



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO
PROGRAMABLE PARA CONTROLAR EL AVANCE DE
ENCENDIDO E INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN UN
VEHÍCULO DE COMPETICIÓN”**

VÁSQUEZ LÓPEZ ADOLFO ESTEBAN

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-10-30

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ADOLFO ESTEBAN VÁSQUEZ LÓPEZ

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PROGRAMABLE
PARA CONTROLAR EL AVANCE DE ENCENDIDO E INYECCIÓN DE
COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Raúl Cabrera Escobar.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. David Bravo.

ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ADOLFO ESTEBAN VÁSQUEZ LÓPEZ

TÍTULO DE LA TESIS: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ELECTRÓNICO PROGRAMABLE PARA CONTROLAR EL AVANCE DE
ENCENDIDO E INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE
COMPETICIÓN

Fecha de Examinación: 2014-12-09

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge PaucarGuambo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Raúl Cabrera DIRECTOR DE TESIS			
Ing. David Bravo ASESOR DE TESIS			

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Jorge PaucarGuambo

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

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

Adolfo Esteban Vásquez López

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a mis padres, debido a su sacrificio he conseguido lo que hasta hoy he logrado, siendo un ejemplo para mí en el transcurso de mi vida, a mi madre que con su cariño y amor me ha dado fuerzas para seguir adelante, también a mis hermanas que con sus consejos me han ayudado a ver las cosas de una manera distinta y sin dejar a lado a la mujer que ha sido un constante apoyo para culminar el sueño que inicié al empezar esta carrera. Gracias a todos los amo con mi vida.

Adolfo Esteban Vásquez López

AGRADECIMIENTO

Por la alegría que me recorre por culminar este sueño agradezco a mis padres que supieron guiar mi rumbo y hacer que llegue al final del camino, a Andrea Pontón por su apoyo constante en las buenas y en las malas, Pamela, Fernando, Pablo, Nayel, Oscar, Carlos, Christopher, Sebastián y todas las personas, amigos que estuvieron en todo el trayecto de mi formación para obtener el título anhelado, muchas gracias siempre estarán presentes.

Adolfo Esteban Vásquez López

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Sistemas de encendido	3
2.1.1 <i>Generación de la chispa</i>	3
2.1.2 <i>Momento de encendido</i>	4
2.1.3 <i>Distribución del encendido</i>	6
2.2 Inyección	7
2.2.1 <i>Inyectores</i>	7
2.2.2 <i>Sistema de inyección monopunto</i>	8
2.2.3 <i>Sistema de inyección multipunto</i>	10
2.2.4 <i>Circuitos de cada sistema de inyección</i>	10
3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	15
3.1 Esquemas de conexión de la computadora programable	16
3.2 Placa principal	21
3.3 Protección del circuito del inyector.....	28
3.4 Protección del circuito de la bomba de combustible.....	29
3.5 Sensores	29
3.5.1 <i>Sensor de oxígeno (O2 o lambda)</i>	31
3.5.2 <i>Sensor de posición del cigüeñal (CKP)</i>	33
3.5.3 <i>Sensor de temperatura del aire (IAT)</i>	34
3.5.4 <i>Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)</i>	36
3.5.5 <i>Sensor de posición de la mariposa (TPS)</i>	38
3.6 Conexiones	40
4. MAPEADO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	42
4.1 Mapeado de la computadora programable	42
4.1.1 <i>Instalación TunerStudioMS y configuración</i>	42
4.1.1.1 <i>Instalación TunerStudioMS</i>	43
4.1.1.2 <i>Configuración</i>	43
4.1.2 <i>Parámetros de inyección</i>	45
4.1.3 <i>Mapeado de la VE (Eficiencia Volumétrica)</i>	49
4.1.4 <i>Mapeado de la AFR (relación aire / combustible)</i>	50
4.1.5 <i>Mapeado de la tabla spark</i>	51
4.2 Pruebas de funcionamiento	53
4.2.1 <i>Pruebas de consumo de combustible</i>	54
4.2.1.1 <i>Prueba de consumo de combustible sin la computadora programable</i>	55
4.2.1.2 <i>Prueba de consumo en descenso con la computadora programable</i>	55
4.2.1.3 <i>Prueba de consumo en ascenso con la computadora programable</i>	57
4.2.2 <i>Tiempo de aceleración</i>	59
4.2.3 <i>Emisiones de gases en el vehículo</i>	62
4.3 Costos del proyecto	66
4.3.1 <i>Costos directos</i>	66
4.3.1.1 <i>Costos de transporte</i>	67
4.3.1.2 <i>Costos de mano de obra calificada y herramientas</i>	67
4.3.1.3 <i>Costos indirectos</i>	67

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1	Conclusiones.....	68
5.2	Recomendaciones.....	69

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Características computadora programable 15
2	Listado de componentes y especificaciones 22
3	Valores del sensor 33
4	Valores del sensor IAT 35
5	Voltaje y temperatura del sensor 37
6	Valores del sensor TPS 39
7	Cables del conector DB37 41
8	Inyección simultánea por ciclo de un motor de 4 cilindros 46
9	Inyección alternada por ciclo de un motor de 4 cilindros 47
10	Tabla VE(eficiencia volumétrica) 49
11	Ajuste de la tabla VE 50
12	AFR (relación aire / combustible) 51
13	Spark advance 52
14	Ajuste de tabla spark 53
15	Consumo de combustible sin el sistema 55
16	Consumo en descenso y ascenso a distintas velocidades 56
17	Consumo de combustible en descenso 56
18	Consumo de combustible en ascenso 58
19	Cuadro comparativo 59
20	Tiempos de recorridos 59
21	Tiempos a distintas velocidades sin el sistema 60
22	Tiempos de recorridos 61
23	Tiempos a distintas velocidades con el sistema implementado 61
24	Cuadro comparativo y ganancia en tiempos 62
25	Datos de emisiones 63
26	Datos de emisiones con MegaSquirt 64
27	Costos directos 67
28	Costos de transporte 67
29	Costos de mano de obra calificada y herramientas 67
30	Costos indirectos 67
31	Costos totales 68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Esquema del sistema DIS	3
2 Esquema de un sistema de encendido sin distribuidor	4
3 Partes de la bujía	4
4 Temperatura de funcionamiento de la bujía.....	5
5 Momento de encendido	6
6 Orden de encendido.....	6
7 Despiece de un inyector	7
8 Esquema de un inyector abierto y cerrado	8
9 Inyección monopunto	9
10 Esquema básico del sistema de inyección monopunto.....	9
11 Esquema de un sistema de inyección multipunto	10
12 Circuito eléctrico inyección monopunto y encendido estático (DIS)	12
13 Circuito eléctrico inyección multipunto y encendido estático (DIS).....	14
14 CPU MegaSquirt	16
15 Entrada MegaSquirt	17
16 Entrada de tacómetro	18
17 Salida del inyector	19
18 Otras salidas	20
19 Circuitos de poder	21
20 Componentes de la placa principal.....	22
21 Placa principal.....	27
22 Tiempo de retorno durante PWM (modulación de ancho de pulso)	28
23 Circuito regulador básico con diodo Zener	29
24 Conector para la MegaSquirt.....	30
25 Ubicación del sensor de oxígeno O2	32
26 Señal del sensor de oxígeno	32
27 Ubicación del sensor CKP	33
28 Gráfica del sensor CKP	34
29 Señal del sensor CKP	34
30 Ubicación del sensor IAT	35
31 Gráfica del sensor IAT	36
32 Ubicación del sensor ECT	36
33 Gráfica del sensor ECT	38
34 Ubicación del sensor TPS	39
35 Señal del sensor TPS.....	40
36 Conector DB37	40
37 MegaSquirt.....	41
38 Resistencia de polarización (Biasing resistor)	44
39 PWM (Modulación de ancho de pulso)	45
40 Corriente de flujo versus tiempo de una bobina.....	48
41 Cableado de una bobina de alta capacidad de corriente	48
42 Recorrido de la prueba	54
43 Gráfica consumo vs velocidad.....	57
44 Gráfica consumo vs velocidad.....	58
45 Velocidad vs tiempo sin el sistema implementado.....	60
46 Velocidad vs tiempo con el sistema implementado.....	61
47 Gráfica comparativa velocidad vs tiempo	62
48 Gráfica de los gases en el vehículo	63
49 Datos de emisiones con la computadora programable	65
50 Emisiones.....	65

LISTA DE ABREVIACIONES

a	Ancho
AFR	Relación aire combustible
APMS	Antes del punto muerto superior
BatFac	Factor de corrección de la batería
CAN	Controlador de red de área
CKP	Sensor de posición del cigüeñal
CO2	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
DIS	Sistema de encendido directo
DMPS	Después del punto muerto superior
E	Tensión
ECT	Sensor de temperatura del refrigerante
ECU	Unidad electrónica de control
EGO	Sensor de gases de escape
FET	Transistor de efecto de campo
h	Altura
HC	Hidrocarburos
IAC	Control de aire de ralentí
IAT	Sensor de temperatura del aire
InjPWMTim	Tiempo de la modulación de ancho de pulso
InjPWMPd	Periodo de inyector en la modulación de ancho de pulso
IGN	Ignición
IGT	Regulación del encendido
kHz	Kilohertz
kPa	KiloPascuales
L	Litros
L	Largo
Lag	Factor de retardo
LAMBDA	Relación de la mezcla aire-combustible
MAP	Sensor de presión absoluta del múltiple
MS	MegaSquirt
NTC	Termistor de coeficiente de temperatura negativo
O2	Oxígeno
PCB	Placa de circuito impreso
ppm	Partes por millón
PMS	Punto muerto superior
PWM	Modulación de ancho de pulso
RPM	Revoluciones por minuto
REQ_FUEL	Requerimiento de combustible
SMD	Dispositivo de montaje superficial
T	Temperatura
TPS	Sensor de posición de la mariposa de aceleración
Tref.	Temperatura Refrigerante
V	Voltaje
Vs	Voltaje de la fuente
Vz	Tensión de ruptura
VE	Eficiencia volumétrica
V3	Placa principal versión 3
VRS	Sensor variable de reluctancia
λ	Factor lambda

LISTA DE ANEXOS

A
B
C

PIN data y conexiones

Emisiones de gases

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 203-2000, NTE
INEN 2 204-2002, límites permitidos de emisiones de
gases

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad ser implementado en un vehículo de competición Chevrolet Corsa Wind, se controló el tiempo de trabajo y se evitó cualquier tipo de retraso en la explosión de la mezcla, obteniendo una mayor potencia en el motor del vehículo.

Para la implementación del sistema en el vehículo se utilizó la computadora programable MegaSquirt con una placa principal versión tres (V3), se conectaron todos los dispositivos electrónicos del vehículo a través de dos conectores; uno se ubica desde la computadora hasta los diferentes sensores y actuadores usando el mismo arnés de cables en el vehículo y el otro conector desde la computadora programable hasta un ordenador portátil que consta del programa TunerStudioMS, en éste programa se realizó modificaciones como la relación aire combustible, avance de encendido, la modulación de ancho de pulso y tiempo de la inyección.

Con el sistema instalado se procedió a realizar diferentes pruebas tales como, emisiones de gases, consumo de combustible y tiempo de aceleración. Las pruebas se realizaron con el vehículo sin implementar la computadora y con el sistema programable instalado y funcionando. En las pruebas de emisiones se vio un incremento en el monóxido de carbono y en los hidrocarburos y una disminución en el dióxido de carbono y en el oxígeno. Para las pruebas de consumo de combustible se registró un aumento del 29.53% es decir un valor promedio de 0.816 litros de gasolina. Mientras que para las pruebas de aceleración se obtuvo una ganancia de 2.56 segundos con respecto al vehículo sin la computadora programable implementada.

Con esta implementación se logró una ganancia en el tiempo que recorre el vehículo cierta distancia pero se obtuvo un incremento en el consumo de combustible.

ABSTRACT

This research is carried out to be implemented in a Chevrolet Corsa Wind racing car, the work timing was controlled and any delay in the explosion of the mixture was avoided, resulting in higher power for the engine of the vehicle.

A MegaSquirt programmable computer containing a (V3) version main card was used for implementing the system in the vehicle, all the electronic devices of the vehicle were switched by using 2 connectors; one of them is placed to the computer and directed towards a laptop implemented with TunerStudioMS program which was modified according to air-gas relation, ignition advances, pulse with modulation and injection timing once the system was installed, different tests such as: gas emission, fuel consumption and acceleration timing were carried out. The tests were carried out before and after implementing the system. Then emission tests showed an increase of carbon dioxide, and the hydrocarbon tests a decrease of carbon dioxide and oxygen.

For the tests of fuel consumption registered an increase of 29.53% the average value of 0.816 liters of gasoline. For the tests of acceleration, it was obtained a gain of 2.56 seconds with respect to the vehicle without the implemented programmable computer.

With this implementation, it was got a gain in time working the vehicle; an increasing in fuel consumption was achieved.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

La misión de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es formar profesionales competitivos, emprendedores, conscientes de su identidad nacional, justicia social, democracia y preservación del ambiente sano, a través de la generación, transmisión, adaptación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para contribuir al desarrollo sustentable de nuestro país.

La Escuela de Ingeniería Automotriz, forma profesionales en ingeniería automotriz de la más alta calificación que se integren al aparato productivo nacional aportando soluciones técnico científicas para el mejor funcionamiento del parque automotor.

Este proyecto surge por la necesidad de aumentar el aprovechamiento del combustible y poder controlar el tiempo de trabajo para que no exista ningún tipo de retraso en la explosión de la mezcla, y así obtener una mayor potencia en el motor de un vehículo de competición. Muchos otros sistemas existentes se basan solamente en el ensayo y error, estimación o conjeturas para el suministro de combustible. Todo el código microprocesador integrado ejecutado por la ECU-I fue escrito a mano directamente en ensamblador, no compilado a partir de un lenguaje de alto nivel.

Proporciona un control electrónico de combustible basado en un controlador que funciona a una velocidad de bus interna de 8 megahercios. Muchos sistemas EFI del mercado de accesorios más populares utilizan la tecnología de procesador (como el MC68HC11oZ80) que funciona a 1 o 2 MHz de bus interno.

1.2 Justificación

Mediante la realización de este proyecto se obtiene un aporte técnico para el campo electrónico del vehículo y de esta manera entender de manera práctica el funcionamiento del avance de encendido y de inyección de combustible en una forma controlada y programable para ayudar al vehículo a tener la explosión en forma

instantánea. El desarrollo de este proyecto, permite demostrar de manera práctica e investigativa, el control de la inyección y obtener el tiempo de explosión de forma instantánea.

Con la realización del presente proyecto de “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PROGRAMABLE PARA CONTROLAR EL AVANCE DE ENCENDIDO E INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN**” se obtiene una capacitación con lo cual se busca disminuir algunas falencias en la formación profesional.

Se pretende proporcionar un control electrónico de combustible basado en un micro controlador Motorola que funciona a una velocidad interna de 8 MHz, el mismo que nos permitirá compilar un mapeo exacto y sobretodo preciso en distintos rangos de funcionamiento del vehículo, obteniendo sin duda alguna mayor ventaja en la competencia.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un sistema electrónico programable para controlar el avance de encendido e inyección de combustible en un vehículo de competición.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Estudiar los elementos que van a ser controlados en la computadora programable MegaSquirt.

Realizar las debidas conexiones del módulo programable.

Implementar la computadora MegaSquirt en el vehículo.

Realizar pruebas de funcionamiento del vehículo antes y después de implementar la computadora programable MegaSquirt.

CAPÍTULO II

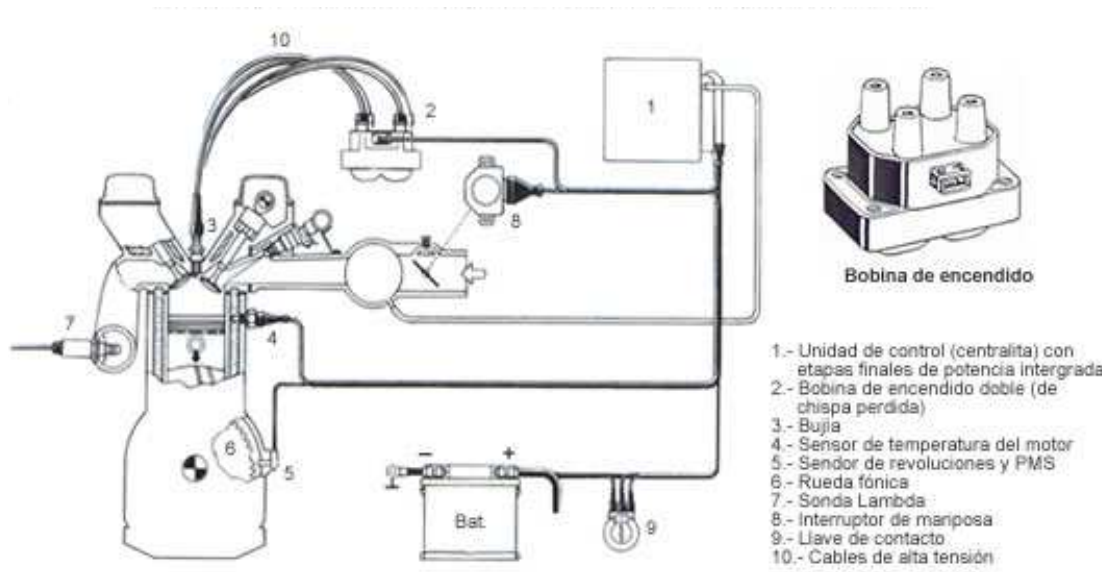
2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sistemas de encendido

2.1.1 Generación de la chispa. El fenómeno del salto de la chispa entre dos electrodos depende de factores como la temperatura de los electrodos y de la presión existente en la zona del arco eléctrico, para esto el sistema de encendido debe elevar el voltaje hasta valores que seas capaces de hacer saltar la electricidad de un electrodo a otro en el cilindro a la presión alta de compresión. (Sabelotodo, 2010)

El sistema de encendido que se usa actualmente es el DIS(DirectIgnitionSystem), sistema que carece del distribuidor.

Figura 1. Esquema del sistema DIS

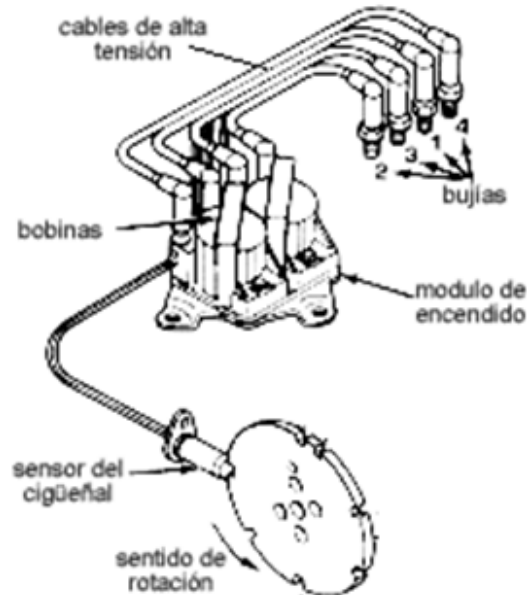


Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

De la figura anterior se puede observar los elementos de un sistema de encendido DIS, los mismos que hacen posible que se genere la chispa y así producir la inflamación de la mezcla aire/ combustible. Este sistema presenta algunas ventajas sobre el sistema de encendido con distribuidor como la eliminación de elementos mecánicos que

generan averías y daños. Además, existe un control mayor en la chispa, se reduce las falencias en el encendido y se tiene mayor precisión con el avance del encendido.

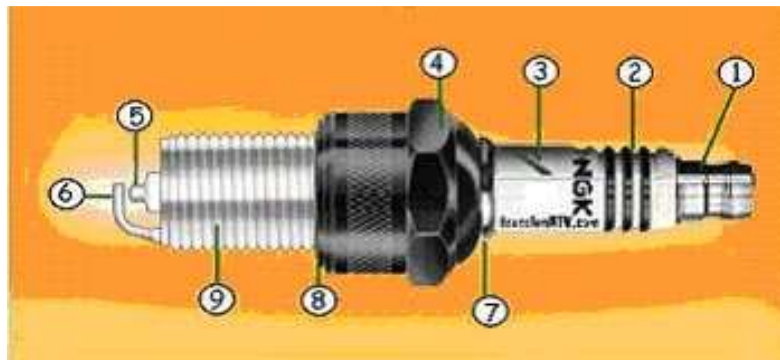
Figura 2. Esquema de un sistema de encendido sin distribuidor



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.1.2 Momento de encendido. La función del encendido es inflamar en el momento indicado la mezcla de aire/combustible, esto se realiza mediante una chispa eléctrica entre los electrodos de una bujía en la cámara de combustión. Para un correcto funcionamiento del motor es necesario tener un encendido adecuado que funcione bajo cualquier circunstancia, los fallos que se pueden producir son fallos en la combustión, daños en el catalizador, consumos elevados y potencia del motor baja. (BOSCH, 2005)

Figura 3. Partes de la bujía



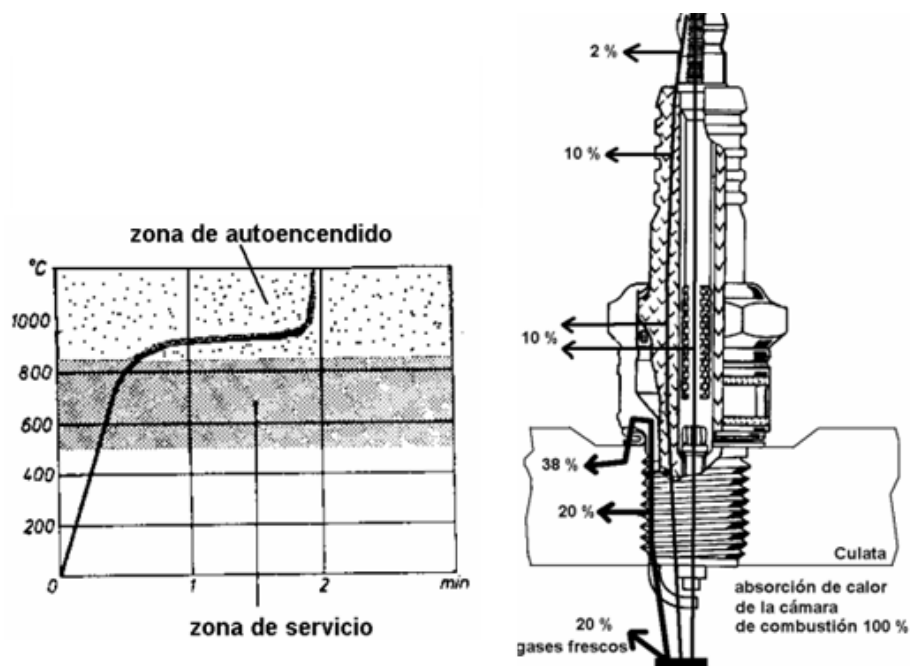
Fuente: www.rcscooter.net

De la figura 3 se tiene:

- Terminal donde se conecta la bujía.
- Parte denominada costillas; evita que la corriente salte en tiempo húmedo.
- Aislador cerámico.
- En esta parte se aplica presión para aflojar o ajustar la bujía.
- Electrodo central.
- Electrodo lateral.
- Junta; impide la fuga de gases entre el aislador y el cuerpo.
- Junta.
- Rosca donde se introduce en la culata.

