



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA  
EL MANEJO DE SOFTWARE Y HARDWARE USADOS  
EN LA PROGRAMACIÓN DE PROCESADORES DE  
INYECCIÓN PARA EL LABORATORIO DE MOTORES  
DE COMBUSTIÓN INTERNA DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”**

**NICOLALDE LEÓN WILLIAM VINICIO  
ERAZO MAYORGA JORGE LUIS**

## **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

## **INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2015**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-02-17

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**ERAZO MAYORGA JORGE LUIS  
NICOLALDE LEÓN WILLIAM VINICIO**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL MANEJO DE  
SOFTWARE Y HARDWARE USADOS EN LA PROGRAMACIÓN DE  
PROCESADORES DE INYECCIÓN PARA EL LABORATORIO DE MOTORES DE  
COMBUSTIÓN INTERNA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA  
ESPOCH”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marcelo Castillo  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Ing. Andrea Razo C.  
**ASESOR DE TESIS**

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ERAZO MAYORGA JORGE LUIS

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL MANEJO DE SOFTWARE Y HARDWARE USADOS EN LA PROGRAMACIÓN DE PROCESADORES DE INYECCIÓN PARA EL LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2015-05-20

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Marcelo Castillo <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Andrea Razo C. <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

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

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

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** NICOLALDE LEÓN WILLIAM VINICIO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL MANEJO DE SOFTWARE Y HARDWARE USADOS EN LA PROGRAMACIÓN DE PROCESADORES DE INYECCIÓN PARA EL LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2015-05-20

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Marcelo Castillo <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Andrea Razo C. <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

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

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

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
**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.

---

**Jorge Luis Erazo Mayorga**

---

**William Nicolalde León**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, este logro es por ustedes, a mi abuelito Vicente y abuelita Rosita ejemplo de honestidad y sabiduría a mi abuelita Clarita ejemplo de superación y dedicación, a mis hermanos, a mis tíos y tías, a mis primos y primas, y sobre todo a mis sobrinos Melany y Daniel, el motor que me impulsa a ser cada día mejor persona.

**William Nicolalde León**

A mi madre Gladys Rosa Mayorga Villacís (+), mis tías Yolanda, Margarita, Teresa, que llegaron a ser como unas madres sustitutas, hermanos y esposa, que estuvieron conmigo a lo largo de mi vida personal, estudiantil y profesional a quienes amo con todo mi corazón.

**Jorge Erazo Mayorga**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la familia que tengo y por todas las bendiciones a lo largo de mi vida, a mis Padres que son mi ejemplo y orgullo, por su apoyo y dedicación sin ustedes nada de esto sería posible, les amo

A mi abuelito Vicente por todas sus palabras, consejos y enseñanzas eres un gran hombre gracias por ser quien eres. A mi abuelita Rosita por toda su ternura y comprensión. A mi abuelita Clarita por su amor y paciencia eres ejemplo de vida.

A mis hermanos que han estado junto a mi en todo momento, a mis tíos y tías primos y primas por todo su apoyo gracias a cada uno de ustedes que de uno u otra forma pusieron su granito de arena para poder terminar mi carrera

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad, a mi director de tesis Marcelo Castillo, a mi asesora de tesis Andrea Razo gracias por su tiempo y dedicación

Y un especial agradecimiento a Jacqueline Carrillo secretaria de la escuela de ingeniería automotriz por su amistad, paciencia y apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria, mil gracias "Jakita".

**William Nicolalde León**

Agradezco a Dios por llenarme de bendiciones día a día, a mis padres, especialmente a mi madre Rosita (+) por haber sido apoyo incondicional a cada instante sin importar la distancia, mis tías Yolanda, Teresa y Margarita por haber sido como madres, a mis hermanos y hermana, sobrina y amigos que han estado a lo largo del camino.

A mis abuelitos Livino Mayorga (+) y Ana Erazo (+), por bendecirme desde lejos.

A mi esposa Vanessa Badaracco por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz; por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis Marcelo Castillo y Asesora Andrea Razo por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxitos.

También me gustaría agradecer a Neybol Machado y catedráticos de mi distinguida escuela quienes han aportado con un granito de arena en mi carrera estudiantil y así poder aplicarlos en mi vida profesional.

**Jorge Erazo Mayorga**



# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general. ....	3
1.3.2 Objetivos específicos:.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Marco teórico.....	4
2.1.1 Introducción a la inyección electrónica.....	4
2.1.2 Componentes. ....	5
2.1.3 Funcionamiento. ....	5
2.1.4 Tipos de inyección electrónica. ....	6
2.2 Sensores .....	8
2.2.1 Sensor TPS (posición de la mariposa del acelerador). ....	9
2.2.2 Sensor MAP (manifold absolute presion).....	10
2.2.3 Sensor IAT (Sensor de temperatura del aire de admisión).....	11
2.2.5 Sensor de oxígeno. ....	12
2.2.6 Sensor KS (sensor de golpeteo). ....	12
2.3 Actuadores .....	13
2.3.1 Bomba de combustible .....	13
2.3.2 Inyectores.....	13
2.3.3 Bobinas de encendido. ....	14
2.3.4 Válvula IAC (Idle Air Control). ....	15
2.3.5 Lámpara MIL (OBD). ....	15
2.3.6 Electroventilador.....	16
<b>3. UNIDADES DE CONTROL</b>	
3.1 Estructura .....	17
3.1.1 Circuito de alimentación. ....	17
3.1.3 Circuito de salida. ....	19
3.2 Funcionamiento .....	19
3.2.1 Tipos de procesadores. ....	20
3.3 Unidades programables.....	21
3.3.1 Accesorios que se le puede activar a la MS son:.....	23
3.4 Clasificación de las unidades programables .....	25
3.4.1 Características de cada una de ellas: .....	25
<b>4. IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS</b>	
4.1 Construcción del soporte .....	27
4.2 Montaje del motor en el soporte .....	29
4.3 Ubicación e instalación de accesorios del motor.....	29
4.4 Sistema eléctrico .....	30
4.5 Instalación de la ECU programable .....	36
4.6 Dispositivo de control para la programación .....	54
<b>5. ENSAYOS Y PRUEBAS</b>	
5.1 Esquema del Equipo.....	55
5.2 Secuencia operacional .....	56

5.3	Manejo de software para la calibración del motor .....	57
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>	
6.1	Costo de proyecto .....	67
6.1.1	Costos directos mecánicos.....	67
6.1.2	Costos directos hidráulicos.....	68
6.1.3	Costos directos electrónicos y eléctricos.. ..	68
6.1.4	Costos indirectos.....	69
6.1.5	Costo total .....	70
6.2	Valor de salvamento del banco.....	70
6.3	Depreciación del banco .....	70
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
7.1	Conclusiones.....	72
7.2	Recomendaciones.....	72

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1	Nomenclatura .....20
2	Parámetros climáticos de Riobamba.....22
3	PIN data MegaSquirt .....38
4	Control de inyección .....59
5	Opciones de encendido .....60
6	Costos directos estructura .....68
7	Costos directos electrónicos y eléctricos .....68
8	Costos Indirectos .....69
9	Depreciación de la máquina .....71

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Inyección directa..... 6
2	Inyección indirecta..... 6
3	Inyección monopunto..... 7
4	Inyección multipunto..... 7
5	Sensor CKP..... 8
6	Sensor de revoluciones del cigüeñal ..... 9
7	Sensor TPS.....10
8	Sensor MAP .....10
9	Sensor IAT .....11
10	Sensor ECT.....11
11	Sensor de oxígeno .....12
12	Sensor KS .....12
13	Bomba de combustible .....13
14	Inyectores.....14
15	Bobinas de encendido .....14
16	Válvula IAC.....15
17	Flujo de aire controlado por la válvula IAC.....15
18	Lámpara MIL .....16
19	Electro ventilador .....16
20	Estructura de las unidades de control.....17
21	Circuito de alimentación .....18
22	Circuito de control.....18
23	Circuito de salida .....19
24	Unidad programable megasquirt.....21
25	WIDEBAND .....22
26	Luces indicadoras.....23
27	Doble mapa .....24
28	Shift light.....25
29	Soporte batería y tanque de combustible.....27
30	Tablero de mando .....28
31	Ubicación de garruchas .....28
32	Bases del motor.....29
33	Soporte radiador .....30
34	Batería y tanque de combustible .....30
35	Tablero de mando 1 .....31
36	Tablero de mando 2 .....31
37	Borne positivo.....32
38	Cortador de corriente.....32
39	Conector alternador .....33
40	Conector motor de arranque.....33
41	Manómetro de carga .....34
42	Manómetro de temperatura .....34
43	Acople manómetro de presión de aceite.....35
44	Manómetro de presión de aceite .....35
45	Horómetro .....36
46	Verificador de fugas.....37
47	Verificación fugas .....37
48	Lavador de inyectores .....38
49	Conector de la MS.....39

50	Conector de la MS.....	39
51	Relé 4 pines .....	40
52	Relé 5 pines .....	40
53	Tablero de control.....	41
54	Relé principal.....	41
55	Relé.....	42
56	Relé bomba de combustible .....	42
57	Conector MS .....	43
58	Relé de inyección e ignición .....	43
59	Relé electro ventilador .....	44
60	Conector electroventilador.....	44
61	Relé inyectores.....	45
62	Conector MS .....	45
63	Conector MS .....	46
64	Conector CKP .....	46
65	Conector foco indicador.....	47
66	Conector MS .....	47
67	Conector GND.....	47
68	Conector MS .....	48
69	Conector del sensor IAT .....	48
70	Conector sensor CTS .....	49
71	Conector MS .....	49
72	Conector TPS.....	49
73	Conector MS .....	50
74	Conector sensor de oxigeno.....	50
75	Conector shift light.....	51
76	Foco shift light .....	51
77	Fusiblera .....	51
78	Conector MS .....	52
79	Conector doble mapa .....	52
80	Swich doble mapa .....	53
81	Conector bobina .....	53
82	Conector MS .....	54
83	Esquema de la maqueta.....	55
84	Secuencia operacional del tablero.....	56
85	Icono de tunerstudio .....	57
86	Motor apagado en el software .....	57
87	Motor encendido en el software.....	58
88	Puerto de comunicación del software .....	58
89	Requerimiento de combustible en el software .....	59
90	Control de inyección de combustible del software .....	60
91	Identificación de la rueda fónica en el software .....	61
92	Ciclo de alimentación de combustible en el software.....	61
93	Calibración del sensor TPS en el software .....	62
94	Plataforma de ajuste en el software.....	62
95	Ajuste de combustible en el software.....	63
96	Ajuste del avance de encendido en el software .....	63
97	Enriquecimiento en función de la temperatura en el software.....	64
98	Enriquecimiento por eficiencia volumétrica en el software .....	65
99	Eficiencia del sensor lambda en el software .....	65

## SIMBOLOGÍA

V	Voltaje	V
CDA	Convertidor análogo digital	
N.m	Newton metro	N.m
PSI	Unidad de presión	psi
A	Amperios	A
Ms	Mili segundos	ms

## LISTA DE ABREVIACIONES

ECU	Unidad de control electrónico
CKP	Sensor posición del cigüeñal
TPS	Sensor de posición de lengüeta de estrangulación
IAT	Sensor de temperatura de aire de admisión
ECT	Sensor de temperatura del refrigerante
O <sub>2</sub>	Sensor de oxígeno
KS	Sensor de detonación
CTS	Sensor temperatura del motor
MAP	Sensor presión absoluta del múltiple de admisión
MAF	Sensor de flujo de aire
ECM	Módulo de control electrónico
NTC	Coficiente temperatura negativo
OBD	Diagnóstico a bordo
MS	MegaSquirt
ROM	Memoria solo de lectura
RAM	Memoria de acceso aleatorio
PROM	Memoria de lectura solo programable
PC	Laptop
TA	Turbo alimentado
NA	Normalmente aspirados
RPM	Revoluciones por minuto
PCB	Impresión circuito a bordo
MDF	Tablero de densidad media
PIN	Terminal macho de un conector
PIN DATA	Esquema de conexión de la ECU
GND	Conexión a tierra

## LISTA DE ANEXOS

- A** Análisis de la estructura
- B** Manual de mantenimiento



## RESUMEN

Este trabajo de titulación tiene como finalidad implementar en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH un banco didáctico en el manejo de software y hardware usados en la programación de controladores de inyección.

Se investigó sobre los principios básicos de funcionamiento de la Inyección electrónica y sus componentes, así como sobre el uso y manejo de software en procesadores de inyección. Posteriormente se seleccionó el software requerido en la programación de la computadora que se implementó en el motor a gasolina en el laboratorio de motores y por último se analizó y comparó los diferentes tipos de programación a ser utilizados en las distintas necesidades de funcionamiento.

La computadora programable (MegaSquirt), que se implementó, tiene el mismo principio de comunicación entre los sensores que envían la señal a la computadora y ésta a su vez da la orden de mando a los actuadores. Es una computadora totalmente programable en los siguientes parámetros: el adelanto de la chispa de encendido, pulsos de inyección, cantidad de combustible, correcciones barométricas, correcciones en relación a la temperatura del aire o a su vez del refrigerante, y con un microprocesador mucho más rápido que las originales con ello se logra producir más caballaje y aprovechar toda la eficiencia volumétrica del motor, la misma que contiene una conexión serial con un interface de una computadora serial (PC) laptop o notebook, todo esto se logra con el software, que en este caso por tratarse de la MegaSquirt se lo denomina como TunerStudio MS.

Según las necesidades de funcionamiento de este banco de pruebas, se analizó y comparó los diferentes tipos de programación, previo a la elección e implementación del apropiado en los fines didácticos.

El motor a gasolina armado en el laboratorio de motores, cuenta con la computadora y el programa específico, seleccionados e implementados, en el cual los estudiantes de la Carrera pongan en práctica sus conocimientos teóricos de programación de controladores de inyección.

## **ABSTRACT**

This work aims to implement degree at the School of Automotive Engineering ESPOCH a training bank management software and hardware used in the injection controller programming.

It was investigated on the basic principles of operation of the electronic injection and its components as well as the use and management of software processor injection. Subsequently the required software on the computer programming that was implemented in the gasoline engine in the engine laboratory and finally analyzed and compared the different types of programming to be used in different operational requirements was selected.

The programmable computer MegaSquirt, implemented, has the same principle of communication between the sensors send a signal to the computer and this in turn gives the order to control the actuators. It is a fully programmable computer in the following parameters. the advancement of the ignition spark, injection pulses, fuel quantity, barometric corrections, corrections relating to the air temperature or turn the coolant, and a microprocessor much faster the original with them is able to produce more horse power and harness the volumetric efficiency of the engine, the same one that contains a serial connection with a serial interface of a computer PC laptop or notebook, all this is achieved with software that this case because it is the MegaSquirt is called as TunersStudio MS.

According to the operational requirements of this test it was analyzed and compared the different types of programming, prior to choosing and implementing appropriate in educational purposes.

The armed motor gasoline in the engine laboratory, computer features and specific, selected and implemented program in which students of the career implement their theoretical knowledge of program the driver's injection.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La Escuela de Ingeniería Automotriz creada en la ESPOCH en el año 2003, tiene como objetivo principal formar ingenieros automotrices altamente capacitados y competentes con conocimientos, habilidades y actitudes a través de la construcción, transmisión, adaptación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico en el área automotriz para contribuir al desarrollo tecnológico, económico y social del país, en concordancia con los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir.

Las primeras unidades de control o ECU más sencillas controlaban simplemente el flujo o cantidad de combustible que se inyectaba por cilindro en cada ciclo del motor, mientras que las ECUs más actuales controlan casi la totalidad de los sistemas del vehículo, haciendo en ocasiones complicado encontrar las posibles averías derivadas en pequeños fallos electrónicos.

Debido al aumento de nuevas funciones y sistemas electrónicos en los nuevos vehículos, se habla de diversas ECUs encargadas cada una de ellas de una función de manera específica. Todas estas unidades están centralizadas y comunicadas mediante un bus de datos o bus can, que es un protocolo de comunicación basado en un bus serie para el intercambio de información de las distintas unidades centrales o ECUs, reduciendo el cableado y mejorando costos.

Las ECUs programables, son aquellas que pueden ser modificadas como consecuencia de un cambio de algún componente del vehículo, debiendo ser programado de nuevo para poder así configurarse correctamente el comportamiento y rendimiento adecuado del automóvil. Estas unidades más modernas (en automóviles fabricados a partir de 1996) ya utilizan ECUs con sistemas OBD-II, son susceptibles de poder ser programadas mediante puertos OBD de manera externa, pudiendo ser modificadas mediante el uso de un portátil conectado al vehículo, podrán visualizarse todas las características de funcionamiento del mismo y podrá modificarse, por ejemplo, la cantidad de combustible que se debe inyectar en el motor, la mezcla correcta de oxígeno y combustible o distintos parámetros claves necesarios en el

vehículo. Esto no sólo es válido para conseguir potencia extra a base de reprogramación, pudiendo disminuir consumo de combustible o configurando un nuevo mapeado para poder así controlar la emisión de gases nocivos, algo imprescindible para nuestro medio, debido a los controles de emisiones ya existentes en diferentes ciudades de nuestro país, así también, como el deber moral de cuidar y no contaminar nuestro medio ambiente

Por lo descrito anteriormente las computadoras programables son un medio alternativo para dar solución a varios problemas generados en el entorno laboral de los ingenieros automotrices ya sea por daños de las computadoras originales del vehículo o por hurto, las computadoras programables también son muy útiles en los autos de competición

Por consecuencia buscamos implementar una herramienta necesaria en el laboratorio de motores dirigido para el aprendizaje de los alumnos de la escuela, en la cual podrán conocer y aplicar el manejo de programas computacionales usados en la programación de procesadores de inyección y de esta forma reforzar los conocimientos teóricos adquiridos.

## **1.2. Justificación**

Una ECU es la unidad de control electrónico que regula al motor y otros sistemas automotrices anexos. Esto se traduce de una manera sencilla definiéndolo como el cerebro de un complejo sistema electrónico compuesto por sensores y actuadores, en la que los sensores informan a la unidad central y ésta envía la orden necesaria a los actuadores para realizar una tarea determinada.

La función de los sensores sería la de registrar, censar, medir y transformar diversas magnitudes físicas sobre el funcionamiento del vehículo y transforman dichas magnitudes físicas en electrónicas. Por su lado, los actuadores serían los elementos que son dirigidos a su vez por la ECU y son los encargados de convertir las señales eléctricas recibidas en magnitudes mecánicas. Son sistemas que reciben la información y consecuentemente, actúan de una manera mecánica sobre alguna función específica en el vehículo.

