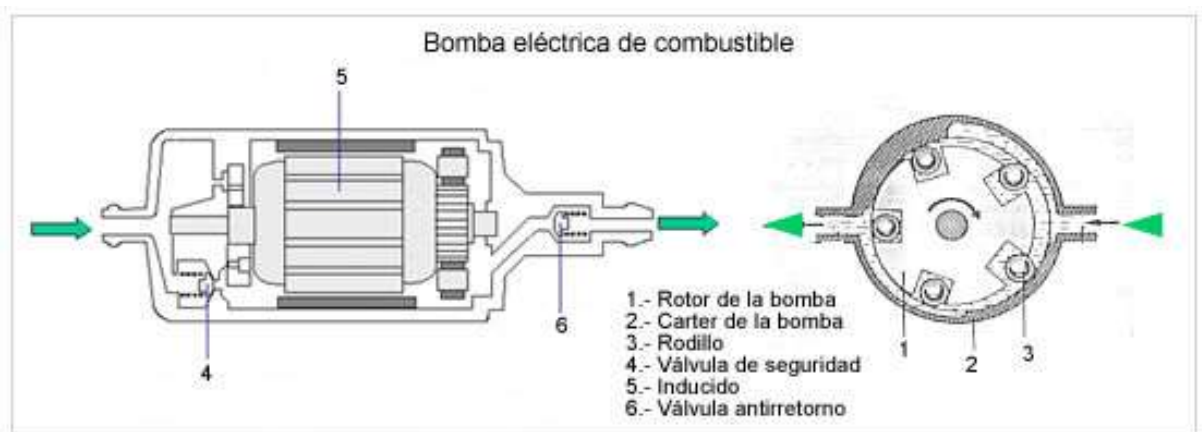


Ilustración 11 Bomba Eléctrica de Combustible (Aficionados a la Mecánica, 2014))

2.3.2 Filtro de Combustible

Es el encargado de evitar que impurezas en la gasolina vayan hacia el riel de inyectores, para que estas no obstruyan o taponen a los mismos, este filtro es de alta presión y debe ser reemplazado después de un cierto tiempo de uso, el cual varía de acuerdo al fabricante. Generalmente los filtros de combustible están constituidos por una malla fina de un compuesto especial, que es por donde se filtran las impurezas, dentro de una carcasa metálica, su instalación varía dependiendo el modelo de vehículo, situado en ocasiones a la salida del tanque de combustible, y en otras ocasiones su ubicación se encuentra dentro del motor, justo antes de la riel de inyectores.

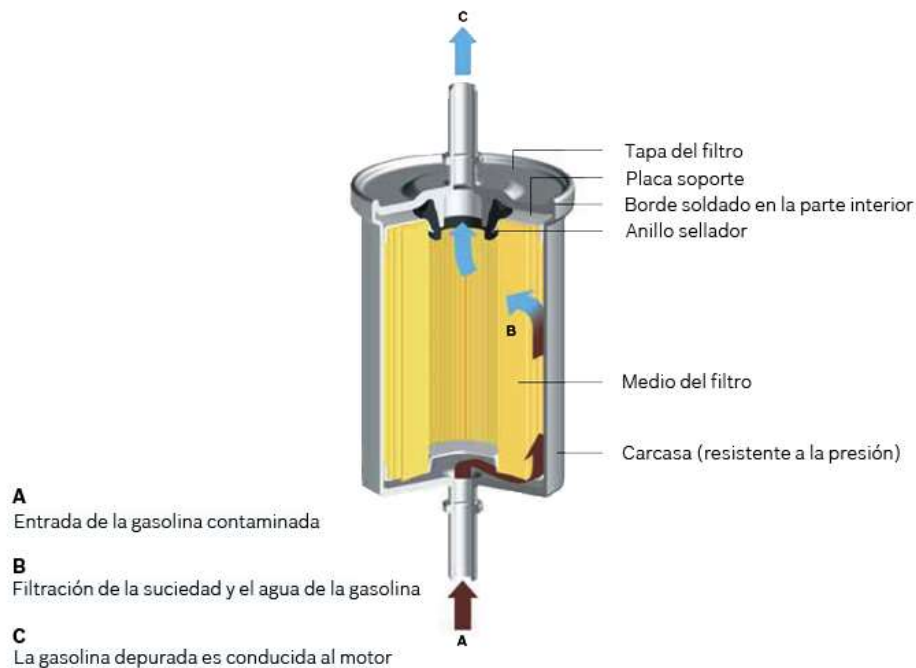


Ilustración 12 Filtro de Combustible (Bosch, Automotive 2014)

2.3.3 Riel de inyectores

A la riel de inyectores se lo puede considerar como un acumulador de presión, en donde llega la gasolina, y después es enviada a los inyectores, adicional a ello cuenta con un regulador de presión, el cual como su nombre lo indica regula la presión que existe dentro de la riel de inyectores, a su vez que este trabaja conjuntamente con el colector de admisión, haciendo que la presión en el riel dependa de la depresión que existe en el colector, esta presión puede ser regulada haciendo que aumente o disminuya según el caso lo requiera, ya que posee un resorte que es el cual regula la presión; lo único que se necesita es alar o empujar la toma por donde se acopla la manguera, en el caso de esta modificación se optó por alar esta toma por donde se acopla la cañería, aumentando su diámetro de 13 a 16mm, con lo que disminuyó considerablemente el consumo de combustible, adicional a que también sirvió para regular de mejor manera el ralentí.

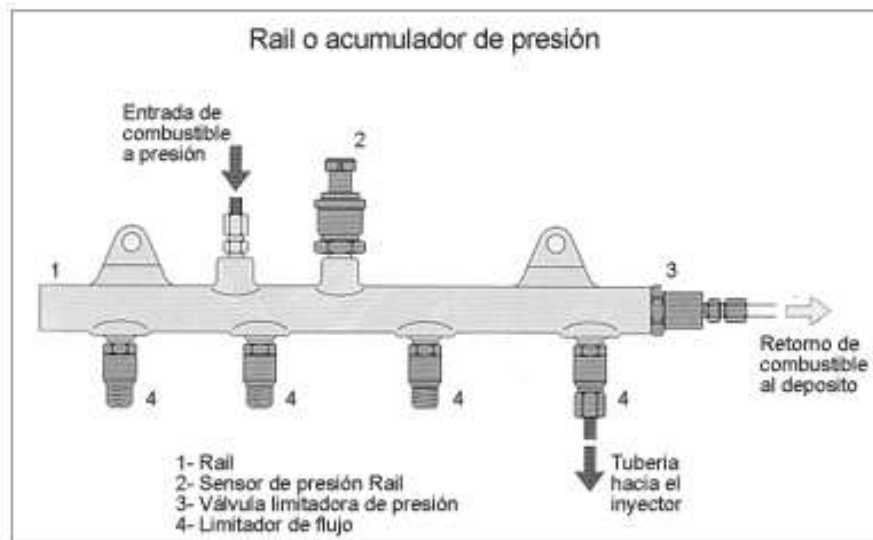


Ilustración 13 Riel de Inyectores (Aficionados a la Mecánica, 2014)

2.3.4 Inyectores

La función de los inyectores como es sabido es de inyectar el combustible a alta presión y finamente pulverizado, en el colector de admisión. Su apertura es de tipo electromagnético, disponiendo para ello de una bobina o solenoide que al ser recorrida por la corriente produce un campo magnético (Pérez, 2014). Este campo electromagnético hace que se produzca un desplazamiento de la válvula de aguja la cual permite el paso de combustible para pulverizarlo y posteriormente que salga por el colector de admisión. Hay que tener un gran cuidado de que no exista ninguna impureza que tapone al inyector, ya que de existirla haría que el mismo tenga un mal funcionamiento. El tiempo de pulso de inyección varía entre 1,4 a 2 mili segundos.

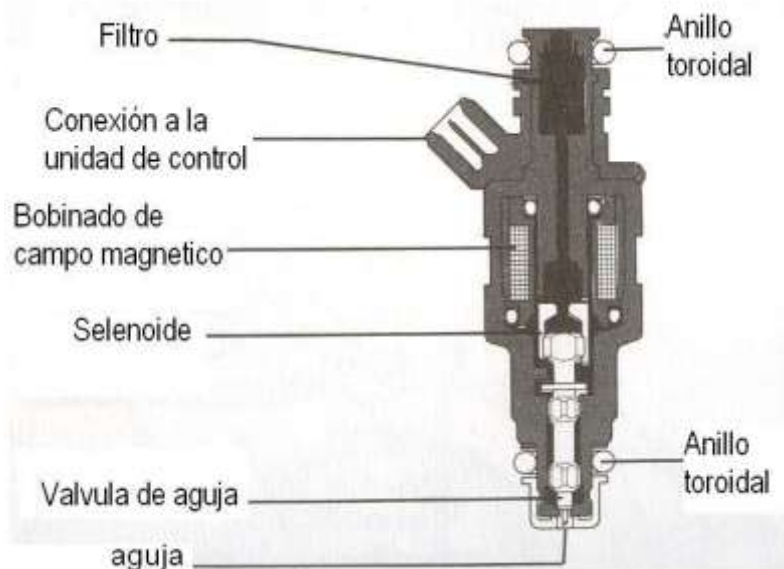


Ilustración 14 Partes del Inyector (Aficionados a la Mecánica, 2014)

2.3.5 Bobina de Encendido

La bobina de encendido en el sistema de inyección es la sustitución del distribuidor, es un dispositivo electrónico, que a partir de la señal que es enviada desde el CKP a la ECU, ésta es la que envía la orden de chispa hacia la bobina. La bobina trabaja con un voltaje de entrada de 12v al igual que una bobina tradicional, realiza la transformación de 12 a unos 15000 o 30000v, pero ésta a su vez mediante el módulo electrónico es la que da el orden de salto de chispa a la bujía.

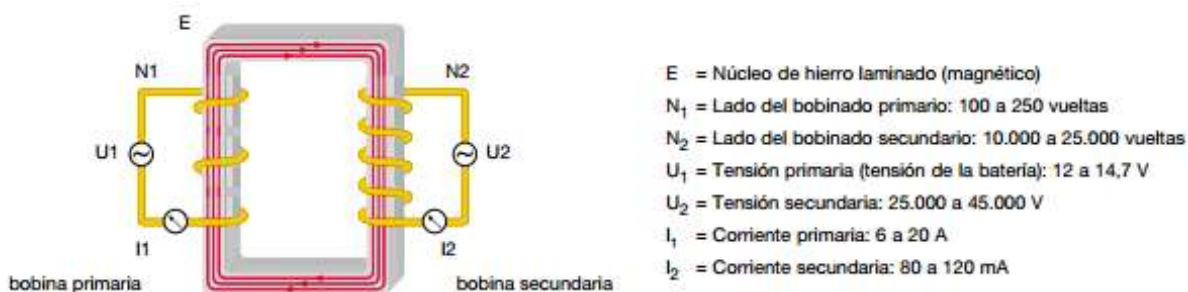


Ilustración 15 Estructura de la Bobina de Encendido (Berí, 2014)

En el caso de esta modificación fue empleada una bobina de encendido de doble embobinado, la cual ayuda al mejoramiento del salto de la chispa, dicha bobina cuenta con 3 bornes, el borne A y C son conexiones hacia la ECU, mientras que el borne B es la conexión de alimentación a 12v.



Ilustración 16 Bobina de Encendido de Doble Embobinado (Mercado Libre, 2015)

2.3.6 Sensor de Presión Absoluta (MAP)

El sensor de Presión Absoluta o Manifold Absolute Pressure (por sus sigla en inglés) como su nombre lo indica es el sensor que mide la presión de aire que existe en el colector de admisión, supervisando constantemente la succión o vacío que existe en el múltiple de admisión y a través de este vacío generar un voltaje que envía a la ECU y a partir de ese voltaje y la demanda de aceleración hacer que exista mayor o menor demanda de combustible. El sensor MAP está constituido por un sensor piezoeléctrico montado en un circuito integrado para medir las variaciones de presión/vacío y entrega al exterior una señal de voltaje (Auto Daewoo Spark, 2016).

En cuanto a la constitución eléctrica del sensor tenemos tres bornes de los cuales el borne A es la señal de referencia de 5v, el borne B es la entrada de señal del sensor hacia la

ECU y el borne C es la tierra del sensor; el voltaje de la señal de referencia puede variar entre 0.2~0.4v hasta 4.8~5v. Cuando el motor está en desaceleración el voltaje de salida del sensor MAP es menor a 0.8v.

En el caso de ralentí en estado estable (alrededor de 950 RPM) la salida del sensor MAP es entre 0.9 y 1.5v, que corresponde con alto vacío o succión (Auto Daewoo Spark, 2016).