De la figura 4 se tiene las diferentes temperaturas y zonas en las que trabaja una bujía.

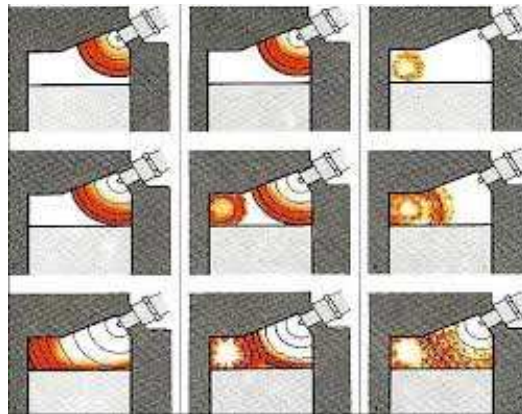
Figura 4. Temperatura de funcionamiento de la bujía



Fuente: mgallegosantos.files.wordpress.com

En la figura 5 se muestra el momento en donde se produce el encendido desde que se genera una chispa eléctrica en la bujía cuando se ha sobrepasado la tensión de encendido necesaria hasta que se produce la mezcla aire combustible.

Figura 5. Momento de encendido

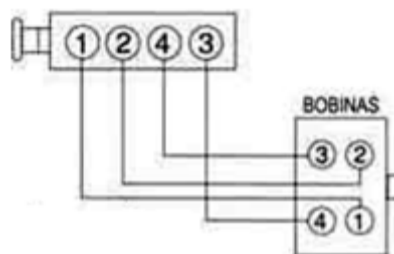


Fuente: www.revistamotor.es

2.1.3 Distribución del encendido. Se debe generar una chispa en los cilindros del motor y distribuirla de manera adecuada y que la cámara de combustión produzca la explosión, para aquello se debe tener lo siguiente:

- Válvulas cerradas, pistón arriba en lo máximo de su carrera comprimiendo la mezcla de aire/combustible y chispa.
- Se origina la explosión y el pistón se va hacia abajo y regresa continuando su función de expulsión de gases.
- Se debe tener en cuenta la cadena de tiempo que sincroniza el engrane del cigüeñal con el engrane del árbol de levas.
- El árbol de levas, en uno de sus extremos lleva instalado un engrane y en el otro, lleva diseñado una configuración de dientes que puedan acoplarse perfectamente a los dientes del eje o flecha del distribuidor. (Automecanico, 2013)

Figura 6. Orden de encendido

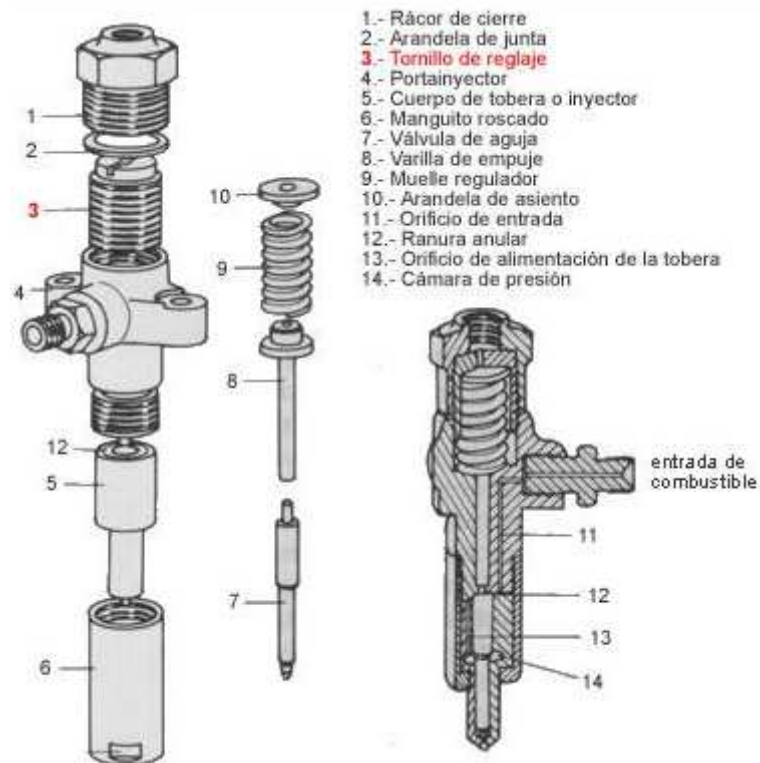


Fuente: www.automecanico.com

2.2 Inyección

2.2.1 Inyectores. Están ubicados en la culata, formados de dos partes: cuerpo y aguja, los mismos que poseen una mayor transferencia de calor con el combustible, Son de acero de alta calidad, en caso de daño no se debe sustituir por separado las piezas. Son dispositivos electromecánicos que para su funcionamiento necesitan de una tensión de 12 voltios la misma que será controlada por un relé.

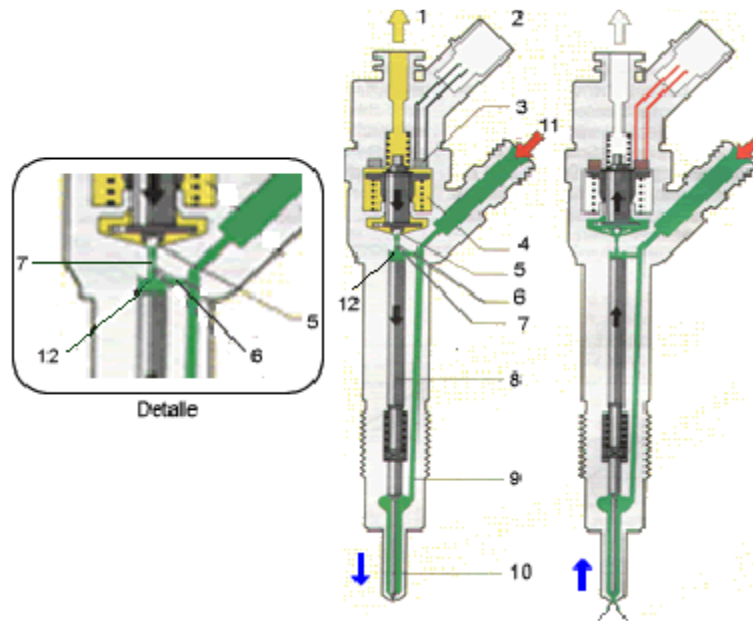
Figura 7. Despiece de un inyector



Fuente: tipsautomotriz.blogspot.com

El inyector tiene como función principal la de insertar cierta cantidad de combustible en la cámara de combustión, la cantidad de combustible inyectada se dará acorde a los requerimiento del vehículo, todo esto es comandado por la ECU de acuerdo con las señales recibidas de los distintos sensores que posee el vehículo, las medidas más importante que se toma a consideración son las revoluciones del motor y la cantidad de aire que ingresa y así se puede dar el pulso necesario para la inyección de combustible. La computadora es la encargada de controlar el tiempo de apertura y cierre de los inyectores.

Figura 8. Esquema de un Inyector abierto y cerrado



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

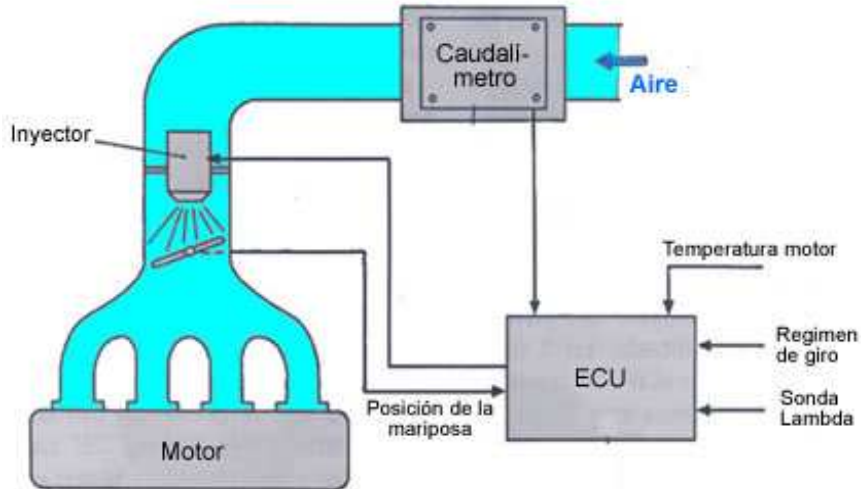
De la figura 8 se observa:

- Retorno de combustible a depósito.
- Conexión eléctrica.
- Electroválvula.
- Muelle.
- Bola de válvula.
- Estrangulador de entrada.
- Estrangulador de salida.
- Émbolo de control de válvula.
- Canal de afluencia.
- Aguja del inyector.
- Entrada de combustible a presión.
- Cámara de control.

2.2.2 Sistema de inyección monopunto. Hay solamente un inyector que introduce el combustible en el colector de admisión antes de la mariposa de gases. Este sistema sustituyó al carburador, un solo inyector ubicado en la entrada del aire en el colector de admisión, después del filtro de aire y justos antes de la mariposa de gases alimenta a todos los cilindros, aprovechando la forma del colector de admisión. Tiene

una circulación continua de gasolina por lo que se consigue una refrigeración de la válvula de inyección.

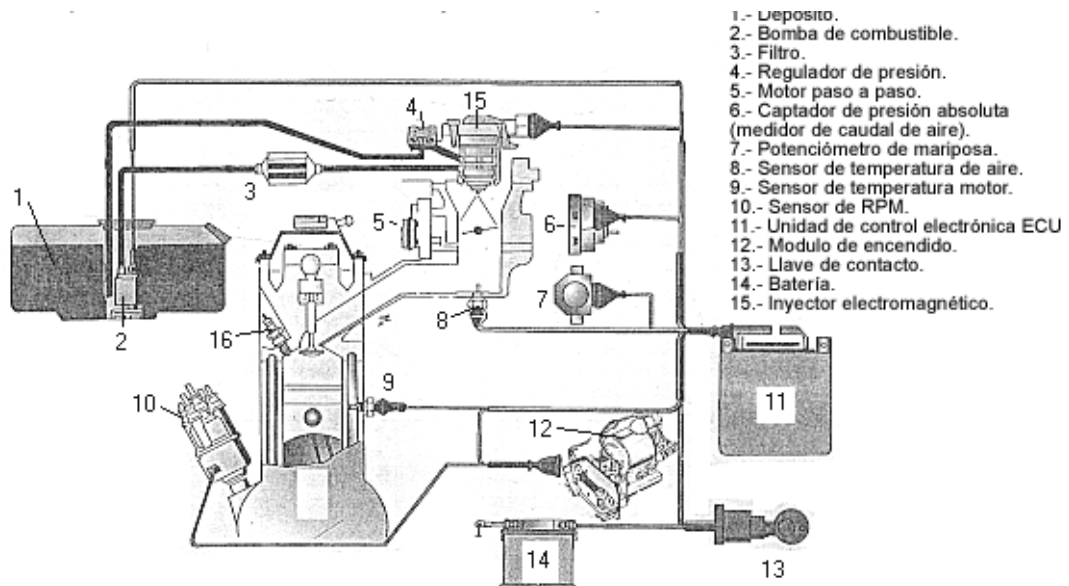
Figura 9. Inyección monopunto



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion_monopunto.htm

A continuación en la figura 10 se muestra un esquema acerca de la inyección monopunto, sus partes y conexiones.

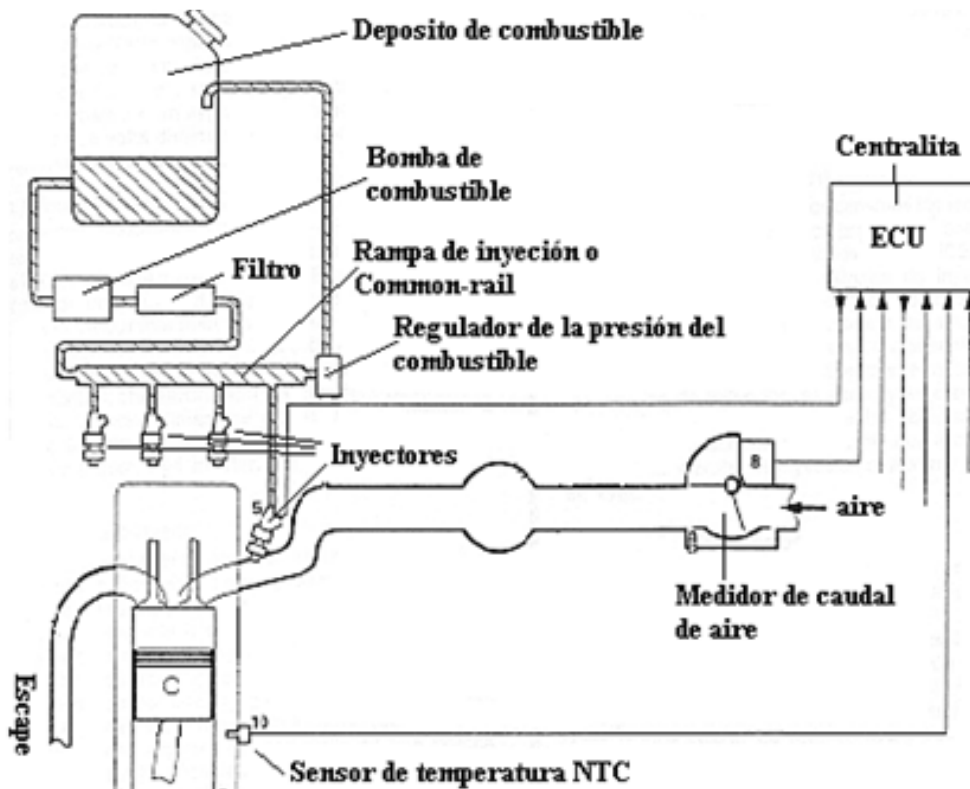
Figura 10. Esquema básico del sistema de inyección monopunto



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.2.3 Sistema de inyección multipunto. Hay un inyector por cilindro pudiendo ser de tipo de inyección directa o indirecta, este tipo de inyección se usa en vehículos de media y de alta cilindrada con antipolución o sin ella.

Figura 11. Esquema de un sistema de inyección multipunto



Fuente:afinautos.over-blog.com

La inyección multipunto puede ser secuencial o simultánea.

En la simultánea se activa los 4 inyectores al mismo tiempo, dos cilindros reciben impulsos de inyección por ciclo rotando el cigüeñal 720° . Un sistema secuencial recibirá sólo 1 impulso de inyección por ciclo, temporizado de forma que coincida con la apertura de la válvula de admisión.

2.2.4 Circuitos de cada sistema de inyección. Se va a tomar en cuenta los sistemas de inyección antes mencionados, el sistema de inyección monopunto y sistema de inyección multipunto, para cada sistema de inyección se muestra un circuito eléctrico en donde se indica los diversos elementos que lo controlan, también se tiene una guía para posibles fallas que se puedan presentar en cualquiera de los sistemas presentados a continuación:

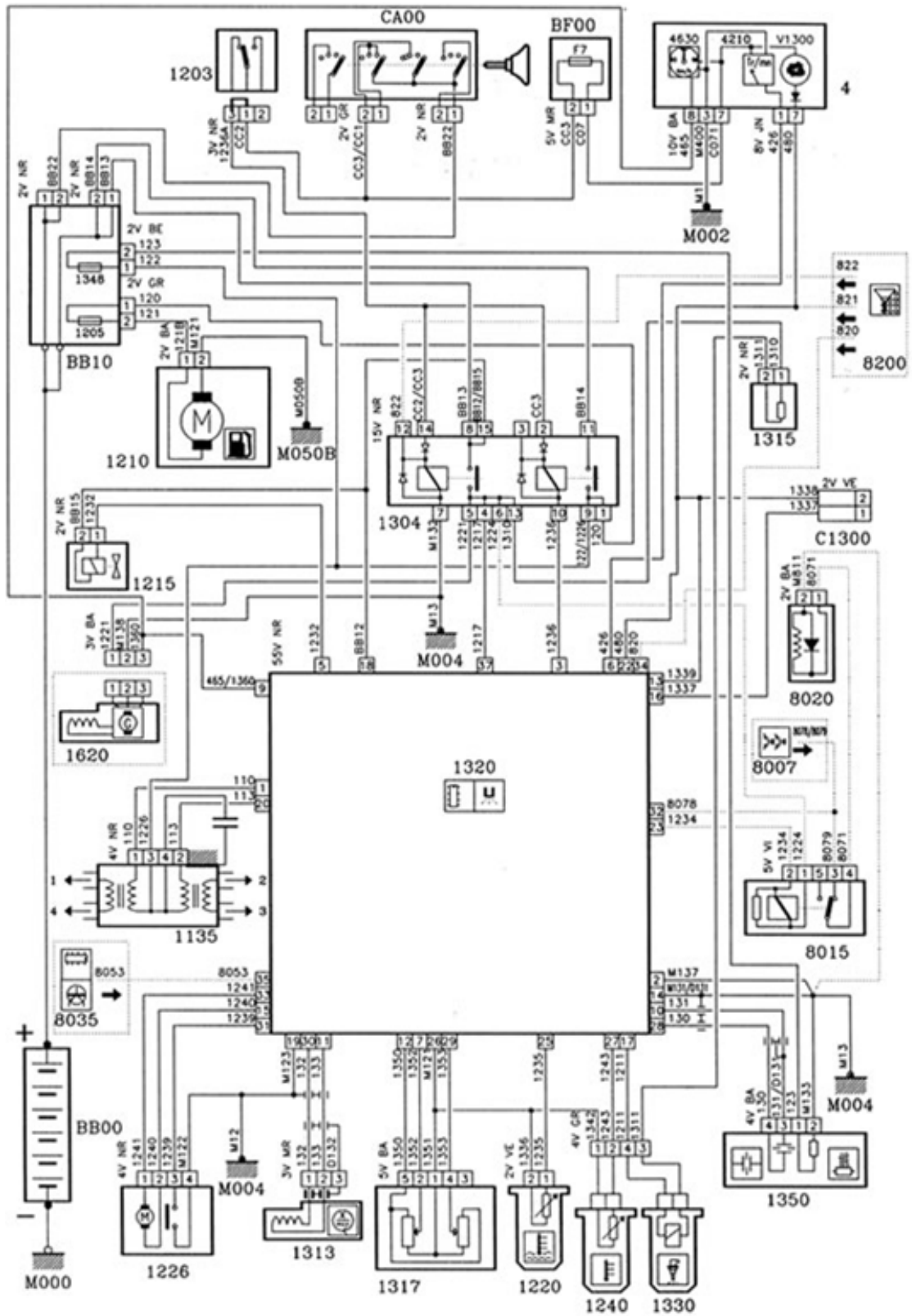
- Sistema de inyección monopunto.

A continuación se muestra los elementos que conforman el circuito del sistema de inyección monopunto y de encendido estático, también se muestra en la figura 12 las diferentes conexiones con la ECU.

De la figura 12 se tienen los siguientes elementos del sistema de inyección monopunto:

- CA00. Contactor de arranque (llave de contacto).
- BB10. Cajetín de alimentación.
- BF00. Caja de fusibles habitáculo.
- 4. Panel de instrumentos: testigo de diagnosis motor velocímetro.
- 1135. Bobina de encendido.
- 1203. Contactor de inercia.
- 1210. Bomba de gasolina.
- 1215. Electroválvula de purga de canister.
- 1220. Termistancia de temperatura refrigerante motor.
- 1240. Termistancia aire de admisión.
- 1317. Potenciómetro inyección.
- 1226. Motor regulación de ralentí y contactor de ralentí.
- 1304. Relé doble multifunción inyección.
- 1313. Captador de régimen motor.
- 1315. Resistencia de inyección.
- 1320. Centralita de inyección (UCE).
- 1330. Inyector de la unidad monopunto.
- 1350. Sonda de oxígeno (Lambda).
- 1620. Captador de velocidad del vehículo.
- 4200. Contactor de starter.
- 8007. Presóstato (interruptor de presión) del sistema de aire acondicionado.
- 8015. Relé corte de compresor mandado por el cajetín de temperatura de agua.
- 8020. Compresor de aire acondicionado.
- 8035. Termostato electrónico temperatura habitáculo.

Figura 12. Circuito eléctrico inyección monopunto y encendido estático (DIS)



Fuente: www.aficionadosalamecnica.net

- Sistema de inyección multipunto.