El automovilismo va creciendo a pasos agigantados, muchos estudiantes conocen las preparaciones mecánicas que se les puede realizar a un motor pero desconocen lo

correspondiente a la modificación electrónica y he aquí la importancia de este proyecto, el que sirva para los técnicos en calibración y modificación de parámetros electrónicos siendo una excelente manera de hacerlo si es con un banco de pruebas para poder realizar prácticas de las diferentes programaciones o tipos de mapeo según los factores externos y las necesidades de utilización, existen muchos factores para climáticos como la lluvia, el sol, frío o caliente, húmedo o seco. Es por eso que es indispensable un banco de pruebas para la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH.

Bajo este contexto, dicho proyecto será de gran ayuda para llegar a cumplir los objetivos de la Escuela de Ingeniería Automotriz, impulsando a los alumnos a dominar cada vez más este creciente ámbito del sector electrónico automotriz.

### **1.3. Objetivos**

**1.3.1.** *Objetivo general.* Implementar en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH un banco didáctico para el manejo de software y hardware usados en la programación de controladores de inyección.

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

Investigar sobre los principios básicos de funcionamiento de la Inyección electrónica y sus componentes.

Investigar sobre el uso y manejo de software para procesadores de inyección.

Seleccionar software y hardware requeridos para la programación de la computadora a utilizarse en el motor a gasolina en el laboratorio de motores.

Implementar una computadora programable a un motor a gasolina.

Analizar y comparar los diferentes tipos de programación a ser utilizados para las distintas necesidades de funcionamiento.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Marco teórico

**2.1.1. Introducción a la inyección electrónica.** La inyección electrónica de combustible consta de un sistema que reemplaza al antiguo carburador de los motores que funcionan con gasolina. Consiste en un sistema bastante más amigable con el ambiente que el sistema clásico del carburador.

La característica más ventajosa de la inyección electrónica de combustible radica en la mayor efectividad, en comparación al carburador, para la dosificación del combustible, y con esto la considerable disminución de la emanación de gases tóxicos al ambiente, como también una mejor economía de combustible.

De acuerdo a este sistema se toma aire del ambiente, mismo que es medido y se introduce al motor. Posteriormente, de acuerdo a los requerimientos específicos del fabricante del motor, se inyecta la cantidad precisa de combustible para que la combustión sea lo más completa posible.

El sistema de inyección electrónico de combustible está compuesto, básicamente, de sensores, actuadores, y además, de una unidad de control electrónica. Este sistema basa su funcionamiento en la medición de ciertos procesos de trabajo del motor, como por ejemplo, la temperatura del aire, el caudal de aire, el estado de carga, la temperatura del refrigerante, los gases de escape y la cantidad de oxígeno que poseen, así como también, las revoluciones del motor. El sistema electrónico de control se encarga de procesar toda esta información en relación a su funcionamiento. Los resultados se transmiten a modo de señales a los actuadores que van controlando, según el estado general del motor, la inyección de cierta cantidad de combustible, encargándose también de lograr una combustión completa.

El sistema también cuenta con un autodiagnóstico, que avisa al conductor cuando hay algo que no se encuentra en orden. Además se realiza un diagnóstico externo a través de scanners electrónicos que controlan que todas las funciones cumplan con determinados parámetros. (SANTANDER, 2005).

**2.1.2. Componentes.** Entre los diferentes tipos de inyección electrónica hay una cierta variación en los componentes que conforman el sistema pero básicamente se utilizan los siguientes:

- Tanque de combustible
- Bomba de combustible
- Riel de inyectores
- Inyectores
- Válvula reguladora de presión
- Sensor CKP
- Sensor TPS
- Sensor MAF
- Sensor IAT
- Sensor ECT
- Sensor O2
- Sensor KS
- Bobinas
- Sensor CTS
- Sensor MAP

**2.1.3. Funcionamiento.** El sistema de inyección es una de las maneras de inyectar combustible en los cilindros del motor a gasolina, lleva varias décadas incorporado.

Todos los tipos de inyección basan su funcionamiento en la ayuda electrónica para la dosificación del combustible y así reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera y optimizar el consumo de combustible.

La función de la inyección electrónica de combustible en los motores es:

Medir el aire aspirado por el motor, controlado por el conductor mediante el pedal del acelerador, en función de la carga del motor necesaria en cada caso, con el objeto de adaptar el caudal de combustible a esta medición y conforme al régimen de funcionamiento del motor, dosificar mediante inyección la cantidad de combustible necesaria por esta cantidad de aire requerida para que la combustión sea lo más óptima posible para que esta medida sea lo más cercana a la relación estequiométrica, dentro de los valores del factor lambda y completar la función de la combustión junto con el encendido del motor

#### 2.1.4. Tipos de inyección electrónica.

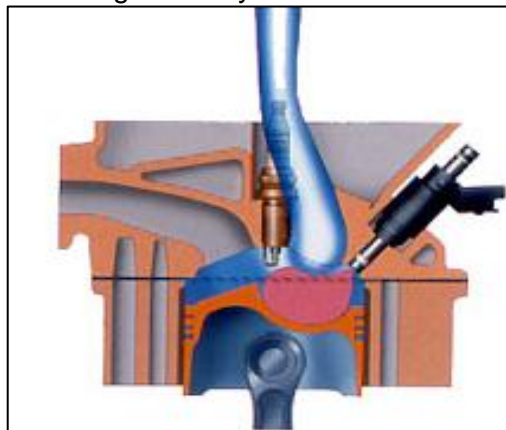
Se pueden clasificar en función de sus características:

- Según el lugar donde inyectan.
- Según el número de inyectores.
- Según el tipo de inyección.
- Según las características de funcionamiento.

##### 2.1.4.1. Según el lugar donde inyectan:

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

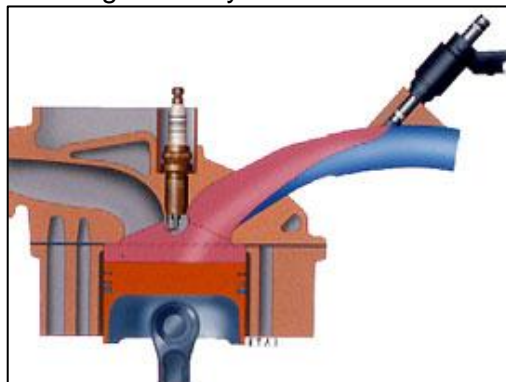
Figura 1. Inyección directa



Fuente: [http://www.km77.com/marcas/peugeot/motorhpi\\_00/1med/compracion.jpg](http://www.km77.com/marcas/peugeot/motorhpi_00/1med/compracion.jpg)

*Inyección indirecta.*- el inyector administra el combustible en el colector de admisión, antes de la válvula de admisión.

Figura 2. Inyección indirecta



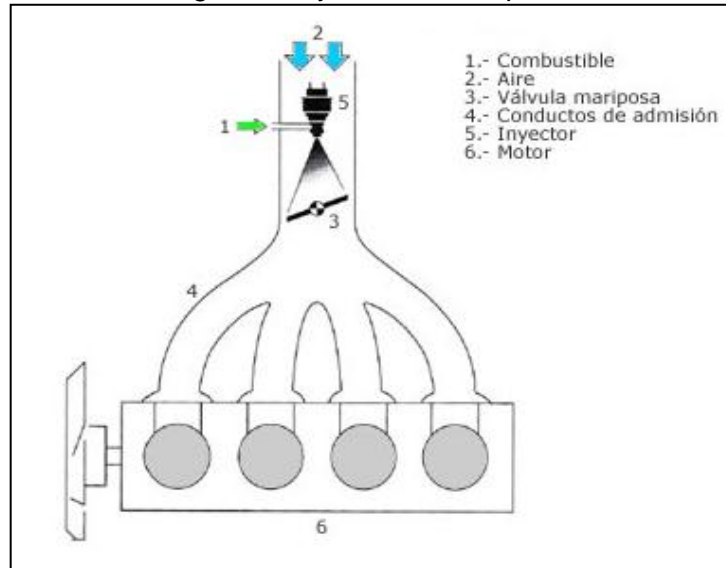
Fuente: [http://www.km77.com/marcas/peugeot/motorhpi\\_00/1med/compracion.jpg](http://www.km77.com/marcas/peugeot/motorhpi_00/1med/compracion.jpg)



**2.1.4.2.** Según el número de inyectores:

*Inyección mono punto.*- consta de un solo inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión, antes de la mariposa que controla el pedal del acelerador.

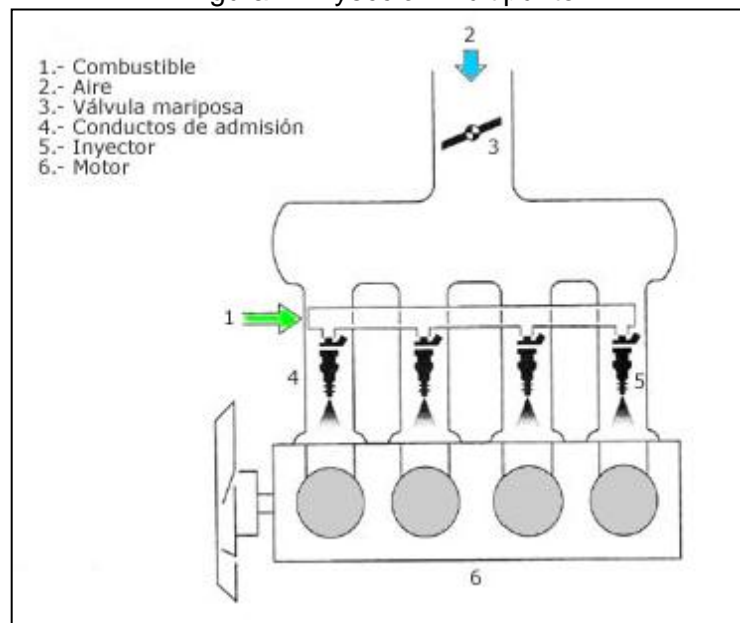
Figura 3. Inyección mono punto



Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2011/MENDOZA/1707/monopunto-multipunto.jpg>

*Inyección multipunto.*- Consta de un inyector por cada cilindro pudiendo ser de tipo inyección directa o indirecta.

Figura 4. Inyección multipunto



Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2011/MENDOZA/1707/monopunto-multipunto.jpg>

### 2.1.4.3. Según el tipo de inyección:

*Inyección continua.*- En este tipo de inyección, los inyectores introducen el combustible de manera continua en el colector de admisión, ya dosificada y a presión.

*Inyección intermitente.*- los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir el inyector abre y cierra según recibe las órdenes de la PCM.

### 2.1.4.4. Según las características de funcionamiento:

*Inyección mecánica (K- jetrónico).*- este sistema proporciona un caudal variable combustible manejado mecánicamente y en modo continuo.

*Inyección electromecánica (KE- jetronic).*- es un sistema mejorado que interactúa el sistema K-jetronic con una unidad de control electrónica (ECU), optimiza el consumo de combustible a la calidad de los gases de escape.

*Inyección electromecánica (L- jetronic, motronic).*- el sistema de admisión tiene por función hacer llegar a cada cilindro del motor el caudal de aire necesario a cada carrera del pistón este sistema es netamente electrónico. (MARTÍNEZ, 1999)

## 2.2. Sensores

*Sensor CKP (posición del cigüeñal).*- Este sensor está formado con un diseño básico de imán permanente y enrollado con un espiral protegido por medio una cobertura de plástico y en la punta de la misma un pedazo de hierro, este tipo de sensores se encuentran en diferentes presentaciones, eso depende para cada uno de los diferentes tipos de motores.

Figura 5. Sensor CKP



Fuente: <http://mlm-s2-p.mlstatic.com/sensor-ckp-posicion-de-ciguenal-chevrolet-gmc-isuzu-au1-3341>

El sensor utiliza el efecto hall, es el encargado de mandar una señal a la ECM indicando las revoluciones del motor, el tiempo de inyección e ignición consta de tres cables uno de 12V otro de 5V y tierra, está ubicada en la polea del cigüeñal la que consta de una rueda fónica con uno o dos dientes faltantes.

Figura 6. Sensor de revoluciones del cigüeñal



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescommon/common-rpm.gif>

**2.2.1. Sensor TPS (posición de la mariposa del acelerador).** Este sensor está compuesto básicamente de un potenciómetro de tipo resistor variable existente en el mercado con una amplia variedad de modelos dependiendo el tipo de vehículos.

El sensor tiene en su configuración una pieza tipo rotativa la cual se encuentra ubicada en la aleta del cuerpo de aceleración, al moverse la aleta de aceleración, también al mismo tiempo se mueve el potenciómetro, al realizar este movimiento aumenta el voltaje enviando así esta información a la computadora, encargada de analizar y realizar automáticamente la mezcla de aire-combustible de acuerdo a las medidas estequiométricas.

Este sensor consta de tres cables los cuales son los siguientes:

- 12V
- Señal.
- Tierra.

Figura 7. Sensor TPS



Fuente: <http://www.automecanico.com/auto2046/hyundai/imaghyundaifi003.jpg>

**2.2.2. Sensor MAP (manifold absolute presión).** Es un sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión del vehículo, prácticamente la presión atmosférica más la presión barométrica de aire que ingresa al motor por el vacío generado en los cilindros. Diseñado con un chip de silicón, cámara de vacío, filtro y una boquilla por donde ingresa la presión de aire.

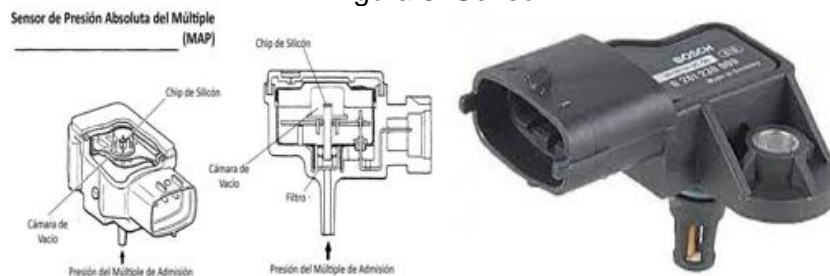
Para conocer el funcionamiento del sensor MAP, hay que tener en cuenta que existen de 2 tipos.

- Por variación de tensión
- Por variación de frecuencia

Por variación de tensión: el vacío provocado por los cilindros del motor, hace actuar una resistencia variable en el sensor, este envía información sobre la presión a la ECU.

Por variación de frecuencia: tiene dos misiones, medir la presión absoluta del colector de admisión y verificar la presión barométrica sin haber arrancado el motor, y cuando está completamente abierta la válvula de mariposa, por lo que se va corrigiendo la señal del inyector mientras hay variaciones de altitud.

Figura 8. Sensor MAP



Fuente: [http://regal-auto.co.uk/shop/images/EquipmentImage\\_551.jpg](http://regal-auto.co.uk/shop/images/EquipmentImage_551.jpg)

**2.2.3. Sensor IAT (Sensor de temperatura del aire de admisión).** Es un sensor encargado de medir la temperatura del aire de admisión siendo calculada ésta con la densidad de aire, posee una resistencia en su interior que aumenta proporcionalmente de acuerdo a la temperatura del aire, además se encuentra en constante comunicación con el sensor MAP. Envían información a la ECM en rangos de voltaje que variarán con la temperatura que ingresa dependiendo de estos valores la ECM se encargará de calcular si aumenta o disminuye el ancho de pulso del inyector siendo de esta manera la forma de calcular la medida estequiométrica.

La ECM utiliza también como estrategia a este sensor para los arranques en frío, compara tanto la señal de la ECT y la IAT, siendo que existe una variación entre el rango de 8 grados centígrados entre ellas, la ECM toma como dato que se está dando arranque en frío por lo tanto aumentará las rpm en el arranque hasta llegar al punto óptimo.

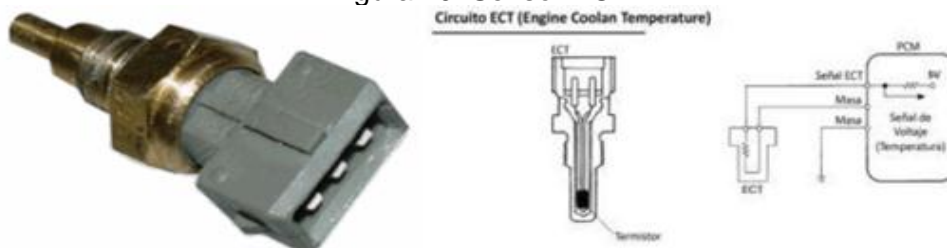
Figura 9. Sensor IAT



Fuente: <http://www.mecanicafacil.info/images/SensorTemperaturaAire.jpg>

**2.2.4. Sensor ECT o CTS (sensor de medida del anticongelante).**- Es similar al sensor de temperatura de aire, compuesto con una resistencia NTC, pero encargado de medir la temperatura del líquido refrigerante, con el mismo dato básico envía la información a la ECU y ésta se encarga de regular el ancho de pulso de los inyectores, la mezcla aire combustible, salto de chispa y velocidad alta de ralentí además envía la información a la ECM para que ésta emita la orden de funcionamiento del electro ventilador.

Figura 10. Sensor ECT



Fuente: <http://www.thedieselstop.com/faq/9497faq/maint/vra/images/a12843c.gif>

**2.2.5. Sensor de oxígeno.** Compara el oxígeno del ambiente con el gas quemado que envía el motor hacia el exterior.

La importancia de este sensor es mantener una mezcla estequiométrica adecuada, al ingresar el oxígeno del ambiente al sensor y mezclarse con la del escape éste tiene la capacidad de generar un voltaje proporcional a la diferencia  $O_2$  que envía a la computadora del auto y la misma ECM se encarga de modificar la mezcla aire combustible hasta conseguir la medida exacta.

Este sensor está conectado en el colector o múltiple de escape, llega a funcionar cuando se calienta es decir llega a una temperatura de funcionamiento normal de  $300^{\circ}C$  a partir de esa temperatura el sensor empieza a ciclar.

Figura 11. Sensor de Oxígeno



Fuente:<http://www.repuestosgm.com/images/images/87902745961895522513.jpg>

**2.2.6. Sensor KS (sensor de golpeteo).** Usa un elemento de material piezo eléctrico, encargado de generar frecuencia al existir vibración en el motor siendo la señal enviada a la computadora del vehículo.

Figura 12. Sensor KS



Fuente:[http://4.bp.blogspot.com/eckJZX2q2S4/T8wJd7\\_C0\\_I/AAAAAAAAADA/](http://4.bp.blogspot.com/eckJZX2q2S4/T8wJd7_C0_I/AAAAAAAAADA/)

Su misión es adelantar o disminuir el punto de ignición hasta que llegue al punto exacto, comúnmente se encuentra localizado en el block en la parte más alta del pistón siendo de esta manera la forma de supervisar la explosión del pistón.

