



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UN
SISTEMA INDEPENDIENTE DE ADMISIÓN CON
CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE
MEGASQUIRT PARA UN VEHÍCULO
CHEVROLET AVEO 1.4”**

**PASPUEZÁN DÁVILA CRISTIAN ANDRÉS
SÁNCHEZ CUZCO CRISTIAN JAVIER**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-05-09

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CRISTIAN ANDRÉS PASPUEZÁN DÁVILA

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA
INDEPENDIENTE DE ADMISIÓN CON CONTROL ELECTRÓNICO
PROGRAMABLE MEGASQUIRT PARA UN VEHÍCULO CHEVROLET AVEO
1.4”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Diego S. Constante Navas
DIRECTOR DE TESIS

Ing. David Bravo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-05-09

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CRISTIAN JAVIER SÁNCHEZ CUZCO

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA
INDEPENDIENTE DE ADMISIÓN CON CONTROL ELECTRÓNICO
PROGRAMABLE MEGASQUIRT PARA UN VEHÍCULO CHEVROLET AVEO
1.4”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Diego S. Constante Navas
DIRECTOR DE TESIS

Ing. David Bravo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CRISTIAN ANDRÉS PASPUEZÁN DÁVILA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA INDEPENDIENTE DE ADMISIÓN CON CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE MEGASQUIRT PARA UN VEHÍCULO CHEVROLET AVEO 1.4”

Fecha de Examinación: 2013-05-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Diego Constante (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. David Bravo (ASESOR)			

* 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.

Presidente del Tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CRISTIAN JAVIER SÁNCHEZ CUZCO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA INDEPENDIENTE DE ADMISIÓN CON CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE MEGASQUIRT PARA UN VEHÍCULO CHEVROLET AVEO 1.4”

Fecha de Examinación: 2013-05-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Diego Constante (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. David Bravo (ASESOR)			

* 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.

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 teórico - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Cristian Andrés Paspuezán Dávila

Cristian Javier Sánchez Cuzco

DEDICATORIA

Mi proyecto va dedicado especialmente a mis queridos padres que lucharon toda su vida con mucho amor y sacrificio para verme alcanzar mis metas. A mis tíos que me brindaron su hogar y cariño incondicional para poder alcanzar y cumplir mi sueño. Mis primos y hermanos los cuales me apoyaron dándome una voz de aliento para continuar con esta gran meta propuesta y no renunciar por más difícil que se presente, a mis amigos que siempre estuvieron a mi lado. A todos gracias por su apoyo y formar parte de este gran logro.

Cristian Andrés Paspuezán Dávila

Este trabajo lo dedico en primer lugar a mi Abuelo que desde donde este me ilumino por el buen camino, a mis padres Bienvenido y Julia que fueron un apoyo fundamental durante todo el desarrollo de mi vida profesional, a mi hermano Geovanny a mi compañera Belén, a cada uno de mis compañeros, amigos e ingenieros que gracias a su ayuda y compañía logramos superar muchos retos.

Cristian Javier Sánchez Cuzco

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias al Dios Todopoderoso, igualmente a muchas personas importantes que se han cruzado y puesto en mi camino y apoyarme incondicionalmente durante mi carrera universitaria, agradezco a mis queridos: padres, hermanos, tíos y primos, que han estado presente conmigo en todo el transcurso de mi vida, apoyándome hasta alcanzar mis metas, así formando parte de este gran logro personal.

A mis eternos y queridos amigos por el apoyo, amistad y cariño incondicional que me han brindado en el transcurso de nuestra vida universitaria.

Y un agradecimiento especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz por brindarme la oportunidad de formar parte de esta gran institución y convertirme en un profesional para ser útil a la sociedad.

Cristian Andrés Paspuezán Dávila

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional brindado para culminar cada una de las metas que me he propuesto, a mi hermano quien me dio ánimos y fuerzas para seguir y cumplir una nueva meta, y a mis amigos, compañeros y docentes que sin sus opiniones y críticas constructivas no hubiese podido culminar este proyecto.