De la figura 13 se tiene lo siguiente:

- CA00. Contactor de arranque (llave de contacto).
- BMF1. Cajetín maxifusibles.
- BH12. Caja de fusibles.
- BH28. Caja de fusibles.
- C001. Conector de diagnóstico.
- 4. Panel de instrumentos: testigo de diagnóstico motor, presión de aceite.
- 1120. Captador de picado.
- 1135. Bobina de encendido.
- 1203. Contactor de inercia.
- 1210. Bomba de gasolina.
- 1215. Electroválvula de purga de canister.
- 1220. Termistancia de temperatura refrigerante motor.
- 1240. Termistancia aire de admisión.
- 1270. Resistencia calentamiento cajetín de mariposa.
- 1225. Motor paso a paso regulación de ralentí.
- 1304. Relé doble multifunción inyección.
- 1312. Captador de presión de colector de admisión.
- 1313. Captador de régimen motor.
- 1316. Conjunto potenciómetro cajetín mariposa.
- 1320. Centralita de inyección.
- 1131. Inyector de cilindro nº 1.
- 1132. Inyector de cilindro nº 2.
- 1133. Inyector de cilindro nº 3.
- 1134. Inyector de cilindro nº 4.
- 1350. Sonda de oxígeno (lambda).
- 1620. Captador de velocidad del vehículo.
- 4110. Manocontacto de aceite.
- 4315.- Aforador de carburante (emisor).
- 8005. Relé compresor de aire acondicionado.
- 8007. Presóstato.
- 8010. Cajetín temperatura de aire acondicionado.
- 8020. Compresor de aire acondicionado.

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

La MegaSquirt es una tarjeta auxiliar que va en la ECU Megasquirt versión V3. La MegaSquirt es básicamente un procesador que tiene el procesador MC9S12. Para el apoyo del procesador computadora programable la placa con circuito impreso se ha actualizado a la versión MegaSquirt versión V3. Estas actualizaciones brindan mejoras significativas tanto en la fiabilidad y la forma. (Megamanual, 2014)

La computadora programable tiene las siguientes características:

Tabla 1. Características computadora programable

Especificación	MC9S12C64
CPU	16 bits
Velocidad	24 MHz
Flash	64 kbytes
RAM usuario	2048 (2k) bytes

Fuente: www.megamanual.com

La MegaSquirt tiene la capacidad de controlar el encendido, con un total control y sincronización de la chispa.

MegaSquirt tiene configurable el abastecimiento de combustible para:

- Admisión de temperatura de aire.
- Precalentamiento basado en la temperatura del refrigerante.
- Enriquecimiento basado en rpm.
- Retroalimentación EGO.

La MegaSquirt tiene configurable el avance de encendido temporizado para:

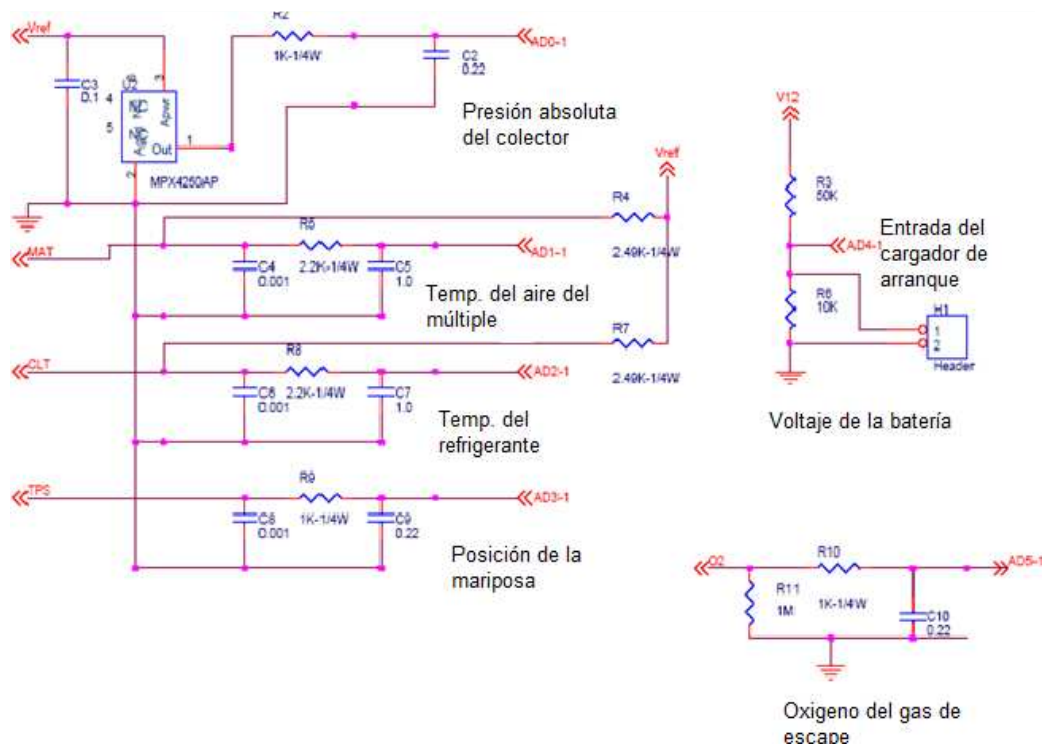
- Rpm y el colector de presión absoluta (MAP).
- La temperatura del refrigerante.

En la figura 14 se debe aplicar las siguientes señales:

- 6 – CAN.
- 11 – CAN.
- 16 – V12 para IAC.
- 17 – IGN-JP1 pin # 5.
- 35 – IAC2B – X5.
- 36 – IAC2A – X4.
- 37 – IAC1B – X3.
- 38 – IAC1A - X2.

A continuación se tiene las distintas entradas de la computadora programable:

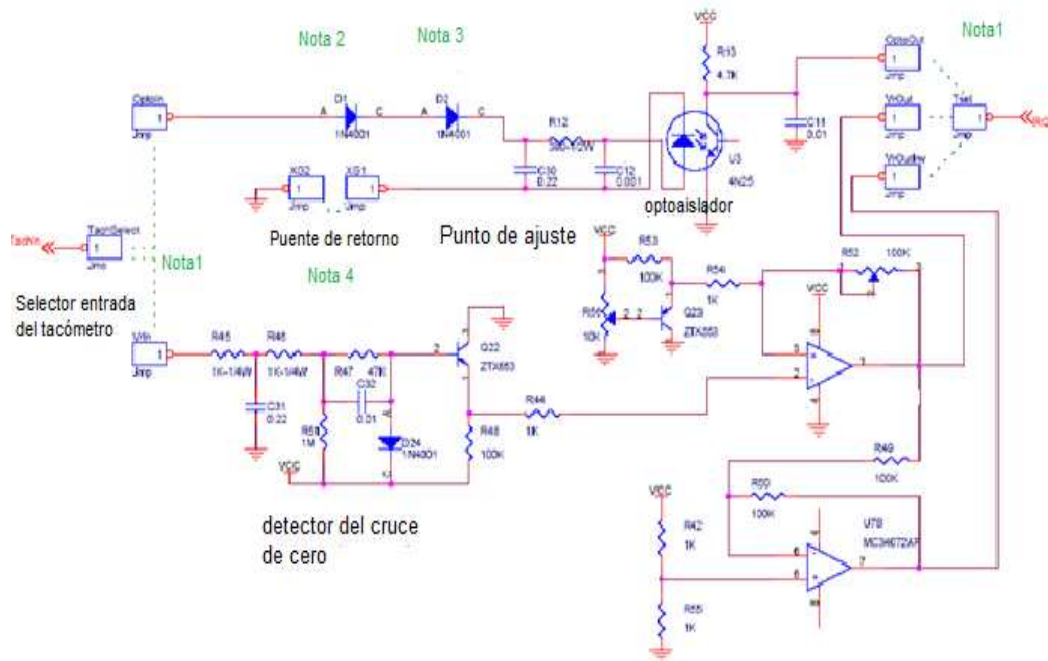
Figura 15. Entrada MegaSquirt



Fuente: www.megamanual.com

En la figura 16 se tiene los puntos de entrada del tacómetro, todos se muestran en el siguiente circuito:

Figura 16. Entrada de tacómetro



Fuente: www.megamanual.com

En la nota 1 que se muestra en la figura anterior se tiene dos opciones para la entrada del tacómetro que son: opto-aislada para las bobinas de encendido y reluctancia variable de entrada de tacómetro.

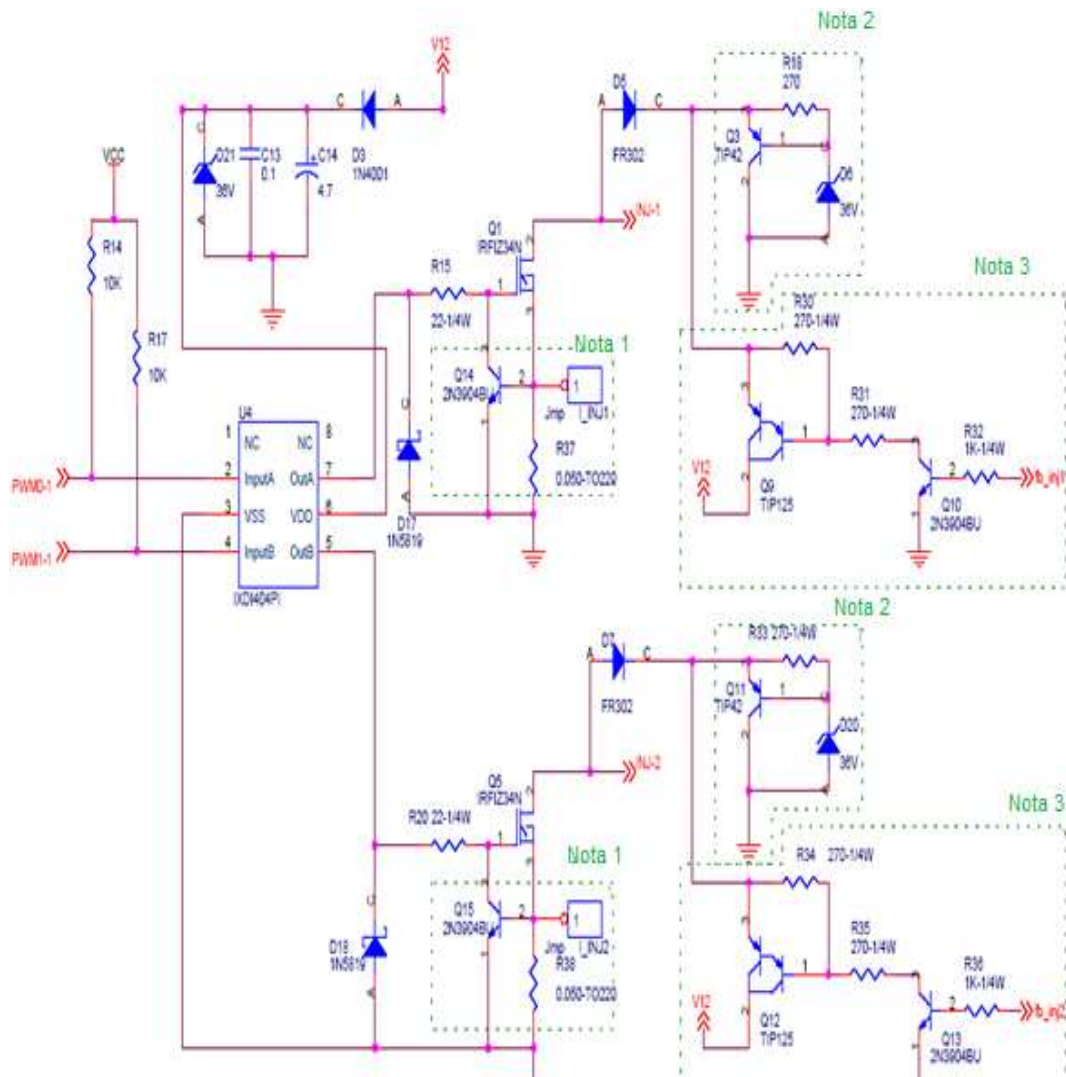
En la nota 2, el diodo D1 se puede instalar un puente en su lugar ya que no es de importancia.

En la nota 3, el diodo D2 es instalado para añadir una caída adicional de 0.7V de tensión.

En la nota 4, Las posiciones de los puentes XG1 y XG2 son para el extremo ruido en la bobina de encendido, XG1 puede conectarse a tierra directamente al motor a través de la conexión externa. XG1 también se puede utilizar para la operación de colector abierto sensor Hall. (Megamanual, 2014)

En la siguiente figura se muestra el circuito de salida del inyector:

Figura 17. Salida del inyector



Fuente: www.megamanual.com

Nota 1: Limitador de corriente para la protección del FET. Omite si la protección no se requiere, caso contrario se tiene que realizar un puente en lugar de R37 y R38.

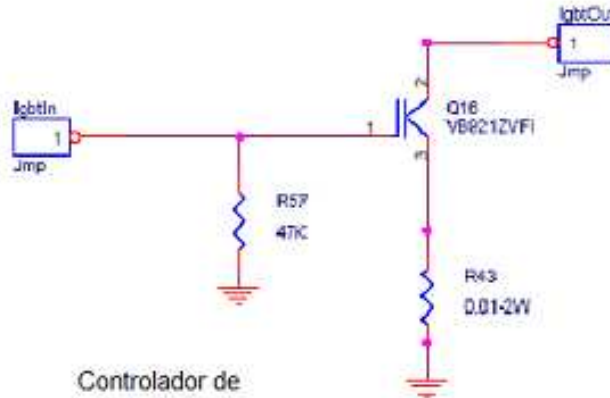
Nota 2: Circuito de retorno activo. Si se utiliza FET avalancha para Q1 / Q5 el circuito puede ser omitido. La tensión es igual al voltaje de avalancha Zener.

Nota 3: PWM circuito de amortiguación. El circuito se puede omitir si la corriente utilizada PWM no es limitativa. (Megamanual, 2014)

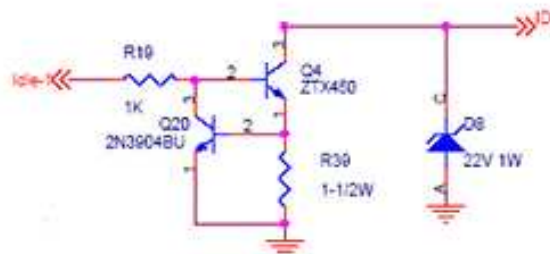
La figura que a continuación se muestra, indica distintas señales de la computadora programable.

Figura 18. Otras salidas

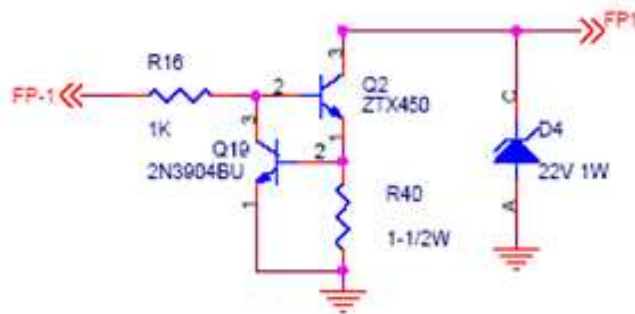
Nota 1



Controlador de encendido de alta corriente



solenoides de aire de ralenti



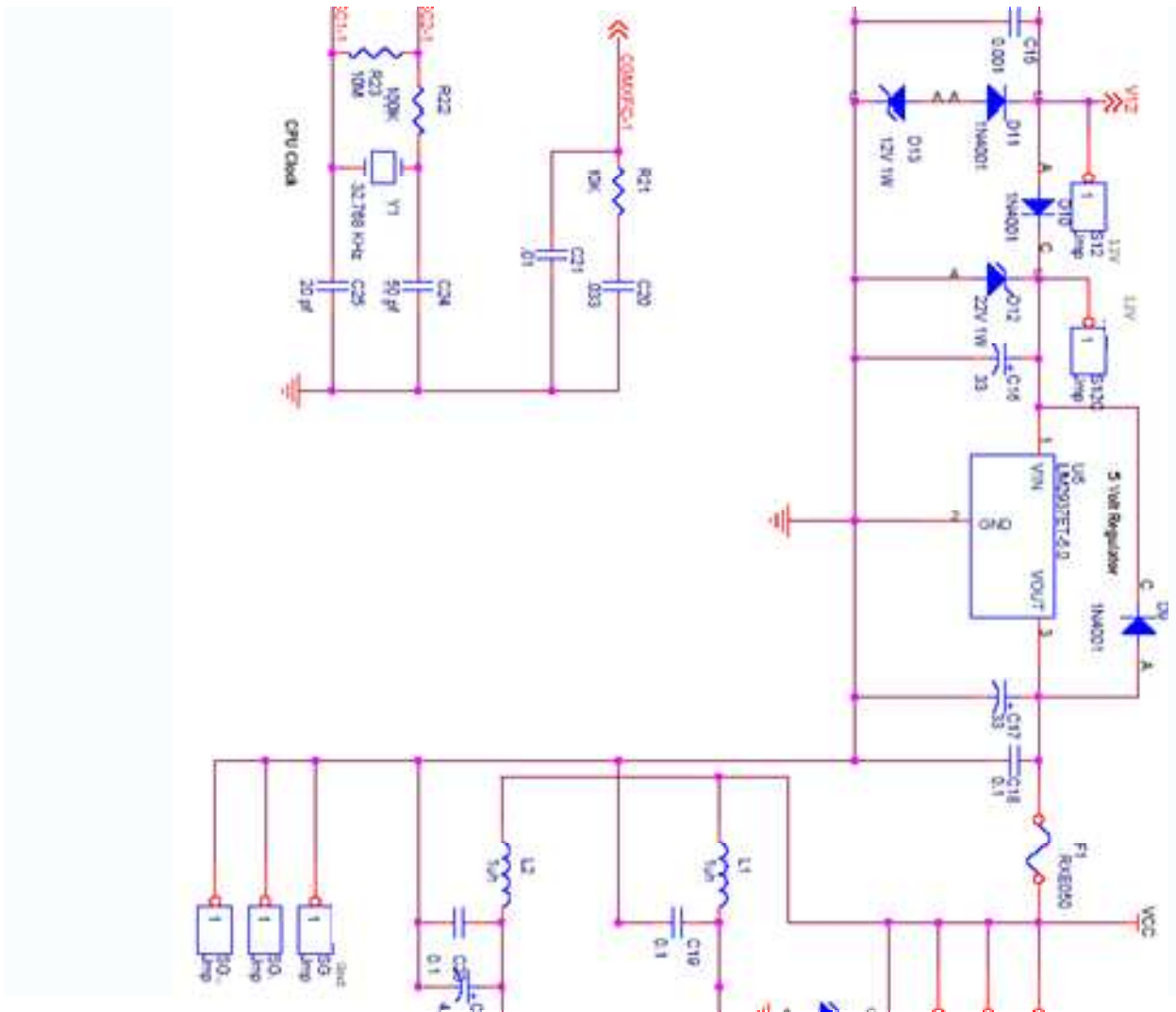
Accionamiento de la bomba de combustible

Fuente: www.megamanual.com

En la nota 1 se encuentra la unidad de encendido de alta potencia.

En la figura 19 se indica el circuito de poder.

Figura 19. Circuitos de poder

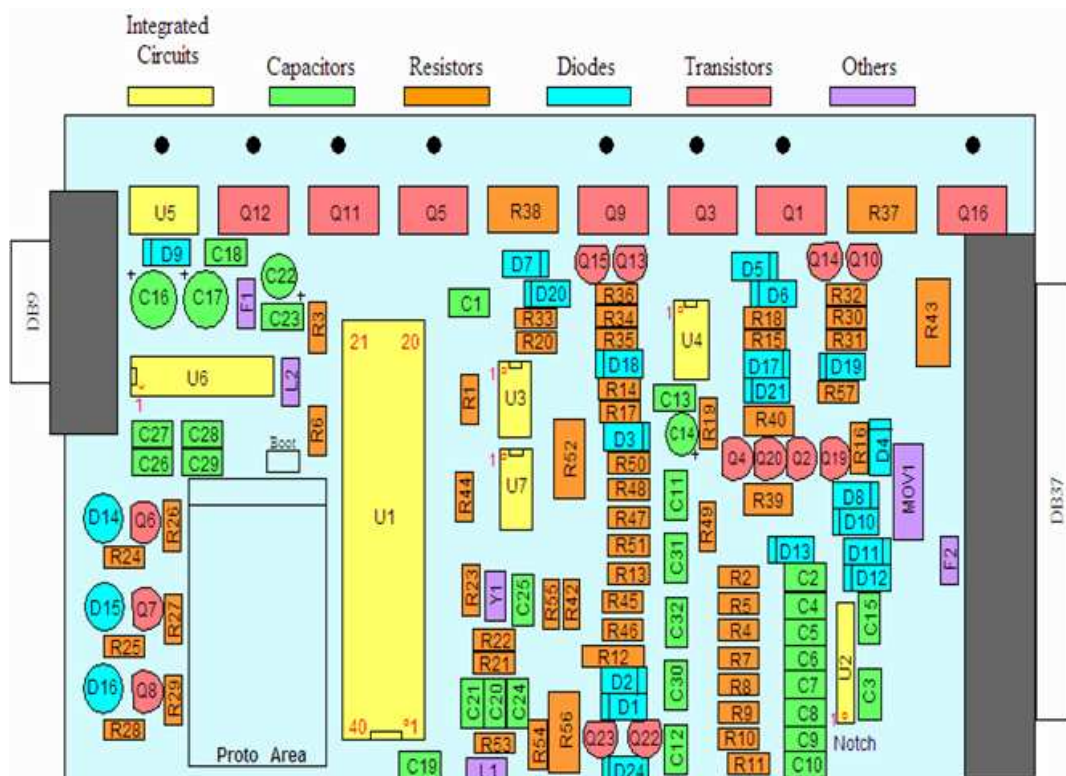


Fuente: www.megamanual.com

3.2 Placa principal

En la placa principal V3 se tiene varios componentes los cuales utilizan designaciones, como letras mayúsculas seguida dígitos como se puede ver a continuación en la figura 20, se tienen los elementos que conforman la placa principal seguido de una tabla de todos los materiales que se utilizan en la computadora programable, con valores, nombres y demás especificaciones que se muestran a continuación:

Figura 20. Componentes de la placa principal



Fuente:www.megamanual.com

A continuación se muestra una tabla que contiene el listado de los materiales que componen la computadora programable MegaSquirt:

Tabla 2. Listado de componentes y especificaciones

Cant. Necesarios	Referencias	Digi-Key Número de pieza.	Circuito	Nombre del componente
10	C1, C3, C13, C18, C19, C23, C26, C27, C28, C29	399-4329-ND	Componentes básicos	Capacitor 0.1 μ F 50V 10% SMD Cer. - X7R
3	C11, C21, C32	399-2075-ND o 399-4326-ND	Componentes básicos	Capacitor 0.01 μ F 50V 10% SMD Cer.
2	C16, C17	399-1420-ND o 399-3584-ND	Componentes básicos	Capacitor 22 μ F 25V 10% Rad
4	C2, C9, C10, C30	399-2083-ND o 399-4353-ND	Componentes básicos	Capacitor 0.22 μ F 50V 10% SMD

				Cer. - X7R
1	C31	399-2017-ND	Componentes básicos	Capacitor 0.001 μ F 50V 10% SMD Cer. - X7R
1	C20	399-4361-ND	Componentes básicos	Capacitor 0.033 μ F 50V 10% SMD Cer.
2	C14, C22	399-3559-ND	Componentes básicos	Capacitor Tant 4.7 μ F 25V 10% Rad.
1	C24	399-1911-ND	Componentes básicos	Capacitor 47PF 200V 5% Cer. Rad.
1	C25	399-1908-ND	Componentes básicos	Capacitor 22PF 200V 5% Cer. Rad.
6	C4, C6, C8, C12, C15	399-4202-ND	Componentes básicos	Capacitor 0.001 μ F 100V 10% Cer. Rad- X7R
2	C5, C7	399-2102-ND o 399-4389-ND	Componentes básicos	Capacitor 1.0 μ F 50V 10% SMD Cer - X7R
7	D1-3, D9-11, D24	1N4001DICT- ND/1N4148DICT- ND	Componentes básicos	Diodo GPP 50V 1A DO- 41
1	D12	1N4749ADICT- ND	Componentes básicos	Diodo Zener 24V 1W 5% DO-41
1	D13	1N4742ADICT- ND	Componentes básicos	Diodo Zener 12V 1W 5% DO-41
3	D14, D15, D16	67-1102-ND	Componentes básicos	LED rojo translúcido Ronda
2	D17, D18	1N5819DICT-ND	Componentes básicos	Diodo Scotty 40V 1A DO- 41
1	D19	1N4734ADICT- ND	Componentes básicos	Diodo Zener 5.6V 1W 5% DO-41
2	D4, D8	1N4748ADICT- ND	Componentes básicos	Diodo Zener 22V 1W 5% DO-41

2	D5, D7	FR302DICT-ND	Tiempo de retorno activo	Diodo Rec. 100V 3A DO-201AD
3	D6, D20, D21	1N4753ADICT-	Componentes	Diodo Zener 36V
2	L1, L2	M8388-ND	Componentes básicos	Bobina RF barnizada 20%
1	MOV1	P7315-ND	Componentes básicos	Supresor de picos 20MM 22V 2000A ZNR
1	P1	A23305-ND/A32119-ND	Componentes básicos	Conector D-Sub Plug R / A 9Pos PCB AU
1	P2	A23289-ND o A32103-ND	Componentes básicos	Conector D-Sub RCPT R / A 37POS PCB AU
2	Q1, Q5	IRFIZ34GPBF-ND	Repuestos	Hexagonal / MOSFET N-CH 60V 20A A-220FP
1	Q16	497-2716-5-ND	Alta corriente de encendido del controlador	IC Driver 340V 7.5A ISOWATT220
2	Q2, Q4	ZTX450-ND	Componentes básicos	Transistor NPN 45V 1000MA TO-92
2	Q22, Q23	ZTX553-ND	Sensor VR	Transistor PNP 100V 1000MA TO-92
2	Q3, Q11	497-2629-5-ND	Componentes básicos	Transistor PNP 6A 100V HI PWR TO220AB
9	Q6, Q7, Q8, Q10, Q13, Q14, Q15	2N3904FS-ND	Componentes básicos	Transistor NPN TO-92
2	Q9, Q12	TIP125TU-ND	Tiempo de retorno activo	Transistor PNP Darl-100V-5A
7	R16, R19, R26, R27, R29, R42,	1.0KEBK-ND	Componentes básicos	Resistencia 1.0k Ω 1/8W 5% película

	R55			de carbono
5	R2, R9, R10, R32, R36	1.0KQBK-ND	Componentes básicos	Resistor 1.0k Ω 1/4 W 5%
9	R1, R6, R14, R17, R21, R44, R48, R53, R54	10KEBK-ND	Componentes básicos	Resistor 10k Ω 1/8W 5%
3	R22, R49, R50	100KEBK-ND	Componentes básicos	Resistor 100k Ω 1/8W 5%
2	R11, R51	1.0MEBK-ND	Componentes básicos	1.0M Ω 1/8W 5% película de carbono
1	R23	10MEBK-ND	Componentes básicos	10M Ω 1/8W 5% película de carbono
2	R15, R20	22QBK-ND	Componentes básicos	Resistencia 22 Ω 1/4 W 5% película de carbono
2	R4, R7	2.49KXBK-ND	Componentes básicos	Resistencia 2.49k Ω 1/4 W 1% película de metal
6	R18, R30, R31, R33, R34, R35	270QBK-ND	Componentes básicos	Resistencia 270 Ω 1/4 W 5% película de carbono
3	R24, R25, R28	330QBK-ND	Componentes básicos	Resistencia 330 Ω 1/4 W 5% película de carbono
1	R12	390H-ND	Componentes básicos	Resistencia 390 Ω 1/2 W 5% película de carbono
1	R13	4.7KEBK-ND	Salón / Bobina	Resistor 4.7k Ω 1/8W 5% Carbon Film
1	R3	51KEBK-ND	Componentes básicos	Resistor 51k Ω 1/8W 5% película de carbono
2	R37, R38	TAH20PR050J- ND	Limitación de corriente	Resistencia 0.05 Ω 20W TO220

2	R39, R40	1,0 H-ND	Componentes básicos	Resistencia 1.0 Ω ½ W 5% película de carbono
1	R43	13FR010-ND	Alta corriente de encendido del controlador	Resistencia detección de corriente 0.010 Ω 3W
2	R45, R46	10KQBK-ND	Componentes básicos	Resistor 10k Ω ¼ W 5% Película de carbono
2	R47, R57	47KEBK-ND	Componentes básicos	Resistor 47k Ω 1/8W 5% Carbon Film
2	R5, R8	2.2KQBK-ND	Componentes básicos	Resistor 2.2k Ω ¼ W 5% Película de carbono
1	R52	CT94W104-ND	Sensor VR	POT 100k Ω TOP ADJ
1	R56	CT94W103-ND	Sensor VR	POT 10k Ω TOP ADJ
1	U3	160-1300-5-ND	Salón / Bobina (-Sensor)	Aislador óptico w / base 6-DIP
1	U4	IXDI404PI-ND	Componentes básicos	MOSFET LS 4A Doble 8DIP
1	U5	LM2937ET-5.0-ND	Repuestos	Regulador LDO TO-220
1	U6	497-2055-5-ND	Componentes básicos	DVR / RCVR 5V RS232 16 DIP
1	Y1	300-1002-ND	Repuestos	Cristal 32.768 kHz CIL 12.5PF
1	NA	4724K-ND	Tiempo de retorno activo	Hardware de montaje TO-220
1	NA	AE7240-ND o AE10018-ND	Componentes básicos	Socket Machine Pin ST 40 Pos Gold
1	NA	AE7216-ND o AE10013-ND	Enchufes	Socket Machine Pin ST 16 Pos Gold (Max232)

2	NA	AE7208-ND o AE10011-ND	Enchufes	Socket Machine Pin ST 8 Pos Gold (IXDI404PI)
1	NA	AE7300-ND o AE10021-ND	Enchufes	Socket Machine Pin ST 6Pos Gold (4N25)
3	NA	67-1044-ND	Componentes básicos	Panel bisel LED 5MM Bk Nylon 2PC
1	NA	237F-ND	Cables	Conector DB- 37 hembra
1	NA	937GM-ND	Cables	DB-37 Campana

Fuente: www.megamanual.com/ms2/V3assemble.htm

La placa principal contiene una capa superior, una inferior y dos interiores, siendo éstas para la fuente de poder y masa, la superior e inferior son las encargadas de emitir señales a la computadora programable.

Figura 21. Placa principal

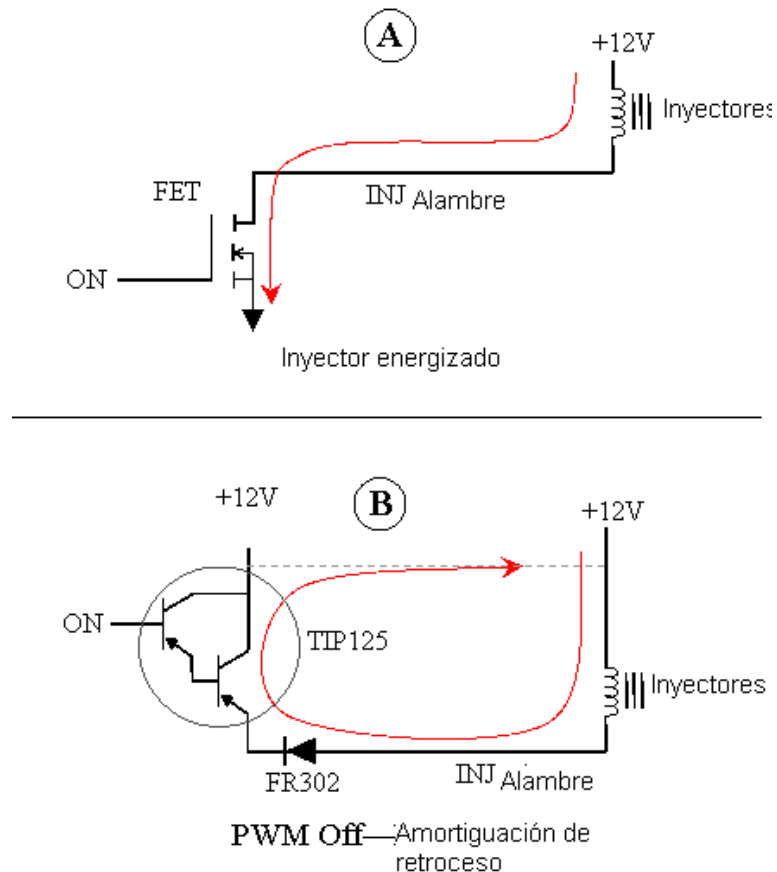


Fuente: Autor

3.3 Protección del circuito del inyector

Para la protección de los inyectores se incorporó un transistor de efecto de campo (FET) el cual limita la corriente de 14 amperios y hace que los inyectores no sufran posibles fallas debido a cualquier variación eléctrica.

Figura 22. Tiempo de retorno durante PWM (modulación de ancho de pulso)



Fuente: www.megamanual.com

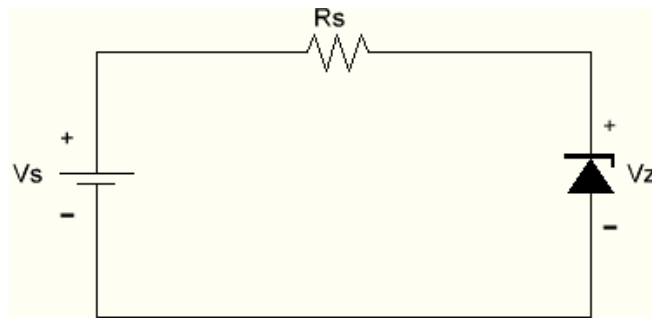
En la sección A de la figura 22 el transistor y el inyector estarán activados según el tiempo de la onda de PWM (modulación de ancho de pulso).

En la sección B, el circuito está en modo de recirculación, y la corriente que se encuentra en el momento de la modulación de ancho de pulso se mantiene en el inyector, pero lo que se debe tener en cuenta es que la fuente de 12 voltios se utiliza como un camino de regreso de la señal.

3.4 Protección del circuito de la bomba de combustible

Para la bomba de combustible se limita también la corriente a 0.7 amperios utilizando un diodo Zener para la recirculación, generando tensiones controlables protegiendo el equipo en el caso de presentarse variaciones en la carga.

Figura 23. Circuito regulador básico con diodo Zener



Fuente: www.soloelectronica.net/50v_test_zener.html

$$(1) \quad I_s = \frac{V_s - V_z}{R_s}$$

Dónde:

I_s = Intensidad.

V_s = Fuente.

V_z = Tensión de ruptura o Zener.

R_s = Resistencia.

$V_s > V_z$.

3.5 Sensores

Los sensores utilizados en el vehículo no se han modificado ni se han implementado, se utiliza los mismos sensores del Corsa Wind con una cilindrada de 1.6 del año 1998, siendo los sensores utilizados:

- Sensor de oxígeno (O_2).
- Sensor de posición del cigüeñal (CKP).
- Sensor de temperatura del aire (IAT).

- Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).
- Sensor de posición de la mariposa de aceleración (TPS).
- Sensor de presión en el múltiple de admisión (MAP).

Se debe conocer que la computadora programable posee un PIN DATA que ayuda a que la instalación se la realice de una forma correcta como se muestra a continuación:

Figura 24. Conector para la MegaSquirt



Fuente: Autor

El conector mostrado en la figura anterior, ayuda a conocer los puertos utilizados para la computadora programable y además de los elementos que componen cada puerto utilizado, como se muestra a continuación:

- A1 No utilizado.
- A2 No utilizado.
- A3 Cable opcional.
- A4 Cable opcional.
- A5 Cable opcional.
- A6 Señal de ignición.
- A7 Masa del sensor CKP.
- A8 Masa del ECM.
- A9 Masa del ECM.
- A10 Masa del ECM.
- A11 Masa del ECM.
- A12 No utilizado.
- A13 No utilizado.
- A14 No utilizado.
- A15 No utilizado.
- A16 No utilizado.

- A17 No utilizado.
- A18 No utilizado.
- A19 Masa de la computadora programable.
- A20 Señal del sensor de temperatura del aire (IAT).
- A21 Señal del sensor de temperatura del refrigerante (ECT).
- A22 Señal del sensor de la posición de la mariposa (TPS).
- A23 Señal del sensor de oxígeno(LAMBDA u O₂).
- A24 Señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP).
- A25 No utilizado.
- A26 Voltaje de referencia del sensor de la posición de la mariposa.
- A27 No utilizado.
- A28 Alimentación de la ECU (12V).
- A29 No utilizado.
- A30 Relé de la válvula de ralentí.
- A31 No utilizado.
- A32 Control de inyector 1.
- A33 Control de inyector 2.
- A34 Control de inyector 3.
- A35 Control de inyector 4.
- A36 Señal de ignición.
- A37 Señal de la bomba de combustible.

3.5.1 *Sensor de oxígeno (O₂ o lambda).* El sensor de oxígeno ayuda a comprobar una correcta dosificación en la mezcla aire combustible y la cantidad de oxígeno en los gases de escape, enviando información a la ECU si se requiere una mezcla rica o pobre.

Si se tiene una mezcla rica el factor lambda es menor a 1 ($\lambda \approx 0,85$), por el contrario si la mezcla es pobre el factor lambda es mayor a 1 ($\lambda \approx 1,05$).

$$\text{Landa } \lambda = \frac{\text{relación aire/combustible}}{\text{relación estequiométrica aire/combustible}} \quad (2)$$

Figura 25. Ubicación del sensor de oxígeno O2



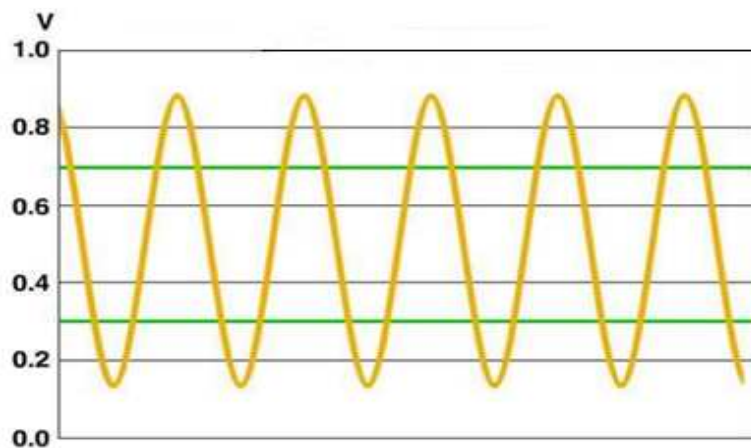
Fuente: Autor

Una medida de 0.45 voltios en el sensor indica que se tiene una relación aire/combustible estequiométrica, para una mezcla rica las señales del sensor deben estar en el rango entre 0.55 a 0.8 voltios y para una mezcla pobre la señal del voltaje está entre 0.2 a 0.45 voltios.

Las conexiones del sensor de oxígeno en la computadora programable son las siguientes:

- A23: Señal del sensor.
- A19: Masa de la placa.
- 87: Alimentación desde el relé de la bomba de combustible.

Figura 26. Señal del sensor de oxígeno



Fuente: www.automecanico.com

3.5.2 Sensor de posición del cigüeñal (CKP). Este sensor indica la posición del cigüeñal y la velocidad de giro del motor en el pistón uno y cuatro, señalando a la computadora que estos cilindros se encuentran en el punto muerto superior. Este sensor se encuentra junto a una polea dentada con 58 dientes, quedando un espacio libre de dos dientes lo que indica la posición de los cilindros a la ECU. Los rangos de operación del sensor está entre 0.12 - 0.70 voltios.

Figura 27. Ubicación del sensor CKP



Fuente: Autor

Las conexiones del sensor de posición del cigüeñal en la computadora programable son las siguientes:

- A24: Señal del sensor.
- A7: Masa del sensor.

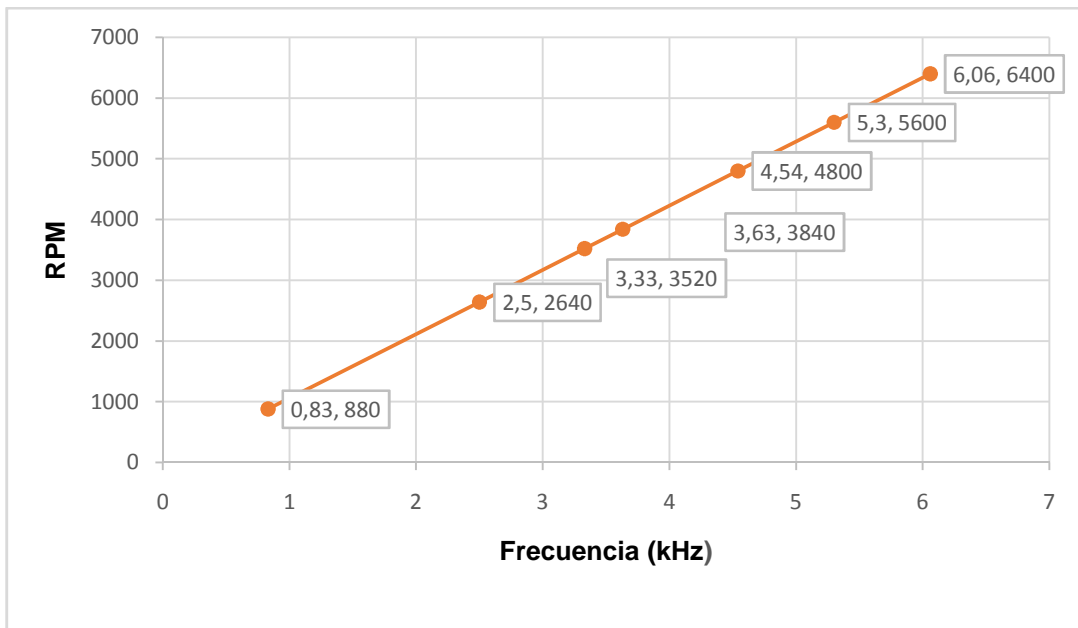
Tabla 3. Valores del sensor

Frecuencia (kHz)	RPM
0,83	880
2,5	2640
3,33	3520
3,63	3840
4,54	4800
5,3	5600
6,06	6400

Fuente: Autor

De la tabla 3 se puede obtener una gráfica que indica los valores de la misma.

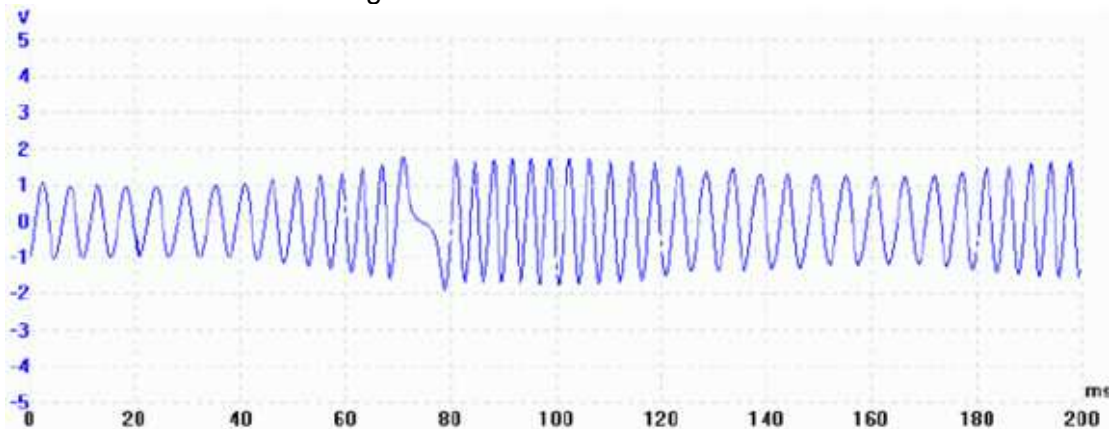
Figura 28. Gráfica del sensor CKP



Fuente: Autor

Usando un osciloscopio se puede observar a continuación la representación de la señal del sensor CKP.

Figura 29. Señal del Sensor CKP



Fuente: CISE

3.5.3 Sensor de temperatura del aire (IAT). Este sensor se encarga de verificar la temperatura del aire que entra en el motor, esta información que se proporciona a la ECU se tiene una idea exacta del control de la masa y densidad del aire que ingresa al

motor, para poder inyectar una cantidad precisa de combustible y que la relación aire/combustible sea la adecuada.

El sensor de temperatura del aire está ubicado en el circuito de admisión de aire.