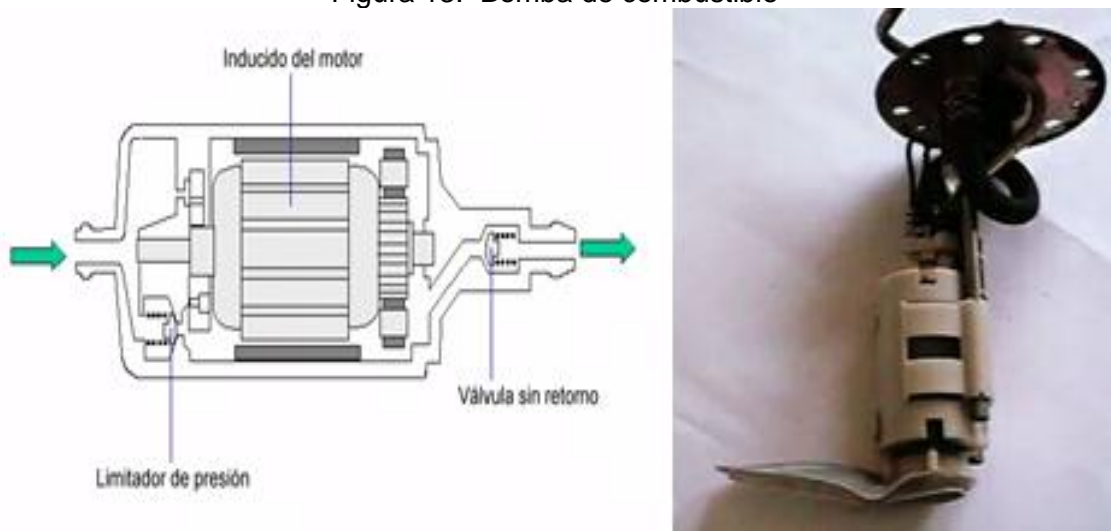
Para comprobar este elemento es necesario que exista continuidad entre sus conectores y luego de eso verificar la resistencia del sensor.

### 2.3. Actuadores

Los actuadores son elementos que reciben una orden en voltajes enviadas por la ECM para su funcionamiento, son dispositivos que realizan una acción por medio de émbolos, hidráulica y electrónica, para su perfecto funcionamiento estos dispositivos actúan en concordancia con los sensores.

**2.3.1. Bomba de combustible.** Las bombas de combustible vienen sumergidas en el tanque, son alimentadas con corriente de 12 a 13 voltios para su normal funcionamiento, consta en su parte interna de paletas las cuales se encargan de aspirar el combustible por la parte inferior de la bomba y sacarla a presión por la parte superior de la misma. (SANTANDER, 2005)

Figura 13. Bomba de combustible



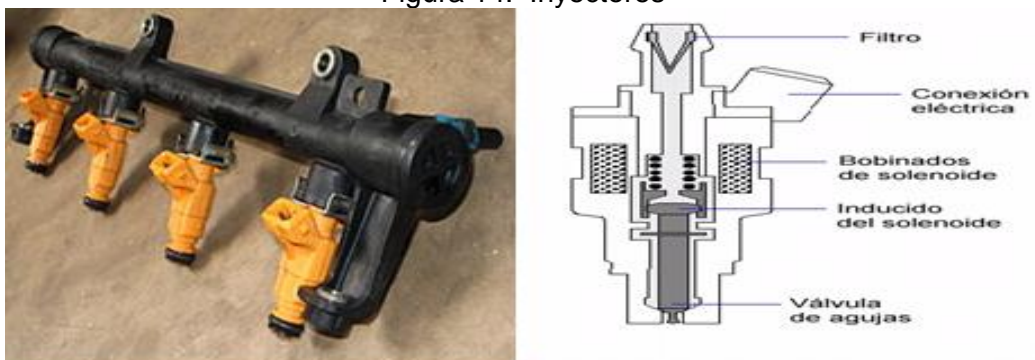
Fuente: <http://mla-s2-p.mlstatic.com/bomba-de-combustible-ford-fiesta-ka-10-13-16-98fp-9h307-13640>

**2.3.2. Inyectores.** Es un dispositivo extremadamente preciso y complejo, la ECM envía un voltaje pulsante al inyector para su funcionamiento, una bobina dentro de cada uno de los inyectores produce un campo magnético al mismo tiempo que éste se activa o desactiva por los pulsos enviados desde la ECM, un pistón de metal abre y

cierra los orificios que permite el paso de combustible hacia el motor, a medida que el combustible pasa a través del inyector, este crea un patrón de rocío de combustible específico para cada uno de los motores.

Son mecanismos diseñados y manufacturados con alta precisión ajustándose a especificaciones tan exactas como 40 millonésimas de pulgada, su función es proporcionar cantidades exactas de combustible en flujos tan cortos con frecuencias de más de 25000 veces por hora para así poder mantener una perfecta mezcla de aire – combustible y llegar a la medida estequiométrica de 14,7:1.

Figura 14. Inyectores



Fuente: [http://mla-s1-p.mlstatic.com/rampa-sin-inyectores-corsa-1600-mpfi-8v-93338456-6294-MLA96043364\\_7084-O.jpg](http://mla-s1-p.mlstatic.com/rampa-sin-inyectores-corsa-1600-mpfi-8v-93338456-6294-MLA96043364_7084-O.jpg)

**2.3.3. Bobinas de encendido.** Las bobinas de encendido son transformadores de voltaje, este tipo de bobinas conocidas como plásticas no necesitan un pre resistor o resistencia como son conocidas por lo tanto son alimentadas con 12 voltios provenientes de la batería, al definir como transformador quiere decir que aumenta el voltaje en 1000 veces con el objeto de lograr el arco eléctrico consiguiendo aproximadamente alcanzar 26000 voltios y 160000 chispas por minuto.

Figura 15. Bobinas de encendido



Fuente: [http://3.bp.blogspot.com/\\_5ETQ0fNKmA/SuYiUijkHsl/AAAAAAAAAVU/YttwJYy0CQ0/s400/Bobinas+1.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_5ETQ0fNKmA/SuYiUijkHsl/AAAAAAAAAVU/YttwJYy0CQ0/s400/Bobinas+1.jpg)



Es necesario que realice esta función y que se transporte la energía hasta las bujías y éstas entren en buen funcionamiento, porque necesita alto voltaje para su trabajo, en nuestro tipo de motor tenemos una bobina conocida como chispa perdida.

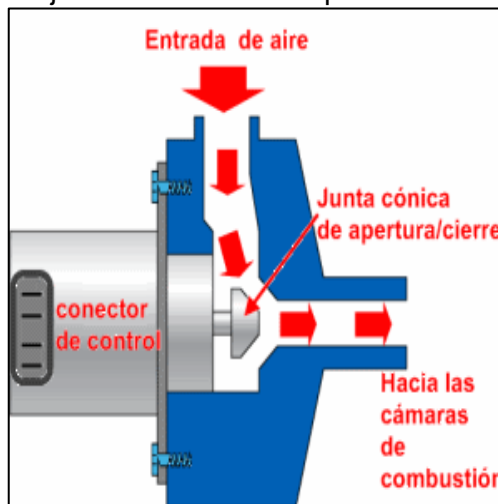
**2.3.4. Válvula IAC (Idle Air Control).** Es una válvula de marcha mínima o Bypass en su interior, consta de un motor reversible con dos bobinados para que el rotor pueda girar en los dos sentidos. El rotor tiene una rosca en su interior, en el cual, el vástago se enrosca, de esta manera al girar el rotor el vástago sale cerrando el paso de aire y si gira en sentido contrario el vástago se contrae permitiendo el paso de aire.

Figura 16. Válvula IAC



Fuente: [http://automecanico.com/auto2027A/chevr1228\\_files/image004.gif](http://automecanico.com/auto2027A/chevr1228_files/image004.gif)

Figura 17. Flujo de aire controlado por la válvula IAC

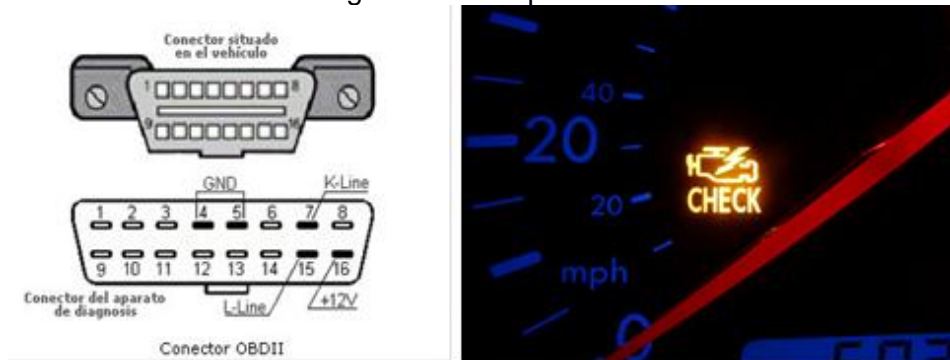


Fuente: <http://www.autodaewoospark.com/imagenes/IAC/flujo-aire-valvula-IAC.png>

**2.3.5. Lámpara MIL (OBD).** El significado de las siglas es On Board Diagnostic o diagnóstico a bordo es una normativa creada para disminuir los niveles de contaminación que emiten los motores, y mantener la operatividad de la máquina en óptimas condiciones, es considerada la lámpara MIL como uno de los actuadores ya que al encontrarse uno o varios sensores defectuosos envía la señal a la computadora

y ésta es la encargada de hacerle saber al conductor que algo anda mal en el vehículo, haciendo activar una LUZ indicadora de mal funcionamiento en el tablero.

Figura 18. Lámpara MIL



Fuente: <http://globaltiresofcalifornia.wordpress.com/files/2013/07/check-engine.jpg>

**2.3.6. Electroventilador.** Este es un elemento encargado de enfriar el líquido refrigerante que se encuentra en el radiador, consta de un motor eléctrico en algunos casos de dos velocidades conocidas como alta y baja, al calentarse el agua que se encuentra en el motor el sensor ECT envía la información a la computadora y éste envía la orden al electro ventilador a que se encienda en el mismo momento que sube la temperatura del motor se abre el termostato teniendo así una circulación de líquidos del motor hacia el radiador y viceversa. (BOSCH, 2014)

Figura 19. Electro ventilador



Fuente: [http://ist12.filesor.com/pimpandhost.com/1/\\_/\\_/1/1/2/L/m/12LmO/ELECTROVENTILADOR.jpg](http://ist12.filesor.com/pimpandhost.com/1/_/_/1/1/2/L/m/12LmO/ELECTROVENTILADOR.jpg)

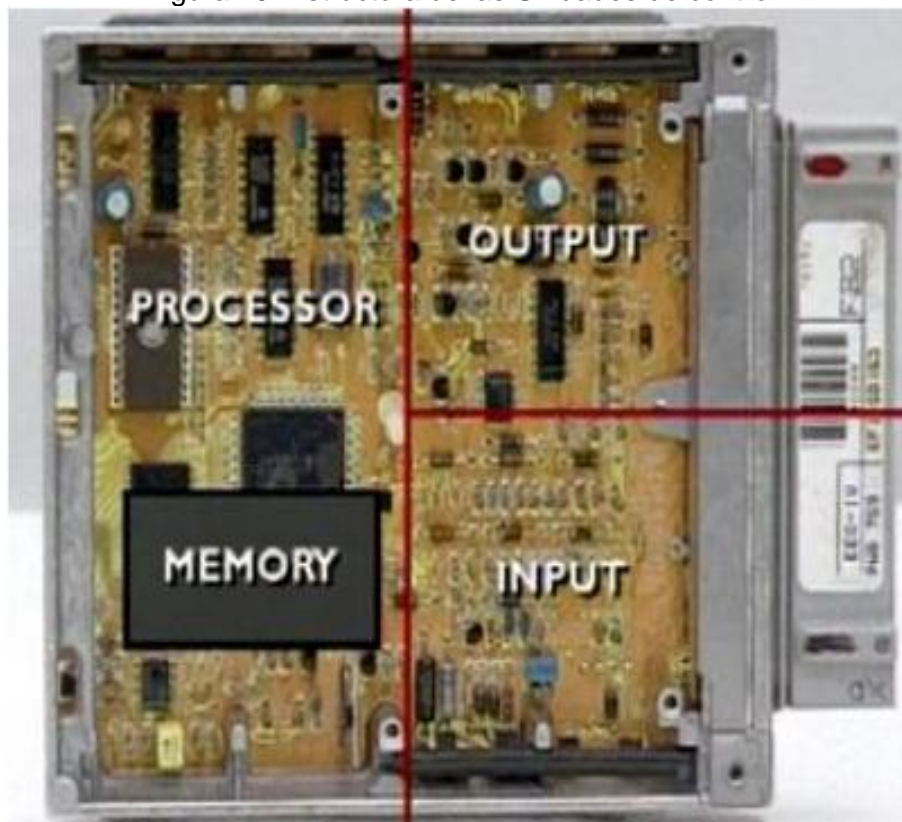
## CAPÍTULO III

### 3. UNIDADES DE CONTROL

#### 3.1. Estructura

La estructura interna de las unidades de control (ECU) son subdivididas en sectores o bloques según sus diferentes funciones con se representa en la gráfica.

Figura 20. Estructura de las Unidades de control



Fuente: <https://encryptedtbn3.google.com/images?q=tbn:ANd9GcTInPJ2Nd8xHdGmwW6PJN6y4a1YWw->

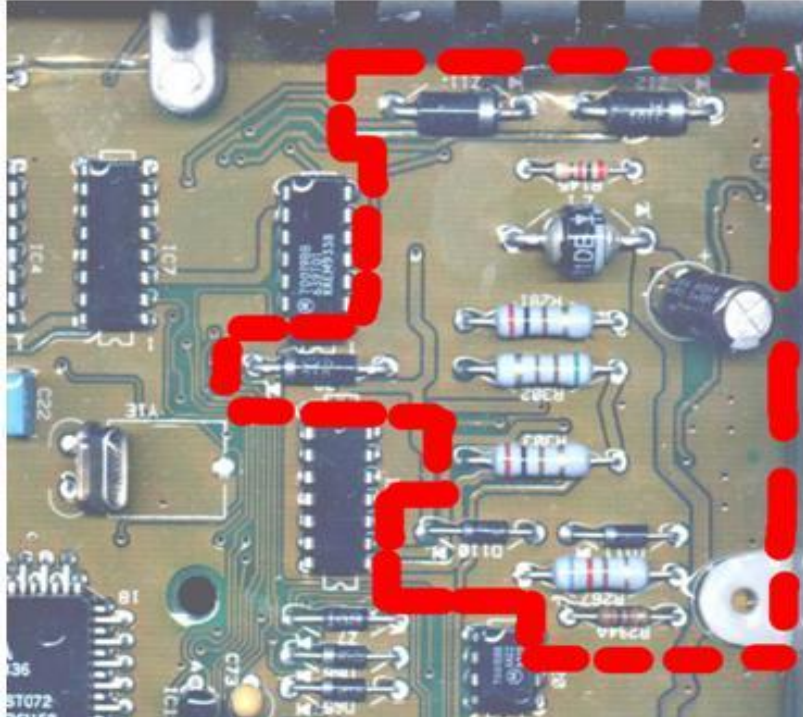
INPUT: Circuito de alimentación o entrada

PROCESSOR: Circuito de control o procesador

OUTPUT: Circuito de salida

**3.1.1. Circuito de alimentación.** Este circuito permite mantener niveles de tensión estables de esta manera se protege el módulo. Mediante este circuito obtiene niveles de tensión estables en distintos puntos, recordemos que en el automotor el sistema de carga tiene cambios de voltajes.

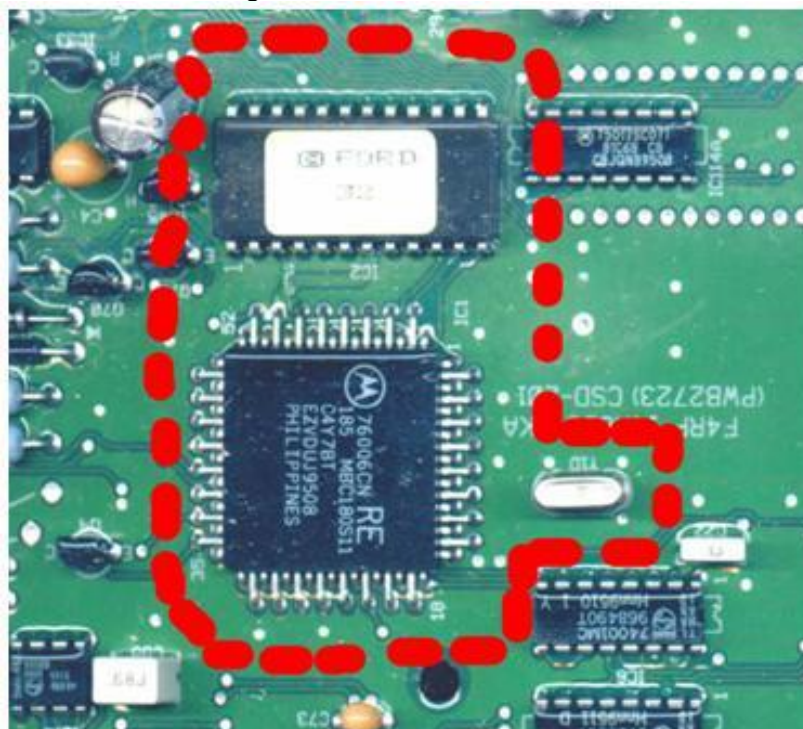
Figura 21. Circuito de alimentación



Fuente: Documento de Ing. Jorge Serravalle instructor cise electronic

**3.1.2. Circuito de control.** Este circuito es la parte lógica y operacional en donde podemos encontrar una memoria y un procesador para el procesamiento de los diferentes parámetros del motor.

Figura 22. Circuito de control



Fuente: Documento de Ing. Jorge Serravalle instructor cise electronic

**3.1.3. Circuito de salida.** Este circuito sirve para tratar las diferentes señales que salen del microprocesador y van a los actuadores.

Figura 23. Circuito de salida



Fuente: Documento de Ing. Jorge Serravalle instructor cise electronic

### **3.2. Funcionamiento**

Básicamente el funcionamiento de las computadoras para autos con motores a diesel o gasolina han ido evolucionando muy rápidamente se inició con las computadoras fabricadas anteriormente solo con transistores en un sistema de comunicación analógica, muy complicados en la reparación, tenía un sin número de elementos para su funcionamiento y su mantenimiento muy difícil de llevarlo a cabo.

Hoy en día ha mejorado el diseño interno de la computadora con su evolución en la industria automotriz se ha logrado que los motores tengan mejor rendimiento, mayor potencia en menor consumo de combustible, también obtener información con equipos de diagnóstico para de esta forma facilitarnos el trabajo cuando exista una falla en el vehículo.

Este tipo de tecnología en la actualidad lograr comunicar los elementos externos como los sensores y actuadores con la memoria principal, esto se logra con un lenguaje binario donde solo va a entender la información con “0” y “1”. Con este lenguaje

logramos representar en estados físicos lo que es: Presión, Barométricas, combustible, manométrica, frecuencia de un sensor de velocidad o del sensor de revoluciones, corriente de los sensores y voltajes.