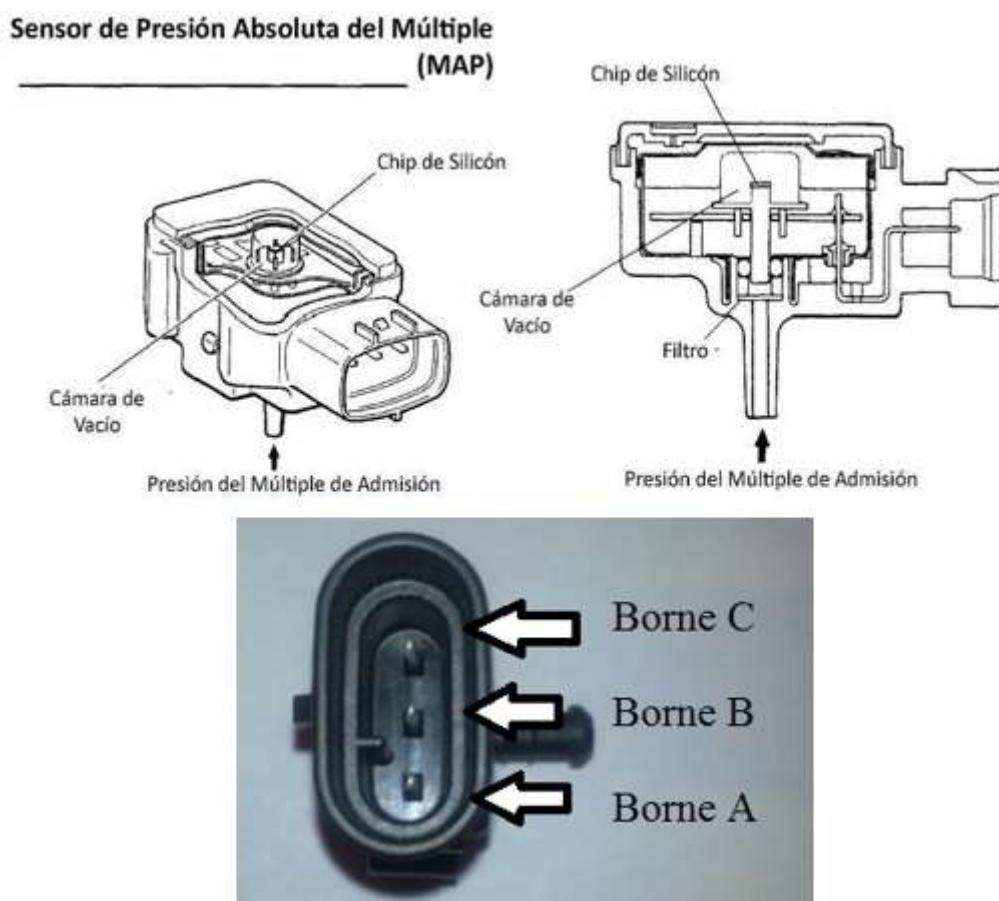


Ilustración 17 Constitución Sensor MAP (Encendido Electrónico, 2013)

2.3.7 Sensor de Temperatura de Aire (IAT)

El sensor de temperatura de aire de admisión o Intake Air Temperature es un sensor que indica la temperatura de aire que ingresa por el múltiple de admisión para el arranque en frío o cuando ya está en marcha, este sensor funciona a la par con el sensor de temperatura del motor,

los cuales al enviar una señal a la ECU, y si esta obtiene una señal simultanea de 8°C asume que es un arranque en frio.

La constitución de un sensor IAT está compuesta por una resistencia de valor fijo, la cual cuando esta fría tiene una resistencia muy alta, y a medida que va aumentando la temperatura su resistencia baja, por lo cual se lo podría considerar como un termistor tipo NTC. La constitución de sus bornes es de 2, dentro de los cuales el borne A es la entrada de señal del sensor hacia la Unidad Electrónica de Control, mientras que el borne B es el que le da tierra al sensor, cabe destacar que la tierra le de la misma ECU.

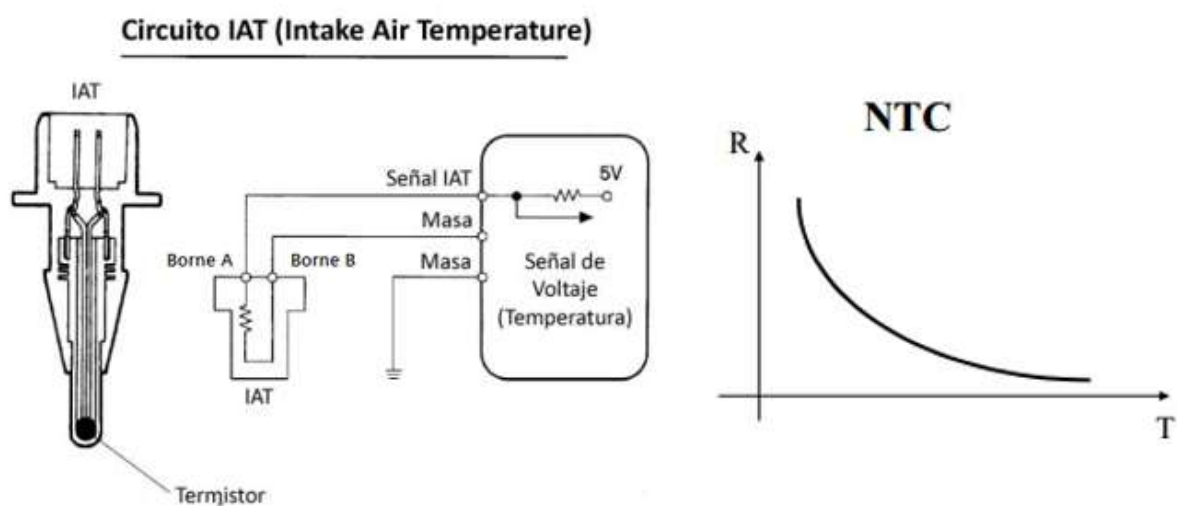


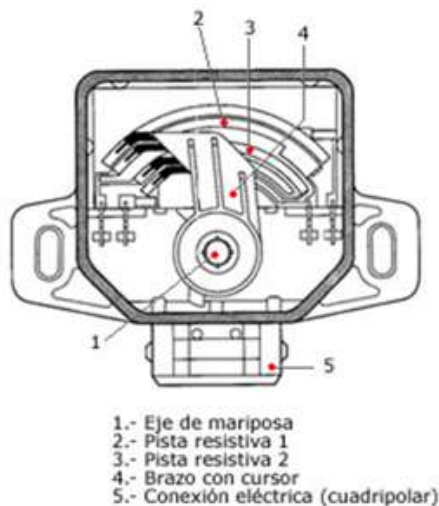
Ilustración 18 Constitución Interna del Sensor IAT (encendioelectronico.com, 2014)



Ilustración 19 Sensor de Temperatura de Aire (B Motorsports, 2014)

2.3.8 Sensor de Posición de la Aleta de Aceleración (TPS)

El sensor de posición de aceleración o Throttle Position Sensor por sus siglas en inglés, es el sensor encargado de enviar una señal hacia la ECU sobre el grado de abertura de la aleta de aceleración, para a través de dicha señal controlar el tiempo de pulso de inyección de los inyectores. El principio de funcionamiento de un sensor TPS es el de un potenciómetro, el cual se encuentra acoplado al eje de la aleta de aceleración y que se desplaza en cierto ángulo en función de la aceleración, el ángulo máximo que se mueve es alrededor de 100 grados y tiene sentido que sea así pues a 0 grados la mariposa de aceleración está cerrada- y se encuentra verticalmente con la garganta de acceso de aire hacia el múltiple de admisión, mientras que a máxima aceleración la mariposa de aceleración debe estar paralela a la garganta de admisión (Auto Daewoo Spark, 2016).



Sensor de Posición de Acelerador – Circuito

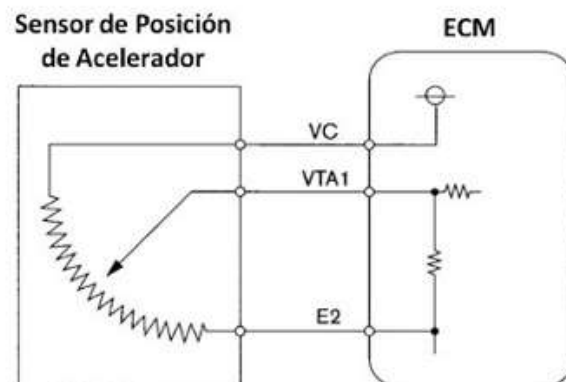


Ilustración 20 Constitución Interna y Circuito Electrónico Sensor TPS (Aficionados a la Mecánica, 2014)

La constitución del sensor como mencionamos anteriormente es la de un potenciómetro, el cual varía su voltaje dependiendo el ángulo de apertura de la aleta de aceleración, por ejemplo cuando el vehículo se encuentra en ralentí, el rango de voltaje es muy bajo, aproximadamente de $0.4 \pm 0.8\text{v}$, pero cuando se encuentra abierta completamente la aleta de aceleración el rango

de voltaje aumenta de $4.5 \pm 5v$. La construcción de comunicación con la ECU es de 3 bornes, en donde el borne A es el que hace tierra en la ECU, mientras que el borne B es la entrada de señal hacia la ECU, mientras que el borne C es la seña de referencia de 5v.

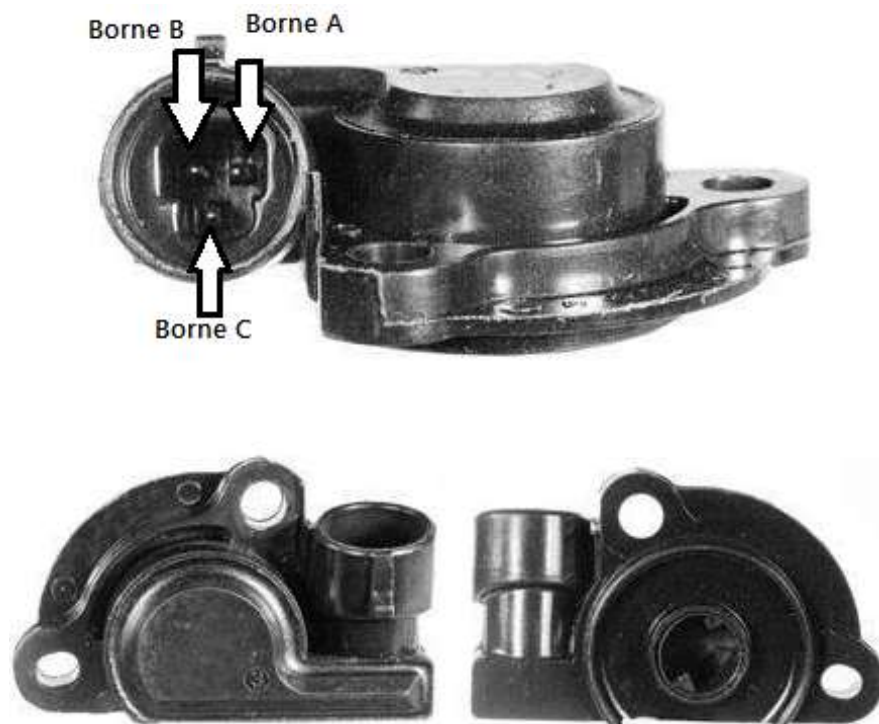


Ilustración 21 Sensor de Posición de la Aleta de Aceleración (Mercado libre, 2016)

2.3.9 Sensor de Temperatura (CTS)

El sensor de temperatura o coolant temperature sensor por sus siglas en inglés, es el encargado de enviar a la ECU la señal de temperatura del motor, y a partir de ello la ECU regulará el consumo de combustible, lo que lo hace uno de los sensores de vital importancia dentro del sistema de inyección, ya que dependiendo de la señal que envíe a la ECU, esta ordenará aumentar o disminuir la inyección de combustible, lo que lo hace crucial en el momento de realizar el arranque en frío, ya que al sensor tener fallas en su funcionamiento harán que el vehículo no pueda encenderse.

Circuito ECT (Engine Coolan Temperature)

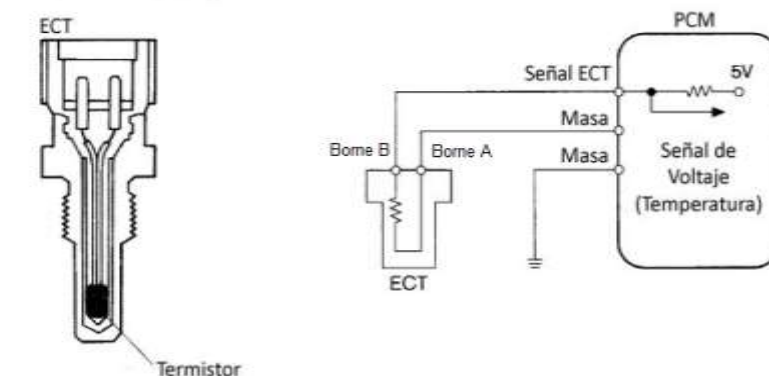


Ilustración 22 Constitución del sensor de temperatura del Motor (*encendioelectronico.com, 2014*)

La constitución de este sensor se basa al igual que el sensor IAT de un termistor, el cual varía dependiendo de la temperatura del refrigerante del motor, haciendo que este varíe la señal de su voltaje que es enviado a la ECU, razón por la cual estos sensores trabajan de manera conjunta y los hace sumamente primordiales en el sistema de inyección, ya que en este caso al estar con algún desperfecto hará que el motor tenga muchos inconvenientes en poder permanecer encendido. La constitución de sus bornes se compone de dos, el borne A que es el que da tierra con la ECU, mientras que el borne B es el borne de comunicación de señal entre el sensor y la ECU.