A la Escuela de Ingeniería Automotriz y a todas las personas que la conforman, por permitirme obtener una profesión y ser una persona útil para la sociedad.

Cristian Javier Sánchez Cuzco

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación técnica.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivo específicos.....	3
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	
2.1 Introducción.....	5
2.2 Tipos.....	6
2.2.1 Colector de admisión de plástico.....	6
2.2.2 Colector de admisión variable.....	6
2.3 Cuerpo de aceleración "Intake Throttle Body" I.T.B.....	6
2.4 Múltiple de admisión.....	8
2.5 Bujías.....	8
2.6 Cables de alta tensión.....	12
2.7 Señales de sensores y actuadores.....	12
2.7.1 Sensor de posición de la válvula de mariposa (TPS).....	12
2.7.2 Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP).....	14
2.7.3 Sensor de posición del cigüeñal (CKP).....	17
2.7.4 Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT).....	19
2.7.5 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT).....	22
2.7.6 Sensor de oxígeno.....	24
2.7.7 Bomba de combustible.....	27
2.7.8 Inyectores.....	28
2.7.9 Válvula de control de marcha mínima (IAC).....	30

2.8	Computadoras programables.....	30
2.8.1	MegaSquirt.....	31
2.8.2	Haltech.....	32
2.8.3	Fuel Tech.....	34
2.9	Selección del sistema programable.....	34
2.9.1	Procesos de control para inyección y encendido programables.....	35
3.	MODELACIÓN Y MONTAJE DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN	
3.1	Características técnicas del motor Chevrolet Aveo 1.4.....	36
3.2	Determinación de parámetros iniciales.....	37
3.3	Diseño de las tomas de aire del múltiple de admisión.....	37
3.4	Configuración de las tomas de aire.....	39
3.4.1	Selección del material para las tomas.....	39
3.4.2	Tamaño físico y geometría de las tomas.....	39
3.5	Diseño de los alargues del múltiple de admisión.....	39
3.6	Diseño mecánico.....	46
3.6.1	Esfuerzo mecánico.....	46
3.6.2	Esfuerzo térmico.....	47
3.6.3	Determinación del factor de seguridad.....	48
3.7	Montaje del múltiple en el vehículo.....	49
4.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROGRAMABLE	
4.1	Pin data del MegaSquirt.....	50
4.2	Esquema de la estructura interna de la MegaSquirt.....	51
4.3	Módulos.....	52
4.3.1	Puertos de entrada-salida.....	52
4.3.2	Puerto de comunicación serial.....	52
4.3.3	Convertidores analógico-digitales.....	52
4.3.4	Módulo TIM.....	52
4.3.5	Módulo TBM.....	53

4.3.6	Módulo SPI.....	53
4.4	Implementación de la MegaSquirt.....	53
5.	PROGRAMACIÓN MEGASQUIRT Y PUESTA A PUNTO DEL MOTOR	
5.1	Telemetría unidireccional.....	56
5.1.1	Información obtenida utilizando la telemetría.....	56
5.2	Comunicación con MegaSquirt.....	56
5.3	Elementos del sistema.....	57
5.3.1	Interfaz operador-máquina.....	57
5.3.2	Unidad central (MTU).....	57
5.3.3	Unidad remota (RTU).....	58
5.3.4	Sistema de comunicaciones.....	58
5.3.5	Transductores.....	58
5.4	Ajustes iniciales.....	58
5.4.1	Interfaz de comunicación.....	60
5.4.2	Requerimiento de combustible.....	60
5.4.3	Control de la inyección.....	61
5.4.4	Características del inyector.....	61
5.4.5	Opciones de encendido.....	63
5.5	Calibraciones.....	64
5.5.1	Calibración del sensor de la posición de la mariposa (TPS).....	64
5.5.2	Calibración del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión.....	64
5.5.3	Calibración del sensor de temperatura del refrigerante.....	65
5.5.4	Calibración del sensor de temperatura del aire.....	66
5.6	Ajuste del sistema de encendido.....	66
5.6.1	Ajustes de enriquecimiento en función de la temperatura.....	68
5.6.2	Ajustes de enriquecimiento por eficiencia volumétrica.....	69
5.6.3	Enriquecimiento en la aceleración.....	70