Tabla 1. Nomenclatura

Número	Binario	Octal	Hexadecimal	Decimal
0	0000	0	0	0
1	0001	1	1	1
2	0010	2	2	2
3	0011	3	3	3
4	0100	4	4	4
5	0101	5	5	5
6	0110	6	6	6
7	0111	7	7	7
8	1000	10	8	8
9	1001	11	9	9
10	1010	12	A	10
11	1011	13	B	11
12	1100	14	C	12
13	1101	15	D	13
14	1110	16	E	14
15	1111	17	F	15

Fuente: Autores

La computadora internamente consta de convertidores analógicos digitales, son los encargados de tomar la información de los sensores de 0 a 5 voltios y al llegar al convertidor se encarga de transformar esa señal en 0 y 1, con esto el micro procesador puede interpretar el correcto funcionamiento del motor, y puede mandar la orden a los actuadores para que estos entren en funcionamiento.

### 3.2.1. Tipos de procesadores.

**LA RAM:** Esta memoria tiene tres funciones principales en una ECU la primera actúa como una libreta de apuntes donde sí se necesita hacer un cálculo matemático es la encargada de enviar los valores, segundo almacena información cuando el motor está apagado y tercero almacena códigos de falla que se verifique en el motor, estos códigos se eliminarán al reparar el problema y borrar códigos con un scanner; también puede ser cuando se genere 50 arranques y por ultimo cuando la batería del vehículo se descargue completamente de esta manera borrando su memoria, lo que no ocurre con la ROM y PROM.

**ROM:** Es una memoria solo de lectura donde se encuentran almacenadas las principales instrucciones de la computadora, esto quiere decir que la computadora toma la orden de “cuando senso determinado parámetro, tengo que hacer que se ejecute lo siguiente”, esta memoria no es borrable, lo que se pretende indicar es que cuando se quede la ECU sin energía de la batería la información no se borrará.

**PROM:** Esta es una memoria programable solo de lectura, funciona en conjunto con la ROM esta memoria es la encargada de los ajustes finos del motor como consumo de combustible, adelanto o retraso de la chispa de las bobinas, en ésta memoria se halla almacenada toda la información del motor, transmisión, peso del vehículo, etc. De la misma forma que la ROM no es una memoria borrable si en caso se quedara sin energía la ECU. (ECHBOOK, 2010)

### 3.3. Unidades programables

La computadora programable (MegaSquirt) tiene el mismo principio de comunicación entre los sensores que envían la señal a la computadora y esta a su vez da la orden de mando a los actuadores.

La MegaSquirt (MS) es una computadora totalmente programable en los siguientes parámetros: el adelanto de la chispa de encendido, pulsos de inyección, cantidad de combustible, correcciones barométricas, correcciones en relación a la temperatura del aire o a su vez del refrigerante, y con un microprocesador mucho más rápido que las originales para con ello lograr producir más caballaje y aprovechar toda la eficiencia volumétrica del motor, la misma que contiene una conexión serial con un interface para una computadora serial (PC) laptop o notebook, todo esto se logra con el software, que en este caso por tratarse de la MegaSquirt se lo denomina como TunerStudio MS.

Figura 24. Unidad programable MegaSquirt



Fuente: <http://www.piratamotor.com/megasquirt/c%C3%B3digos/c%C3%B3digo-msextra-en-megasquirt-1-ms1.html>

Podemos controlar motores de 1 a 12 cilindros, estos pueden ser Turbo alimentados (TA) o normalmente Aspirados (NA) con inyectores de alta o baja impedancia (high o low) e incluso con motores de chispa perdida, de la misma forma logrando tener la secuencia correcta de disparo (Trigger) directo del cable negativo de la bobina o señal del sensor RPM.

Un sistema básico de la MS cuenta con un sensor MAP de 2.5 bares con una capacidad de lectura de hasta 21 PSI (Presión de aire) este sensor sirve tanto para motores Turbo alimentados de bajo boost, es decir menores de 21 PSI o también como para motores normalmente Aspirados.

Tabla 2. Parámetros climáticos de Riobamba

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura máxima absoluta (°C)	27	28	27	28	28	26	27	28	29	28	27	28
Temperatura máxima media (°C)	20	21	20	20	19	19	19	19	19	21	20	20
Temperatura mínima media (°C)	10	10	7	4	5	3	3	6	9	4	7	9
Temperatura mínima absoluta (°C)	1	1	-2	-4	0	0	-3	-1	2	0	0	1

Fuente: INAMI

Para lograr conseguir un excelente mapeo de la MS tanto en motores Turbo alimentados como en motores Aspirados es posible realizarlo más rápido con la ayuda de la WIDEBAND.

Figura 25. WIDEBAND



Fuente: [http://www.innovatemotorsports.com/xcart/product\\_image.php?imageid=89](http://www.innovatemotorsports.com/xcart/product_image.php?imageid=89)



El Wideband es un elemento muy importante para la calibración del vehículo, se trata básicamente de un sensor de oxígeno, donde se coloca el sensor original se obtiene lecturas de mezcla combustible, al igual en tiempos reales, con esto se logra tener como anteriormente se mencionaba un mapeo de calidad a diferentes alturas sobre el nivel del mar. (TECCA, 2002)

El sistema de la MS actualmente ha sido instalados en vehículos para competencias de ¼ de milla, autos de pista, rally, autos estándar mejorados o simplemente en autos estándar que contengan la ECU original dañada o sus vehículos fueron flageados, logrando con esto evitar muchos inconvenientes a personas que se les sea imposible conseguir repuestos o en el peor de los casos una computadora original, en vehículos de gama alta sería demasiado costoso o demorado el proceso de importación.

### 3.3.1. Accesorios que se le puede activar a la MS son:

- Controlar el encendido del electro ventilador por medio de la computadora en caso de que no tenga el vehículo un termo switch incorporado en el radiador también así se lograría poner un segundo ventilador controlado al igual con la MS, comúnmente son colocados en los vehículos de rally, éstos son sometidos a altas temperaturas por su constantes sobre revoluciones.
- También consta como accesorios las luces indicadoras que se le puede poner en un tablero, todas estas controladas electrónicamente con la MS.

Figura 26. Luces Indicadoras

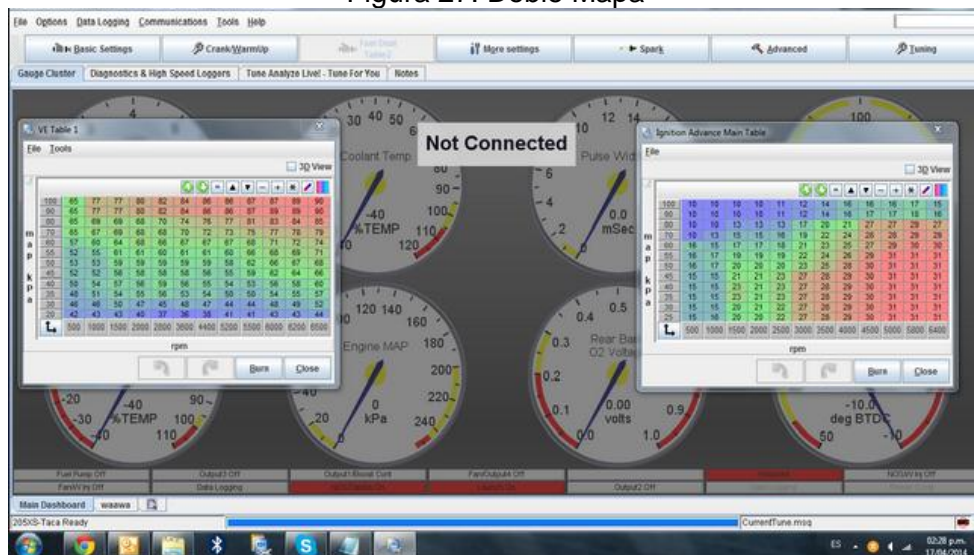


Fuente:[https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ9Mmqn5Sa4tTmAZUuzjeZJXntAiN\\_Fg7fzZXtF\\_F1cwcvl5clm](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ9Mmqn5Sa4tTmAZUuzjeZJXntAiN_Fg7fzZXtF_F1cwcvl5clm)

- Como accesorio se lo conoce o se activa el doble mapa, que por medio de un interruptor vamos a poder tener dos calibraciones ya listas sin requerir de la PC serial, laptop o notebook, éste se pondría en la posición uno del interruptor la calibración normal de serie donde no habrá ninguna modificación fuera de lo normal como una computadora original y de esta forma ahorrar combustible.

En la posición dos del interruptor se colocaría una calibración de para carreras donde todos sus parámetros van a estar modificados como son: el adelanto de la chispa, pulsos de inyección, cantidad de mezcla y con esto lograr sacarle mayor eficiencia volumétrica al motor.

Figura 27. Doble Mapa



Fuente: <http://www.piratamotor.com/megasquirt/c%C3%B3digos/c%C3%B3digo-msextra-en-megasquirt-1-ms1.html>

- Otro de los accesorios es el conocido control de partida, éste consta de un interruptor que se lo puede colocar en el pedal del embrague, lo que se va a lograr con esto es un corte de revoluciones calibrado, es decir si tenemos el pedal del embrague a fondo o desembragado se le manda la orden o calibración a la MS para que corte inyección o chispa a unas 4000 rpm al momento de ya retirar el pie del embrague se desactiva el interruptor y automáticamente se pasa a un corte de revoluciones sobre las 7000 rpm, dichos valores serán programados por el tecnico.
- Otro accesorio es la activación del conocido shift light, que no es más que una luz indicadora antes del corte de revoluciones para realizar el cambio de marcha

en forma ascendente, al igual que las anteriores esto es programado a gusto del propietario y controlado por la MS.

Figura 28. Shift Light



Fuente: [http://img2.mlstatic.com/s\\_MLA\\_v\\_V\\_f\\_100672967\\_3320.jpg](http://img2.mlstatic.com/s_MLA_v_V_f_100672967_3320.jpg)

### **3.4. Clasificación de las unidades programables**

Existen varios tipos de modelos de la MS, esto se puede distinguir tanto en la versión del PCB (Printed Circuit Board) como en la versión del procesador, anteriormente había la PCB 2.2 que es la menos utilizada hoy en día ya, ahora existe en el mercado la 3.0 que a diferencia con la 2.2 ésta no controla los inyectores de baja impedancia (low), tampoco cuenta con un controlador de bobinas en la forma original por ser éste un prototipo, es decir el primero que salió al mercado, otra de las desventajas es que se requería la utilización de un módulo para convertir la señal magnética de la bobina.

El chip procesador que predomina en la actualidad es el de la MS I aunque esto está cambiando rápidamente en los últimos años, la MS II cuenta con la programación para controlar accesorios en mayor contraste, este chip es el más completo y eficiente, se considera que supera casi por el triple o más a la MS I en sus prestaciones.

#### **3.4.1. Características de cada una de ellas:**

- MegaSquirt(MS)1:

2 salidas de inyección: Motor de 2 cilindros, se puede configurar para hacer inyección simultánea, semí-secuencial o secuencial. Motor de 4 cilindros, se puede configurar para hacer inyección simultánea o por bloques. Motor de 6 cilindros, se puede configurar para hacer inyección simultánea o por bloques, conectando 3 inyectores a una salida y los otros 3 a otra salida. Motor de 8 cilindros, se puede configurar para

hacer inyección simultánea o por bloques, conectando 4 inyectores a una salida y los otros 4 a la otra salida

6 salidas de encendido: Desde un motor de 1 cilindro hasta un motor de 6 cilindros se podría configurar para trabajar con 1 sola bobina, chispa perdida o encendido secuencial. Para motores de más de 6 cilindros se podría configurar para hacer encendido por una bobina con distribuidor o chispa perdida.

- MegaSquirt (MS)2

2 salidas de inyección: mismas características que MS1.

4 salidas de inyección, mediante modificación en la placa:

Motor de 4 cilindros, se conseguiría configurar para hacer inyección secuencial.

Motor de más de 4 cilindros, se podría configurar para hacer inyección semi-secuencial, hasta un máximo de 8 cilindros. 6 salidas de encendido: mismas características que MS1.

- MegaSquirt(MS)3

8 salidas de inyección, hasta un motor de 8 cilindros se lograría configurar en modo secuencial, motores de más cilindros se podrían configurar en modo semi secuencial, 8 salidas de encendido, hasta un motor de 8 cilindros se configuraría en modo secuencial, motores de más cilindros se lograrían configurar en modo de chispa perdida. (ÁLVARES, y otros, 2011)

## CAPÍTULO IV

### 4. IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

#### 4.1. Construcción del soporte

Para la construcción del soporte del motor se utilizó un tubo cuadrado de acero estructural ASME A500 de 60mm x 3mm, con éste se construyó una base cuadrada, la misma que fue soldada mediante un sistema de arco eléctrico con un electrodo 6011.

La base para la batería se realizó con un ángulo de perfil de 40mm x 3mm, que fue medido y cortado, para luego ser unido a la estructura principal mediante soldadura. De igual forma se procedió a elaborar el soporte del tanque de combustible utilizando para esto un ángulo de perfil 40mm x 3mm, que también fue soldado a la estructura principal.

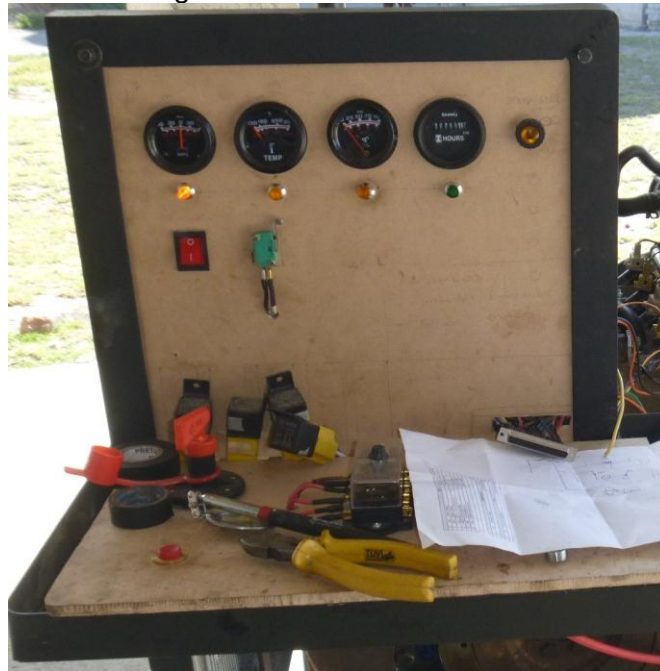
Figura 29. Soporte batería y tanque de combustible



Fuente: Autores

A continuación se procedió a realizar el soporte del panel de control con un perfil angular de 40mm x 3mm y para el fondo se utilizó madera MDF de un espesor de 6mm, en el cual se instalaron los manómetros de presión de aceite, voltímetro, medidor de temperatura y un horómetro con sus respectivos focos indicadores, todo esto en la parte frontal y en la parte horizontal se puso un cortador de corriente, un porta fusibles, la ECU programable y la laptop.

Figura 30. Tablero de mando



Fuente: Autores

Con el propósito de facilitar la movilidad del banco de pruebas, se colocaron garruchas, las mismas que fueron seleccionadas en función del peso del banco y la funcionalidad del mismo, puesto que éstas poseen un freno para fijar el banco en una posición de trabajo y así evitar deslizamientos por el funcionamiento del motor.

Véase el comportamiento de la estructura en cuanto a esfuerzos en el anexo A.

Figura 31. Ubicación de garruchas



Fuente: Autores

#### 4.2. Montaje del motor en el soporte

Se instalaron cuatro bases de caucho en la estructura del soporte construido y descrito anteriormente, las mismas que fueron apropiadamente fijadas mediante pernos que ayudan a mitigar las vibraciones del motor, durante su utilización.

Se ubicó el motor encima de las bases, se aseguró con pernos M12 con un apriete de 80Nm.

Figura 32. Bases del motor



Fuente: Autores

#### 4.3. Ubicación e instalación de accesorios del motor

Los accesorios que se instalaron en la maqueta o banco de pruebas son: el radiador, la batería el tanque de combustible.

El radiador se lo situó a un costado del motor, fijado con una platina de hierro de 40mm x 3mm sujetando lateralmente al radiador.

Figura 33. Soporte radiador



Fuente: Autores

La batería se colocó en el respectivo soporte ya construido con la estructura general, al igual que el depósito de gasolina.

Figura 34. Batería y tanque de combustible



Fuente: Autores

#### 4.4. Sistema eléctrico

Descripción N.- 1 de elementos usados en la maqueta:

- 2 metros de cable N°- 16
- 2 metros de cable color negro N°- 12
- 1 ½ m de cable rojo N°- 02
- 1 m de cable negro N°- 02



- 1 rollo de teflón
- 2 bornes de batería para positivo y negativo
- 3 terminales de ojo grandes.
- 25 terminales de riel medianos.
- 6 focos led de color azul.
- 1 foco de 12V color amarillo, tamaño mediano
- 1 manómetro de aceite
- 1 manómetro de temperatura
- 1 manómetro indicador de carga.
- 1 horómetro
- 1 cortador de corriente
- 2 interruptores de dos posiciones (ON-OFF)
- 1 interruptor de dos posiciones tipo pulsador.
- 1 pulsador de bronce para 12 V.
- 1 fusiblera de capacidad de 6 fusibles

Descripción de conexión del sistema eléctrico.

Figura 35. Tablero de mando 1



Fuente: Autores

Figura 36. Tablero de mando 2

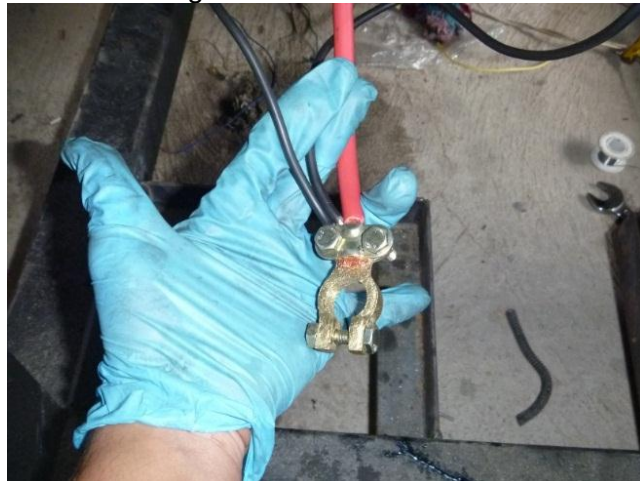


Fuente: Autores

Luego de saber la ubicación de todos los elementos a utilizar en la maqueta, se procedió en primer lugar a la conexión del sistema eléctrico.

Para esto se realizó de la siguiente manera: primero se colocó el borne de la batería en el cable N°-02 de polaridad positiva (color rojo).