Figura 30. Ubicación del sensor IAT



Fuente: Autor

Las conexiones del sensor de temperatura del aire en la computadora programable son las siguientes:

- A20: Señal del sensor.
- A19: Masa de la placa.

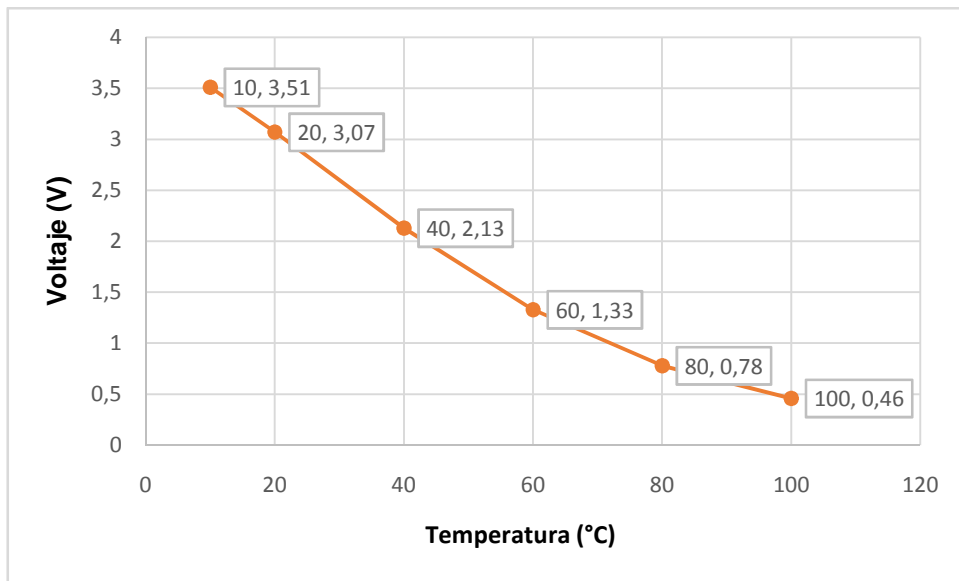
Tabla 4. Valores del sensor IAT

Temperatura (°C)	Voltaje (V)
10	3,51
20	3,07
40	2,13
60	1,33
80	0,78
100	0,46

Fuente: LAICA William, Implementación de un banco de pruebas para la unidad de control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la escuela de Ingeniería Automotriz. p.25

De los datos proporcionados por la tabla anterior se puede realizar la siguiente gráfica:

Figura 31. Gráfica del sensor IAT



Fuente: Autor

3.5.4 *Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).* El sensor ECT es el encargado de medir la temperatura del refrigerante del motor, de esta manera la ECU puede obtener el valor de la temperatura del motor.

El sensor de ECT es fundamental para ayudar a muchas funciones de ECU, como la inyección de combustible, tiempo de encendido. Siempre verifique que el motor este trabajando a la temperatura de funcionamiento normal y que el sensor ECT envíe una señal precisa de temperatura a la ECM. (e-auto, 2011)

Figura 32. Ubicación del sensor ECT



Fuente: Autor

La siguiente expresión que se muestra a continuación indica el funcionamiento del sensor:

$$V_s = -0,031T_{\text{refrig.}} + 3,22 \quad (3)$$

De la ecuación (3) se tiene que:

V_s = voltaje de salida para la ECU (Fuente).

T_{refrig} = temperatura del refrigerante medido en grados centígrados.

-0.031= constante multiplicadora, transforma la variable de grados centígrados a voltios.

3.22= constante para obtener la tensión del sensor

Las conexiones del sensor de temperatura del refrigerante en la computadora programable son las siguientes:

- A21: Señal del sensor.
- A19: Masa del sensor.

La siguiente tabla muestra los valores del sensor tanto como temperatura y voltaje:

Tabla 5. Voltaje y temperatura del sensor

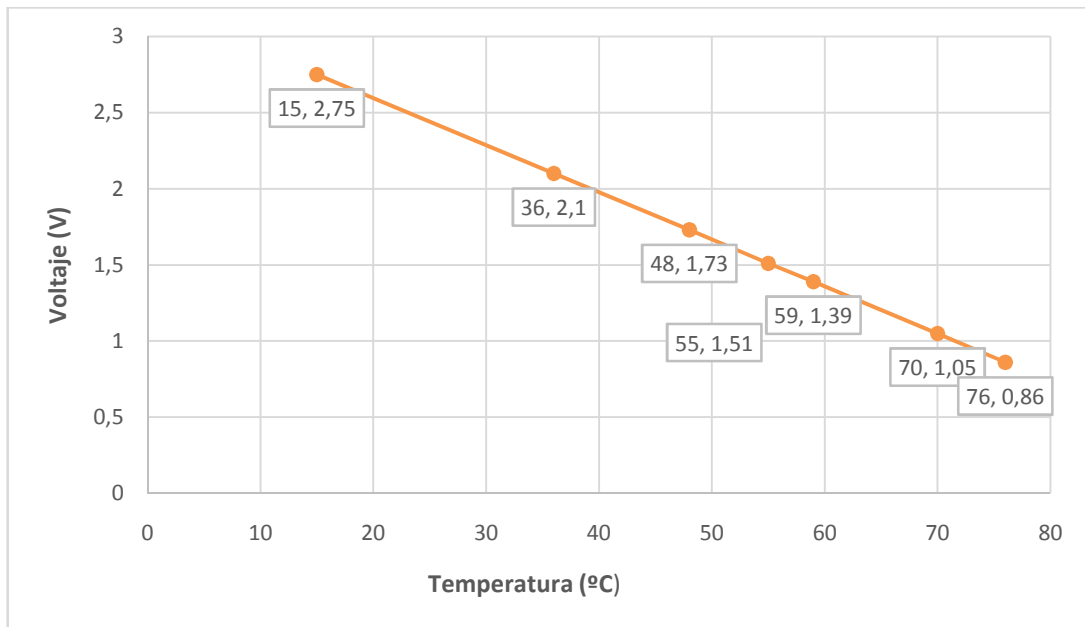
Temperatura °C	Voltaje (V)
15	2,75
36	2,10
48	1,73
55	1,51
59	1,39
70	1,05
76	0,86

Fuente: Autor

Los valores del voltaje se los consiguió con la ayuda del multímetro y el motor en frío con una temperatura inicial del refrigerante de 15 °C.

De la tabla 5 se obtiene la siguiente gráfica.

Figura 33. Gráfica del sensor ECT



Fuente: Autor

3.5.5 Sensor de posición de la mariposa (TPS). Es el encargado de llevar un control de la posición de la mariposa medido en grados, está ubicado en el cuerpo de aceleración.

Este sensor contiene un brazo cursor y una resistencia que se encuentran conectados al eje de la mariposa, al momento que el cursor se desplaza el valor de la resistencia varía lo que nos da a conocer la posición angular de apertura de la mariposa de aceleración. La señal que se emite a la ECU establece el enriquecimiento cuando se encuentra en una apertura máxima, y un corte de suministro cuando se produce una desaceleración. (LAICA, 2012)

Las conexiones del sensor TPS en la computadora programable son las siguientes:

- A19: Masa del sensor.
- A26: alimentación de 5 voltios.
- A22: Señal del sensor.

Figura 34. Ubicación del sensor TPS



Fuente: Autor

El sensor marca un voltaje entre 3.5 a 4.7 voltios aproximadamente con una apertura máxima de la mariposa de aceleración, la medida se realiza con un multímetro con aperturas diferentes de la mariposa.

Tabla 6. Valores del sensor TPS

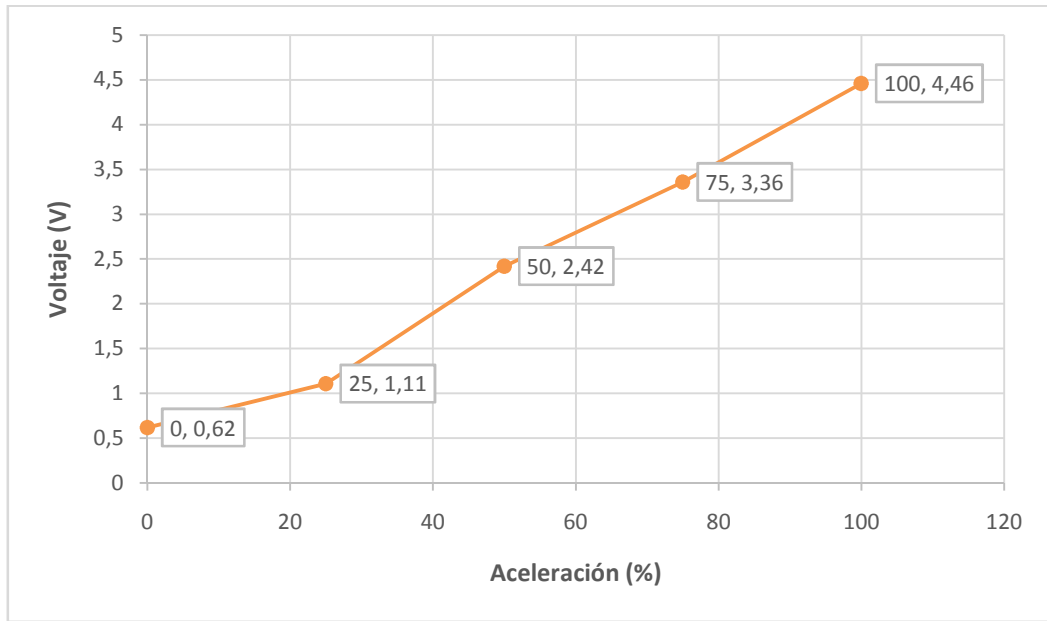
Mariposa (%)	Voltaje (V)
0	0,62
25	1,11
50	2,42
75	3,36
100	4,46

Fuente: Autor

Con los valores de la tabla 6 se puede realizar una gráfica que muestre la curva del sensor con las variables de voltaje y apertura de la mariposa que se indica en grados, se indica el grado de aceleración que tiene el vehículo.

La curva de la señal del sensor se muestra en la figura 35, cuyos valores están comprendidos entre 0.62 y 4.46 voltios, los valores intermedios están en función de la apertura de la mariposa del acelerador, los mismos que varían según la aceleración que el vehículo requiera.

Figura 35. Señal del sensor TPS



Fuente: Autor

3.6 Conexiones

Las siguientes figuras muestran las conexiones que se hacen en la computadora programable MegaSquirt:

Figura 36. Conector DB37



Fuente: Autor

En la siguiente tabla se muestra el color y a que elemento corresponde:

Tabla 7. Cables del conector DB37

Color	Elemento
Azul-gris	Sensor TPS
Azul	Sensor ECT
Azul	Sensor IAT
Verde	Sensor O2
Celeste-gris	Señal de ignición
Negro	Masa de la ECU
Anaranjado	Voltaje5v sensor TPS
Blanco	Alimentación de la ECU
Negro	Masa de la ECU
Plomo	Relé válvula de ralentí
Gris-rojo	Inyectores 1-2
Gris-blanco	Inyectores 3-4
Azul oscuro	Señal de ignición
Marrón-rojo	Bomba de combustible

Fuente: Autor

Los colores indicados en la tabla anterior están en orden de derecha a izquierda.

En la siguiente figura se muestra la computadora programable ya instalada en el vehículo.

Figura 37. MegaSquirt



Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4. MAPEADO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1 Mapeado de la computadora programable

Con la implementación de la computadora programable se puede aumentar la potencia del motor, modificar el tiempo de ignición e inyección.

Antes de iniciar se debe tener en cuenta varios aspectos:

- Realizar un mantenimiento, preventivo y correctivo de todo el vehículo para su correcto funcionamiento.
- Utilizar equipo de protección personal adecuado.
- El sistema de alimentación de combustible debe estar en buenas condiciones.
- El sistema de alimentación de aire debe estar en buenas condiciones.
- Comprobar si la computadora programable está siendo alimentada por una fuente de 12 voltios.
- Al momento de conectar la MegaSquirt al ordenador verificar que los sensores muestren valores adecuados.
- El ancho de pulso máximo de arranque de la ECU MegaSquirt es 65 ms.

En la modulación del ancho de pulso se tiene que saber si el motor está utilizando inyectores de baja o alta impedancia. Valores superiores a 10 Ω indica que es de alta impedancia, por lo contrario si se tiene una resistencia de 3 Ω como es el caso de los inyectores usados en el vehículo, esto nos indica una baja impedancia por lo que para evitar un recalentamiento de los inyectores se debe limitar la corriente, se tiene un umbral de tiempo de 1.0 ms y un límite de corriente del 30 %.

4.1.1 *Instalación TunerStudioMS y configuración.* Para iniciar con la instalación del programa TunerStudioMS y su posterior configuración se debe tener en cuenta algunos parámetros que se presentan a continuación:

- Las mediciones que se realizan se las debe hacer con el motor apagado.

- Para poder identificar los archivos con mayor facilidad se les debe proporcionar nombres para saber qué tan recientes son los archivos.
- Al momento de apagar la computadora programable se perderán los datos si no se los ha guardado correctamente.

4.1.1.1 Instalación TunerStudioMS. Se tiene que seleccionar varias opciones o valores al momento de la instalación. Al cargarse la ECU se comunica con el controlador de la computadora programable MegaSquirt, mostrando sus indicadores así también como lecturas en los sensores, por nombrar, el ancho de pulso del inyector, cuya medida se lo hace en ms.

4.1.1.2 Configuración. La configuración de la computadora programable se puede establecer como:

Tabla de doble uso, si se quiere que cada inyector trabaje de forma independiente o para trabajar con los inyectores de un conjunto de tablas VE / AFR.

Corrección barométrica, se realiza esta configuración si se presentan lo siguiente:

- *Ninguno;* sin corrección barométrica.
- Corrección barométrica basada en la lectura inicial del sensor MAP en el momento del arranque,
- Dos sensores independientes, para la corrección barométrica continua.

Prime, ASE. Se solicita esta opción si se requiere puntos como alta y baja temperatura, enriquecimiento en el arranque y en el calentamiento.

Entrada de Factores Lag. Este factor hace que el valor de las variables cambien más lentamente que el valor de la entrada; se toma en cuenta que 100 no es un valor de retardo. Se usa los factores de retardo como se muestra a continuación:

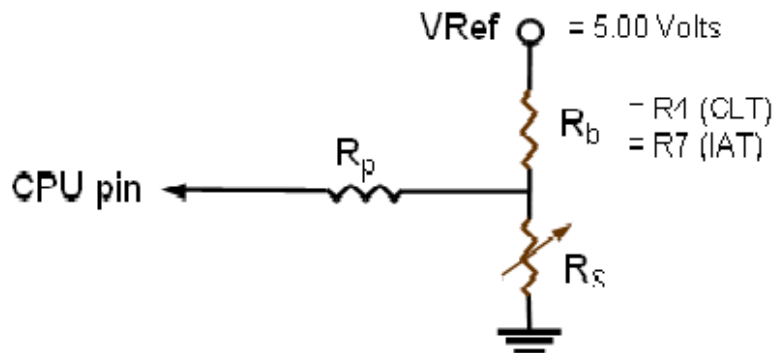
Puesta en marcha (Start up). Se calcula el ancho de pulso del arranque con un número indicado de rpm, para luego proceder a la inyección en el encendido y ancho de pulso.

Rev. Limiter. Se puede provocar el retardo de encendido, corte de combustible reduciendo las revoluciones y se puede anular la opción de limitar las revoluciones. (MegaSquirt, 2014)

Los parámetros vistos anteriormente en la configuración son necesarios para un correcto funcionamiento de la computadora programable y posteriormente para un correcto rendimiento al vehículo aumentando su trabajo, ya que lo que se quiere lograr es obtener una mezcla rica, de 12.5:1 a 13.5:1 obteniendo mayor trabajo y así poder ascender rápidamente pendientes, con esta mezcla se tiene una mayor cantidad de combustible lo cual aumenta el consumo del mismo pero a su vez se puede aprovechar como en la refrigeración del motor y aumento de potencia.

Por otra parte, en la computadora programable se usa sensores tales como temperatura del refrigerante y aire, los que se convierten en una parte importante para un buen desempeño de la computadora, estos sensores cuentan con un termistor NTC (Coeficiente de Temperatura Negativo), el mismo que tiene la función de que la resistencia aumenta a medida que la temperatura también.

Figura 38. Resistencia de polarización (Biasing resistor)



Fuente: www.megamanual.com

El voltaje del circuito es:

$$V = V_s * (R_s / (R_b + R_s)) = 5.00 * (R / R (2490)) \quad (4)$$

En la figura 38 la alimentación (V_s) que suministra a la resistencia de polarización (R_b) de 2490Ω es de 5 voltios, la misma resistencia se encuentra acoplada al sensor de temperatura y a tierra (R_s). Siendo el punto entre las dos resistencias la tensión que

usa la computadora programable, estas dos determinan la resistencia del sensor y por consiguiente su temperatura.

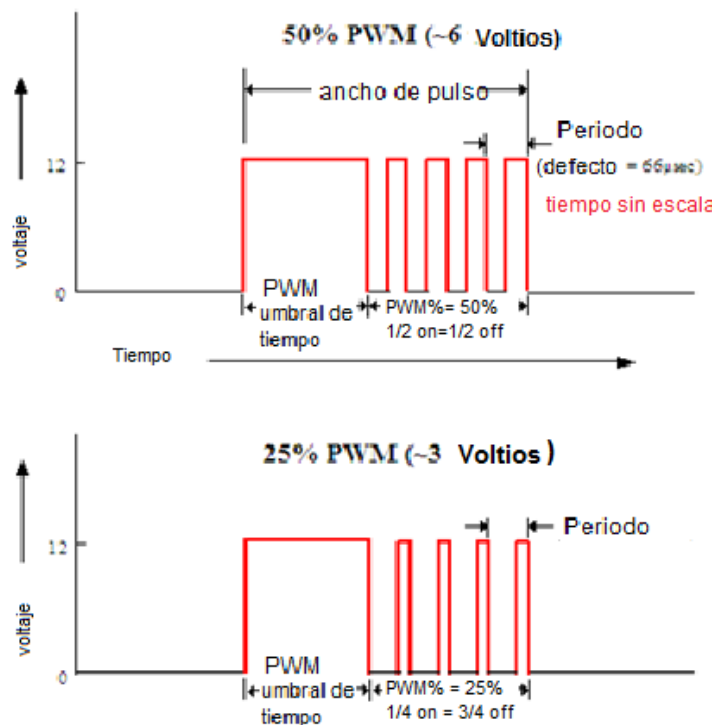
4.1.2 Parámetros de inyección. Para fijar los parámetros de como la ECU inyecta combustible se debe tener en cuenta el tiempo de inyección abierta, el requerimiento de combustible, criterios PWM y control de inyección.

Tiempo de apertura del inyector (ms) (InjOpen). Se aplica un voltaje de 13.2 voltios al inyector, el mismo que toma un cantidad de tiempo para pasar de un estado completamente cerrado a un estado completamente abierto, este valor es cercano a 1.0 ms.

PWM Tiempo Umbral (ms) (InjPWMTim). Es el tiempo que tarda el ancho de pulso antes de iniciar con su modulación, el valor de apertura del inyector es de 1.0 ms.

Inyector Período PWM (microsegundos) (InjPWMPd). Es el tiempo entre el ciclo de encendido / apagado y el de trabajo del inyector, es del 1% con relación al tiempo total para un ciclo. (BOWLING, 2011)

Figura 39. PWM (Modulación de ancho de pulso)



Fuente: www.megamanual.com

Corrección de voltaje de la batería (MS / V) (BatFac). El factor de corrección es de 0.20 Ω y un voltaje de 14.5 voltios, 1.0 ms para la apertura del inyector, quedando la corrección de la siguiente manera:

Requerimiento de combustible (REQ_FUEL). Se tiene un valor en ms y un ancho de pulso del inyector, el mismo suministra combustible para un solo evento en la relación aire combustible y una eficiencia volumétrica del 100%. (Megamanual, 2013)

Inyecciones por ciclo del motor (“chorros”). Se fija la cantidad de chorros que se requiera por ciclo del motor. El ancho de pulso no disminuirá de 2.0 ms y el requerimiento de combustible menos de 15-18 ms, pero no menos de 6 ms, lo que aprueba una afinación al momento de aplicar los incrementos con aceleración total. Esto se produce por cada ciclo del motor, es decir 720° para el motor de 4 tiempos. (Megamanual, 2013)

Con un motor de cuatro tiempos y cuatro cilindros la ECU tiene la capacidad de inyectar uno, dos o cuatro chorros por ciclo en cada momento de encendido para los dos bancos de inyección, es decir, para el banco uno está formado por los inyectores uno y dos, y el banco dos por los inyectores tres y cuatro.

Los 720° corresponden al mismo valor del punto inicial.

Para dos chorros:

Tabla 8. Inyección simultánea por ciclo de un motor de 4 cilindros

Grados del cigüeñal	0°	90°	180°	270°	360°	450°	540°	630°	720°
Cilindro en el PMS	1		3		4		2		1
Banco 1	Inyectar				Inyectar				Inyec.
Banco 2	Inyectar				Inyectar				Inyec.

Fuente: www.megamanual.com

En la tabla 9 se indica una inyección alternada del motor de 4 cilindros, de la misma forma el valor de 720° corresponde al valor inicial, es decir 0°, para este tipo de inyección se tiene lo siguiente:

Tabla 9. Inyección alternada por ciclo de un motor de 4 cilindros

Grados del cigüeñal	0°	90°	180°	270°	360°	450°	540°	630°	720°
Cilindro en el PMS	1		3		4		2		1
Banco 1	Inyectar								Inyec.
Banco 2					Inyectar				

Fuente: www.megamanual.com

El tiempo de espera se lo puede formar a partir de tres formas posibles:

- Como primera parte, se debe tener en cuenta la resistencia de la corriente continua y la inductancia del circuito primario de la bobina, por una hoja de especificaciones o mediante mediciones, teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$T = (L / R) * \ln (1 - (R * I / E)) \quad (5)$$

Dónde:

T= tiempo (s).

L= Inductancia (Henrys).

R= Resistencia (Ω).