6.	PRUEBAS DEL SISTEMA Y PUESTA A PUNTO DEL MOTOR	
6.1	Seguridad.....	71
6.2	Comparación estadística.....	71
6.2.1	Prueba de eficiencia volumétrica del múltiple.....	71
6.2.2	Prueba de consumo de combustible.....	76
6.2.3	Comparación de los resultados del sistema de admisión Serie-Modificado.....	84
6.3	Análisis de costos.....	85
6.3.1	Costos directos.....	85
6.3.2	Costos indirectos.....	86
6.3.3	Costos totales.....	86
6.4	Costo de producción en serie y/o a gran escala.....	86
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones.....	88
7.2	Recomendaciones.....	89

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Conexión del sensor de posición de la mariposa (TPS).....	13
2 Conexión del sensor de posición del cigüeñal (CKP).....	17
3 Conexión del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT).....	20
4 Conexión del sensor de temperatura del aire (IAT).....	23
5 Conexión del sensor de oxígeno calentado.....	25
6 Conexión de la bomba de combustible.....	28
7 Conexión de los inyectores.....	29
8 Características técnicas del motor.....	36
9 Características técnicas sobre las prestaciones del motor.....	36
10 Datos para el cálculo del múltiple de admisión.....	40
11 Propiedades mecánicas del material.....	46
12 Datos sobre la interfaz de comunicación.....	60
13 Características del motor.....	60
14 Características para el control de la inyección de combustible.....	61
15 Características de los inyectores.....	62
16 Características de la ignición.....	63
17 Características de la rueda fónica.....	63
18 Prueba de eficiencia volumétrica.....	73
19 Datos para gráfica velocidad vs tiempo.....	73
20 Prueba de eficiencia volumétrica.....	74
21 Datos para gráfica velocidad vs tiempo.....	75
22 Prueba de consumo a 60Km/h.....	78
23 Prueba de consumo a 80Km/h.....	78
24 Prueba de consumo a 100Km/h.....	78
25 Datos para la gráfica de consumo de combustible para diferentes velocidades.....	79

26	Datos para la gráfica de consumo de combustible vs distancia recorrida.....	80
27	Prueba de consumo a 60Km/h.....	81
28	Prueba de consumo a 80Km/h.....	81
29	Prueba de consumo a 100Km/h.....	82
30	Datos para la gráfica de consumo de combustible para diferentes velocidades.....	82
31	Datos para la gráfica de consumo de combustible vs distancia recorrida.....	83
32	Materiales.....	85
33	Máquinas y herramientas.....	85
34	Costos de transporte.....	85
35	Documentación.....	86
36	Mano de obra.....	86
37	Costos indirectos.....	86
38	Costos totales.....	86
39	Costos de producción en serie.....	87

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Colector de admisión.....	5
2 Colector de admisión variable.....	7
3 Cuerpo de aceleración.....	7
4 Carburador weber.....	7
5 Carburador de motocicleta.....	8
6 Múltiple de admisión.....	8
7 Estructura de la bujía.....	9
8 Rango térmico de las bujías.....	11
9 Ubicación del sensor TPS.....	12
10 Sensor TPS (Potenciómetro).....	13
11 Conexión del sensor de la mariposa (TPS).....	13
12 Gráfica del sensor de posición de la mariposa.....	14
13 Ubicación del sensor MAP.....	15
14 Estructura del sensor MAP.....	15
15 Conexión del sensor MAP.....	16
16 Trabajo del chip del sensor MAP.....	16
17 Valores de trabajo del sensor MAP.....	17
18 Conexión del sensor de posición del cigüeñal.....	18
19 Esquema del sensor de posición del cigüeñal.....	19
20 Sensor ECT.....	19
21 Conexión del sensor de temperatura del refrigerante del motor.....	20
22 Esquema del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT).....	21
23 Curva característica del sensor de temperatura del refrigerante del motor....	21
24 Sensor IAT.....	22
25 Ubicación del sensor IAT.....	22