Figura 37. Borne Positivo



Fuente: Autores

Haciéndole llegar del otro extremo del mismo hacia el cortador de corriente

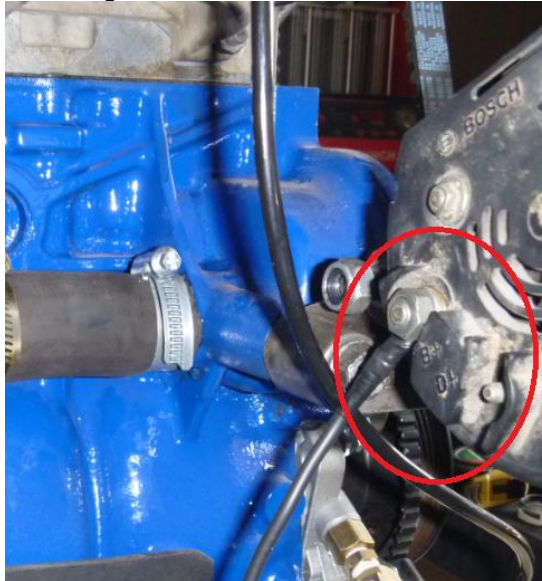
Figura 38. Cortador de corriente



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=cortadores+de+corriente+para+autos>

Y éste a su vez al borne positivo del alternador (Tuerca M 12). De la tuerca sobrante de la misma (Tuerca M8) se saca un cable directo a tierra del foco led que lo ubicamos como indicador debajo del manómetro de carga.

Figura 39. Conector alternador



Fuente: Maqueta realizada

Del otro borne del cortador de corriente se sacó un cable al motor de arranque (Cable N°- 12) (Tuerca M 12) del otro borne del motor de arranque (Tuerca M8) la misma que es encargada de darle movilidad al automático, se procedió a colocar a la salida del pulsador de arranque.

Figura 40. Conector motor de arranque



Fuente: Maqueta Realizada

De la misma secuencia de este cable se sacaron tres extensiones más: una de ellas fue dirigida hacia la entrada del pulsador que nos servirá como arranque del banco motor, la otra a la caja de fusibles dando alimentación a los cuatro primeros fusibles desde el cortador de corriente y por último fue dirigida hacia el relé principal (MAIN RELAY) al pin N°- 30; la alimentación de la bobina interna del relevador siempre será por el PIN 85, esto se logró ocupando el fusible número 1 hacia el interruptor principal, al poner en contacto éste se alimentará los fusibles 5 y 6 y la salida del relevador será del Pin 86 conectado a tierra.

El fusible número cinco fue destinado precisamente a la alimentación de todos los focos indicadores.

El manómetro de carga fue conectado a los pines positivo y negativo desde la batería tal como lo indica en la parte posterior del manómetro.

Figura 41. Manómetro de Carga



Fuente: Autores

El manómetro de temperatura al ser de forma mecánica se adaptó una tuerca (M23) a la tubería de metal. Este foco led indicador será activado desde la computadora del banco, al verificar por medio del ECT que corre riesgo el motor por alta temperatura.

Figura 42. Manómetro de Temperatura



Fuente: Autores

El manómetro de presión de igual forma que el anterior, por ser su funcionamiento mecánico se realizó un acople (como lo indica en la Figura 37) desde la bomba de aceite, con el fin de que entre en funcionamiento la misma, al estar encendido el motor.

Figura 43. Acople Manómetro de Presión de aceite



Fuente: Autores

Figura 44. Manómetro de presión de aceite



Fuente: Autores

El manómetro denominado horómetro se le hizo la conexión desde el pin número 87 del relevador de la bomba de combustible, éste será el encargado de monitorear cuantas horas se encuentra en verdadero uso el banco porque solo funcionará cuando el motor se encuentre encendido y así establecer mantenimientos preventivos de la misma.

El foco indicador de éste manómetro, siempre va a permanecer encendido cuando el interruptor principal esté activado indicando que el banco se encuentra energizado.

Figura 45. Horómetro



Fuente: Autores

#### 4.5. Instalación de la ECU programable

Descripción de materiales para la conexión del arnés de la MegaSquirt:

- 1 Rollo de estaño
- 1 Pasta para soldar.
- 1 Cautín.
- 2 Rollos de cinta aislante.
- 5 Metros de cable de cada color.
- 6 Terminales de ojo pequeños
- 10 Terminales de ojo mediano
- 6 Terminales de riel pequeños.
- 30 Terminales de riel medianos.
- 3 Metros de sorbete térmico.
- 2 Metros de tubo plástico para la protección de los cables en grande
- 2 Metros de tubo plástico para la protección de los cables en mediano.
- ½ Metro de tubo plástico para la protección de los cables en pequeño.
- 4 Relevadores 87 – 86 – 85- 30
- 1 Relevador 87<sup>a</sup> – 87 – 86 – 85 – 30.

Antes de realizar la conexión del nuevo arnés del sistema electrónico, primero se realizó las últimas comprobaciones al banco motor tales como:

- Verificación de fugas o goteo de refrigerante en todo el sistema de refrigeración, para lograr esto se colocó un equipo especial de radiadores que simuló la presión en la que trabajará el motor, esto es de 9 a 10 psi, al no tener caída de presión en diez minutos se procede a darle el visto bueno para seguir con los siguientes chequeos.

Figura 46. Verificador de fugas



Fuente: Autores

- Verificación de fugas de aceite, esto por simple seguridad del sistema y para no tener fugas de aceite se colocó en cada conexión o unión cinta de teflón con el motivo de precautelar daños en el futuro por pérdidas de aceite.

Figura 47. Verificación fugas



Fuente: Autores

- Verificación de inyectores, antes de hacer este tipo de chequeo se procedió en primer lugar a lavar los inyectores por medio de ultra sonido durante quince minutos y a su vez se cambió los micro filtros para un mejor funcionamiento, al

terminar el lavado de inyectores se colocó en el banco de pruebas y se dejó correr el test automático el cual se encarga de ver pruebas de goteo del inyector, pruebas de flujo y simulación de inyección.

Figura 48. Lavador de inyectores



Fuente: Autores

Para esta descripción es necesario saber el PIN DATA de la MegaSquirt que se detalla a continuación.

Tabla 3. PIN data MegaSquirt

<b>Pin data megasquirt</b>			
1	Libre	20	Lat señal
2	(-) ckp	21	Cts señal
3	Ind. Temperatura	22	Tps señal
4	Control de partida	23	O2
5	Libre	24	(+) ckp
6	Libre	25	Ventilador
7	Libre	26	5v. Tps
8	Gnd	27	Shift light
9	Gnd	28	12v. Sw fusible 3 - 5 amp.
10	Gnd	29	Doble mapa
11	Gnd	30	Libre
12	Libre	31	Bobina 2-3
13	Libre	32	Libre
14	Libre	33	Inyectores 1-4
15	Libre	34	Inyectores 2-3
16	Libre	35	Libre
17	Libre	36	Bobina 1-4
18	Gnd sensores	37	Control de la bomba combustible.
19	Gnd sensores		

Fuente: Megasquirt



Se procedió a soldar un metro de cable de cada color en el conector de la computadora cada uno de estos para los distintos sensores, elementos y actuadores, para no tener ningún tipo de corto circuito se colocó pedazos pequeños del sorbete térmico en cada soldadura y con la pistola de calor logramos contraer las soldaduras.

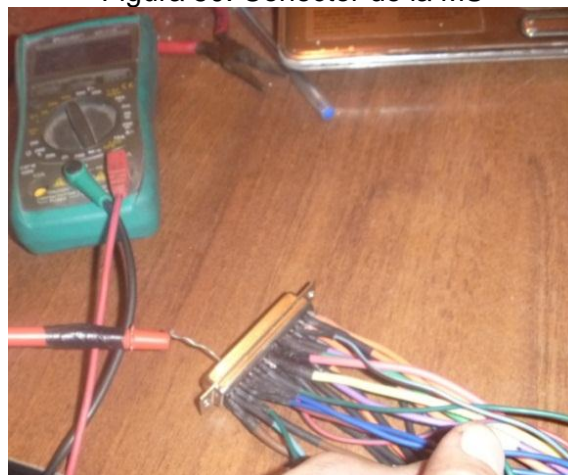
Figura 49. Conector de la MS



Fuente: Autores

Al terminar con la conexión de todos los cables en el socket de la MegaSquirt verificamos con un multímetro posibles cortos o uniones de pines por medio de soldaduras, esto se logró colocando el multímetro en el área de continuidad y una punta del multímetro en cada pin y la otra en el cable, al no haber ningún corto procedimos a la colocación del nuevo arnés al motor.

Figura 50. Conector de la MS



Fuente: Autores

Una vez ubicados los elementos en el panel de control, el arnés en su posición y con el pin data en la mano se procedió a conectar cada uno de los sensores, indicadores, elementos de interruptor según el diagrama a seguir.

Para esto necesitamos cinco relevadores, 4 relevadores 87 – 86 – 85- 30 y 1 relevador 87<sup>a</sup> – 87 – 86 – 85 – 30,

Figura 51. Relevador 4 pines



Fuente: <http://m.forocoches.com/foro/showthread.php?t=2087658>

Figura 52. Relevador 5 pines



Fuente: <http://audittco.blogspot.com/2014/02/instalacion-turbo-timer.html>

Los cuales están destinados para, relevador principal, relevador de la bomba, relevador de inyección e ignición, relevador del ventilador y por último el relevador del control de inyección, este último ayudará a que se intercambie al doble mapa del sistema, es decir por medio de un interruptor sin necesidad de la laptop puede tener dos calibraciones diferentes al mismo tiempo.

Figura 53. Tablero de Control



Fuente: Autores

- Relevador

Figura 54. Relevador principal



Fuente: Autores

Del fusible número 1 sale al interruptor principal, la salida de éste alimenta de 12 V a los fusibles 4 y 5 y también el relevador principal por medio del pin 30, el pin 85 es alimentado por la salida del interruptor principal, el 86 se coloca a tierra, el 87 del primer relevador sale la alimentación de los otros cuatro relevadores, todos estos son alimentados al pin 85.

PIN 30 = recibe 12V desde el interruptor master

PIN 87 = Alimenta los cuatro relevadores restantes al PIN 85

PIN 85 = Recibe alimentación al conectar el interruptor principal

PIN 86 = Tierra de chasis

Figura 55. Relevador  
Relé Automotriz BOSCH



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=relay&biw>

- Relevador número 2 bomba de combustible

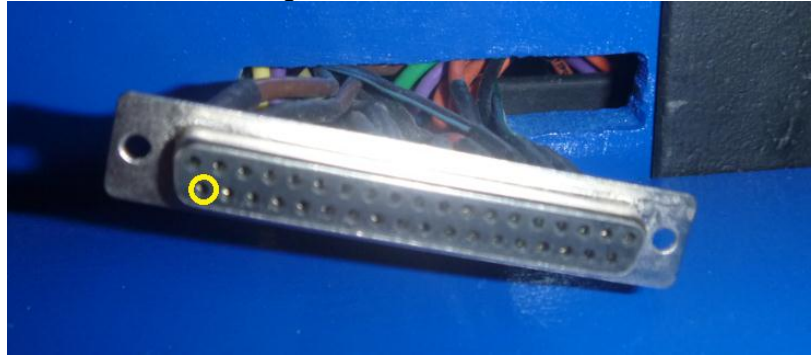
Figura 56. Relevador bomba de combustible



Fuente: Autores

El segundo relevador se trata de la bomba de combustible, este tiene la alimentación al interruptor incorporado del mismo relevador que se trata del pin 30 por medio de la salida del fusible número 2, la salida es por el PIN 87, el cual activa la bomba de combustible y el horómetro, la salida de éstos dos elementos son conectados a tierra de chasis o motor, como ya tenemos energizada la bobina desde el 85, el 86 es conectado al PIN número 37 que sale desde la computadora que se trata del control de la bomba de combustible.

Figura 57. Conector MS



Fuente: Autores

PIN 30 = desde el fusible número dos

PIN 87 = Al Positivo de la bomba y horómetro

PIN 85 = Recibe alimentación del relevador principal

PIN 86 = Conectado al 37 de la MegaSquirt

- Relevador número tres de inyección e ignición

Figura 58. Relevador de inyección e ignición



Fuente: Autores

Este recibe la alimentación desde el fusible número 3 al PIN 30, la salida de éste será por el 87 hacia los inyectores del motor, el 85 ya estaría alimentado y el 86 directamente a tierra de chasis.

PIN 30 = Recibe 12V desde el fusible N.- 3

PIN 87 = conexión a inyectores

PIN 85 = Recibe alimentación del relevador principal

PIN 86 = Tierra chasis

- Relevador número cuatro del electro ventilador

Figura 59. Relevador electro ventilador



Fuente: Autores

Este recibe alimentación desde el fusible número 4 al PIN 30 donde la salida correspondiente al 87 va directamente al electro ventilador y éste a tierra para poder cerrar el circuito, el PIN 86 fue conectado al pin 25 desde la computadora.

Figura 60. Conector Electro Ventilador



Fuente: Autores

PIN 30 = Recibe 12V desde el fusible N.- 4

PIN 87 = conexión al electro ventilador

PIN 85 = Recibe alimentación del relevador principal

PIN 86 = al pin 25 desde la MegaSquirt

- Relevador número cinco como control de inyección (inyectores)

PIN 30 = Sale a inyectores

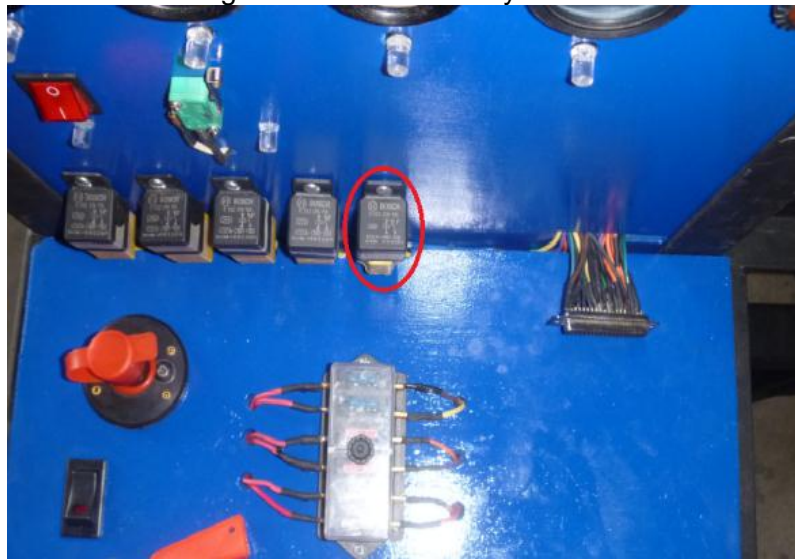
PIN 87a = Entra señal desde el PIN 33 de la MegaSquirt

PIN 87 = Entra señal desde el PIN 34 de la MegaSquirt

PIN 85 = Recibe alimentación del relevador principal

PIN 86 = Sale al interruptor del doble mapa y éste a tierra, también al foco 5 como luz indicadora del doble mapa.

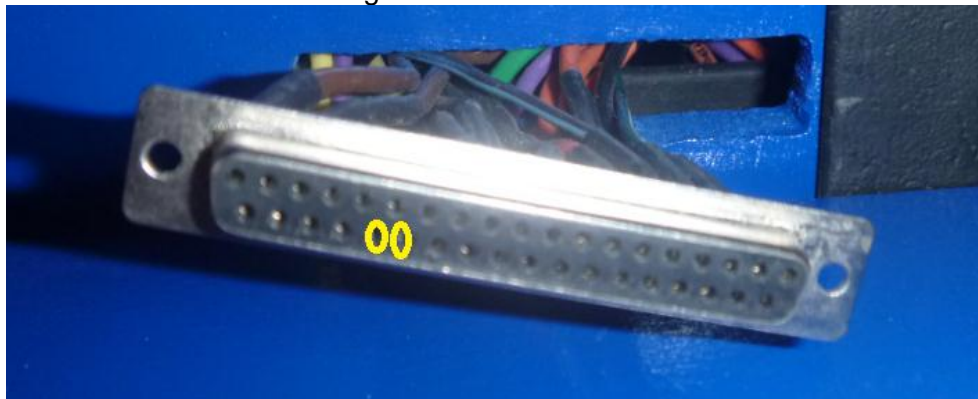
Figura 61. Relevador Inyectores



Fuente: Autores

Este recibe la alimentación desde el relevador principal al PIN 85 sale al 86 hacia el interruptor del doble mapa y éste a su vez a tierra cuando se activa la misma, de igual forma el 86 se dirige a tierra del foco indicador del doble mapa, éste activará a la misma vez que se active el interruptor.

Figura 62. Conector MS



Fuente: Autores

El pin 87 fue conectado al pin 33 desde la computadora, el mismo está encargado del bloque de inyectores 1-4 y el 87 al pin 34 de la computadora encargado del bloque de inyectores 2-3 y a su vez el PIN 30 como control de inyección va conectado al cable restante de cada inyector para de esta forma completar el circuito de inyección.

Realizamos la conexión del CKP, el PIN 3 sacamos un cable directo a tierra ya que es el blindaje original del sensor para evitar corrientes parasitas. Como ya tenemos en el pin data vemos que del pin número dos del conector de la MegaSquirt sale el cable negativo del CKP

Figura 63. Conector MS



Fuente: Autores

Figura 64. Conector CKP



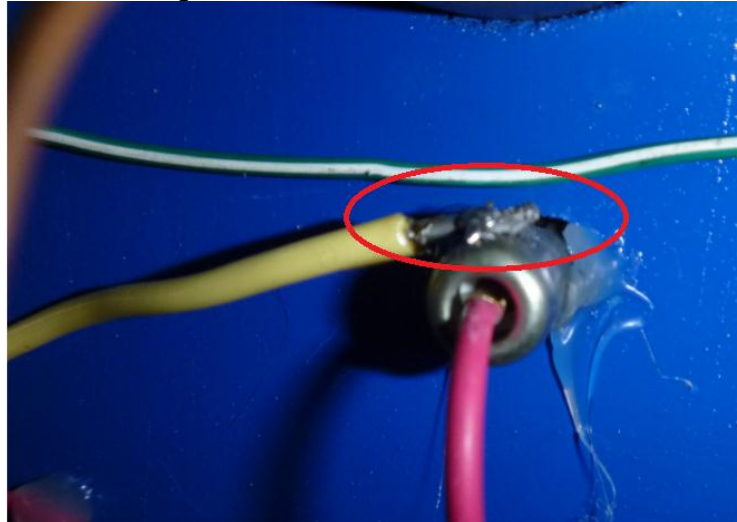
Fuente: Autores

Sabemos que éste va al PIN 2 del conector, a continuación se hizo la conexión del cable positivo CKP que sale desde el PIN número 24 del conector de la computadora hacia el PIN número 1 del sensor.

El PIN 3 desde la computadora estaba destinado al foco indicador de alta temperatura este se soldó directamente en la tierra del foco, su alimentación es desde los fusibles.