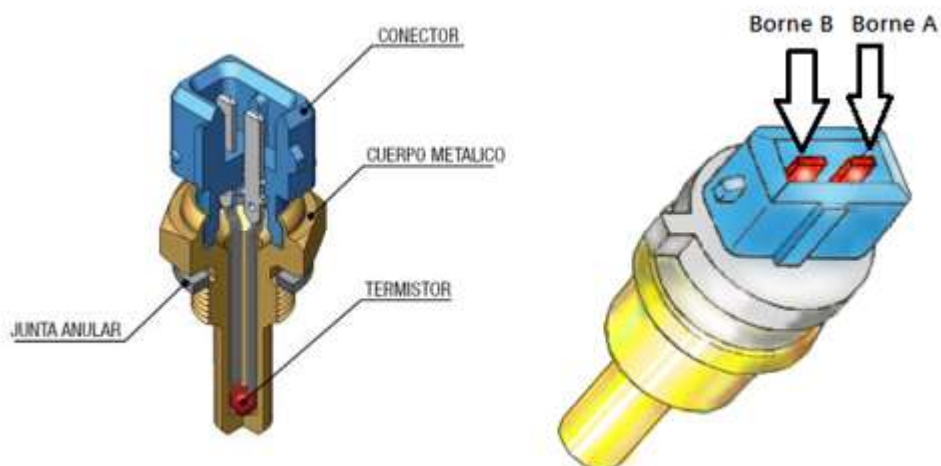


Ilustración 23 Sensor de Temperatura del Motor (*FAE, 2014*)

2.3.10 Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

El sensor de posición del cigüeñal o Crankshaft Position Sensor (siglas en inglés) es sin duda el sensor más importante dentro del sistema de inyección, ya que este sensor reemplaza al distribuidor convencional para de esta manera poder informar a la ECU sobre la velocidad de giro del motor y poder esta generar la señal de chispa y pulso de inyección, para de esta manera poder encender el motor, al estar este sensor en mal estado el vehículo no podrá encenderse. Este sensor tiene un régimen de señal, el cual va variando a medida que se vaya acelerando o aumentando el giro del cigüeñal.



Ilustración 24 Sensor de Posición del Cigüeñal (Mercado Libre, 2015)

Tipos de Sensores CKP

- **Sensores de efecto Hall:** Los sensores de efecto Hall generan señales eléctricas conocidas como de onda cuadrada, las cuales pueden ser apreciadas con la ayuda de un osciloscopio, los sensores de efecto Hall deben ser atravesados por una corriente, necesitan de una señal de referencia por decirlo así para poder emitir una señal al módulo de control. (Mecánica Básica, 2016)

- **Sensores tipo óptico:** Por lo general estos sensores de posición ópticos van montados dentro de los distribuidores y utilizan un diodo LED, un foto diodo y una placa con ranuras para determinar la posición y velocidad del cigüeñal.
- **Sensores magnéticos:** Los sensores magnéticos de posición de cigüeñal generan una señal senoidal hacia la ECU, al contrario de los sensores de efecto hall, los magnéticos no necesitan de corriente para funcionar, ellos generan corriente por si solos, la principal forma de diferenciarlos es por el número de bornes, ya que los sensores magnéticos cuentan con 2 bornes y los de efecto Hall 3, pero no hay que confiarse pues también existe sensores magnéticos de 3 bornes.

En el caso de esta implementación se optó por utilizar un sensor CKP de tipo magnético, en el cual la señal es dada por el sensor a partir de una polea dentada ubicada en el cigüeñal, ya sea interior o exteriormente, en donde a través del dentado existente en la polea genera un impulso magnético que es el que generará la señal que llegará a la ECU, este impulso magnético se da porque el sensor es de tipo inductivo la cual al hacer contacto con la polea dentada genera la frecuencia que es enviada a la ECU, hay que tener en cuenta que existe una medida de separación exacta entre la polea dentada y el sensor CKP, la cual si no es respetada hará que no pueda entrar en funcionamiento el sensor.

Esta medida de separación entre el sensor y la polea dentada varía dependiendo del modelo del fabricante, en este caso para la adaptación de este sistema se consultó el rango de separación el cual varia de 0.6 a 1.1 mm, la cual además debe estar en paralelo con el centro del diente, hay que tener en cuenta también el número de dientes que tenga la polea, ya que en el caso de una adaptación este número de dientes deberá coincidir con el tiempo de giro del

motor, y al ser un número mayor o menor de dientes hará que haya un desfase en el tiempo de giro del motor.

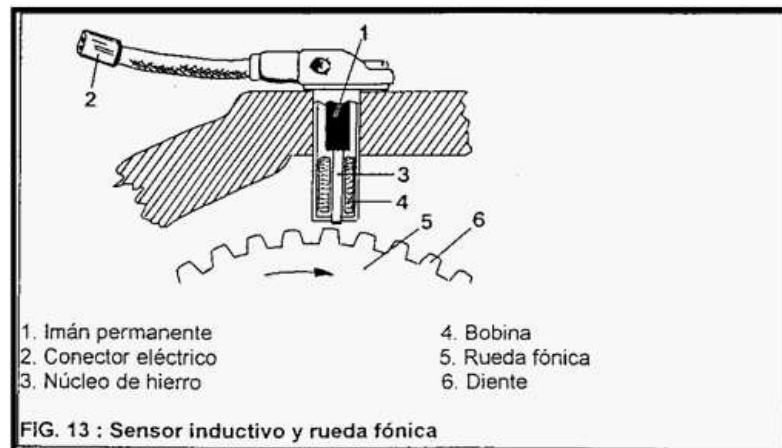


Ilustración 25 Descripción de Ubicación Sensor CKP y Polea dentada (ehtmotors, 2013)

La constitución de este sensor se basa en tres bornes, en donde el borne A es el que le da tierra al sensor por medio de la ECU, mientras que el borne B es el borne de alimentación, cabe destacar que este sensor trabaja con 1v, por lo cual la señal del mismo puede perderse fácilmente, en el caso del borne C es únicamente para hacer tierra del circuito y evitar que exista alguna interferencia en la señal.

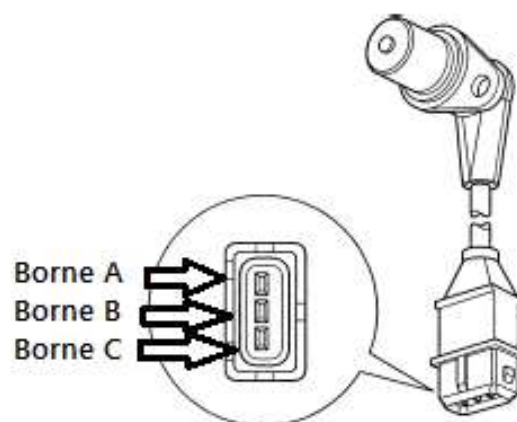


Ilustración 26 Distribución de Bornes del Sensor de Posición del Cigüeñal (Isuzu, 1998)

2.3.11 Sensor de Oxígeno (Sonda Lambda o Sensor O₂)

El sensor de oxígeno o conocido también como sensor O₂ o Sonda lambda es un sensor sumamente importante para la reducción de inyección de combustible del motor, ya que al tener una alta emisión de gases hace que a través de una señal la ECU ordene a los inyectores tener una menor cantidad de tiempo de inyección. Este sensor se vió en la necesidad de montarlo en todos los sistemas principalmente por las nuevas normas ambientales, ya que en un inicio el montaje de este sensor era opcional, pasando a ser obligatorio en la actualidad, para de esta manera poder reducir la emisión de gases contaminantes, inclusive cuando el cilindraje del vehículo es grande existe la necesidad de la instalación de dos sensores de oxígeno, en donde en este caso uno va ubicado antes del catalizador de gases y el otro después del mismo, para de esta manera poder tratar de regular la mayor cantidad de gases contaminantes que salen por el múltiple de escape.

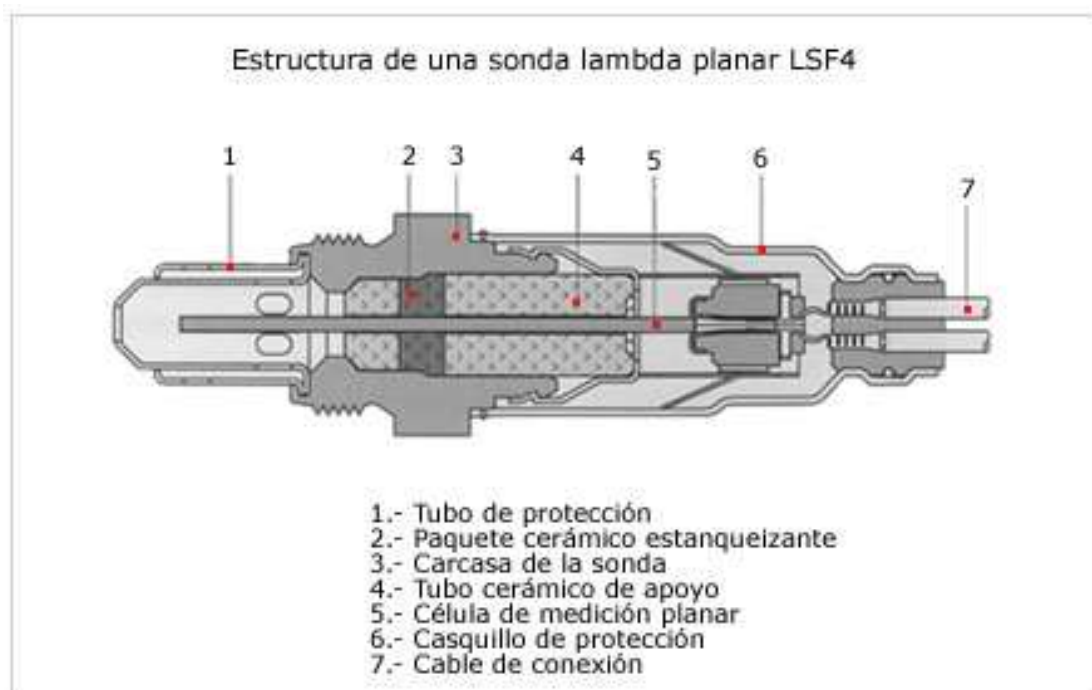


Ilustración 27 Estructura Interna del Sensor de Oxígeno (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Dentro de las magnitudes que se deben medir en el vehículo tenemos:

- Contenido de oxígeno en los gases de escape (regulación de la combustión, vigilancia del catalizador).
- Contenido de monóxido de carbono, de óxido de nitrógeno y de humedad en el habitáculo (calidad del aire, empañamiento de los vidrios del vehículo).
- Humedad del aire en sistemas de freno neumáticos (vigilancia del secador de aire).
- Humedad del aire exterior (aviso de superficie helada). (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Cabe destacar que este sensor necesita cierto grado térmico para poder entrar en funcionamiento, el cual varía entre los 500 a 700°C, lo que hacía que en un inicio los sensores tardaran en entrar en funcionamiento, pero hoy en día los sensores cuentan con un circuito de precalentamiento para de esta manera poder entrar en funcionamiento de una manera más pronta. La constitución de este sensor se basa principalmente en un electrodo de platino recubierto por una capa protectora de óxido de aluminio, que a partir de la medición del oxígeno genera un voltaje, al ser alto en contenido de oxígeno genera un alto voltaje y al ser este menor su contenido de oxígeno de igual manera lo será su voltaje, en un inicio estos sensores venían con dos bornes, los cuales eran conexiones a la ECU, pero a raíz de que se necesitaba que entraran en funcionamiento de una manera más pronta estos vinieron con 4 bornes, en donde los dos primeros eran de comunicación con la ECU y los dos siguientes eran para el circuito de precalentamiento, en el caso de esta modificación se empleó un sensor de 4 bornes, en donde el Borne A era la comunicación con la ECU para alto voltaje, mientras que el Borne B era para bajo voltaje, mientras que el borne C era la tierra del circuito de precalentamiento, mientras que

el borne D era el cable positivo del circuito d precalentamiento, el cual debía ir conectado con un fusible, para de esta manera evitar un daño en el circuito y por ende del sensor.



Ilustración 28 Sensor de Oxígeno (Mercado Libre, 2016)

2.3.12 Catalizador

A raíz de las regulaciones ambientales producidas para evitar la emisión de gases contaminantes, se vio en la necesidad de utilizar un catalizador para de esta manera reducir la emisión de gases contaminantes. El catalizador o convertidor catalítico, como su nombre lo indica tiene la función de catalizar los gases a raíz de una modificación química conocida como catálisis¹, en la cual reduce el porcentaje de gases contaminantes; el catalizador es instalado a la salida del múltiple de escape lo más cerca posible al colector de escape, pues en este punto es donde los gases tienen una temperatura más elevada, y puede funcionar el catalizador, cabe

¹ Variación en la velocidad de una reacción química producida por la presencia de un catalizador

destacar que el catalizador entra en funcionamiento solamente cuando tiene una temperatura que oscila entre 400 a 700°C.