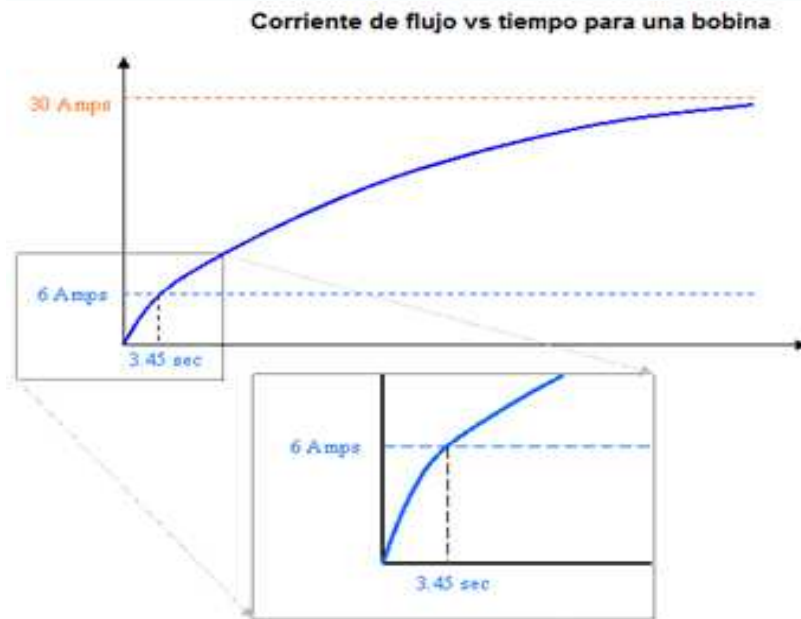
E= Voltaje (voltios).

Como punto de referencia el valor que la bobina debe alcanzar es de 10 amperios y para llegar a este valor tarda un tiempo de 6.26 ms.

- En el segundo paso se utiliza un osciloscopio, con el cual se controla el flujo de corriente a través de la bobina por medio de la caída de tensión, esto se lo hace si en la placa principal V3 se colocó una resistencia de 0.01 Ω
- Al tercer paso se lo denomina el de ensayo y error impidiendo que en el vehículo se use velocidades, cargas y fallos de encendido, se debe tener en cuenta que el tiempo de espera disminuye a altas revoluciones por minuto. Se puede producir inconvenientes si el tiempo de espera es demasiado largo ya que el transistor BIP373

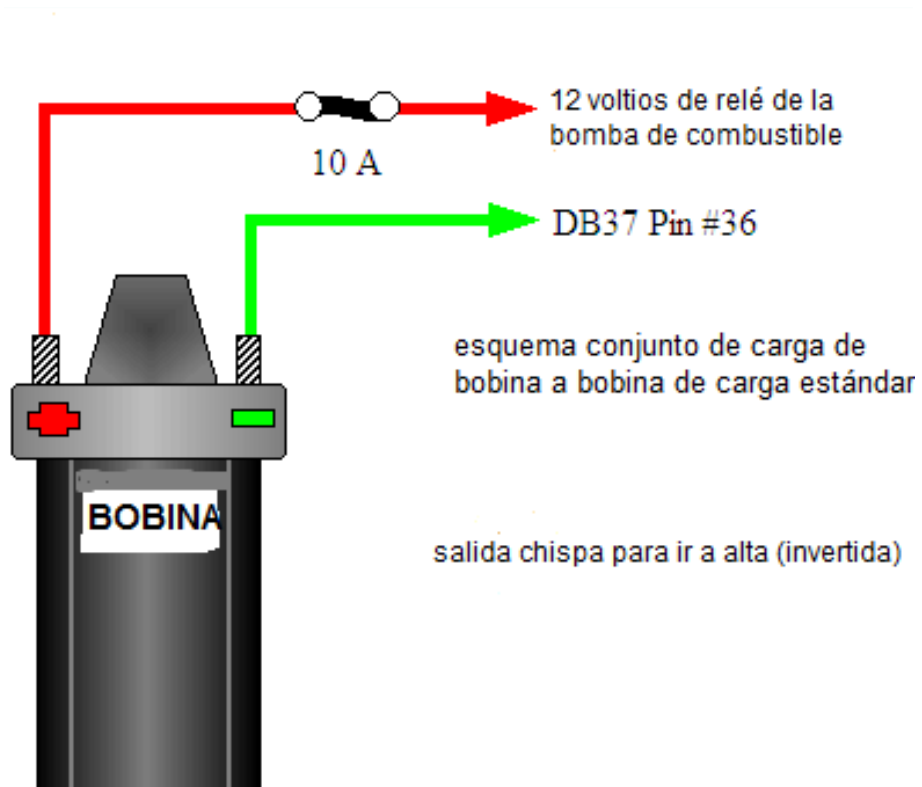
pasaría a ser un limitador de corriente y si se ejecuta el tiempo de espera con este inconveniente se puede estropear el transistor.

Figura 40. Corriente de flujo versus tiempo de una bobina



En la figura 41 se puede observar el cableado de una bobina:

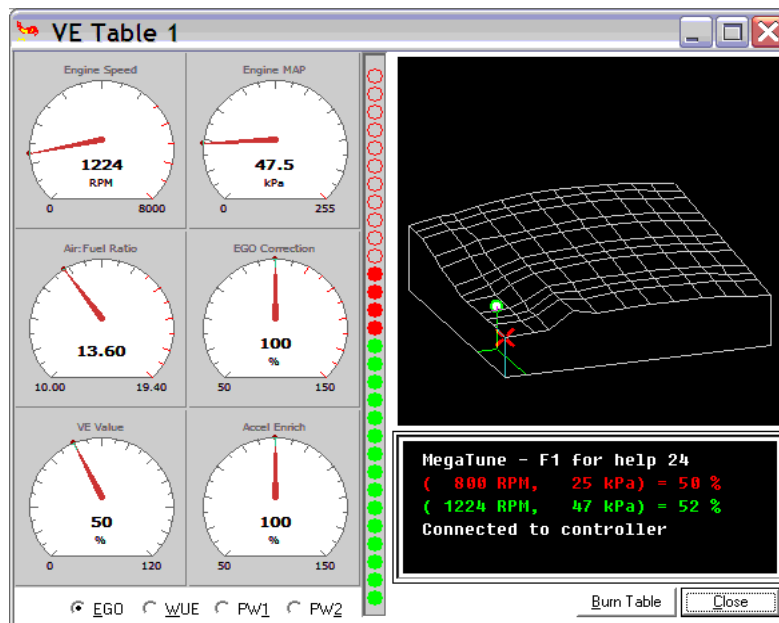
Figura 41. Cableado de una bobina de alta capacidad de corriente



4.1.3 Mapeado de la VE (Eficiencia volumétrica). La eficiencia volumétrica en el motor es la relación de aire que llena completamente el cilindro a la cantidad que se llena el mismo en una situación estática.

La tabla siguiente representa la eficiencia volumétrica:

Tabla 10. Tabla VE (eficiencia volumétrica)



El abastecimiento de combustible es un punto que se debe tomar en consideración al instante del ajuste de la eficiencia volumetrica y la relación aire/combustible.

$$PW = REQ_FUEL * VE(rpm,kPa) * MAP * E + accel + Injector\ open\ time \quad (6)$$

Dónde:

E= resultado de todos los enriquecimientos.

REQ_FUEL = enriquecimiento de combustible.

VE= eficiencia volumétrica.

El valor de E se encuentra de la siguiente manera :

$$E = (\text{Warmup} / 100) * (\text{O2_closed loop} / 100) * (\text{AirCorr} / 100) * (\text{BaroCorr} / 100) \quad (7)$$

Dónde:

Warmup (Calentamiento)= es el valor de enriquecimiento.

O2_closed loop (bucle cerrado) = ajuste del sensor de oxígeno.

AirCorr= ajuste de la densidad el aire.

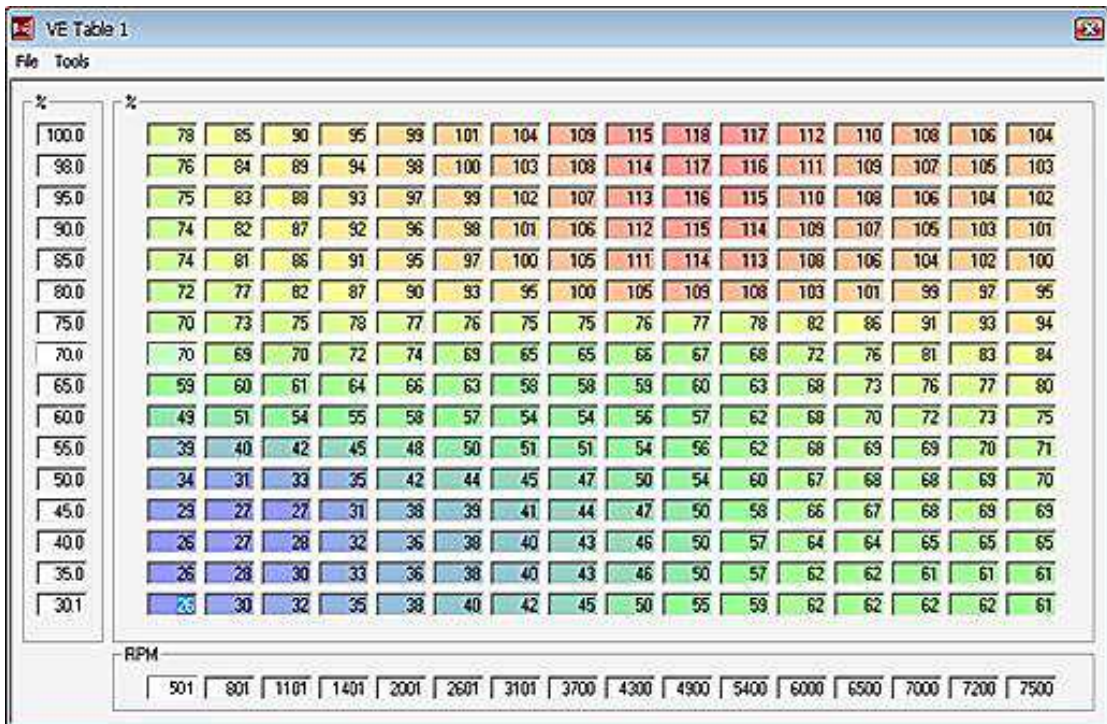
BaroCorr = corrección barométrica basada en la presión del aire ambiente.

100% significa que no existe enriquecimientos.

El objetivo es lograr 12.5:1 a 13.5:1 en la relación aire/combustible con el acelerador a fondo; con el motor impulsado se puede requerir una mezcla rica.

Los gases de escape son siempre calientes en diferentes grados. Sin embargo, con una mezcla pobre, hay mas oxígeno que queda en los productos de combustión.

Tabla 11. Ajuste de la tabla VE

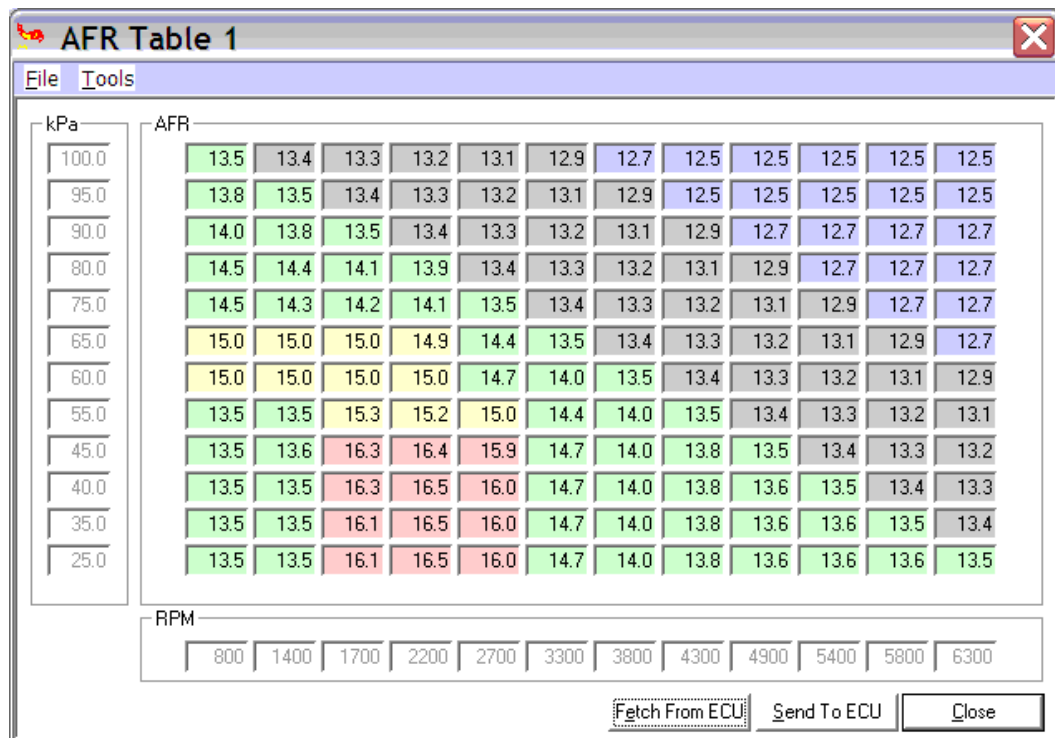


Fuente: Software MegaSquirt

4.1.4 Mapeado de la AFR (relación aire/combustible). La relación aire/combustible esta dada como una relación por volumen para la gasolina. Una relación de 16.5:1 aproximadamente, ahorra combustible a velocidades y cargas bajas del motor, en

cambio que una relación de 12.5:1 proporciona potencia máxima a altas cargas y revoluciones por minuto.

Tabla 12. AFR (relación aire / combustible)



Fuente:www.megamanual.com

El sensor de oxígeno deja de funcionar si se cumple con los siguientes puntos que se muestran a continuación:

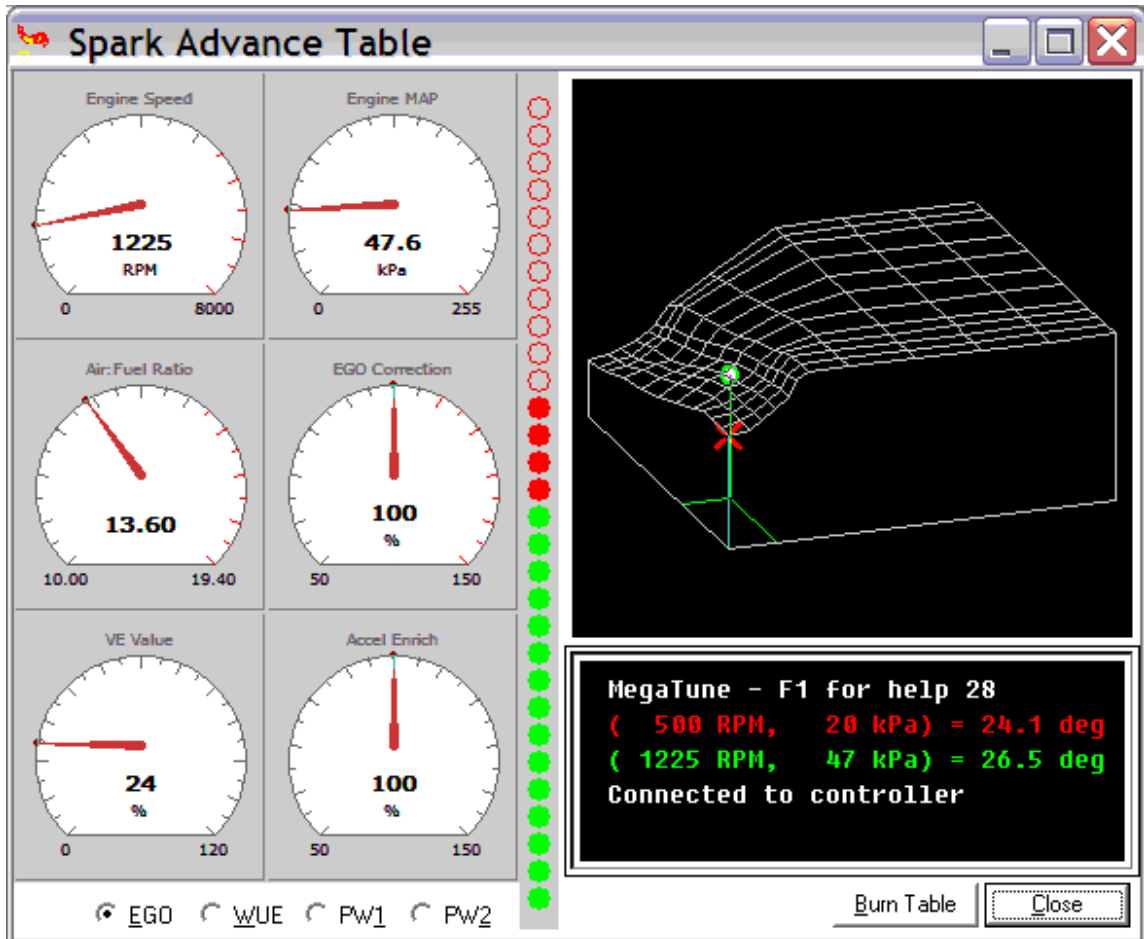
Se debe tomar en cuenta que EGO no funciona si los siguientes puntos son verdaderos:

- La computadora programable no ha recibido ninguna señal de velocidad activa en un lapso de 30 segundos.
- El sensor de temperatura del refrigerante no ha alcanzado el valor activo por encima de la temperatura del refrigerante.
- El TPS está por encima del valor establecido.
- El sensor MAP está por encima del valor medido en kPa.
- Uno o ambos de los EgoStep o EgoLimit son cero.

4.1.5 Mapeado de la tabla Spark. Es una tabla que indica el avance del encendido al momento que se produce la chispa, medido en grados antes del PMS (punto muerto superior), se produce antes de que el pistón llegue al punto más elevado del cilindro, el

combustible requiere cierto tiempo para quemarse y se necesita que se genere una combustión elevada cuando el vehículo esté en marcha, por lo consiguiente el momento en que se produce la chispa se debe generar un avance en grados acorde con el aumento en la velocidad del motor.

Tabla 13. Sparkadvance



Fuente: www.megamanual.com

Con la MegaSquirt el encendido se consigue de la forma que se muestra a continuación:

$$\text{Avance Total} = \text{avance inicial} + \text{RPM} + \text{avance de vacío}$$

La forma anterior cambia al utilizar la computadora programable, denominando al avance inicial como adv_deg , convirtiéndose la ecuación en la siguiente:

$$adv_deg = adv_offset + ign_table(rpm, kpa) + cold_adv_deg$$

- El valor de la rpm,kPa se denomina ing_table.
- Desplazamiento de avance o avance inicial (adv_offset).
- Cold_adv_deg, es una tabla que se basa en la temperatura del refrigerante del motor (CLT).

Tabla 14. Ajuste de tabla spark

Throttle (%)	701	900	1200	1500	2000	2600	3100	3700	4300	4900	5400	6000
100.0	14.8	16.8	19.0	21.6	28.2	33.5	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
90.0	15.1	17.2	19.5	22.8	29.5	34.3	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
80.0	15.5	17.5	20.0	23.5	29.9	34.8	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
70.0	16.0	18.3	20.3	24.1	30.8	36.3	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
60.0	16.0	18.5	20.5	25.0	31.7	36.8	38.0	37.7	37.7	37.7	37.7	38.2
50.0	15.8	18.8	20.8	25.8	32.0	37.0	38.0	38.5	39.0	39.0	39.0	39.5
45.0	15.7	18.6	20.7	26.8	32.1	36.5	37.6	38.2	38.5	38.5	38.5	39.0
40.0	15.5	18.4	20.6	27.2	32.2	36.0	36.8	37.4	37.4	37.6	37.6	38.5
35.0	15.5	18.2	20.4	27.4	32.3	35.4	36.5	36.5	37.0	37.0	37.5	37.5
30.0	15.6	18.0	20.2	27.3	29.9	23.8	14.0	9.0	8.5	7.5	14.5	38.5
25.0	15.7	17.8	20.1	25.2	22.4	15.5	-5.0	-6.5	-7.0	-7.5	-4.9	38.0
20.1	15.7	17.5	19.0	20.6	15.3	4.0	-10.0	-10.0	-10.0	-9.6	-9.6	38.0

Fuente: Software MegaSquirt

El avance del encendido se hace con el motor caliente y marcha en vacío, verificando que el avance sea el adecuado, teniendo en cuenta que los valores antes del punto muerto superior (APMS) son positivos y negativos después del punto muerto superior (DPMS).

4.2 Pruebas de funcionamiento

Las pruebas que se van a realizar ayudan a verificar los cambios que experimenta el vehículo con el sistema en funcionamiento, efectuando también una comparación tanto con el sistema implementado y sin él, las pruebas a realizar son las siguientes:

- Pruebas de consumo de combustible.

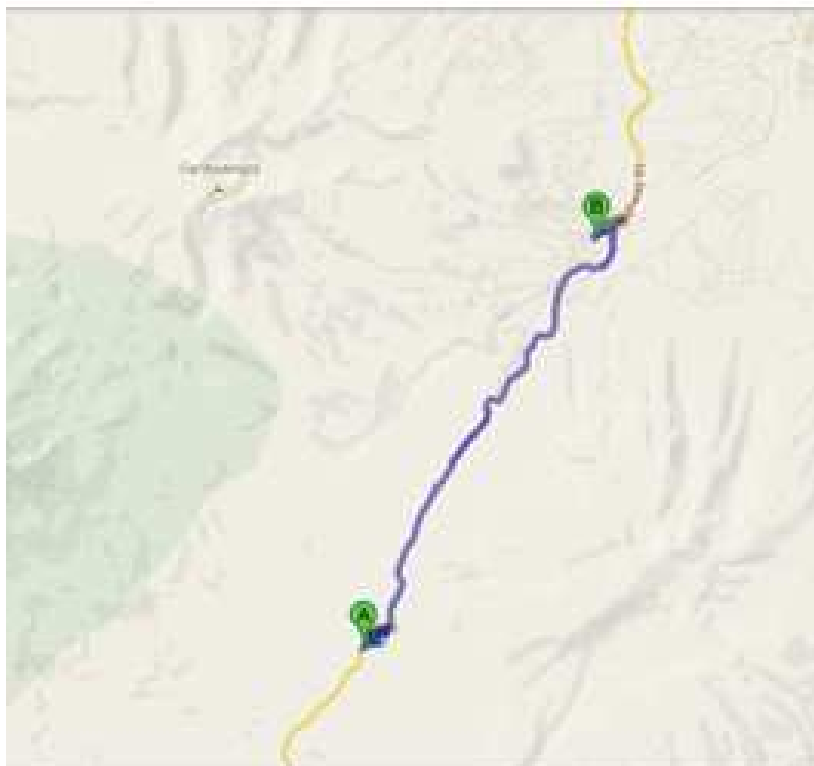
- Tiempo de aceleración.
- Emisiones de gases.