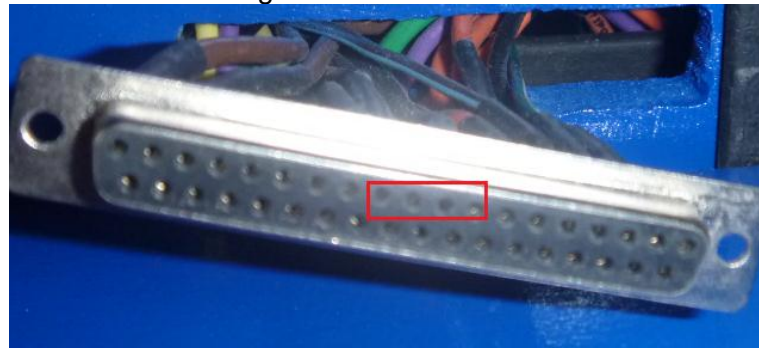
Figura 65. Conector foco indicador



Fuente: Autores

Los pines 8, 9, 10 y 11 desde la MegaSquirt son las GND o tierras desde la computadora, éstas se colocaron directamente al motor para no tener ningún inconveniente, éstos cables por tratarse de ser GND se les puso de color negro, de esta forma se identifica para cada funcionamiento.

Figura 66. Conector MS



Fuente: Autores

Figura 67. Conector GND



Fuente: Autores

Luego se realizó la conexión del sensor IAT (INTAKE AIR TEMPERATURE), Al tratarse de un sensor tipo termistor en realidad no importa su polaridad, éste sale la señal desde el PIN 20 de la computadora y su GND sensores desde el PIN 18 de MegaSquirt

Figura 68. Conector MS



Fuente: Autores

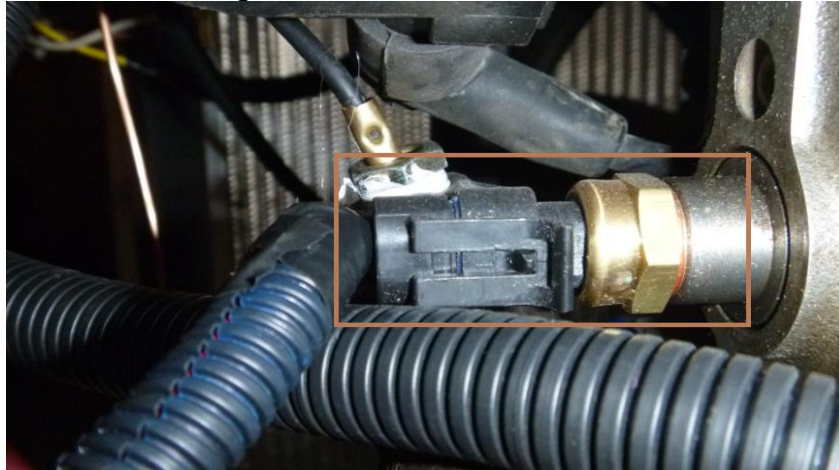
Figura 69. Conector del sensor IAT



Fuente: Autores

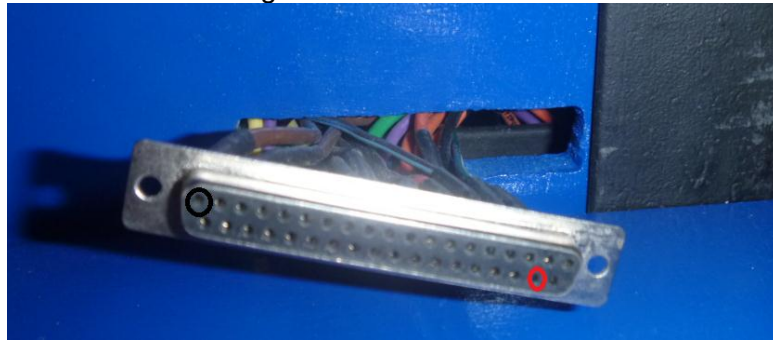
Seguimos con la conexión y a continuación según el PIN data nos tocaría el sensor CTS (Coolant Temperature Sensor). Al tener el mismo socket se realizó la conexión de señal del PIN 21 desde la computadora al cable rojo del socket del sensor en donde el negro se conectó al PIN 19 de la computadora por ser GND sensores.

Figura 70. Conector Sensor CTS



Fuente: Autores

Figura 71. Conector MS



Fuente: Autores

Seguido del sensor anterior se conectó el sensor TPS que se compone de tres cables denominados A, B y C. Por ejemplo el PIN 22 desde la computadora irá conectado en el socket B del sensor al tratarse de la señal, el PIN 26 de la misma por ser 5 V de sensores irá conectado al socket C y por último el A irá conectado a GND sensores con el PIN 19 de la MegaSquirt.

Figura 72. Conector TPS



Fuente: Autores

Figura 73. Conector MS



Fuente: Autores

El sensor de oxígeno al ser de un solo cable no es difícil su conexión ya que de la MegaSquirt PIN 23 sale directo al sensor de oxígeno éste hará tierra con su misma tuerca que se encuentra en contacto con el múltiple de escape.

Figura 74. Conector Sensor de Oxígeno



Fuente: Autores

Siguiendo con la conexión realizamos la del Shift Light (corte de revoluciones) éste foco indicador tuvo alimentación de doce voltios directo del fusible 5 igual que los anteriores con su señal o control que salió desde la computadora del PIN 27, éste enviará la orden de acuerdo a lo que se programe a la MegaSquirt es decir si ponemos el corte de revoluciones a 4000 rpm al llegar a este número de vueltas el foco Shift Light parpadeará constantemente y no permitirá obtener más aceleración en el banco motor, de ésta forma proteger el motor de las sobre revoluciones.

Figura 75. Conector Shift Light



Fuente: Autores

Figura 76. Foco Shift Light



Fuente: Autores

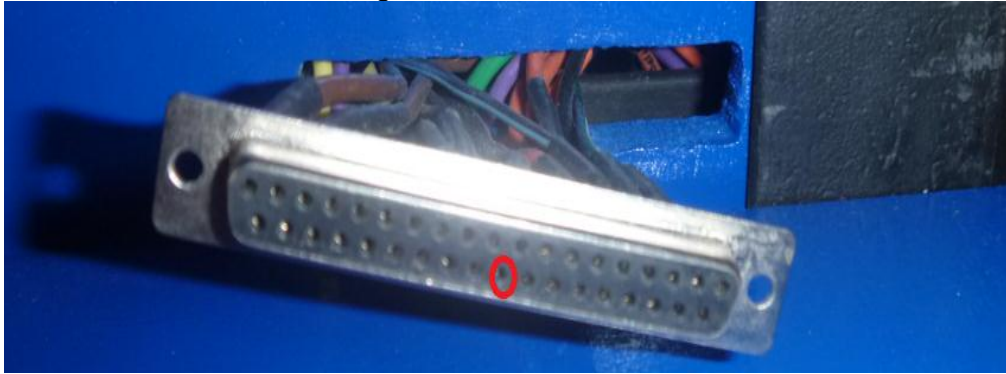
El PIN 28 desde la computadora se alimentará de 12V de la misma, pero para su protección antes deberá pasar por el fusible 6 con una capacidad de 3 – 5 A para que en caso de cualquier corto primero falle el fusible y de ésta manera no poner en riesgo la computadora programable (MegaSquirt).

Figura 77. Fusiblera



Fuente: Autores

Figura 78. Conector MS



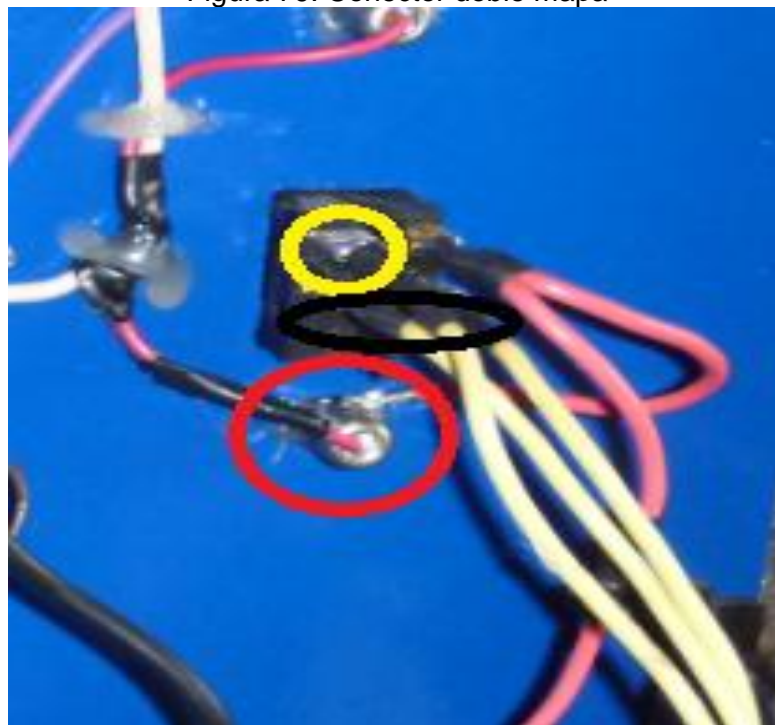
Fuente: Autores

- Interruptor del doble mapa

Este saldrá desde el PIN 29 de la computadora hacia el interruptor doble mapa, por otro lado recibirá la señal por el PIN 86 del relevador 5 encargado del control de inyección.

Para saber que está activado o desactivado el D/M se colocó un foco indicador led que va alimentado de 12V y su tierra del foco irá desde el interruptor, al activarlo hace contacto y el indicador se enciende, por otra parte va a tierra de chasis los conectores de la parte baja del interruptor.

Figura 79. Conector doble mapa



Fuente: Autores

Figura 80. Swich doble mapa

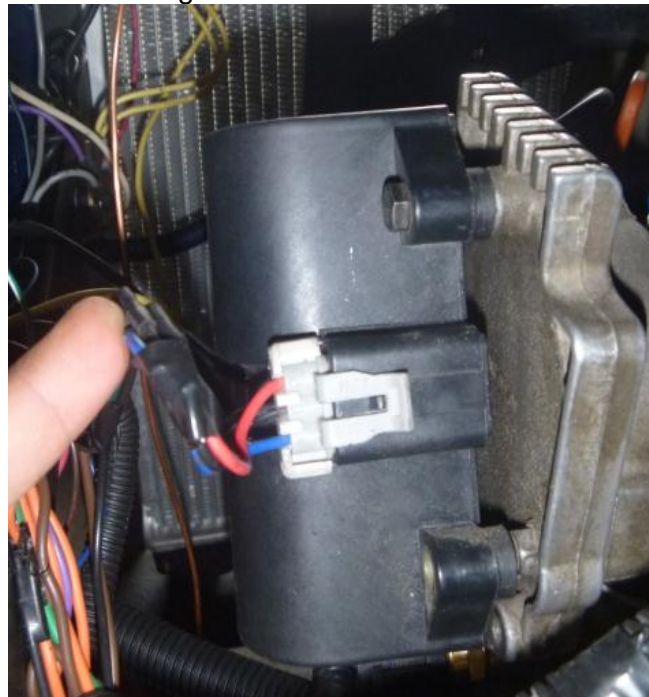


Fuente: Autores

- Conexión de la bobina

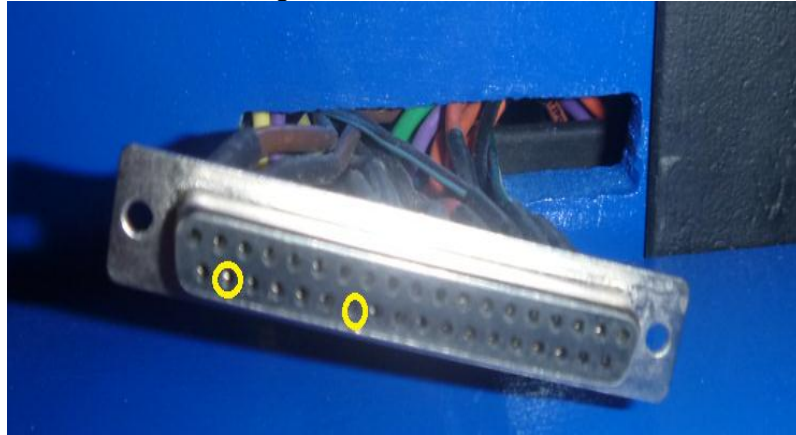
Se recibe una alimentación de 12V al PIN B desde el relevador 3 de inyección / ignición, para el bloque 1-4 está designado el PIN A de la bobina y PIN C para el bloque 2-3, el cual se conectó al A desde el 36 de la computadora y al C desde el 31 de la misma.

Figura 81. Conector Bobina



Fuente: Autores

Figura 82. Conector MS



Fuente: Autores

#### **4.6. Dispositivo de control para la programación**

Para el proyecto se usó una computadora laptop HP Pavilion dv4-1280us con características : 14.1" de pantalla - procesador Core 2 Duo T6400 – sistema operativo Vista Home Premium 64-bit – con memoria de 4 GB RAM y 320 GB HDD con estas características son más que suficientes para la utilidad del proyecto.

En el computador anteriormente descrito instalamos el software que nos ayudara para la comunicación del usuario con la computadora programable es decir mediante este programa el usuario podrá manipular los diferentes mapas para la correcta calibración del motor en las distintas condiciones de funcionamiento este programa se le denomina TUNERSTUDIO



## CAPÍTULO V

### 5. ENSAYOS Y PRUEBAS

#### 5.1. Esquema del Equipo

Figura 83 Esquema de la maqueta

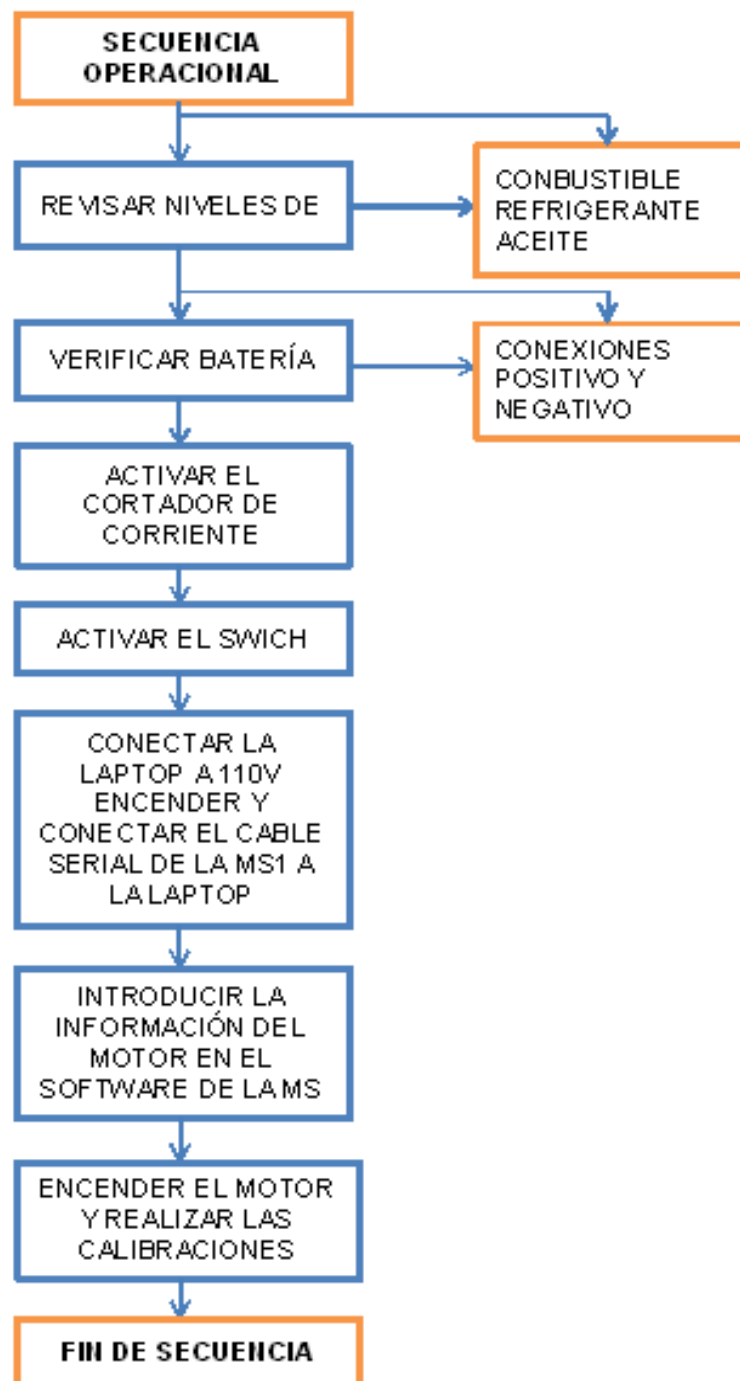


Fuente: Autores.

- 1 Manómetros
- 2 Interruptor doble mapa
- 3 Relevadores
- 4 Pulsador de encendido
- 5 Cortador de corriente
- 6 Porta fusibles
- 7 Computadora programable (MegaSquirt)
- 8 Laptop
- 9 Batería
- 10 Tanque de combustible
- 11 Estructura
- 12 Motor
- 13 Tubo de escape
- 14 Radiador

## 5.2. Secuencia operacional

Figura 84. Secuencia operacional del tablero



Fuente: Autores

El mantenimiento que se debe realizar al banco es un mantenimiento preventivo.

El mantenimiento (Anexo B), se lo realiza en base al número de horas utilizado, esta información nos la proporciona el manómetro que está localizado en el panel de instrumentos del banco.

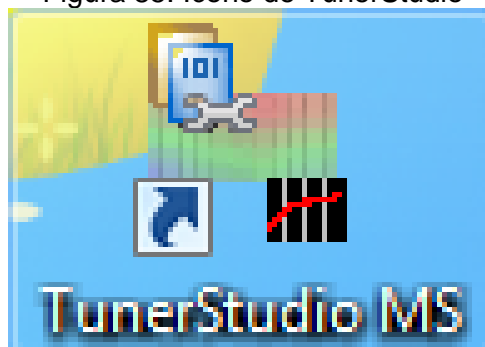
### 5.3. Manejo de software para la calibración del motor

A continuación se detalla el proceso de calibración del motor por medio de la computadora programable.