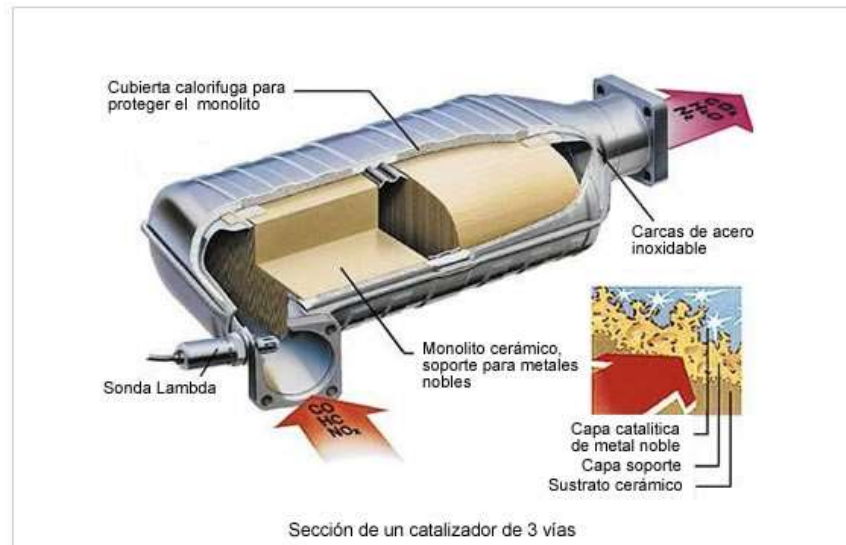


Ilustración 29 Catalizador (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Esta catálisis o depuración catalítica se basa en dos reacciones químicas, las cuales hacen que se reduzca la emisión de los gases:

1. Reducción: extracción de oxígeno de los componentes de los gases de escape.
2. Oxidación: adición de oxígeno a los componentes de los gases de escape (re combustión).

2.3.13 Unidad Electrónica de Control (ECU)

La Unidad Electrónica de Control o ECU es el elemento fundamental dentro del sistema de inyección, ya que es el responsable de recibir y mandar señales a los diferentes sensores que conforman el sistema, además de que a través de esas señales puedan entrar en funcionamiento los diferentes actuadores empleados en el sistema.

La Unidad Electrónica de Control está constituida básicamente por un conjunto de componentes electrónicos dispuestos en una placa de circuitos impresos, las cuales se encuentran alojadas dentro de una caja de aluminio, la cual esta provista de ductos de refrigeración para evitar sobrecalentamiento. La Unidad Electrónica de control utilizada en esta modificación fue de una camioneta marca Chevrolet Luv 2.2, la cual contaba con 64 pines, de los cuales únicamente se utilizó los pines necesarios para los sensores instalados en el vehículo, se puede ver la distribución de pines en el Anexo 1.



Ilustración 30 Unidad Electrónica de Control Constitución interna y externa (Continental - Automotive, 2013)

CAPITULO 3. MODIFICACIONES AL SISTEMA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE DE UN MAZDA 323

Como se puede observar en la ilustración, se encontró con un vehículo Mazda 323, el cual funciona perfectamente con su sistema a carburador, pero a medida que se explique el desarrollo de esta modificación se podrá ver todas las modificaciones que fueron necesarias de realizar para poder implementar el sistema de inyección.



Ilustración 31 Motor Mazda 323 a Carburador (el autor, 2016)

3.1 Ficha técnica del vehículo

Cabe destacar que las especificaciones técnicas antes mencionadas, solamente se encuentran como referencias las más importantes para la realización de la modificación, puesto que estos son los datos que tomarán mayor relevancia una vez concluido el trabajo, en el cual

a partir de estas especificaciones se podrá destacar por ejemplo el cambio de orden de encendido, la velocidad de marcha mínima y el consumo de combustible.

Motor:	1450 CC.
Orden de Encendido:	1 -3 -4 - 2
Numero de Cilindros:	4
Velocidad en Marcha Mínima:	850 ± 50 rpm
Capacidad de colector de aceite:	1 Galón
Capacidad del tanque:	42 litros.
Velocidad Máxima:	220 Km/h
Consumo de combustible:	11.44 l/100 km (ciudad) 9.43 l/100 km (carretera)
Sistema de Combustible:	Carburador

Ilustración 32 Ficha Técnica Mazda 323 (Toyo Kogyo, 1980)

3.2 Desmontaje de Componentes del sistema de Carburador

Se procedió en primer lugar a reconocer todos los componentes que conformar el sistema de carburación, para posteriormente comenzar con su desmontaje, el cual se comenzó por retirar el depurador de aire, con lo cual se hacía mucho más sencillo el desmontaje de resto de componentes del sistema.



Ilustración 33 Desmontaje del Carburador (el autor, 2016)

Una vez desmontado el depurador de aire se podía tener acceso al carburador, en el cual se pudo palmar de mejor manera su funcionamiento, luego de ello se procedió a retirar los pernos de sujeción que estaban montados sobre el múltiple de admisión, así como también el retiro de las mangueras de recirculación de gases y la bomba mecánica de combustible con todas sus conexiones, quedando únicamente montado sobre el motor el múltiple de admisión.



Ilustración 34 Desmontaje del Carburador y sus Cañerías (el autor, 2016)



Ilustración 35 Toma del Múltiple de Admisión (el autor, 2016)

Una vez desmontado en su mayor parte el sistema de carburación del vehículo se procedió con el desmontaje del múltiple de admisión, puesto que al realizar la modificación del sistema de inyección se tuvo el primer inconveniente, puesto que el múltiple de admisión original no prestaba con las facilidades de poder implementar en este caso la riel con sus respectivos inyectores, y el llegar a realizar modificaciones en el múltiple de admisión llevaba a ser muy complicado, por lo que se optó por desmontar el múltiple de admisión, para tomarlo como referencia para la construcción de un nuevo múltiple de admisión, en el cual se podría montar los inyectores.



Ilustración 36 Desmontaje Múltiple de Admisión (El autor, 2016)

Después de tener desmontado el múltiple de admisión original, se tenía todo el conjunto que conforma la admisión del motor fuera del vehículo, con lo cual se procedió a la identificación del nuevo sistema, en este caso de inyección multipunto, realizando un pequeño bosquejo de donde podría ir ubicado el nuevo sistema, sin tratar de dañar la estética del motor,

a su vez que el mismo debía verse agradable a la vista, para que de esta manera el motor no se vea con vacíos o sobrepoblado de elementos.

3.3 Reconocimiento del sistema de Inyección

Una vez desmontado el sistema de carburador, se procedió con el reconocimiento de los componentes esenciales del sistema de inyección, un sistema actual que reemplazara al sistema original, el cual se encuentra ya discontinuado, todo el pro de poder palpar al final de este proyecto de las verdaderas ventajas que brindo la sustitución de sistemas de combustible, dentro de los componentes esenciales del sistema de inyección por montar se encontraban la ECU², la cual es la encargada de controlar todos los sensores que serán instalados en el vehículo.

Dentro de los sensores y actuadores utilizados en el vehículo para esta modificación se encuentran:

- Sensor de Posición de la mariposa de aceleración (TPS)
- Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)
- Sensor de Temperatura (CTE)
- Sensor de Presión de Aire de Admisión (MAP)
- Sensor de Temperatura de Aire de Admisión (IAT)
- Sensor de Oxígeno
- Catalizador
- Bobina de encendido electrónico con sus respectivos cables de bujías
- Riel de Inyectores

² ECU: Unidad Electrónica de Control

- Inyectores
- Unidad Electrónica de Control



Ilustración 37 Kit de Inyección (el autor, 2016)

3.4 Fabricación del Nuevo Múltiple de Admisión

Una vez desmontados los componentes del sistema de carburación y reconocidos los componentes del sistema de inyección, se procedió a solucionar el primer inconveniente del montaje del nuevo sistema, el cual fue la fabricación de un nuevo múltiple de admisión, en el cual se pueda montar los inyectores para que de esta manera se pueda realizar la inyección. Para realizar este nuevo múltiple de admisión se partió de la base del múltiple de admisión original, para de esta manera realizar las toberas de las mismas medidas con las que se encontraba hecho el múltiple de admisión original, para lo cual se tomó como referencia el empaque del mismo para poder realizar el nuevo.



Ilustración 38 Vista Entrada de admisión del motor (el autor, 2016)

El nuevo múltiple de admisión fue fabricado en aluminio, al ser un material suave y a la vez resistente, y ya que la temperatura que transitara por el mismo no es muy alta, ya que es la temperatura normal de ambiente, lo que lo hace perfecto para la realización de esta modificación. Dentro de la fabricación se trató de mantener el diseño original del múltiple de admisión, ya que el mismo también tenía cañerías las cuales permitían el paso del líquido refrigerante hacia el motor, por lo cual se trató de adecuarlo de la mejor manera para no perder el diseño del mismo.



Ilustración 39 Fabricación Múltiple de Admisión (el autor, 2016)

A la par con la fabricación se procedió tomando como referencia el riel de inyectores, para realizar los orificios para poder colocar los inyectores en el múltiple de admisión, y de esta manera que los inyectores puedan inyectar gasolina en el múltiple de admisión para poder realizar la combustión.



Ilustración 40 Soldadura de Múltiple de Admisión y Cañerías de Refrigeración (el autor, 2016)

Una vez tomadas las medidas de referencia para la sujeción de los inyectores se procedió a culminar de construir el múltiple de admisión, teniendo en cuenta que el mismo se pueda acoplar de una manera correcta al motor y de esta manera no exista fugas de aire o de líquido refrigerante, ya que al existir estos problemas el motor estaría muy acelerado lo que daría muchos contratiempos para la correcta puesta a punto del motor.

Una vez terminada la construcción del múltiple de admisión se revisó que no existieran grietas y se procedió a acoplar un cuerpo de aceleración que encajara en el mismo para de esta manera poder tener la alimentación de aire hacia el múltiple de admisión, para lo cual se decidió utilizar el cuerpo de aceleración de un Vitara con un diámetro de 52mm, y del cual la toma de aire sería complementada por el acople de un intake y un filtro cónico. Una vez solucionado el inconveniente con el múltiple de admisión y los inyectores se procedió a montar todo el conjunto de admisión al motor, para lo cual al nuevo múltiple de admisión se le colocó un

empaques de asbesto y silicona gris de alta temperatura, para que de esta manera pueda realizar un buen sello hermético y así poder evitar fugas de aire.



Ilustración 41 Montaje de riel de Inyectores (el autor, 2016)

3.4 Instalación de los circuitos eléctricos

Para el funcionamiento de todos los sensores y actuadores electrónicos del sistema de inyección se procedió a realizar la instalación de los circuitos electrónicos que conectarán a los sensores y actuadores a la ECU, para de esta manera pueda existir la comunicación entre ambos y pueda entrar en funcionamiento todos los sistemas, antes de comenzar con la explicación de cada circuito cabe destacar que para la instalación de los circuitos electrónicos fue necesario la implementación de una regleta de fusibles, a la cual varios de los circuitos tienen conexión, así como la instalación de nuevo cableado en los pines de la ECU.



Ilustración 42 Unidad Electrónica de Control (el autor, 2016)

Para la instalación del nuevo cableado en los pines de la ECU se utilizó un cable número 12 de uso para aviación, ya que una de las características de estos cables es que son resistentes a altas temperaturas (hasta 400° C) y alta tensión, por lo cual es muy difícil que pueda existir un corto circuito. Adicional a ello se utilizaron férulas para reforzar la soldadura de cada uno de los circuitos, ya que estas ayudan a que no existan torsión o problemas con las soldaduras, las cuales además cuentan con recubrimiento interno y una pasta especial para evitar el deterioro de la soldadura.



Ilustración 43 Soker Unidad Electrónica de Control (el autor, 2016)

Adicional a ello para tener una mayor facilidad en la identificación de cables de la ECU, se procedió a marcar los cables con un marcador de cables, el cual funciona mediante una compresión alta y una temperatura de 200°C, el cual cuenta con ocho caracteres para poder enunciar el nombre o las siglas de los cables.



Ilustración 44Maquina Marcadora de Cables (el autor, 2016)

3.4.1 Instalación del Circuito de la ECU

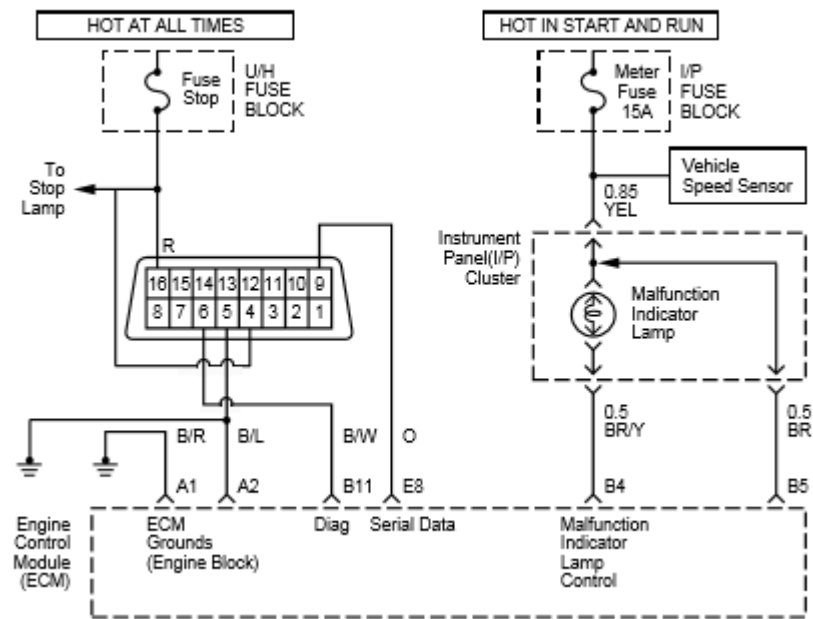


Ilustración 45 Circuito de Conexión de la ECU (Isuzu Motors, 1998)

El diagrama muestra los pines de conexión de la ECU (Anexo 1) que deben ser conectados, para que en este caso la computadora pueda estar habilitada para funcionar el soler del scanner, inhabilitar el bloqueo del motor, y a la vez funcionar la luz testigo del Check Engine, para lo cual guiándonos en el diagrama y los pines de la computadora comenzaremos a realizar las instalaciones pertinentes.