26	Conexiones del sensor de temperatura del aire.....	23
27	Sensor IAT y sus curvas características.....	23
28	Conexión del sensor de oxígeno calentado.....	25
29	Porcentajes de oxígeno de los gases de escape.....	26
30	Bomba de combustible.....	28
31	Inyector de combustible.....	29
32	Ubicación de la válvula IAC.....	30
33	Computadora programable MegaSquirt II.....	31
34	Computadora programable Haltech E6X.....	33
35	Computadora programable Fuel Tech.....	34
36	Gráfica par motor vs potencia.....	38
37	Múltiple de admisión modelado.....	43
38	Simulación del recorrido de la mezcla	43
39	Simulación de la presión ejercida sobre el cuerpo de admisión.....	44
40	Simulación de la intensidad de turbulencia dentro del cuerpo de admisión....	44
41	Múltiple de admisión diseñado.....	45
42	Geometría de las tomas de aire, sistema diseñado.....	45
43	Desmontaje del múltiple de admisión original.....	49
44	Montaje del múltiple de admisión diseñado.....	49
45	Pin Data de MegaSquirt II.....	50
46	Estructura interna de la MegaSquirt.....	51
47	Implementación de la ECU.....	54
48	Diagrama de la ECU MegaSquirt II.....	55
49	Conexión de los equipos de la telemetría unidireccional.....	57
50	Esquema de conexiones.....	59
51	Plataforma de comunicación de la MegaSquirt.....	59
52	Comunicación serial a USB.....	60

53	Características generales del motor.....	61
54	Características para el control de la inyección de combustible.....	62
55	Características de los inyectores.....	62
56	Características de la ignición.....	63
57	Características de la rueda fónica.....	64
58	Puesta a punto del sensor TPS.....	64
59	Calibración del sensor MAP.....	65
60	Puesta a punto del sensor ECT.....	65
61	Calibración del sensor de temperatura del aire.....	66
62	Tabla de ajustes iniciales del avance al encendido.....	67
63	Cartografía de ajuste en tiempo real.....	67
64	Ajustes de combustible para el arranque en frío.....	68
65	Ajustes iniciales de enriquecimiento de combustible con motor apagado.....	69
66	Ajustes de enriquecimiento de combustible en tiempo real con motor encendido.....	69
67	Incremento del ancho de pulso con referencia del TPS.....	70
68	Mapa satelital del recorrido de la prueba de eficiencia volumétrica.....	72
69	Gráfica de velocidad vs tiempo.....	74
70	Gráfica de velocidad vs tiempo.....	75
71	Gráfica de velocidad vs tiempo del sistema de admisión serie-modificado..	76
72	Mapa satelital del recorrido de la prueba de consumo.....	77
73	Instalación del equipo para la prueba de consumo.....	77
74	Gráfica de consumo de combustible para diferentes velocidades.....	79
75	Gráfica del consumo de combustible vs distancia recorrida.....	80
76	Gráfica de consumo de combustible para diferentes velocidades.....	82
77	Gráfica del consumo de combustible vs distancia recorrida.....	83
78	Gráfica de comparación de consumo vs distancia recorrida.....	84