- Configuración de la MegaSquirt para el encendido

La MegaSquirt es una de las computadoras más completas en el mercado debido a la capacidad que se logra para obtener toda la potencia en nuestro motor, viene incorporada un microprocesador de base superficial con la capacidad de modificar el software llamado también firmware siendo así el más completo, contiene matrices de 32 x 32 y opciones de correcciones más completas, mostrados a continuación. Damos doble click en la pestaña de TunerStudio

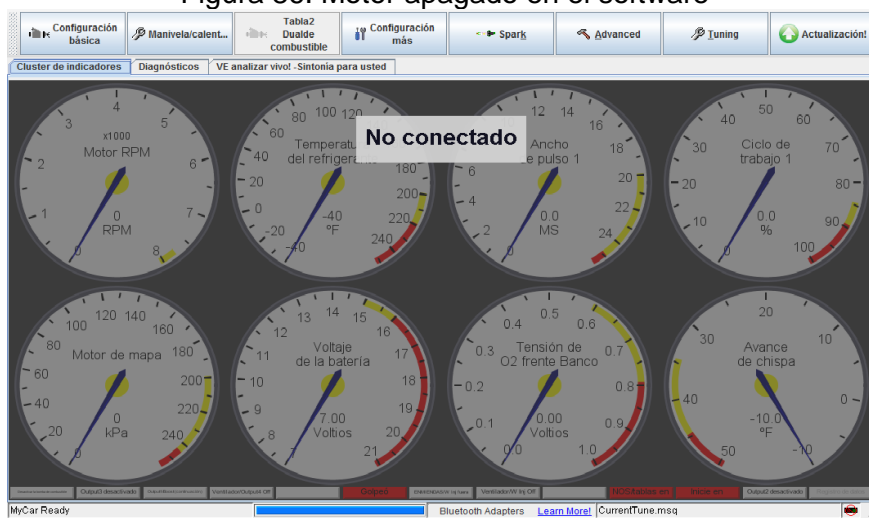
Figura 85. Icono de TunerStudio



Fuente: Autores

Motor apagado

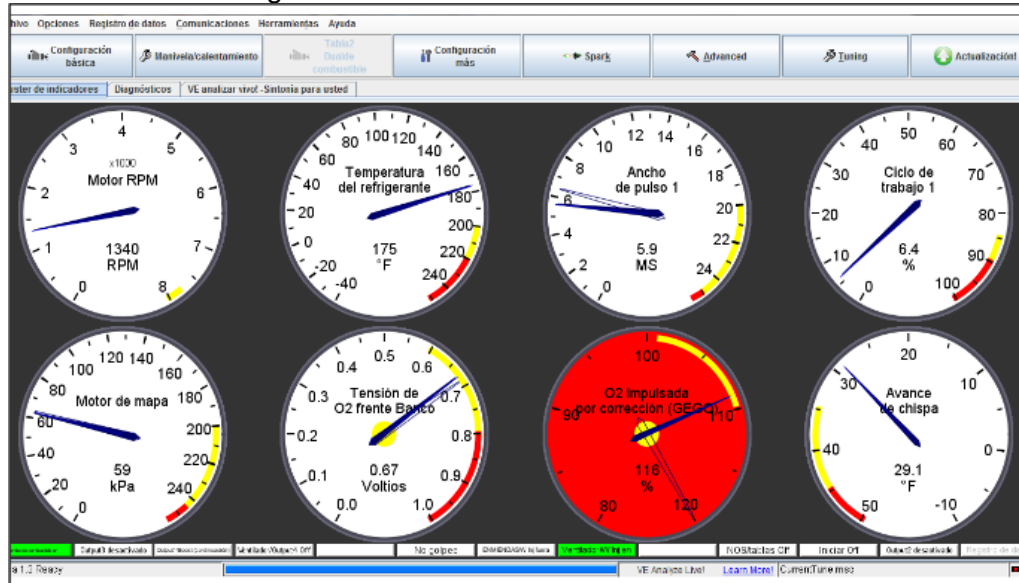
Figura 86. Motor apagado en el software



Fuente: Autores

Motor encendido.

Figura 87. Motor encendido en el software

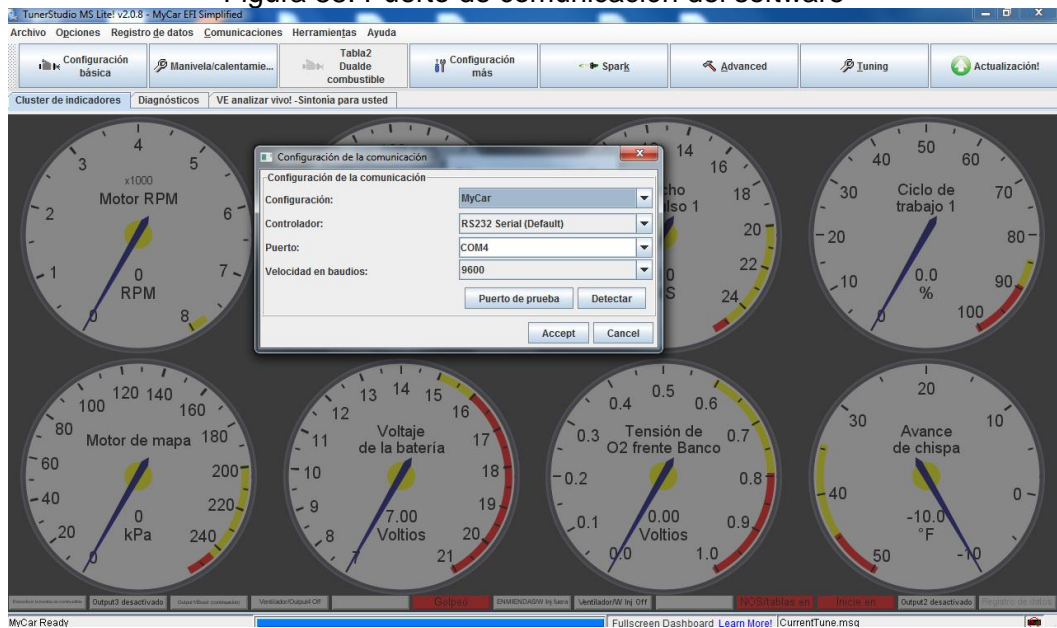


Fuente: Autores

Puerto de comunicación:

Con el firewall del TunerStudio MS habilitamos en el puerto número 4 de la laptop, es decir el puerto del lado izquierdo, el cual será la comunicación con el sistema operativo de Windows, para realizar la comunicación de la MegaSquirt con el Software.

Figura 88. Puerto de comunicación del software



Fuente: Autores

Requerimiento de combustible:

En la programación inicial de la MegaSquirt es necesario ingresar los cálculos para modificar dichos parámetros de funcionamiento del motor.

Figura 89. Requerimiento de combustible en el software

Calculadora de combustible requerido

Calculadora de combustible requerido

Desplazamiento del motor: 1350

Número de cilindros: 4

Flujo del inyector: 30

Relación aire-combustible: 14.7

unidades

CID  CC

lb/hr  CC/min

Ok Cancel

Fuente: Autores

Control de inyección:

En dicha ventana de ajuste se puede calcular el combustible requerido o los pulsos de inyección necesarios para cada uno de los ciclos de funcionamiento, requiriéndose de los siguientes datos a continuación detallados.

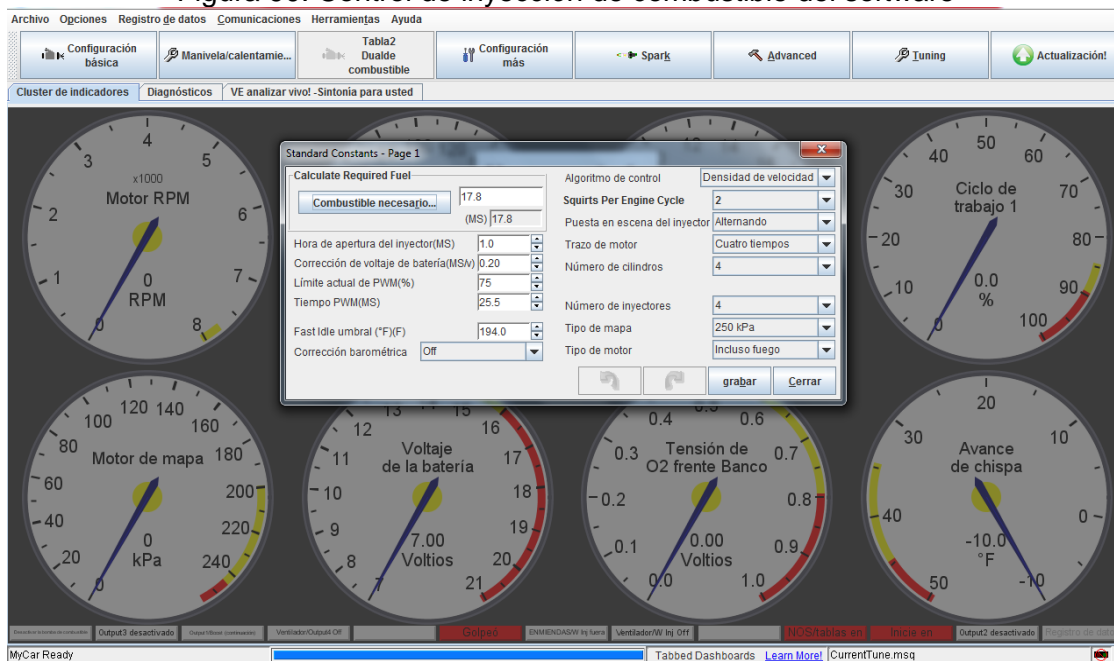
Tabla 4. Control de inyección

Algoritmo de control	Velocidad de densidad
Pulsos de inyección	2
Tipo de inyección	Alterna
Tiempos del motor	4
Numero de cilindros	4
Lugar de inyección	Múltiple de admisión
Número de inyectores	4
Tipo del motor	Encendido por chispa perdida

Fuente: Autores

Características de control de la inyección de combustible.

Figura 90. Control de inyección de combustible del software



Fuente: Autores

Opciones de encendido.

Esta opción permite la configuración de puntos de referencia del cigüeñal y el tipo de encendido, por lo cual son necesarios los siguientes datos.

Tabla 5. Opciones de encendido

Modo de disparo	Rueda fónica
Ángulo de desfase	5 grados
Toma de señal	Picos ascendentes
Salto de chispa	Transistor de potencia
Número de bobinas	chispa perdida
Pin de la salida bobinas	Pin 31 – 36

Fuente: Autores

Identificación de la rueda fónica.

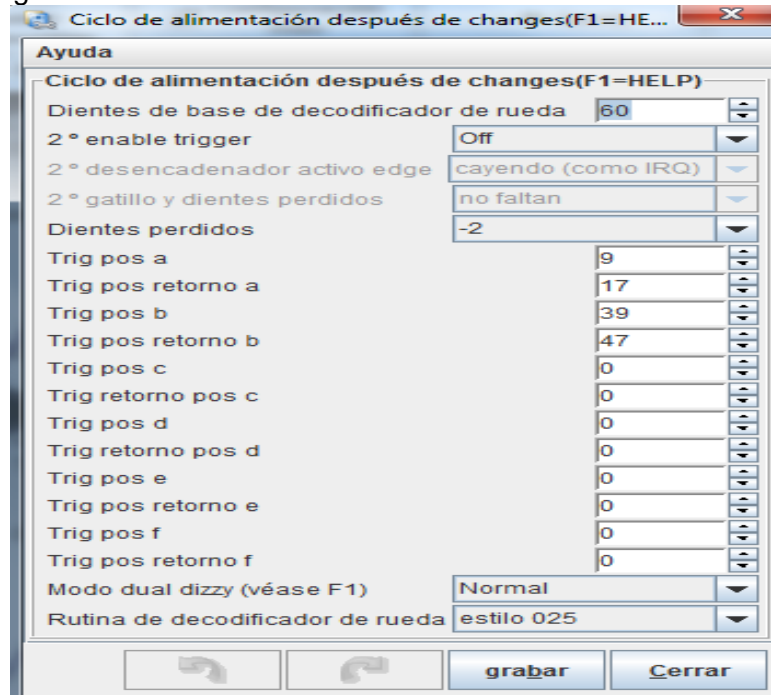
Para esta ventana al igual que las anteriores es necesario saber y colocar un número de datos de la siguiente forma, para así lograr la calibración del CKP con la posición del cigüeñal, colocamos en cada una de las ventanillas a continuación detalladas.

Figura 91. Identificación de la rueda fónica en el software



Fuente: Autores

Figura 92. Ciclo de alimentación de combustible en el software



Fuente: Autores

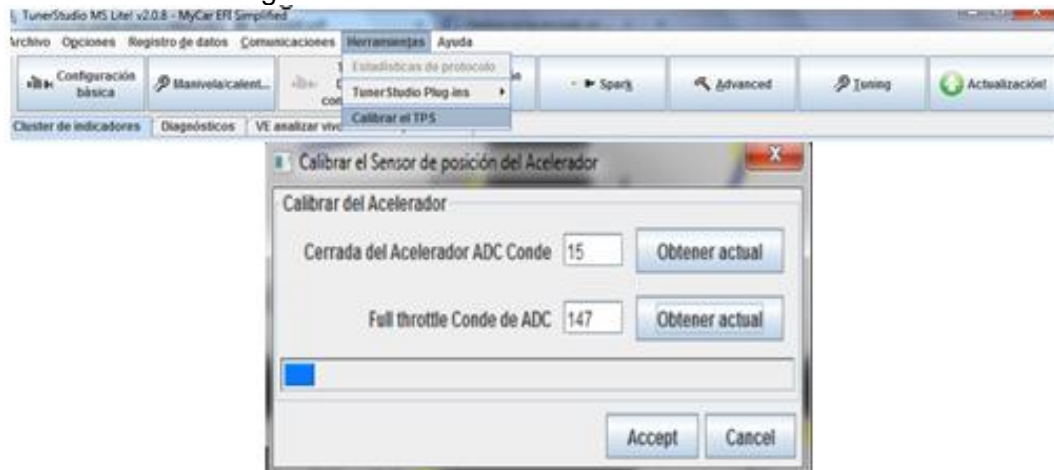
Calibraciones:

Para el correcto funcionamiento de nuestro banco motor es necesario realizar algunas calibraciones de los sensores, programar los datos de trabajo en las tablas de ajuste así como en las cartografías.

## Calibración del sensor de posición de la mariposa (TPS)

Con esta opción la MegaSquirt reconoce la posición de la mariposa cuando esta se encuentre en ralentí y una aceleración completa por medio del sensor TPS, para realizar esta calibración es necesario tomar dos lecturas del sensor una de ellas es con el sensor o mariposa totalmente cerrada y la segunda con la mariposa de aceleración totalmente abierta, como se lo indica en la figura.

Figura 93. Calibración del sensor TPS en el software

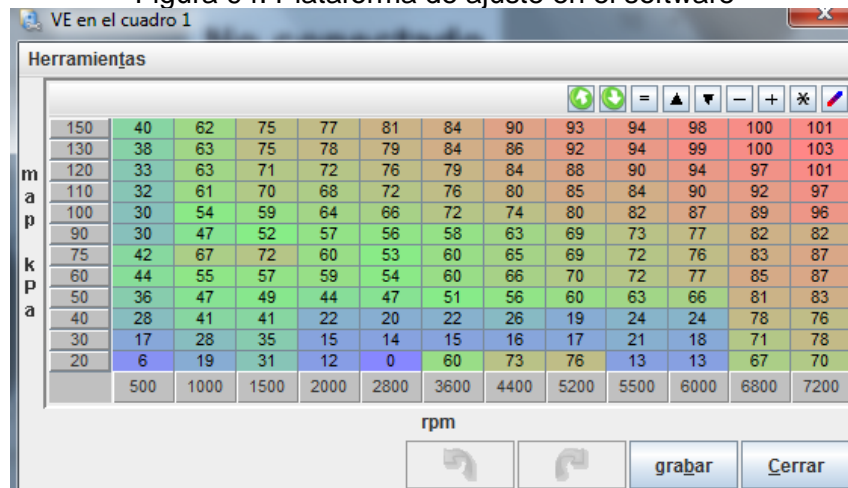


Fuente: Autores

## Plataforma de ajuste.

Esta plataforma está representada en dos dimensiones: en el eje horizontal estarán ubicadas los datos que representan las revoluciones del motor y en el eje vertical los datos correspondientes a la carga que está recibiendo el motor.

Figura 94. Plataforma de ajuste en el software



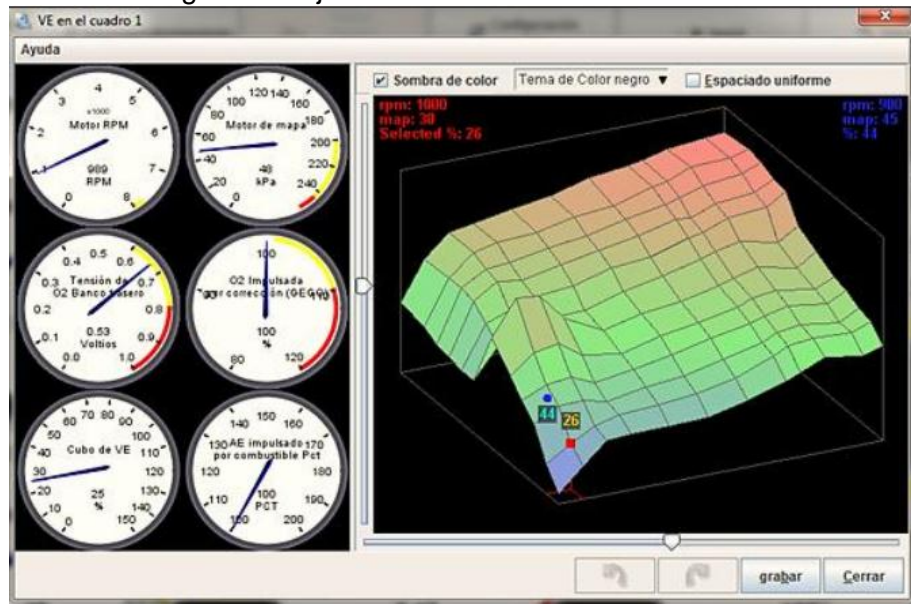
Fuente: Autores



La MegaSquirt permite realizar diferentes modificaciones con el motor encendido con un mapa denominado cartográfico, esta viene representado en tres dimensiones en la cual existen dos cartografías una de ellas será de combustible y la segunda será de chispa, a continuación los dos mapas cartográficos:

1.- Ajuste del enriquecimiento de combustible con el motor encendido.