En este primer caso se optó únicamente a guiarse en el diagrama para conectar el circuito del antibloqueo del motor, para lo cual se procedió a realizar una conexión a tierra del pin A1, y de esta manera anular la orden de bloqueo del motor, ya que de no instalar esta conexión a tierra será imposible el poder poner en funcionamiento el motor, y si los intentos de arranque persisten, hará que la ECU llegue a bloquearse.

3.4.2 Instalación del Circuito de Inyectores

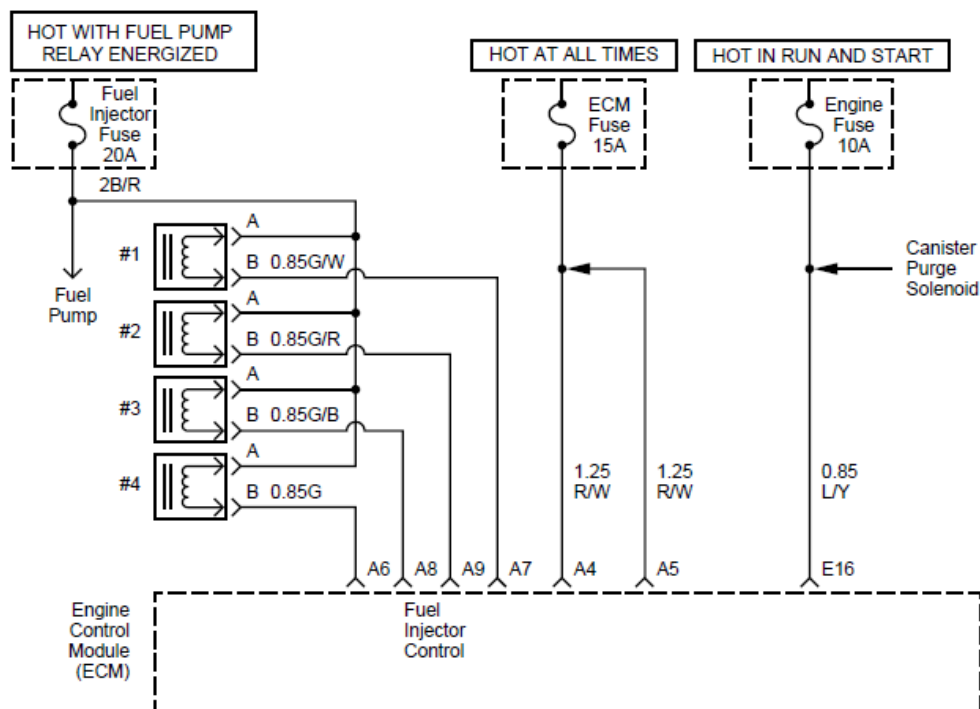


Ilustración 46 Circuito de Conexión de Inyectores (Isuzu Motors, 1998)

Para la conexión del circuito de los inyectores se tomó como referencias los pines de la ECU (detallados en el Anexo 1) en el cual los pines A6, A8, A9 Y A7 son los pines de comunicación entre la computadora y los inyectores, estos pines serán conectados al borne B de los inyectores, mientras que el borne A de los inyectores será conectado en paralelo hacia la regleta de fusibles, la cual tendrá un fusible de control de 20 amperios.

El pin A4 y A5 son pines de alimentación de corriente de la computadora, los cuales igualmente se contarán a la regleta de fusibles, y en este caso será utilizado un fusible de 15 amperios, en el caso del pin E16, es el pin de encendido, el cual sale de la ECU directamente hacia la regleta de fusibles, en este caso trabajando con un fusible de 10 amperios. Cabe destacar que la regleta de fusibles está conectada al borne 15 del switch de encendido, lo que hará que únicamente alimente al circuito en caso de estar la llave en contacto o estado por dar arranque.

3.4.3 Circuito de Conexión de la Mono bobina y sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

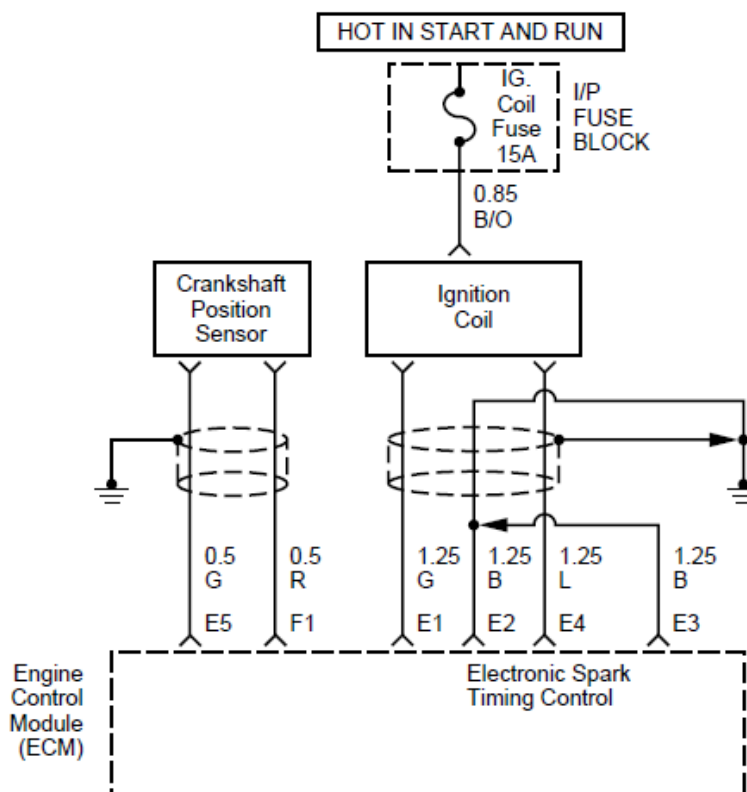


Ilustración 47 Circuito de Conexión de Mono bobina y CKP (Isuzu Motors, 1998)

En el caso de la conexión de este circuito cabe destacar que como se habló en capítulos pasados, el sensor CKP es el encargado de dar la señal a la ECU para que pueda existir el salto de chispa y pulso de inyección, la mala instalación de este circuito hará que el sistema de inyección no funcione, ya que al no estar conectado de manera correcta el CKP, la ECU no tendría ninguna señal de referencia para dar la orden de chispa y pulso de inyección.

En este caso de este circuito los pines E2 y E3 son empalmados entre sí y conectados a tierra, adicional a ello los cables de estos pines deben estar recubiertos por un enmallado especial para impedir que exista alguna interferencia y no puedan hacer un buen contacto a tierra o envíen una señal errónea a la ECU. Los pines E1 y E4 serán conectados en los bornes

A y C respectivamente de la mono bobina, mientras que el pin B del mismo será conectado a la regleta de fusibles, ya que este le dará a alimentación de 12v para poder entrar en funcionamiento. Cabe destacar que la mono bobina se encuentra en sustitución del distribuidor, por lo cual si se guiara textualmente este diagrama el vehículo se quedaría sin tacómetro, para lo cual se debe conectar el cable de alimentación del tacómetro al Pin A o C de la mono bobina, para de esta manera seguir en funcionamiento.

En el caso del circuito del CKP, en pin F1 y E5 deben ser conectados en los bornes 1 y 2 respectivamente del socket del sensor, el pin F1 es el que le da la tierra al sensor, mientras que el pin E5 es el que comunica a la ECU, y el cual complementado por la señal tomada de la polea, se encargará de dar la señal a la computadora para dar el salto de chispa y el pulso de inyección.

Adicional a ello se debió realizar el acople de dicho mecanismo en el vehículo, para lo cual se debía solucionar dos problemas importantes, el primero, acoplar una polea dentada a la polea original y el segundo ubicar el sensor CKP para que este pueda poder captar la señal de la polea, para lo cual en primer punto se procedió a desmontar la polea original y al percatarse que esta contaba con cuatro perforaciones con rosca se optó por buscar una polea que se la pueda acoplar, para lo cual se usó una polea de un vehículo de modelo Corsa Wind 1.3 para acoplarla a la polea original, dicha polea contaba con 58 dientes menos 3.



Ilustración 48 Modificación de la Polea del Cigüeñal (el autor, 2016)

En el caso del sensor CKP se optó por realizar una base para que este pudiera estar en la posición correcta con relación a la polea dentada, para lo cual aprovechando de orificios roscados en el block del motor se optó por usarlos y hacer una base, la cual en un inicio fue metálica, pero luego por las oscilaciones existentes se la hizo de aluminio, en lo cual como fue detallado anteriormente se procedió a medir la distancia de separación entre el sensor y la polea, la cual tomando como referencia el rango dado de fabricación se logró obtener la señal a 0.88mm utilizando un calibrador de láminas. Teniendo ya la medida exacta se procedió a asegurar la base y el sensor CKP para que de esta manera pueda captar correctamente el dentado de la polea y así poder enviar una correcta señal a la ECU.



Ilustración 49 Fijación del Sensor CKP (el autor, 2016)

3.4.4 Circuito de Conexión de los sensores IAT, CT, MAP y TPS

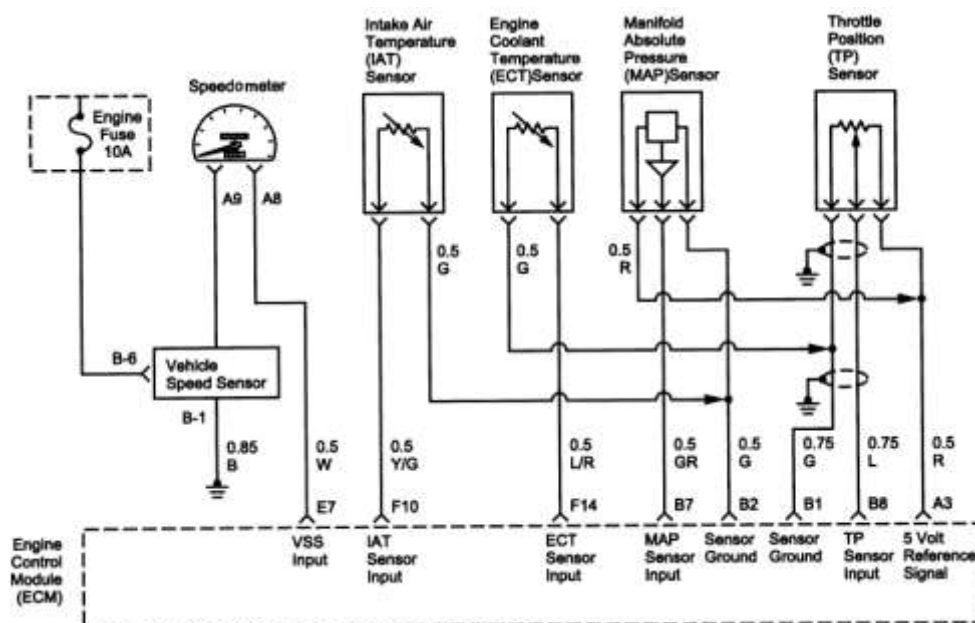


Ilustración 50 Circuito de Conexión IAT, CT, MAP y TPS (Isuzu Motors, 1998)

En el caso de estas conexiones, todas van paralelas entre si de alguna manera motivo por el cual disponemos del diagrama en conjunto, otro punto a denotar es que el vehículo cuenta con un velocímetro accionado mediante un cable, por lo cual se ha suprimido el diagrama del sensor de velocidad.

Siguiendo con la instalación de los circuitos se describirá la instalación de izquierda a derecha, comenzando con el sensor IAT, en el cual el pin F10 va conectado directamente hacia el borne A del sensor, con lo cual tendrá comunicación con la ECU, mientras que el borne B será empalmado con el borne C del sensor MAP, lo que hará que se entre los dos se complemente la comunicación sobre la temperatura y presión de aire de admisión, ya que este sensor es el que mide la densidad del aire, ya que si el aire es frío este será más denso haciendo que se necesite más combustible para que pueda existir una buena mezcla aire/combustible, cosa que se complementara con el resto de sensores que explicaremos a continuación.

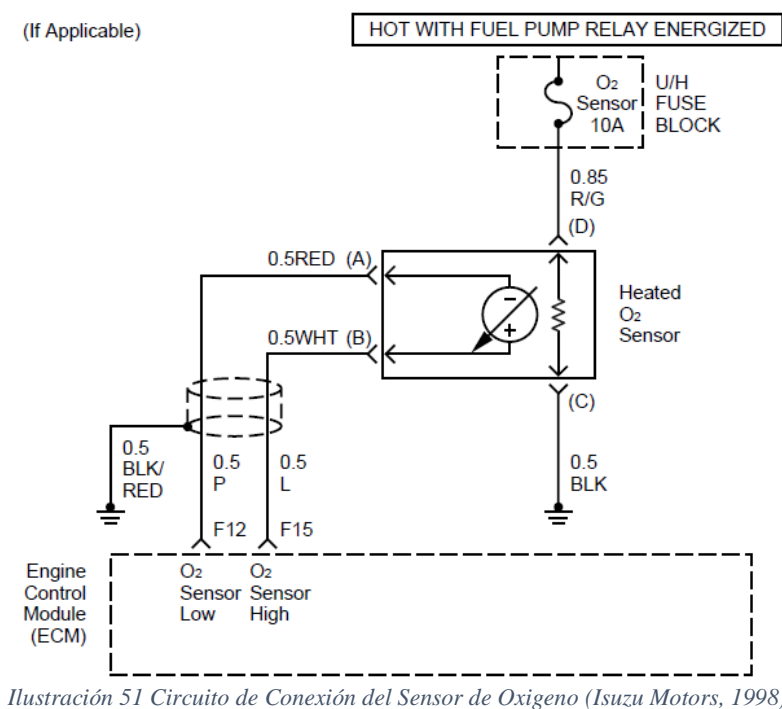
En el caso del sensor de temperatura, el pin F14 ira conectado con el borne B del sensor, el cual es la salida de comunicación hacia la ECU, mientras que el borne A del mismo se lo empalmara con el borne A del TPC, ya que ambos bornes se empalmaran con el pin que les dará tierra a ambos sensores. En este caso cabe destacar que el sensor de temperatura en un termistor tipo NTC, en el cual mientras mayor sea la temperatura, menor será su resistencia.