Para las pruebas de consumo de combustible se realizó un recorrido para verificar cual es el consumo de combustible del vehículo tanto en descenso como en ascenso para una trayectoria de 15 km entre Mocha y Urbina, comprobando la altura del tanque de combustible inicial y final tomando en cuenta la velocidad que se tiene en cada trayectoria y realizar una comparación del consumo con el sistema y sin él para saber cuál es el dato de consumo en los dos caso.

Para las pruebas de aceleración se toma un recorrido de 400 metros a una velocidad final de 100 km/h, tomando varias muestras en los valores de los tiempos realizados, teniendo como dato final el valor promedio de entre todos los tiempos adquiridos, con estos datos se realiza una comparación con y sin el sistema, para observar cuáles son las mejoras en la aceleración del vehículo.

4.2.1 Pruebas de consumo de combustible. Para el desarrollo de esta prueba se procede a recorrer una distancia de 15 km ida y vuelta en la vía Mocha-Urbina, se tiene en cuenta que el vehículo tiene un consumo de 10.8 litros de gasolina por cada 100 km de recorrido, llenando el tanque de combustible de 46 litros.

Figura 42. Recorrido de la prueba



Siendo el punto A Urbina y el punto B Mocha

Primero se tiene que conocer el volumen total del tanque de combustible como se muestra a continuación:

$$V = 46 \text{ L} \left[\frac{1 \text{ galon}}{3,785 \text{ L}} \right].$$

1 galón = 3.785 litros.

V = 12.15 galones.

4.2.1.1 Prueba de consumo de combustible sin la computadora programable. Los resultados de la prueba de consumo sin la computadora programable se realizaron con una sola velocidad de 90 km/h, y el consumo de combustible tanto en el ascenso como en el descenso se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15. Consumo de combustible sin el sistema

Velocidad (km/h)	Consumo (lit)	
90	1,316	Descenso
90	3,554	Ascenso

Fuente: Autor

4.2.1.2 Prueba de consumo en descenso con la computadora programable. Para esto los resultados del consumo de combustible en el vehículo tanto en el ascenso como para el descenso, para esto se tiene en cuenta que las medidas del tanque de combustible son de 440 mm de ancho, 440 mm de largo y una altura de 240 mm, de lo cual se usa la siguiente expresión para obtener los resultados que se muestran en la tabla siguiente:

$$V = l * a * h \tag{8}$$

Siendo h la altura que viene a tener el valor de 210 mm ya que a esa altura se llena el tanque de combustible.

El volumen es de 10.74 galones.

Tabla 16. Consumo en descenso y ascenso a distintas velocidades

Velocidad (km/h)	60	90	100
Consumo (mm) descenso	7	10	11
Consumo (mm) ascenso	20	27	30

Fuente: Autor

La distancia que recorre el vehículo por galón de combustible es la siguiente:

Datos:

1 galón = 3.785 litros.

1.62 litros en 15 km.

$$\frac{\text{Distancia}}{\text{Consumo}} = \frac{15 \text{ km}}{1.62 \text{ litros}} \times \frac{3.785 \text{ litros}}{1 \text{ galón}} = \frac{35.04 \text{ km}}{\text{galón}}$$

Con la fórmula utilizada para encontrar el volumen del depósito de combustible se realiza el cálculo del consumo en el caso del descenso y a las velocidades indicadas de 60, 90 y 100 km/h. De lo cual el consumo indicado en milímetros de la tabla 16 será el nuevo valor usado en la altura para el descenso a las distintas velocidades.

Así se tiene lo siguiente:

$$V = l * a * h$$

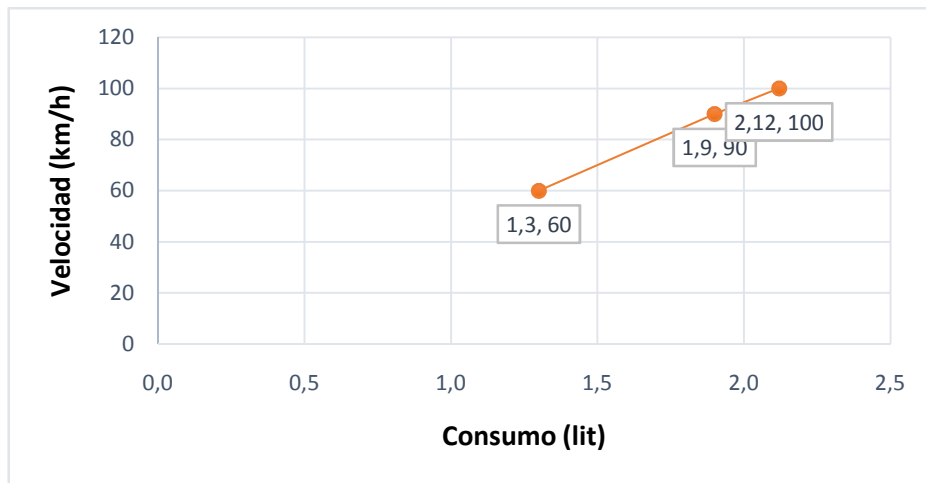
Por consiguiente el consumo de combustible en descenso es el siguiente:

Tabla 17. Consumo de combustible en descenso

Consumo (lit)	Velocidad (km/h)
1,3552	60
1,936	90
2,1296	100

Fuente: Autor

Figura 43. Gráfica consumo vs velocidad



Fuente: Autor

Tomando como consumo 1.936 litros a una velocidad 90 km/h para una distancia de 15 km se puede obtener la distancia que recorre el vehículo por galón de combustible.

Datos:

1 galón = 3.785 litros.

1.936 litros en 15 km.

$$\frac{\text{Distancia}}{\text{Consumo}} = \frac{15 \text{ km}}{1.936 \text{ litros}} \times \frac{3.785 \text{ litros}}{1 \text{ galón}} = \frac{29.32 \text{ km}}{\text{galón}}$$

El consumo promedio en esta prueba es de **1.806 litros**.

4.2.1.3 Prueba de consumo en ascenso con la computadora programable. El consumo indicado en milímetros, de la tabla 16 será el nuevo valor usado para el ascenso a las distintas velocidades, así se tiene:

$$V = l * a * h$$

De lo cual se tiene el siguiente consumo de combustible con el vehículo en ascenso, el mismo que se muestra en la tabla 18, y se observa que el consumo de combustible

aumenta con relación a la prueba anterior realizada con el vehículo antes de implementar el sistema programable.

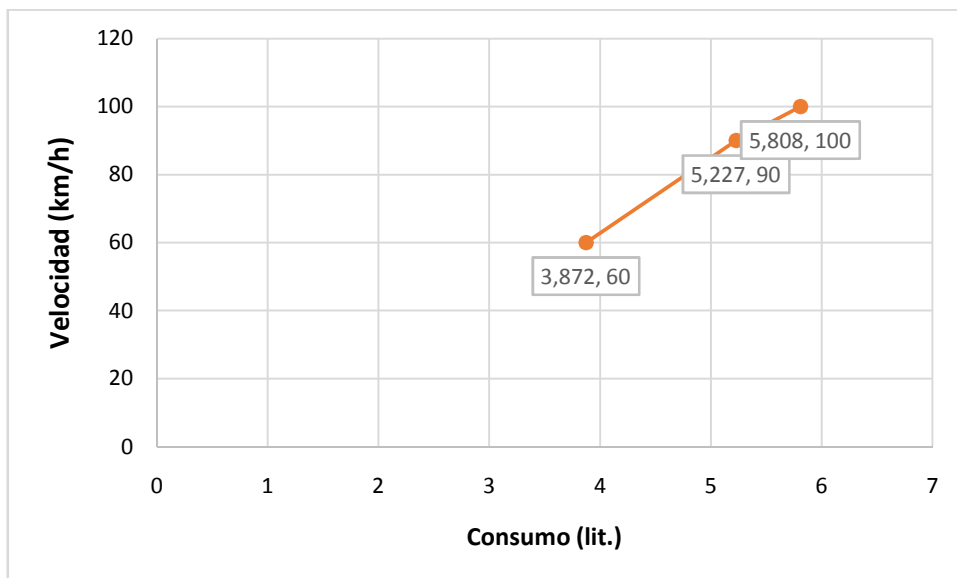
Tabla 18. Consumo de combustible en ascenso

Consumo (lit.)	Velocidad(km/h)
3,872	60
5,227	90
5,808	100

Fuente: Autor

En la figura 44 se tiene el consumo de combustible a distintas velocidades:

Figura 44. Gráfica consumo vs velocidad



Fuente: Autor

Tomando como consumo 3.872 litros a una velocidad 60 km/h para una distancia de 15 km se puede obtener la distancia que recorre el vehículo por galón de combustible.

Datos:

1 galón = 3.785 litros.

3.872 litros en 15 km.

$$\text{Distancia} = \frac{15 \text{ km}}{3.872 \text{ litros}} \times 3.785 \text{ litros} = 14.66 \text{ km}$$

Consumo 3.872 litros 1 galón galón

El consumo promedio es de **4.969 litros**.

Comparación del consumo de combustible con el sistema y sin el sistema.

En la siguiente tabla se muestra el consumo que tiene el vehículo sin el sistema y con el sistema:

Tabla 19. Cuadro comparativo

	Consumo (lit.) sin ECU	Consumo (lit.) con ECU	Consumo	Promedio	%
Descenso	1,316	1,806	0,49	1,561	31,39
Ascenso	3,554	4,969	1,142	4,125	27,68

Fuente: Autor

Con la computadora programable se puede observar un aumento en el consumo de 0.49 litros en descenso y de 1.142 litros en ascenso, se tiene un aumento de consumo del 29.53%.

4.2.2 *Tiempo de aceleración.* Al no poder contar con un dinamómetro automotriz se optó por realizar una prueba de aceleración tomando en cuenta una velocidad final de 100 km/h en un tramo de 400 metros y un solo tipo de combustible, en este caso gasolina súper, se realiza varias mediciones para obtener un tiempo promedio tomando como velocidad límite 100 km/h. Primero se realizó una prueba en el vehículo sin implementar el sistema, para posteriormente verificar las mejoras en la potencia del vehículo con el sistema ya implementado.

Sin el sistema.

Tabla 20. Tiempos de recorridos

	Tiempo (s)
1	12,46
2	12,81
3	13,32
4	12,9
5	13,18

6	12,74
Promedio	12,90

Fuente: Autor

Con el tiempo promedio obtenido se puede calcular distintos tiempos para velocidades distintas menores a 100 km/h. Así se tiene lo siguiente:

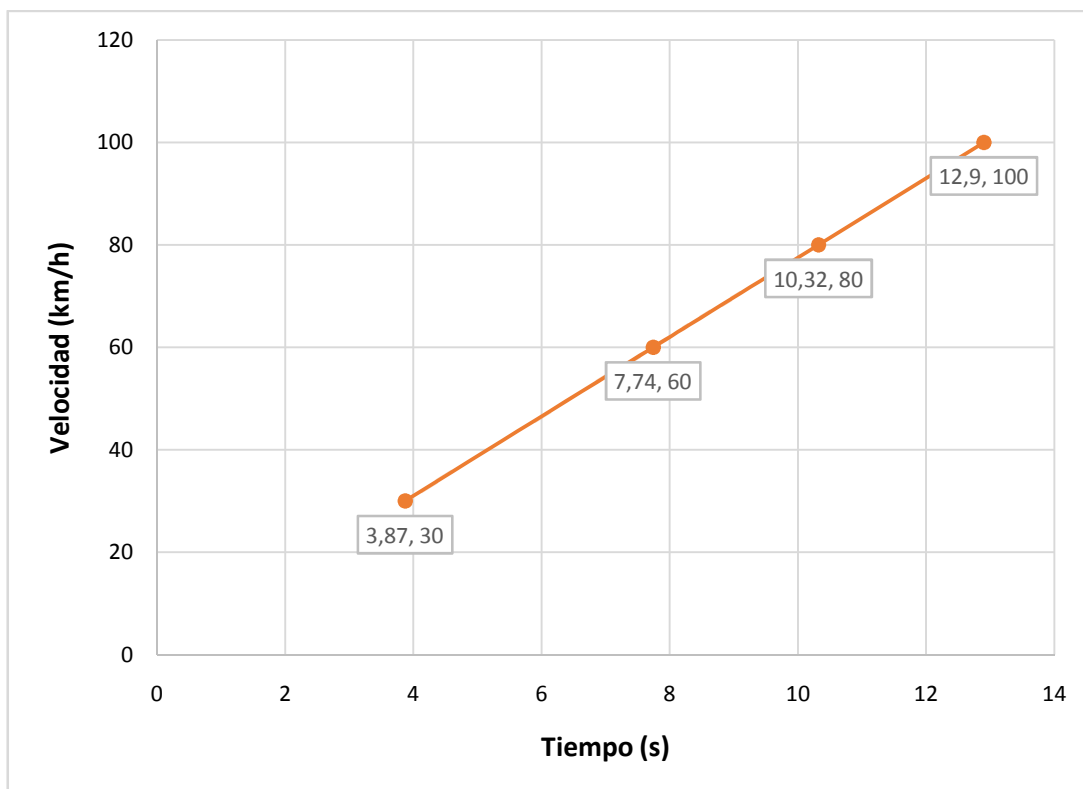
Tabla 21. Tiempos a distintas velocidades sin el sistema

Tiempo (s)	Velocidad (km/h)
3,87	30
7,74	60
10,32	80
12,9	100

Fuente: Autor

Con los datos proporcionados por la tabla 21 se puede elaborar una gráfica que muestra el tiempo que tarda el vehículo en llegar a distintas velocidades.

Figura 45. Velocidad vs tiempo sin el sistema implementado



Fuente: Autor

Con el sistema.

En la tabla 22 se indica los diferentes tiempos que tarda el vehículo en llegar a 100km/h.

Tabla 22. Tiempos de recorridos

	Tiempo(s)
1	10,3
2	10,87
3	9,87
4	10,54
5	10
6	10,47
Promedio	10,34

Fuente: Autor

A continuación se calcula el tiempo para distintas velocidades como se observa en la siguiente tabla a continuación:

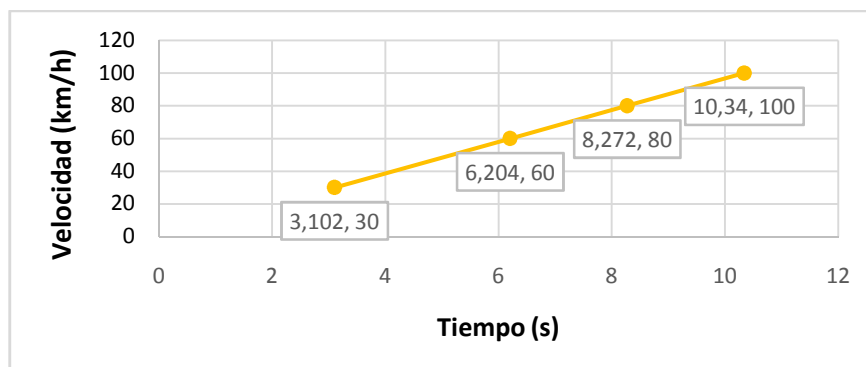
Tabla 23. Tiempos a distintas velocidades con el sistema implementado

Tiempo (s)	Velocidad (km/h)
3,102	30
6,204	60
8,272	80
10,34	100

Fuente: Autor

La siguiente gráfica muestra el tiempo que tarda en llegar a distintas velocidades.

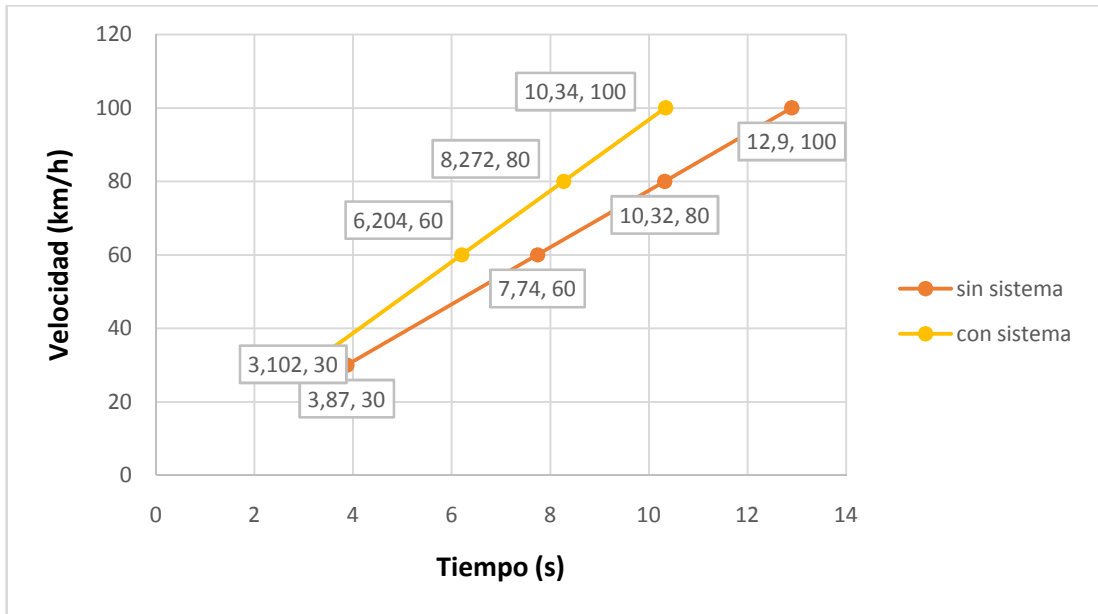
Figura 46. Velocidad vs tiempo con el sistema implementado



Fuente: Autor

Con los resultados proporcionados en ambos casos se puede realizar una gráfica comparativa, observar la velocidad en cada uno de los casos y sus mejoras en cuanto a potencia del motor.

Figura 47. Gráfica comparativa velocidad vs tiempo



Fuente: Autor

Con la computadora programable instalada se logra una ganancia de tiempo de 2.54 segundos para llegar a una velocidad de 100 km/h mejorando su desempeño.

Tabla 24. Cuadro comparativo y ganancia en tiempos

Tiempo	12,46	12,81	13,32	12,9	13,18	12,74		sin la computadora
Tiempo	10,3	10,87	9,87	10,54	10	10,47		con la computadora
	2,16	1,94	3,45	2,36	3,18	2,27	2,56	Promedio

Fuente: Autor

4.2.3 Emisiones de gases en el vehículo. Los datos de emisiones de gases se obtienen con la computadora programable y sin ella como se muestra a continuación.

Sin la computadora programable.

Sin la computadora programable MegaSquirt se tiene los siguientes datos con el vehículo en ralentí, 2000 rpm, se muestra valores de HC, CO₂, CO y O₂.

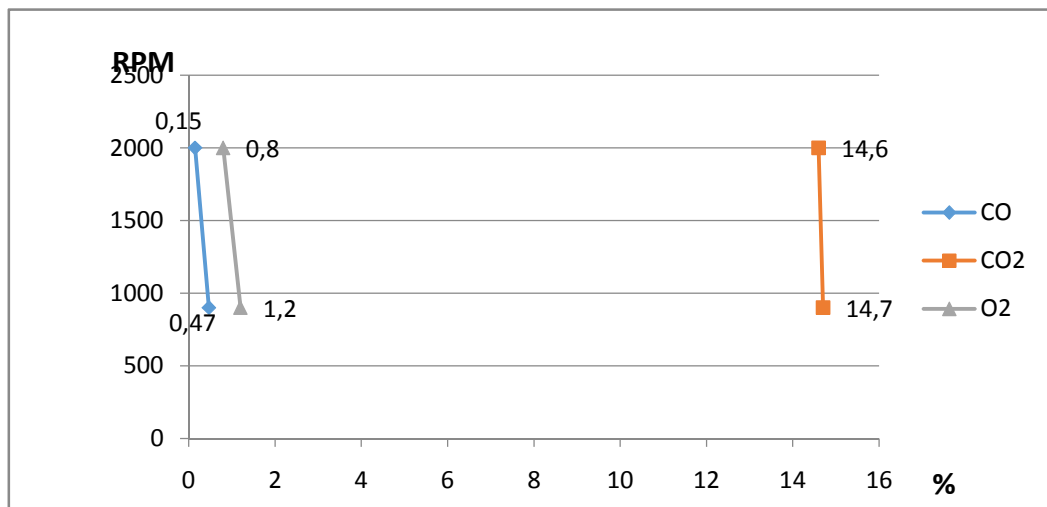
Tabla 25. Datos de emisiones

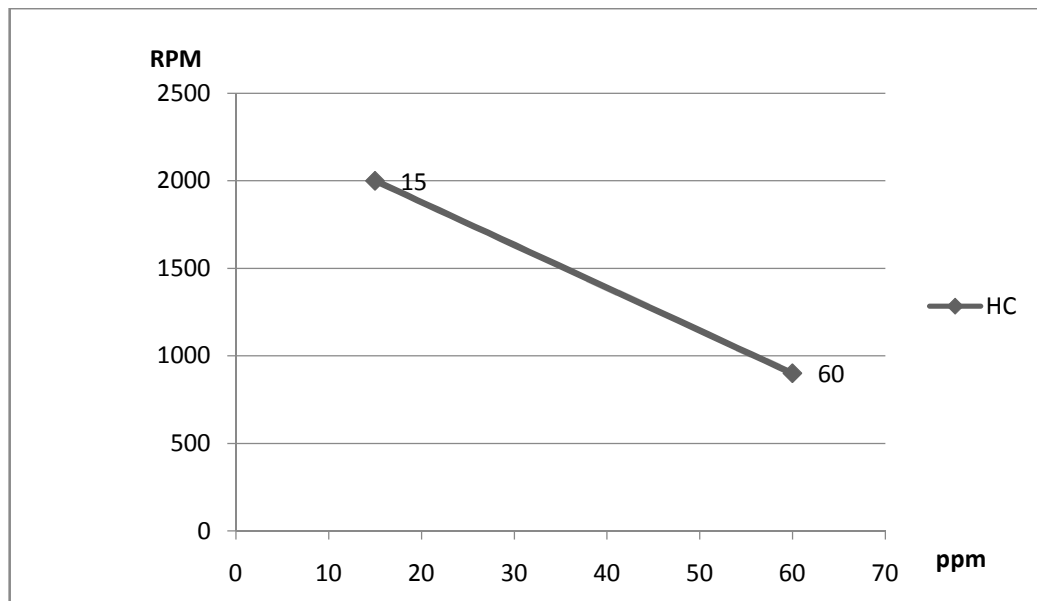
RPM	Ralentí	2000
HC (ppm)	60	15
CO (%)	0.47	0.15
CO ₂ (%)	14.7	14.6
O ₂ (%)	1.2	0.8

Fuente: www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS+DE+GASES.pdf

Con la tabla anterior se puede obtener una gráfica que muestra el comportamiento de los gases anteriormente mostrados:

Figura 48. Gráfica de los gases en el vehículo





Fuente: Autor

Con la computadora programable

Con la computadora programable MegaSquirt lo que se quiere lograr es obtener una mezcla rica por lo que los valores de las emisiones con respecto a los obtenidos anteriormente se modificaron.