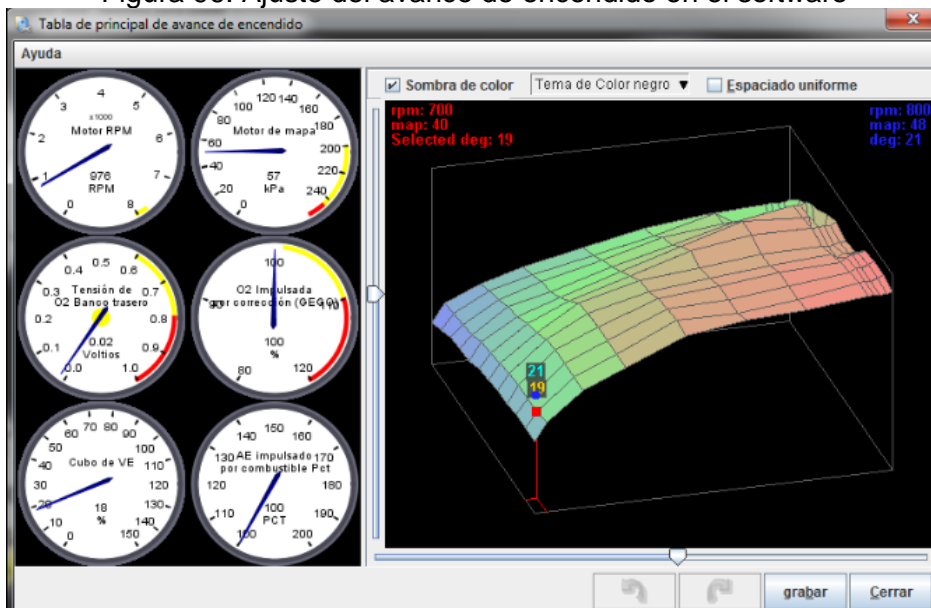
Figura 95. Ajuste de combustible en el software



Fuente: Autores

2.- Ajuste del avance de encendido con el motor ON

Figura 96. Ajuste del avance de encendido en el software

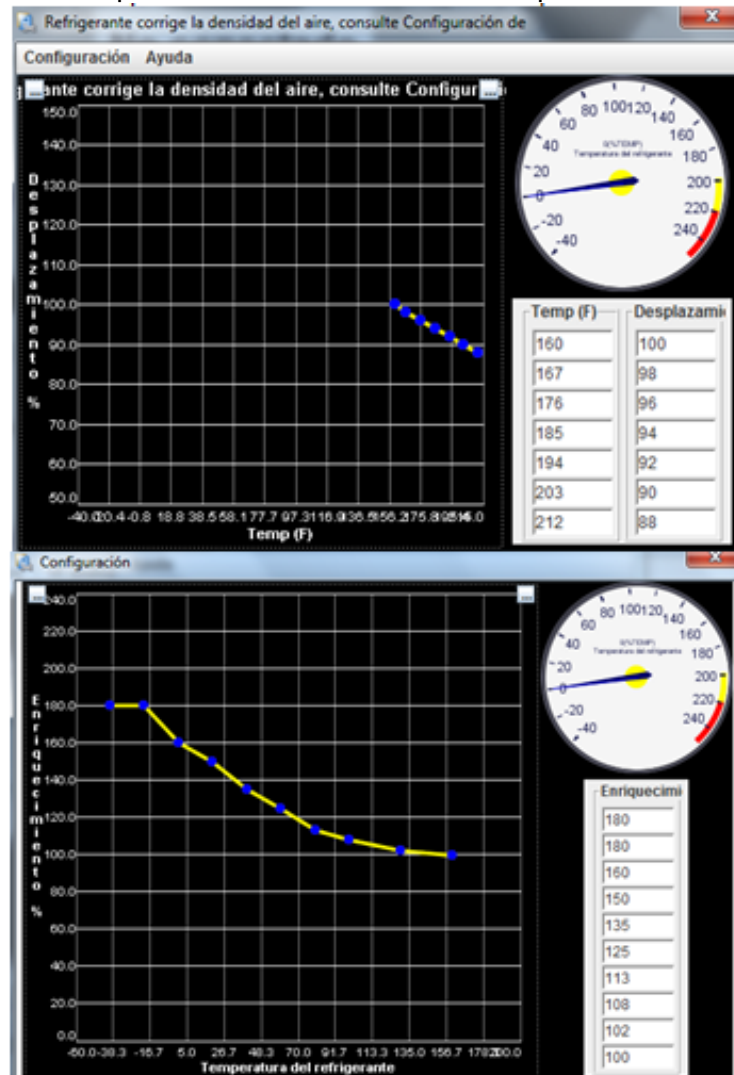


Fuente: Autores

## Enriquecimiento en función de la temperatura del refrigerante

Esta opción permite incrementar una pequeña cantidad de combustible al motor cuando éste se encuentre en frío, con un factor de enriquecimiento del 100%, este factor va disminuyendo a medida de que el motor eleva su temperatura normal de funcionamiento para así evitar que el motor se ahogue con un exceso de combustible.

Figura 97. Enriquecimiento en función de la temperatura en el software

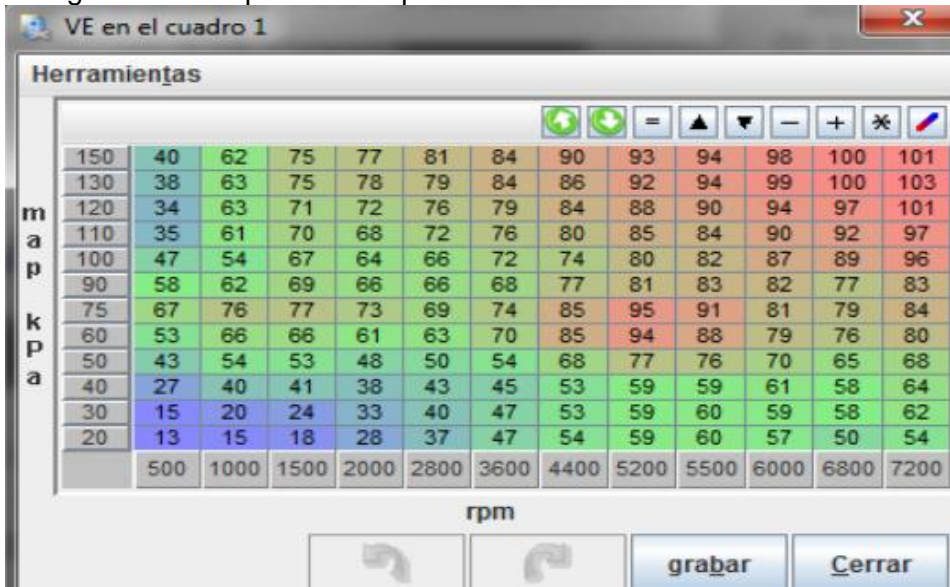


Fuente: Autores

## Enriquecimiento por eficiencia volumétrica

Mediante esta opción la MegaSquirt reconoce los valores iniciales para encender el motor, estos valores se irán modificando automáticamente dependiendo el enriquecimiento para de esta manera lograr una mezcla homogénea en todos los parámetros de funcionamiento del motor.

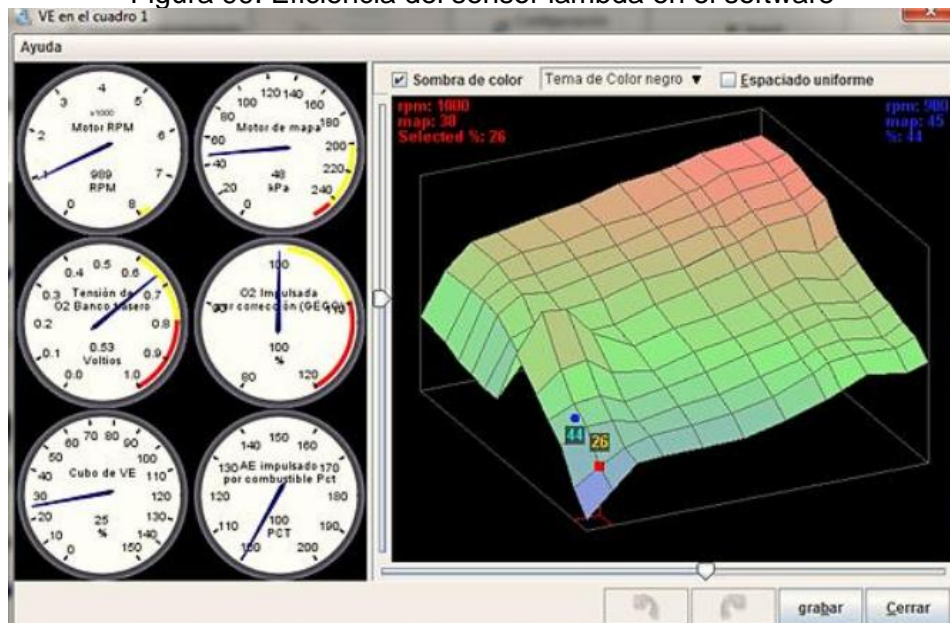
Figura 98. Enriquecimiento por eficiencia volumétrica en el software



Fuente: Autores

Con esta misma cartografía se puede modificar la eficiencia del sensor lambda con respecto al ciclo de trabajo y las revoluciones a las que se encuentra el motor.

Figura 99. Eficiencia del sensor lambda en el software



Fuente: Autores

En este punto de la programación con el motor encendido se incrementará o disminuirá el porcentaje de eficiencia volumétrica, progresivamente se presiona el acelerador y la carga del motor tomando como referencia el voltaje del sensor de oxígeno para mantenerlo como una mezcla ideal, se variará las condiciones del mapa cartográfico para de esta manera evitar el exceso o falta de combustible en el motor,

generando en este sensor un voltaje que oscila entre los 0.65 o 0.73 voltios, cuando estos datos estén en la cartografía es decir que es una calibración exitosa.

#### Asistente de enriquecimiento en aceleraciones

Para una aceleración satisfactoria es necesario incrementar el pulso de inyección durante la aceleración, esto se logra con la lectura del sensor TPS en función del tiempo y la velocidad de accionamiento de la mariposa con un incremento máximo de 10 mS en el pulso de inyección

## CAPITULO VI

### 6. ANÁLISIS DE COSTOS

La elaboración del banco fue realizado con la finalidad de otorgar una herramienta de gran utilidad para el laboratorio de motores de la escuela de Ingeniería Automotriz, por ello es menester realizar un análisis de costo, determinaremos los costos de elaboración teniendo en cuenta: los costos directos e indirectos.

#### 6.1. Costo de proyecto

6.1.1. *Costos directos mecánicos.* En la siguiente tabla se detallan los materiales y dispositivos utilizados en la parte mecánica del banco.

Tabla 6. Costos directos mecánicos

Descripción	Cantidad	Valor unit.[USD]	Costo total [USD]
Kid de reparación	1	130	130
Bomba de agua	1	45	45
Bomba de aceite	1	40	40
Juego de empaques	1	26	26
Rectificadora	1	222	222
Juego pistones	1	45,86	45,86
Juego rines	1	34,14	34,14
Kid banda de distribución	1	80	80
Termostato	1	15	15
Banda de accesorios	1	16	16
Radiador	1	80	80
Construcción acople aceite	1	27	27
Bases de motor	4	8	32
Manguera de agua	2	25	50
Silenciador	1	45	45
Tubo de escape	1	60	60
Manguera de combustible	4	3	12
Pernos	20	0.30	6
Arandelas de presión	25	0.16	4
Correas plásticas	22	0.25	5,5
Acople acelerador	1	8	8
Filtro de gasolina	1	8	8
Filtro de aceite	1	6	6
Aceite 20w50	1G	22	22
Silicón plomo	1	3,50	3,50
<b>Total</b>			<b>1023</b>

Fuente: Autores

**6.1.2. Costos directos hidráulicos.** En la siguiente tabla se detallan los materiales utilizados en la parte hidráulica del banco.

Tabla 6. Costos directos estructura

Descripción	cantidad	valor unit. [USD]	costo total [USD]
Tubo de acero estructural astm A500	1	18	18
Angulo	1	3,5	17,5
Electrodo 60/11	40	0,15	6
Lija de acero N°4	2	0,50	1
Carcril (bate piedra)	1L	5,80	5,80
Garruchas	4	5,50	22
Pintura para altas temperaturas	1L	51,60	51,60
MDF de 12mm	1	7,50	7,50
Disco de corte Norton	2	3,90	7,80
Thiner	1L	10	10
Catalizador	1L	20	20
Wipe	1	2	2
Desengrasante	1L	10	10
Maski	2	1,50	3
<b>Total</b>			<b>182,2</b>

Fuente: Autores

**6.1.3. Costos directos electrónicos y eléctricos.** En la siguiente tabla se detallan los materiales y dispositivos utilizados en la parte electrónica y eléctrica del banco.

Tabla 7. Costos directos electrónicos y eléctricos

Descripción	Cantidad	Valor unit.	Costo total
Computadora programable	1	1600	1600
Laptop	1	200	200
Inyectores	4	85	340
Bomba eléctrica de combustible	1	50	50
Bujías	4	2,50	10
Juego de manómetros	1	67	67
Sensor CKP	1	45	45
Sensor IAT	1	30	30
Sensor ECT	1	35	35
Juego de cables de bujías	1	28	28
Bobina	1	35	35
Sensor O <sub>2</sub>	1	45	45
Cable serial	1	47	47
Extensión serial	1	12	12

Tabla 8. Continuación .....

Descripción	Cantidad	Valor unit.	Costo total
Batería	1	80	80
Cable N° 16	2m	1,50	3
Cable N° 12	2m	1,30	2,60
Cable N° 2	3m	12	36
Teflón	1	0,60	0,60
Bornes de batería	2	3,65	7,30
Terminales de ojo	3	0,25	0,75
Terminales de riel	40	0,13	5,20
Focos led	6	2,36	14,16
Foco de 12v	1	1,89	1,89
Interruptor dos posiciones	2	3,20	6,40
Cortador de corriente	1	35	35
Pulsador dos posiciones	1	2,80	2,80
Pulsador de bronce 12v	1	4,80	4,80
Fusiblera de 6	1	9	9
Rollo de estaño	1	4,50	4,50
Pasta para soldar	1	2	2
Cautín	1	6	6
Cinta aislante	2	1,68	1,68
Cable N°16 diferentes colores	5m	0,48	2,48
Terminales de ojo	22	0,18	3,96
Sorbete térmico	3m	1,20	3,60
Manguera aislante	4m	3	12
Relevadores 4 pines	4	4,50	18
Relevadores 5 pines	1	8,20	8,20
<b>Total</b>			2815,92

Fuente: Autores

6.1.4. *Costos indirectos.* En la siguiente tabla se detallan los costos indirectos.

Tabla 9. Costos Indirectos

Descripción	Cantidad	Valor unit.	Costo total
Accesorios Técnica Electrónica		200	200
Accesorios Metal Mecánica		200	200
Documentación e Investigación		200	200
Transporte		100	100
<b>Total</b>			700

Fuente: Autores

**6.1.5. Costo total.** El costo total es igual a la suma de los costos directos más el costo indirecto.

Costo total es igual a la suma del costo directo mecánico, costo directo hidráulico, costo directo eléctrico y electrónico más el costo indirecto.

Costos Mec	Costos Estr	Costos Elect	Costos Ind	Costo total
1023	182,20	2815,92	700	4721,12

## 6.2. Valor de salvamento del banco

El valor de salvamento esta dado en función del costo de inversión del banco, está definido que para países en vía de desarrollo el valor es el diez por ciento de la inversión.

$$\text{Inversión} = P = 4721,12$$

$$\text{Salvamento} = S = 10\%(P)$$

$$S = 0.1(4721,12)$$

$$S = 472,112$$

## 6.3. Depreciación del banco

La depreciación es la devaluación económica que pierde el banco por el uso, a medida que avanza el tiempo de servicio, y decrece su valor, la vida útil de maquinaria está definida entre un tiempo aproximado de 10 años.

$$Da = \frac{P - S}{n}$$

Da= depreciación anual

P= inversión

S= valor de salvamento

n= tiempo de vida útil (años)

$$Da = \frac{4721,12 - 472,112}{10}$$



$$Da = 424,9008$$

La depreciación anual de la maquina se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 10. Depreciación de la maquina

<b>Año</b>	<b>Depreciación anual [USD]</b>	<b>Depreciación acumulada [USD]</b>	<b>Valor [USD]</b>
0	0	0	4721,12
1	424,90	424,90	4296,21
2	424,90	849,80	3871,31
3	424,90	1274,70	3446,41
4	424,90	1699,60	3021,51
5	424,90	2124,50	2596,61
6	424,90	2549,40	2171,71
7	424,90	2974,30	1746,81
8	424,90	3399,20	1321,91
9	424,90	3824,10	897,01
10	424,90	424,90	472,11

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO VII**

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1. Conclusiones**

El laboratorio de motores de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH ya cuenta con un banco didáctico para el manejo de software y hardware utilizados en la programación de controladores de inyección electrónica.

Se describieron los principios básicos de funcionamiento de la inyección electrónica y sus respectivos componentes.

Los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH disponen de una guía de uso y manejo del programa informático para procesadores de inyección.

El motor a gasolina armado en el laboratorio de motores, cuenta con la computadora y el programa específico, seleccionados e implementados, para que los estudiantes de la Carrera pongan en práctica sus conocimientos teóricos de programación de controladores de inyección.

Según las necesidades de funcionamiento de este banco de pruebas, se analizó y comparó los diferentes tipos de programación, previo a la elección e implementación del apropiado para los fines didácticos.

#### **7.2. Recomendaciones**

Instruir a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH en el uso y manejo correcto de este banco de pruebas del laboratorio de motores.

Utilizar los programas informáticos para procesadores de inyección electrónica recomendados para fines didácticos del laboratorio.

Continuar con la implementación de bancos de pruebas de motores, con el fin de completar las funciones de los demás elementos constitutivos del motor a gasolina.

Incentivar a los Profesores de la Carrera para el incremento de las prácticas de uso y manejo de estos bancos de prueba a fin de afianzar los conocimientos teóricos impartidos en sus clases magistrales.

Aprovechar los valiosos conocimientos y experiencia de los Docentes para realizar investigaciones de Trabajos de graduación de éste tipo, para implementar el laboratorio de motores con más bancos de prueba, tan necesarios para la formación de profesionales competitivos en la rama automotriz, que es cada vez más exigente por los acelerados cambios tecnológicos.

## BIBLIOGRAFIA

**ÁLVARES, Diego y QUINTEROS, Diego. 2011.** Tesis de grado: "Preparación y modificación de inyección electrónica programable con telemetría unidireccional de un motor para rally en un automovil Mazda 323". Riobamba : s.n., 2011.

**BOSCH. 2014.** Sistemas de inyeccion electronica. [En línea] 2014.  
<http://es.slideshare.net/ivanln/sistemas-de-inyeccinbosch>.

**ECHBOOK. 2010.** Reparacion de computadoras automotrices. [En línea] 2010.  
<http://es.scribd.com/doc/93127505/libro-reparacion-ecus#scribd>.

**MARTÍNEZ, D. GIL, Hermógenes. 1999.** MANUAL DEL AUTOMOVIL REPARACION Y MANTENIMIENTO. MADRID - ESPAÑA : CULTURA, S.A., 1999.

**SANTANDER, Jesús. 2005.** Manual tecnico de Fuel Injection. Colombia : D'vinni Ltda, 2005.

**TECCA, Ricardo. 2002.** Manual TÉCNICAS DE INYECCIÓN Datos, Circuitos y Códigos de Fallas. Buenos Aires Argentina : EDICIONES TÉCNICAS RT, 2002.