El sensor MAP irá conectados sus bornes B y C con los pines B7 y B2 de la ECU, en donde el pin B7 es por donde existirá la comunicación entre el sensor y la ECU; mientras que el borne A del sensor irá empalmado con el borne C del TPS. El sensor MAP es el encargado de controlar la entrega de combustible que va hacia el motor, motivo por el cual esta

complementado por el sensor TPS, ya que estos sensores se complementan e uno al otro, motivo por el cual se encuentran empalmados entre sí.

El sensor TPS conectara sus bornes Ay B con los pines de la ECU B1 y B8, de los cuales el pin B1 es el que le dará tierra al sensor, mientras que el pin B8 es la entrada del sensor hacia la ECU, mientras tanto el borne C será conectado con el borne A3, que es el que da la señal de referencia, tanto para el sensor TPS como para el sensor MAP.

3.4.5 Circuito de Conexión del Sensor de Oxígeno



Originalmente no estaba contemplada la instalación del sensor de oxígeno, pero una vez realizadas las pruebas se vio muy necesario su instalación para poder regular la inyección de combustible y de esta manera poder regular la relación de aire/combustible en el vehículo, ya que en un inicio se tenía una mezcla demasiado rica, lo que hacía que en ocasiones el motor llegase a ahogarse por el incorrecto pulso de chispa. La instalación de este circuito esencialmente

se da por los pines F12 y F15 que son los que darán la señal del sensor a la ECU, mientras que los bornes C y D únicamente ayudan a que el sensor llegue a calentarse de una manera más corta y así entrar en funcionamiento más rápido.

3.5 Ubicación de Sensores y Actuadores

Una vez instalados todos los circuitos de sensores y actuadores se procedió a ubicarlos en sus lugares de trabajo, en el primer caso estando listo es conjunto de admisión se procedió a la ubicación de los sensores IAT, MAP y TPS, en donde al sensor IAT se lo ubico sobre un orificio en el Intake para que de esta mera pueda medirse la temperatura del aire de admisión.



Ilustración 52 Ubicación Sensor IAT (el autor, 2016)

En el caso del sensor MAP, al tener este que trabajar en vacío, en el momento de la fabricación del múltiple de admisión se facilitó una cañería para poder instalar en sensor, el cual a través de una manguera está conectado para poder trabajar de una correcta manera.



Ilustración 53 Ubicación Sensor MAP (el autor, 2016)

El sensor TPS se lo ubico en la referencia de la aleta de aceleración, pero al no ser su base propia se tuvo que adaptarla para que pueda estar sujeta y poder trabajar normalmente acorde a la abertura de la aleta de aceleración.



Ilustración 54 Ubicación Sensor TPS (el autor, 2016)

En el caso del sensor de temperatura, en un inicio se buscó reemplazar al sensor que tenía el vehículo originalmente, pero al percatarse que el mismo era un termo switch se optó por mantenerse y adaptarle una “T” de cobre para poder instalar el sensor y que de esta manera ambos sensores puedan funcionar de manera correcta y así no aislar ningún circuito de funcionamiento.

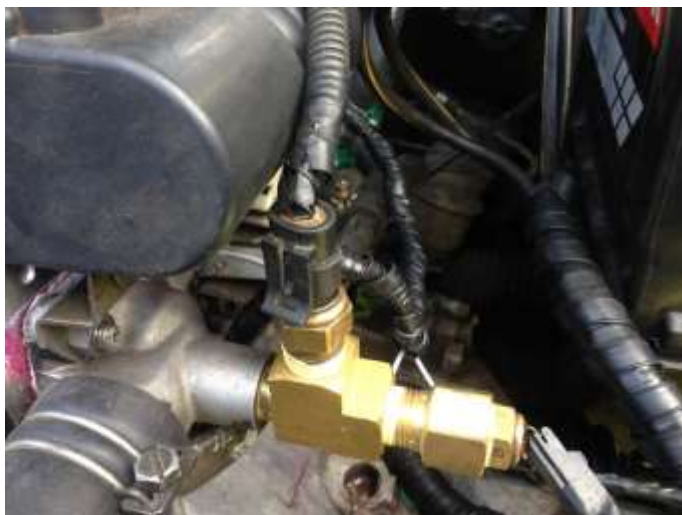


Ilustración 55 Ubicación Sensor CT (el autor, 2016)

Para la colocación de las mono bobinas en primer lugar se optó por desmontar el distribuidor, ya que el mismo iba a quedar obsoleto dentro del nuevo sistema por lo que se lo desmonto y se selló su abertura con un tapón y en su espacio se montó las mono bobinas.



Ilustración 56 Ubicación Distribuidor (el autor, 2016)



Ilustración 57 Ubicación Mono bobinas (el autor, 2016)

En el caso de la bomba de combustible, al ser esta originalmente mecánica y estar ubicada en la parte delantera del motor, se procedió a desmontarla y sellar su ubicación para realizar la instalación de la bomba eléctrica de combustible, la cual iría sumergida en el tanque de combustible para de esta manera poder alimentar de combustible a la riel de inyectores y así poder permitir que se realice la combustión.



Ilustración 58 Orificio de la Bomba Mecánica de Combustible (el autor, 2016)

Para la instalación de la bomba eléctrica de combustible se empezó por destapar la base del tanque de combustible, para de esa manera acoplar la bomba y ver que está siempre pueda absorber gasolina y poner en funcionamiento el sistema, una vez instalada se conectó sus componentes eléctricos, donde una vez montada se hizo tierra con su terminal negativo, y a su

terminal positivo se lo conecto a un relé, a través del cual se controlaría su funcionamiento, haciendo que este funcione conjuntamente con la regleta de fusibles y se accione únicamente cuando el switch de mando se encuentre en el borne 15, adicional a ello haciendo que si en un intervalo de 4 segundos no se produce el arranque esta se apague, para de esta manera no mandar combustible hacia la riel de inyectores.



Ilustración 59 Instalación Bomba Eléctrica de Combustible (el autor, 2016)

En el caso del sensor de oxígeno se optó por realizar una perforación en la salida del múltiple de escape para ubicarlo y de esa manera hacer que el sensor funcione de la manera correcta.



Ilustración 60 Ubicación Sensor de temperatura (el autor, 2016)

Una vez terminado con el montaje de los sensores y actuadores el sistema se encuentra listo para ponerse en funcionamiento, y un cambio notable es la distribución de espacio dentro del motor, el cual se encuentra relativamente reducido, lo cual hace que se vea mucho más fácil, el mover elementos para hacerlo más agradablemente visible.



Ilustración 61 Montaje Completo Sistema de Inyección (el autor, 2016)

CAPITULO 4. ANALISIS Y COMPROBACION DEL SISTEMA DE INYECCION

Una vez terminada la implementación del nuevo sistema de combustible, en este caso sustituyendo el sistema de carburador por el de inyección, las siguientes pruebas ayudaran a comprobar su funcionamiento y en base a dichas pruebas ver cuáles son las verdaderas ventajas y desventajas que se pudieron haber dado en el desarrollo y finalización del mismo.

4.1 Medición de Gases de Escape

Dentro de la medición de gases de escape lo primordial era tener una referencia comparativa de cuales fueron los resultados del antes y después de la modificación, en el primer caso se hablara de un considerable aumento en la emisión de gases de escape y la solución que se planteó para dicho problema fue la instalación de un potenciómetro, con el que se buscaría reducir el rango de emisión de gases de escape, lo cual funciono de cierta manera, a continuación destacamos los datos obtenidos en esta prueba, en donde el resultado de la izquierda corresponde al vehículo en ralentí, mientras que el de la derecha el vehículo se encuentra a 2500 RPM, en dichos casos en el primero el vehículo fue analizado sus porcentajes de gases de dióxido y monóxido de carbono, gases de oxígeno e hidrocarburos, en donde el vehículo únicamente necesitaba una calibración en el carburador para poder aprobar la revisión vehicular, pero a continuación se detallara los resultados obtenidos.

4 Gas Emission Analyzer	4 Gas Emission Analyzer
2016/02/18 PM 10:11 CAR NUMBER: 0000	2016/02/18 PM 10:12 CAR NUMBER: 0000
CO : 1.85 %	CO : 9.54 %
HC : 196 ppm	HC : 281 ppm
CO2 : 10.3 %	CO2 : 10.4 %
O2 : 5.72 %	O2 : 0.49 %
LAMBDA: 1.242	LAMBDA: 0.780
AFR : 18.2	AFR : 11.4
FUEL : GASOLINE	FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500	H/C : 1.8500
O/C : 0.0000	O/C : 0.0000

Ilustración 62 Resultados Emisión de Gases a Carburador (el autor, 2016)

4.1.1 Medición de Gases sin Potenciómetro

4 Gas Emission Analyzer	4 Gas Emission Analyzer
2016/04/26 PM 6:31 CAR NUMBER: 1000	2016/04/26 PM 6:33 CAR NUMBER: 0000
CO : 3.85 %	CO : 3.43 %
HC : 4968 ppm	HC : 3686 ppm
CO2 : 6.0 %	CO2 : 7.4 %
O2 : 5.41 %	O2 : 2.31 %
LAMBDA: 0.915	LAMBDA: 0.830
AFR : 13.4	AFR : 12.2
FUEL : GASOLINE	FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500	H/C : 1.8500
O/C : 0.0000	O/C : 0.0000

Ilustración 63 Resultados Emisión de Gases a Inyección sin Potenciómetro (el autor, 2016)

Gases de Escape	Carburador	Inyección
CO	1.85%	3.85%
HC	196 PPM	4968 PPM
CO ₂	10.3%	6%
O ₂	5.72%	5.41

Ilustración 64 Tabla Comparativa Gases en Ralentí (el autor, 2016)

Dentro de la primera medición de gases apenas el vehículo fue modificado su sistema de inyección nos encontramos con una comparativa un poco desalentadora, pues los niveles de gases de escape se habían incrementado de manera notoria, únicamente el nivel de gases de

dióxido de carbono había disminuido por lo que era necesario realizar alguna modificación para tratar de contrarrestar el elevado nivel de gases de escape, por lo que se tuvo que deducir ideas para contrarrestar este efecto, por lo cual se pensó en la instalación de un potenciómetro, el cual iría ubicado en el circuito de los inyectores, en donde este actuaría como un regulador, para de esta manera disminuir el voltaje de los mismo y por ende el tiempo de pulso de inyección.

4.1.2 Medición de Gases con Potenciómetro

4 Gas Emission Analyzer	4 Gas Emission Analyzer
2016/04/28 AM 9:11 CAR NUMBER: 2000	2016/04/28 AM 9:13 CAR NUMBER: 0000
CO : 0.53 %	CO : 0.79 %
HC : 5547 ppm	HC : 4781 ppm
CO2 : 7.2 %	CO2 : 10.2 %
O2 : 8.01 %	O2 : 5.91 %
LAMBDA: 1.146	LAMBDA: 1.059
AFR : 16.8	AFR : 15.5
FUEL : GASOLINE	FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500	H/C : 1.8500
O/C : 0.0000	O/C : 0.0000

Ilustración 65 Resultados Emisión de Gases a Inyección con Potenciómetro (el autor, 2016)

Gases de Escape	Carburador	Inyección	Inyección
CO	1.85%	3.85%	0.53%
HC	196 PPM	4968 PPM	5547 PPM
CO ₂	10.3%	6%	7.2%
O ₂	5.72%	5.41	8.01 %

Ilustración 66 Tabla Comparativa Gases en Ralentí (el autor, 2016)

Como podemos denotar existió una notoria reducción en el resultado de la emisión de gases de escape con la instalación del potenciómetro, en donde su voltaje ideal, en el cual podía en auto permanecer en ralentí fue de 8,35v, que fue donde dio esta medida, al existir una notable reducción se dio por instalado el potenciómetro, aunque se quedó pendiente la reducción de gases de hidrocarburos, puesto que los mismo no llegaron a disminuir de gran manera, para lo

cual se optó por la instalación de un catalizador para de esta manera poder reducir la emisión de estos gases y a la vez la utilización de un combustible de mayor octanaje, puesto que estos resultados fueron obtenidos cuando el vehículo disponía de gasolina Extra, por lo cual al realizar estas dos actividades en un futuro se espera que la reducción de gases sea la adecuada para poder aprobar la revisión técnica vehicular.