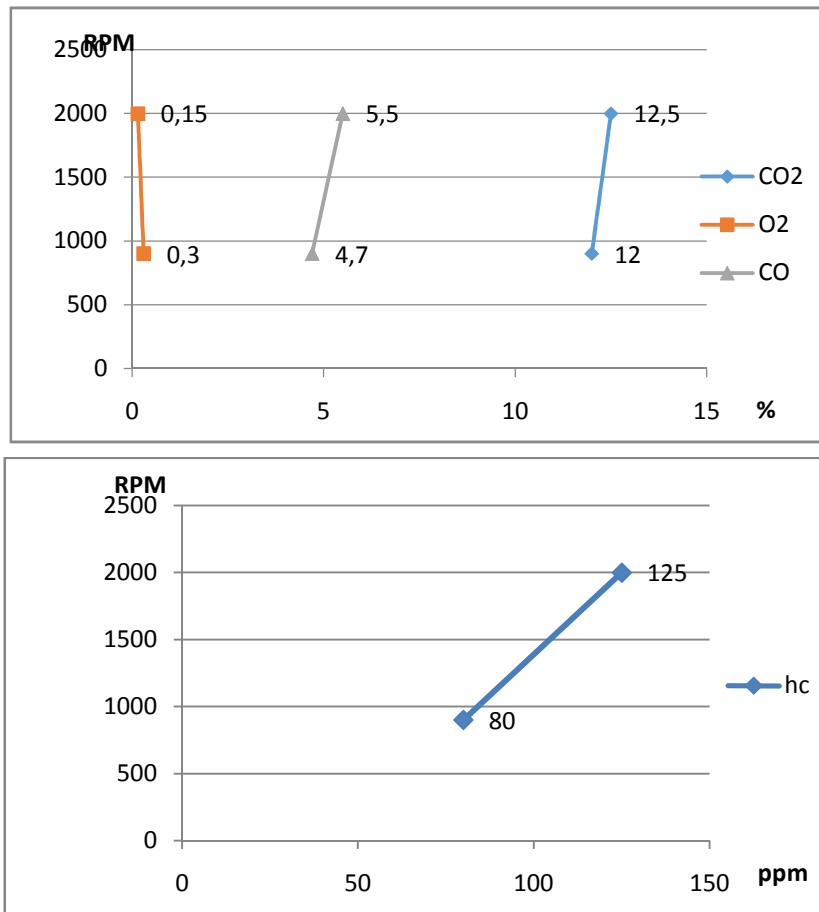
Tabla 26. Datos de emisiones con MegaSquirt

RPM	900	2000
HC (ppm)	80	125
CO (%)	4.7	5.5
CO2 (%)	12.5	12
O2 (%)	0.3	0.15

Fuente: Autor

De la tabla anterior se puede obtener la siguiente gráfica:

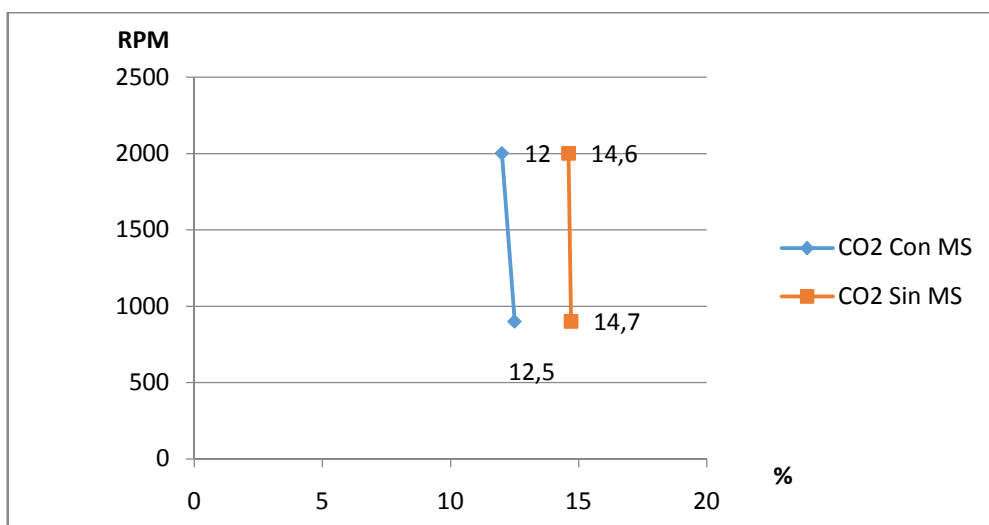
Figura 49. Datos de emisiones con la computadora programable

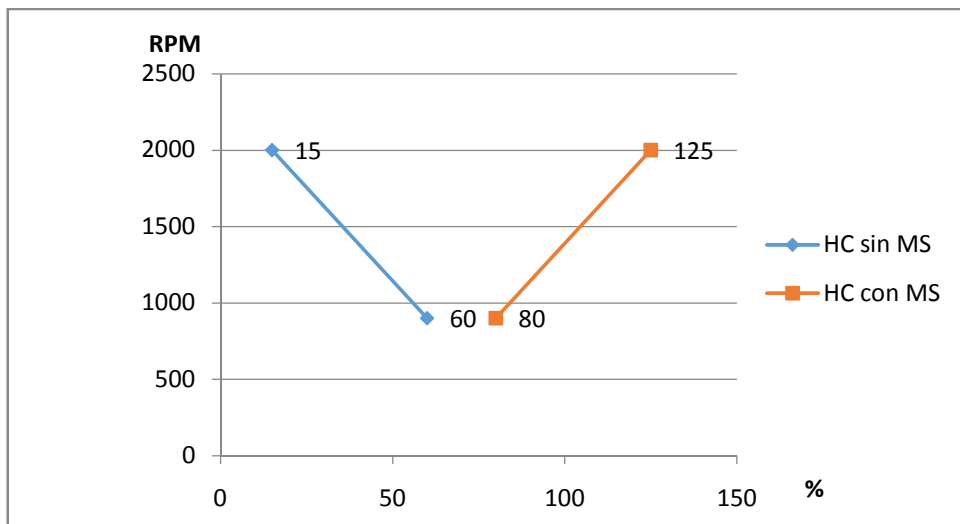
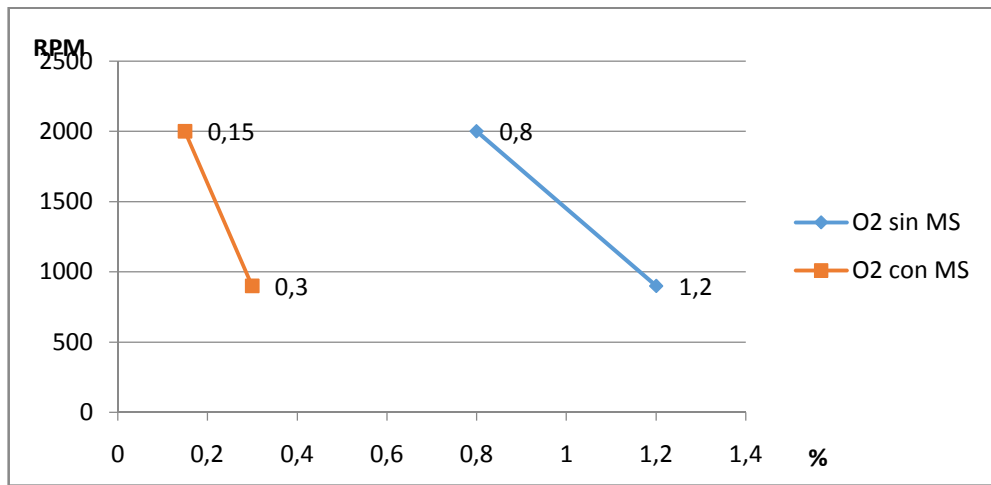
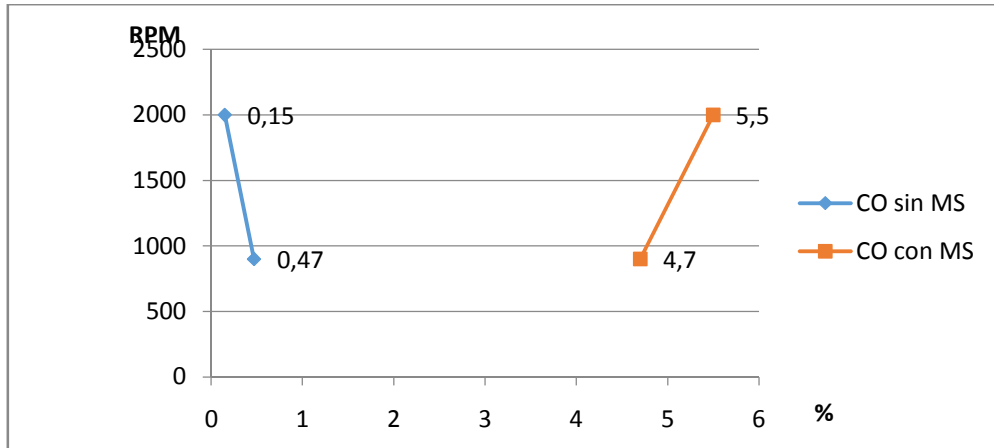


Fuente: Autor

Gráficas comparativas de emisiones con y sin la computadora programable.

Figura 50. Emisiones





Fuente: Autor

4.3 Costos del proyecto

4.3.1 *Costos directos.* Son aquellos que pueden identificarse directamente con un objeto de costos, sin necesidad de ningún tipo de reparto. Los costos directos se

derivan de la existencia de aquello cuyo costo se trata de determinar, sea un producto, un servicio, una actividad, como por ejemplo, los materiales directos y la mano de obra directa destinados a la fabricación de un producto. (CONTABILIDAD, 2013)

Tabla 27. Costos directos

Descripción	Costo unitario (USD)	Subtotal(USD)
Computadora programable MegaSquirt	1300	1300
Conectores, DB37, DB9	22	25
Cautín	12	12
Pasta y estaño	9	9
Total		1346

Fuente: Autor

4.3.1.1 Costos de transporte.

Tabla 28. Costos de transporte

Descripción	Horas	Costo unitario (USD)	Subtotal(USD)
Transporte	60	1.25	75
Total			75

Fuente: Autor

4.3.1.2 Costos de mano de obra calificada y herramientas.

Tabla 29. Costos de mano de obra calificada y herramientas

Descripción	Horas	Costo unitario(USD)	Subtotal(USD)
Asesoramiento mecánico	0	300	300
Ordenador portátil	600	0	0
Herramientas de taller		0	0
Total			300

Fuente: Autor

4.3.1.3 Costos indirectos.

Tabla 30. Costos indirectos

Descripción	Horas/cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal(USD)
Internet	50	0.75	37.50

Impresiones	300	0.10	30
Total			67.50

Fuente: Autor

Tabla 31. Costos totales

Descripción	Subtotal (USD)
Costos directos	1346
Costos de transporte	75
Costos de mano de obra calificada y herramientas	300
Costos indirectos	67.50
Total	1788.50

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Mediante el estudio y la investigación de los distintos componentes que controla la computadora programable MegaSquirt se pudo entender el funcionamiento que ésta realiza y además de las mejoras que se obtiene en el vehículo.

Mediante el conocimiento de las distintas funciones de la computadora programable se realizó su implementación de una forma segura y adecuada manteniendo las debidas precauciones.

Se realizó modificaciones en la relación aire/combustible, el avance de encendido y en la modulación de ancho de pulso en la inyección, todo esto con la computadora programable MegaSquirt.

Se realizó una prueba de consumo de combustible con y sin la computadora programable un aumento en el consumo de combustible debido a que se produjo una relación aire combustible de 12.5:1 con lo que se aumenta también la potencia adquiriendo velocidades mayores.

Se realizó una prueba en el tiempo de aceleración con y sin la computadora programable con lo que se obtuvo un mejoramiento notable una ganancia con respecto al tiempo que se tarda en alcanzar una velocidad de 100 km/h en una distancia de 400 metros, la ganancia de esta prueba es de 2.54 segundos como resultado promedio.

5.2 Recomendaciones

Realizar una comprobación de los elementos que conforman la computadora programable para verificar su correcto funcionamiento y de esta manera no tener inconvenientes con la MegaSquirt instalada.

Tener las debidas precauciones en el momento de la instalación y puesta en marcha de la computadora programable MegaSquirt debido a que se pueden estropear elementos que impedirán el correcto funcionamiento del vehículo.

Realizar la implementación en el vehículo teniendo en cuenta el lugar y la posición en donde se la va a colocar en el vehículo debido a que se pueden dañar componentes o conexiones por las posibles vibraciones que se produzcan.

Tener muy en cuenta los esquemas de conexión de la computadora con el vehículo debido a que se pueden presentar fallos.

Realizar las pruebas necesarias en el vehículo como consumo de combustible, tiempo de aceleración y emisiones para conocer las diferencias que se obtiene con un vehículo con el motor en serie y con la computadora programable MegaSquirt instalada.

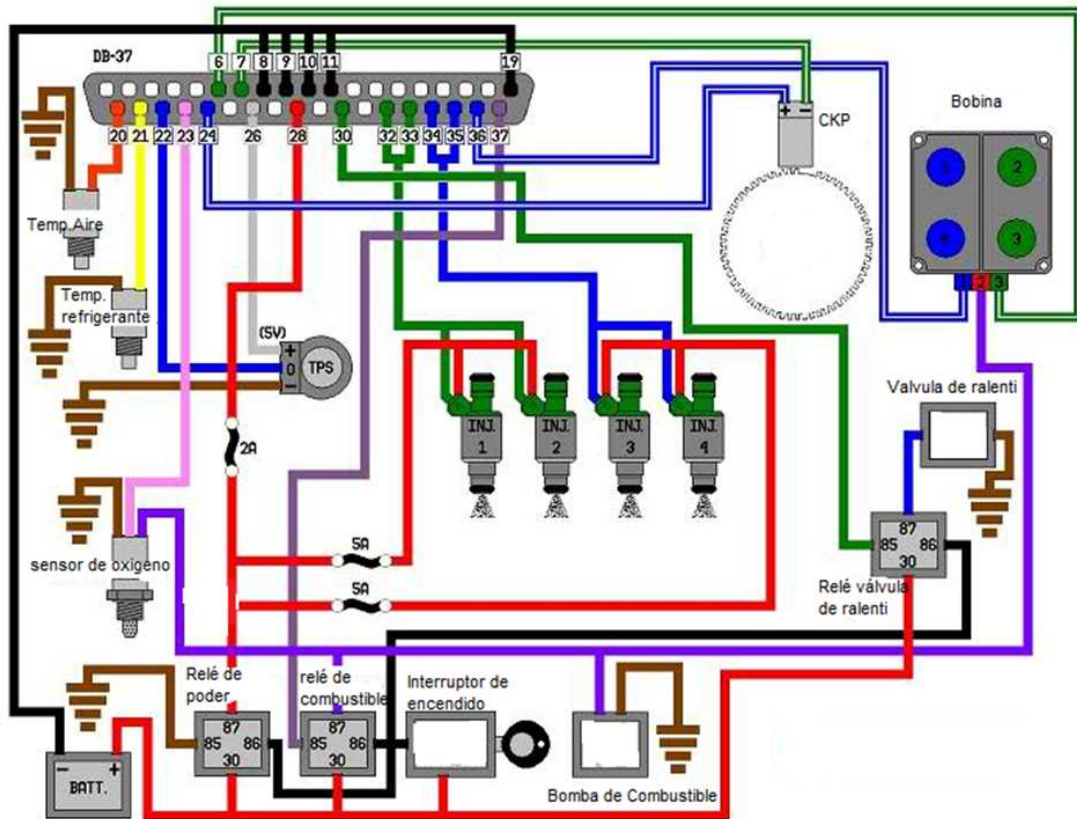
BIBLIOGRAFÍA

- AUTOMECANICO. 2013.** Automecanico.com. [En línea] 2013.
<http://www.automecanico.com/auto2002/sisencendido6.html>.
- BOSCH, Robert. 2005.** Manual de la técnica del automóvil 4ta edicion. 2005.
- BOWLING, Bruce. 2011.** [En línea] 2011.
<http://www.megamanual.com/ms2/configure.htm#dwell>.
- CONTABILIDAD. 2013.** [En línea] 2013. [Citado el: 12 de Noviembre de 2014.]
http://www.contabilidad.com.py/articulos_73_costos-directos-e-indirectos.html.
- E-AUTO. 2011.** [En línea] 2011.
http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=224.
- LAICA, Marcelo. 2012.** *Implementación de un banco de pruebas para la unidad de control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la escuela de Ingeniería Automotriz.* RIOBAMBA : s.n., 2012. pág. 17.
- MEGAMANUAL. 2014.** [En línea] 2014. <http://www.megamanual.com/ms2/pcb.htm>.
- MEGASQUIRT. 2014.** [En línea] 2014.
<http://www.megamanual.com/ms2/indexright.htm>.
- SABELOTUDO. 2010.** [En línea] 2010.
<http://www.sabelotodo.org/automovil/sistencendido.html>.

ANEXOS

ANEXO A

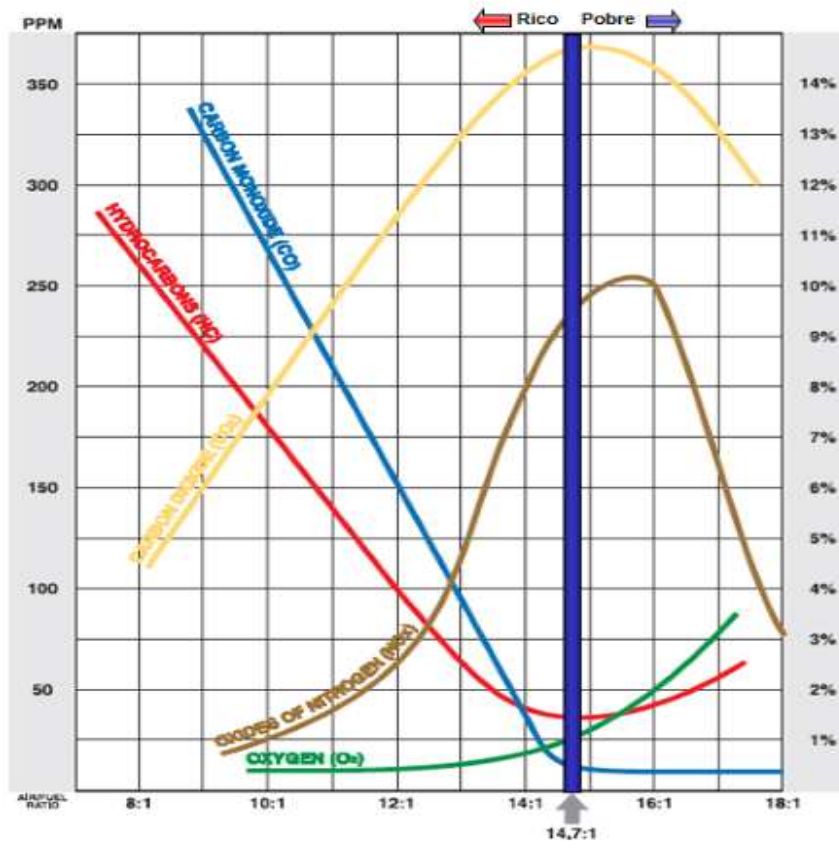
PIN data y conexiones



A1	No utilizado	A19	Masa MegaSquirt
A2	No utilizado	A20	Señal IAT
A3	Cable opcional	A21	Señal ECT
A4	Cable opcional	A22	Señal TPS
A5	Cable opcional	A23	Señal O2
A6	Señal de ignición	A24	Señal CKP
A7	Masa CKP	A25	No utilizado
A8	Masa ECM	A26	Voltaje de referencia de TPS
A9	Masa ECM	A27	No utilizado
A10	Masa ECM	A28	Alimentación 12 V
A11	Masa ECM	A29	No utilizado
A12	No utilizado	A30	Relé Valvula ralenti IAC
A13	No utilizado	A31	No utilizado
A14	No utilizado	A32	Control inyector 1
A15	No utilizado	A33	Control inyector 2
A16	No utilizado	A34	Control inyector 3
A17	No utilizado	A35	Control inyector 4
A18	No utilizado	A36	señal de ignición
		A37	Señal de la bomba de combustible

ANEXO B

Emisiones de gases



ANEXO C

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 203-2000,NTE INEN 2 204-2002, límites permitidos de emisiones de gases