4.2 Consumo de Combustible

Para realizar esta comparación se tomó como referencia la distancia de recorrido que da el tablero de instrumentos, en donde con el tanque lleno se procedió a realizar un recorrido de una distancia referencial hasta donde el vehículo consumiera la mitad de su tanque, para de esta manera tener referencia de cuantos kilómetros avanzo hasta ese punto, en el cual en el primer caso al estar el vehículo con carburador tenía una autonomía de 161km hasta llegar a la mitad de su tanque, cuando se montó el sistema de inyección y realizar la misma distancia de recorrido encontramos con que la autonomía aumento hasta 165 Km, por lo que se apreció una ligera mejora de consumo. Para determinar el porcentaje de kilómetros por litros que da el vehículo procedimos a llenarlo por completo y en ese momento tomar un apunte del kilometraje en ese momento, luego conducimos hasta que el vehículo estuviera nuevamente en la mitad y volvimos a tranquearlo, con lo cual tuvimos un nuevo dato y se procedió a realizar el siguiente cálculo:

$$KPL = \frac{\text{Kilometraje B} - \text{Kilometraje A}}{\text{Galon}}$$

KPL: Kilómetro por litro

Kilometraje B: la primera lectura de kilometraje

Kilometraje A: Kilometraje después de tanquear

Galón: Cantidad de galones necesarios para llenar el vehículo.

$$= \frac{47098 - 46768}{12,92}$$

= 27,04 Kilómetros x galón.

4.3 Temperatura del Motor

Al realizar la prueba de temperatura del motor lo que se procedió a hacer fue una vez que estuvo encendido el vehículo guiarnos en el medidor de temperatura que se encuentra en el tablero de instrumentos y cuando este empezó a subir hasta la mitad ver si se accionaba el electro ventilador para de esta manera enfriar el motor, a lo que la prueba fue hecha satisfactoriamente puesto que en el momento que se encendió el electro ventilador tardó 1 minutos con 59 segundos en apagarse, con lo que comprobamos el correcto funcionamiento del sensor.

4.4 Arranque en Frío y estabilidad en marcha Mínima

En este caso se procedió a encender el vehículo en la mañana y notar si tenía alguna dificultad en encenderse y por consiguiente mantenerse en marcha mínima, a lo cual en el primer intento se encendió pero enseguida se apagó por consiguiente se intentó realizar nuevamente un intento de encendido, en el cual se mantuvo encendido y una vez que lo hizo permaneció a las revoluciones de ralentí, aproximadamente a unos 600 RPM. Una de las conclusiones que se obtuvo para que ocurriera esto es que dentro del sistema del vehículo no se encuentra instalado el sensor o válvula de control de marcha mínima (IAC) por lo cual se tiene previsto a un futuro su instalación, ya que al ser el cuerpo de aceleración también adaptado, este no cuenta con el espacio para instalar este sensor, aunque otra alternativa podría ser instalarlo de manera artesanal con una manguera y así poder compensar esta pequeña falla de falta de aire en arranque en frío.

4.5 Costos de Modificación

Ítem	Costo (dólares)
Kit de Inyección	1200
Mangueras de Agua	30
Intake	50
Filtro Cónico	5
Abrazaderas	5
Sensor de Oxígeno	50
Cuerpo de Aceleración	50
Polea Dentada	40
Empaques	15
Caucho Aislante	20
Cable eléctrico N° 12	200
Silicona Gris	4
Neplos	10
Múltiple de Admisión	180
Total	1859

Ilustración 67 Tabla de Costos (el autor, 2016)

Dentro del sector automotriz hoy en día existe gran variedad de repuestos y piezas en el mercado, pero dentro del desarrollo de este trabajo de titulación se empleó materiales y piezas de buena calidad, lo cual harán que el vehículo en sí no tenga problemas por alguno de estos componentes instalados, ya que al ser un vehículo que va a estar en funcionamiento diaria, el haber hecho la elección de piezas o elementos que debatan su durabilidad y calidad harán que sin lugar a dudas el auto no tenga una buena fiabilidad, por lo que se optó por usar los mejores componentes y así poder ofrecer en primer lugar un trabajo de calidad a la universidad y en segundo lugar la seguridad de que el vehículo no va a presentar inconvenientes por un largo período de tiempo.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas:

- Dar al vehículo al que fue montado el sistema de inyección una mejor respuesta en el momento de aceleración, en donde
- fue notable su mejora, ya que demoraba un menor tiempo en llegar a una velocidad establecida.
- Mejora de entrada de Aire de Admisión
- Mejor dosificación del Combustible
- Menor consumo de combustible en ralentí.
- Mejor reacción de encendido en arranque en frío, ya que cuando el vehículo contaba con carburador, era necesario el accionamiento de la válvula de choque, lo cual hacía que el vehículo consumiera un porcentaje de combustible extra, además de que era muy inestable en arranque en frío.

Desventajas

- Al cambiar su sistema de alimentación de combustible por el de inyección de un vehículo con mayor cilindrada, hubo una ligera subida en el porcentaje de consumo de combustible, ya que la diferencia aproximada era de unos 700 CC., por lo que se optó por utilizar un potenciómetro y de esta manera poder reducir el pulso de los inyectores.
- Fue necesaria la instalación de un catalizador para bajar el porcentaje de gases de escape, pues como se mencionó anteriormente hubo una ligera subida en el consumo de combustible.

- Estas pequeñas desventajas deberán ser analizadas en pro de los beneficios que se consiguieron o se puedan conseguir para poder mejorar el performance del vehículo, lo que si podemos asegurar es que la persona responsable de este trabajo de titulación no le tomara mucha importancia a estas desventajas, pues dicha modificación fue realizada con el objetivo de mejorar el performance del vehículo.

CONCLUSIONES

En este trabajo de titulación se trata específicamente sobre la modificación de un sistema de inyección a un vehículo que contaba originalmente con un sistema de carburador, en dicho trabajo se buscó dar todas las especificaciones necesarias que puedan llegar a ser una guía para futuros trabajos de titulación, y la vez para que futuros egresados puedan tener una referencia de que tan viable es la realización de este proyecto y el costo/beneficio que se lograra, y de esta manera puedan tomar la decisión de si la realizan o no. Una vez que se ha dado una referencia al proceso de la realización de este proyecto, el estudiante podrá ser capaz de mejorar el proceso actual que se realizó, pues será consiente de todas las dificultades que conlleva a realización de este proyecto, en donde la elección del sistema de inyección que se usara para futuras modificaciones será fundamental para de esta manera tener un mayor beneficio, el cual es el objetivo de esta modificación.

En este proyecto se determinó el verdadero beneficio que conlleva el cambio hacia el sistema de inyección, en donde se pudo notar la mejoría en el suministro de aire y combustible, lo que hacía que la mezcla de aire/combustible sea más homogénea y de esta manera pueda ser mejor combustionada por parte del motor, en donde se dejó en evidencia por qué el sistema de carburador era un sistema ya discontinuado.

Dentro de las mejoras destacables en este proyecto se encontró con una mejora en el arranque en frío, en donde el vehículo se encendía de una manera más pronta en comparación con el sistema de carburador, en donde se pudo denotar el uso excesivo de combustible que tenía el carburador solo para poder permanecer encendido durante un arranque de encendido en frío. Además de ello se notó una mejora de reacción en el momento de aceleración, pues en si

el sistema montado en el vehículo es ideal para utilizarlo en algún evento automovilístico, con lo cual no se descarta en un futuro poder realizar un trucaje complementario y así poder aprovechar las prestaciones que da el sistema de inyección.

Al desarrollar este trabajo de titulación he llegado a comprender y entender varios temas de los cuales no estaba familiarizado, además de recordar temas que habían pasado inadvertidos, además de poder ser capaz de detectar fallas en mecanismos y sistemas que hoy en día se me hacen muy familiares, puedo llegar a decir que este proyecto me ha servido de gran manera para enriquecerme con muchos más conocimientos, los cuales me sirvieron para poder ganar más experiencia en el campo automotriz, y aunque el mismo crece día a día, la motivación nunca terminara, ya que este proyecto me ayudo a conocerme más y me llevo a demostrar que cualquier inconveniente o falla tiene solución, que no existe ningún imposible ya que existe solución para todos los problemas, para lo cual se debe preparar de mejor manera con el día a día, que será en donde se gane más experiencia para de esta manera estar más capacitado y poder ser capaz de dar una solución viable a cualquier percance que presente un mecanismo o sistema eléctrico, mecánico o electrónico.

RECOMENDACIONES

- Para la fabricación de piezas adicionales ya sea para adaptar sistemas o sellar sistemas obsoletos, se recomienda utilizar materiales de buena calidad y realizar la correcta toma de medidas, principalmente si por dichas piezas se va a tener contacto con altas presiones, ya que de no estar fabricadas de la manera correcta o no estar selladas de una buena manera puede provocar que existan fugas de aire, lo que provocara que el auto se sobre revolucione, lo que puede generar severos daños y problemas.

- Se recomienda además estar muy consciente del sistema de inyección que se va a implementar, pues el visto debe estar relacionado con la cilindrada del motor, para que de esta manera el motor pueda responder de buena manera y no se tenga dificultades en llegar a una mejor velocidad final.

- Es necesario un correcto sello hermético entre todos los componentes, ya que cualquier fuga de aire provocaría fallas en el sistema, mucho más la correcta sujeción de los inyectores, ya que de no estar completamente sujetos y sellados provocarían consumo excesivo de combustible y lo que es más podrían provocar un accidente al encontrarse con el motor caliente.

- Tener en cuenta un periódico mantenimiento y revisión a los sistemas eléctricos del vehículo, ya que al encontrarse con algún cable en mal estado podría provocar un corto circuito y causar severos daños a los sensores y actuadores.

- Tener mucha precaución al intentar manipular la ECU, si se va a desconectar el soker de conexiones, en primer lugar desconectar los bornes de la batería y luego

proceder a hacerlo, ya que el mínimo exceso de voltaje hacia la ECU provocaría que esta tenga un corto circuito el cual puede comprometer gravemente a la misma haciéndola en los peores casos completamente inservible.

- En este caso al ser un vehículo con más sistemas eléctricos nunca intentar lavar el motor con agua, ya que si algún aislante o conexión se encuentre desprotegida podría provocar un corto circuito tanto de los sensores, actuadores o inclusive la ECU.
- Realizar la instalación de un catalizador de gases, para de esta manera poder disminuir el porcentaje de hidrocarburos.

GLOSARIO DE TERMINOS

- **Block del Motor:** Parte de la constitución del motor en donde se encuentran e conjunto de pistones y bielas.
- **Carburador:** Es un dispositivo mecánico utilizado en los motores de combustión, en donde estos son los encargados de pulverizar el combustible y mezclarlos con el aire para que de esta manera se pueda realizar la combustión.
- **Catálisis:** Es un proceso en donde se aumenta o reduce la velocidad de una reacción química, en el caso de los catalizadores donde es utilizada lo que se hace es aumentar esta relación química.
- **Catalizador:** Es un elemento mecánico que tiene como finalidad la reducción de los gases contaminantes mediante el proceso de catálisis.
- **Check Engine:** Luz testigo que indica cuando algún sensor se encuentra en mal estado.
- **Cigüeñal:** Es un elemento mecánico ubicado en la parte inferior del motor, en donde va acoplado con los cojinetes de bielas , el cual tiene como finalidad el transmitir el movimiento lineal en circular
- **Colector de Admisión:** Es el conducto por donde ingresa el aire hacia el cuerpo de aceleración y luego hacia la cámara de combustión.
- **Colector de Escape:** Es el conducto por donde salen los gases combustionados del motor.
- **Cuerpo de Aceleración:** Es el mecanismo en el cual se encuentra la aleta de aceleración y los orificios para el montaje del sensor de posición de la aleta de aceleración (TPS), y el sensor de marcha mínima (IAC).
- **ECU:** Unidad Electrónica de Control.

- **Expansión:** Es el tercer tiempo del motor, tiempo en el cual se produce la combustión de la mezcla aire/combustible por parte de la chispa de la bujía.
- **Filtro Cónico:** Es un filtro con una malla metálica de forma cónica utilizado para autos de competencia el cual evita que las impurezas de aire ingresen por el colector de admisión.
- **Gases CO:** Monóxido de carbono, gases resultantes de la combustión del motor, estos gases son medidos en porcentaje, son gases sumamente peligrosos, llegando a provocar la muerte, en la conocida “muerte dulce”.
- **Gases CO₂:** Conocido como dióxido de carbono, estos gases resultantes de la combustión del motor son medidos en porcentaje.
- **Gases HC:** Hidrocarburos, estos gases resultantes de la combustión del motor son medidos por partículas por millón.
- **Gases O₂:** Gases de oxígeno, estos gases son medidos en porcentaje.
- **In take:** Conducto de aluminio por donde pasan el aire hacia el colector de admisión.
- **Mezcla Estequiométrica:** Relación ideal de aire/combustible para que se pueda realizar la combustión.
- **Neplo:** Acople para uso de cañerías, principalmente de agua, cuenta con roscados para poder alargar cañerías.
- **PMI:** Punto muerto inferior, es la carrera descendente que realiza el pistón.
- **PMS:** Punto Muerto Superior, es la carrera Ascendente que realiza el pistón.
- **Potenciómetro:** Instrumento electrónico para medir o regular la potencia eléctrica.
- **Ralentí:** Es el número mínimo de revoluciones por minuto que tiene un vehículo cuando este se encuentra parado, normalmente este número de revoluciones varía entre 700 a 950 RPM.

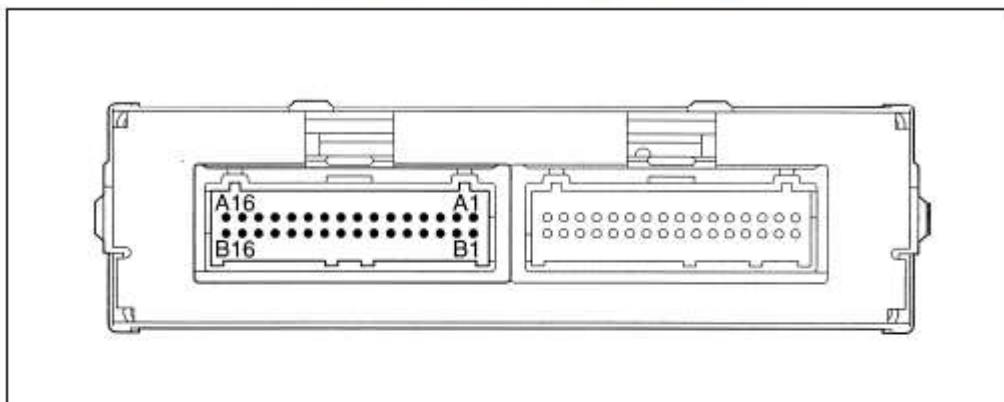
- **Regleta de Fusibles:** Dispositivo electrónico donde se ubican fusibles, los cuales salvaguardar los circuitos para proteger a los consumidores.
- **Relación Aire/Combustible:** Mezcla de aire/combustible necesaria para la combustión, la relación ideal es de 14,7 kg de aire por 1 de gasolina.
- **Relé:** Es un dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor eléctrico, el cual accionado por un electroimán y una bobina es capaz de abrir o cerrar el paso de corriente hacia su consumidor.
- **RPM:** Revoluciones por minuto, esta medida es dada en el tacómetro del vehículo, y su referencia de medida varía dependiendo el vehículo.
- **Tacómetro:** Es un instrumento que basado en el principio de Doppler, hace que mediante un haz de ondas electromagnéticas producidas por el motor en movimiento sea capaz de reflejarlas en dicho manómetro ubicado en el tablero de instrumentos.
- **Termistor:** Sensor resistivo de temperatura.
- **Termo Switch:** Un switch térmico, el cual dependiendo de su tipo (NTC o PTC) puede bajar o aumentar su resistencia dependiendo del manera del grado térmico con el que esté trabajando.

ANEXOS

Anexo 1

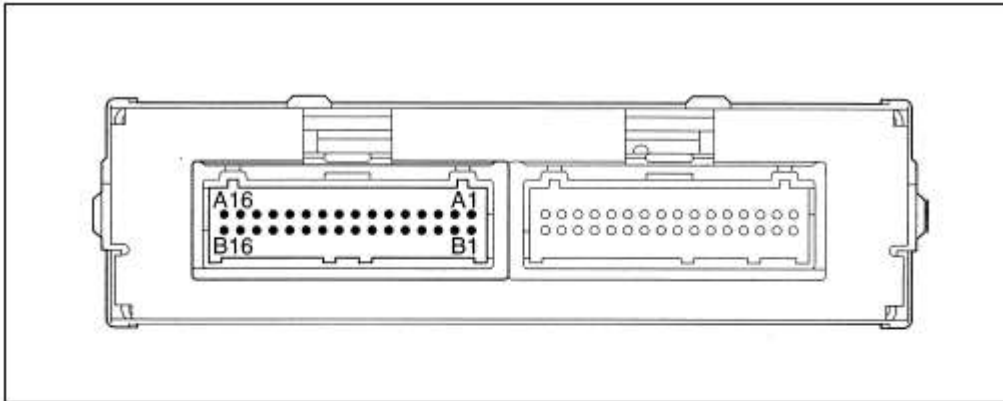
ECM PINOUTS

ECM Pinout Table, 32-Pin Red Connector-Row "J2"



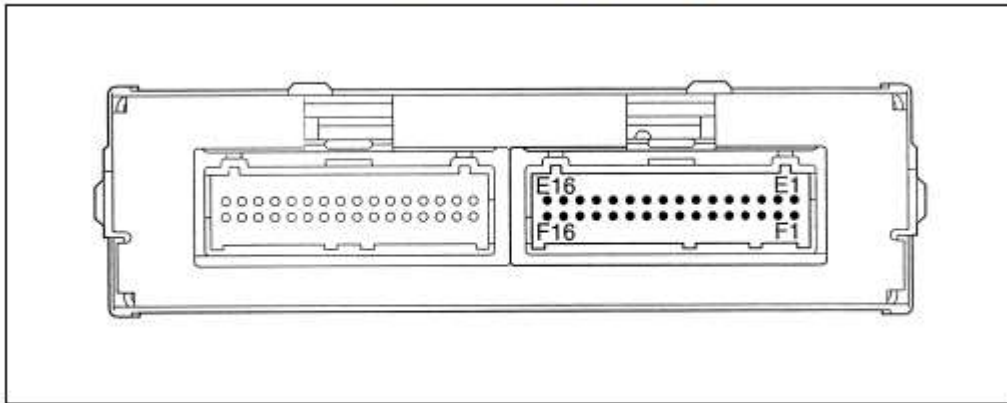
PIN	PIN Function	Wire Color	IGN ON	ENG RUN	Refer To
A1	Power Ground A	B/R	0.0V	0V	Appropriate Sensor
A2	Sensor Ground B	B/L	0.0V	0V	Appropriate Sensor
A3	5 Volt Reference Signal	R	5.0V	5V	Appropriate Sensor
A4	Battery Feed	R/W	12V	14V	Chassis Electrical
A5	Battery	R/W	12V	14V	Chassis Electrical
A6	Injector #4 Cyl	G	0V	14V	General Description and Operation, Fuel Injector
A7	Injector #1 Cyl	G/W	0V	14V	General Description and Operation, Fuel Injector
A8	Injector #3 Cyl	G/B	0V	14V	General Description and Operation, Fuel Injector
A9	Inject #2 Cyl	G/R	0V	14V	General Description and Operation, Fuel Injector
A10	Not Used	-	-	-	-
A11	Not Used	-	-	-	-
A12	Not Used	-	-	-	-
A13	Fuel Pump Relay	G/W	12V	0V	On-Vehicle Service Fuel Pump Relay
A14	Charcoal Canister Purge Solenoid Valve (If applicable)	R/L	12V	14V	-
A15	Not Used	-	-	-	-
A16	A/C Clutch	W/R	0V	0V	-

ECM Pinout Table, 32-Pin Red Connector-Row "J2"

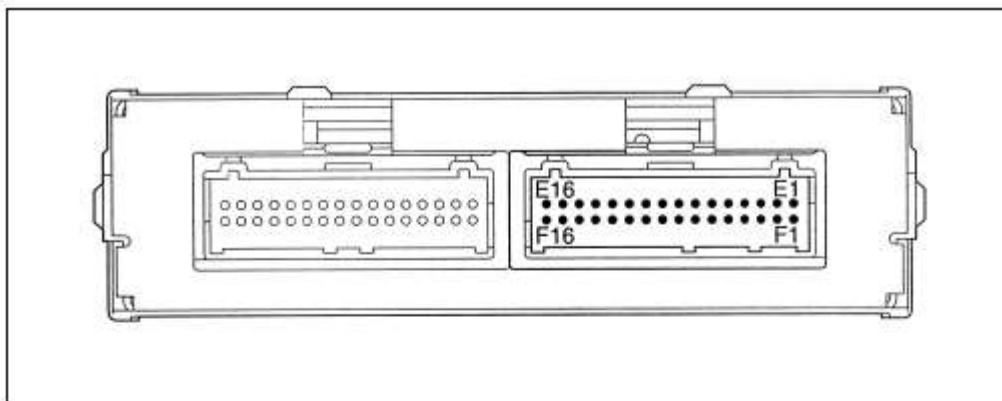


PIN	PIN Function	Wire Color	IGN ON	ENG RUN	Refer To
B1	TPS 5 Volt Reference Signal A	G	0V	0V	Appropriate Sensor
B2	TPS 5 Volt Reference Signal B	G	0V	0V	Appropriate Sensor
B3	Not Used	-	-	-	-
B4	Check Engine Lamp	R/Y	0V	14V	Chassis Electrical
B5	Tacho-meter Signal	B/R	12V	8-10V	General Description and Operation
B6	Not Used	-	-	-	-
B7	Map Input	W	5.0V (0V=10kpa)	1.0V (5V=104kpa)	General Description and Operation, Manifold Absolute Sensor
B8	Throttle Position Sensor	B	1.0V	1.0V	General Description and Operation, TPS
B9	Not Used	-	-	-	-
B10	A/C Request Signal	G/B	0V	0V	-
B11	DLC (Digital Input)	B/W	12V	14V	Diagnosis, Serial Data
B12	Not Used	-	-	-	-
B13	IAC "B" High	L/R	1V	1V	General Description and Operation, IAC
B14	IAC "B" Low	L/B	11V	13V	General Description and Operation, IAC
B15	IAC "A" Low	L/W	1V	1V	General Description and Operation, IAC
B16	IAC "A" High	L	11V	13V	General Description and Operation, IAC

ECM Pinout Table, 32-Pin Blue Connector-Row "J1"



PIN	PIN Function	Wire Color	IGN ON	ENG RUN	Refer To
E1	Electronic Spark Timing Coil Driver A	G	12V	14V	-
E2	Coil Ground A	B	0V	0V	-
E3	Coil Ground B	B	0V	0V	-
E4	Electronic Spark Timing Coil Driver B	L	12V	14V	-
E5	Crank Position Sensor High	G	1V	1V	General Description and Operation, Crank Position Sensor
E6	Not Used	-	-	-	-
E7	Vss Input	W	9V	11V	Chassis Electrical
E8	Serial Data	R	5V	5V	Serial Data
E9	Not Used	-	-	-	-
E10	Not Used	-	-	-	-
E11	Not Used	-	-	-	-
E12	Not Used	-	-	-	-
E13	Not Used	-	-	-	-
E14	Not Used	-	-	-	-
E15	Not Used	-	-	-	-
E16	Ignition Feed	B/Y	12V	14V	General Description and Operation



PIN	PIN Function	Wire Color	IGN ON	ENG RUN	Refer To
F1	Crankshaft Position Sensor Low	R	1V	1V	General Description and Operation, Crankshaft Position Sensor
F2	Not Used	-	-	-	-
F3	Not Used	-	-	-	-
F4	Not Used	-	-	-	-
F5	Not Used	-	-	-	-
F6	Knock Sensor Input	Y	0V	0V	General Description and Operation, Knock Sensor
F7	Not Used	-	-	-	-
F8	Not Used	-	-	-	-
F9	Not Used	-	-	-	-
F10	Intake Air Temperature Sensor	Y/G	2V	2V	General Description and Operation, IAT
F11	Not Used	-	-	-	-
F12	Heated O ₂ Sensor Low (if applicable)	-	-	-	General Description and Operation, Heated O ₂ Sensor
F13	Not Used	-	-	-	-
F14	Engine Coolant Temperature	L/R	2V (0V=151°C)	3V (5V=-40°C)	General Description and Operation, Engine Coolant Temperature Sensor
F15	Heated O ₂ Sensor (if applicable)	L	1.0V	0V	General Description and Operation, Heated O ₂ Sensor
F16	Power Steering Pressure Switch Input	G/Y	12V	14V	General Description and Operation, PSP

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aficionados a la Mecánica. (16 de Mayo de 2014). *aficionadosalamecanica.net*. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/catalizadores.htm>
- Aficionados a la Mecánica. (3 de Junio de 2014). *aficionadosalamecanica.net*. Obtenido de Aficionados a la Mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>
- Alonso, J. (2006). Equipo Electrico. En J. Alonso, *Técnicas del Automóvil* (págs. 51 - 56). Madrid: Paraninfo.
- Alonso, J. (2006). Motores. En J. Alonso, *Técnicas del Automóvil* (págs. 443 - 465). Madrid: Paraninfo.
- Alonso, J. (2006). Motores. En J. Alonso, *Técnicas del Automóvil* (págs. 467 - 493). Madrid: Paraninfo.
- Belló, M. Á. (2014). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Berú. (13 de Junio de 2013). *Berú*. Obtenido de http://beru.federalmogul.com/sites/default/files/ti07_ignition_coils_es_2013.pdf
- Isuzu Motors Limited. (1998). *Manual de Reparacion Luv 2.2*. Tokyo: Isuzu Motors Limited.
- Mecánica Básica. (12 de Enero de 2016). *Mecánica Básica*. Obtenido de <http://www.mecanicabasicacr.com/osciloscopio/forma-de-onda-de-un-sensor-de-posicion-de-ciguenal-ckp.html>
- Santander, J. R. (2005). *Manual Técnico de Fuel Injection Tomo 1*. Guayaquil: Diseli Editores.
- Santander, J. R. (2005). *Manual Técnico de Fuel Injection Tomo 2*. Guayaquil: Diseli Editores.
- Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). (1985). *Tecnología del automóvil*. Barcelona: Reverte.
- Toyo Kogyo Co. (1980). *Manual del Propietario Mazda 323*. Tokyo: Toyo Kogyo Co. Ltd.