LISTA DE ABREVIACIONES

ECU	Engine Control Unit (Unidad de control del motor)
ITB	Intake Throttle Body (Cuerpo de mariposa de admisión)
TPS	Throttle Position Sensor (Sensor de posición de la mariposa)
SAE	Society of Automotive Engineers (Sociedad de ingenieros automotrices)
ISO	International Standardization Organization (Organización internacional de normalización)
MAP	Manifold Absolute Pressure (Sensor de presión absoluta de admisión)
CKP	Crankshaft Position (Sensor de posición del cigüeñal)
ECT	Engine Coolant Temperature (Sensor de temperatura del refrigerante del motor)
IAT	Intake Air Temperature (Sensor de temperatura del aire de admisión)
ECM	Electronic Control Module (Módulo de control electrónico)
MAF	Mass Air Flow (Sensor de flujo de masa de aire)
RPM	Revoluciones por minuto del motor
ABS	Antilock Brake System (Sistema antibloqueo de frenos)
TCS	Traction Control System (Sistema de control de tracción)
NTC	Negative Temperature Coefficient (Coeficiente térmico negativo)
PCM	Suministra energía a módulo de control del tren motriz
EGO	Exhaust Gas Oxygen (Sensor de oxígeno de los gases de escape)
IAC	Idle Air Control (válvula de control de marcha mínima)
HEI	High Energy Ignition (Ignición de alta energía)
GM	General motors
EDIS	Distributorless Ignition System (Sistema de encendido electrónico sin distribuidor)
TFI	Tick Film Ignition (Módulo de encendido de película gruesa)
PC	Personal Computer (Computadora personal)
ASTM	American Society for Testing Materials (Sociedad americana para pruebas de materiales)

ASME	American Society of Mechanical Engineers (Sociedad americana de ingenieros mecánicos)
PWM	Pulse Width Modulation (Modulación por ancho de pulso)
MTU	Maximum Transfer Unit (Unidad máxima de transferencia)
RTU	Unidad terminal remota
DTE	Data Terminal Equipments (Equipos terminales de datos)
DCE	Data Communication Equipments (Equipo de comunicación de datos)
LAN	Local Area Network (Red de area local)
USB	Universal Serial Bus (Conductor universal en serie)

LISTA DE ANEXOS

- A Medidas específicas del material.
- B Propiedades mecánicas del acero A36.
- C Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson del acero A36.
- D Manual de Usuario

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad Diseñar, Construir y Montar un Sistema Independiente de Admisión con Control Electrónico Programable MegaSquirt para un Vehículo Chevrolet Aveo, se investigó las variaciones de múltiples existentes, sus diseños y aplicaciones, para así seleccionar el de mejores prestaciones que nos permita mejorar la eficiencia volumétrica en el múltiple de admisión con su correspondiente incremento en el rendimiento del motor.

Este sistema incorpora un cuerpo de aceleración independiente (I.T.B), un múltiple de admisión y un sistema electrónico programable distintos a los de fábrica. La selección de los diferentes componentes que conforman el nuevo sistema se ha realizado mediante un análisis enfocado en la funcionalidad y economía de cada uno de ellos, aspecto que mejora el rendimiento de todo el sistema, permitiendo tanto un eficaz control de la inyección, como del encendido con una lectura de datos en tiempo real de los diferentes sensores implementados en el vehículo.

Con la implementación de este sistema se alcanza un incremento en la eficiencia volumétrica en un 24,94%, así como también existe un aumento del consumo de combustible aproximadamente de un 23%, observándose un mejoramiento del rendimiento del motor, en relación con un sistema de admisión de original, ya que estos dos parámetros eficiencia y consumo son proporcionales, es decir, si existe un incremento en la eficiencia, por ende existirá un incremento en el consumo.

Además se elaboró un manual de configuración del sistema programable para que personas con conocimientos del sistema puedan realizar sus propias modificaciones.

ABSTRACT

The present project has as target to design build and install an independent intake system with Programmable Electronic Control MegaSquirt for a Vehicle Chevrolet Aveo. It was investigated multiple variations, designs and applications in order to select the best performances that allow us to improve volumetric efficiency in multiple intakes with its corresponding increasing in engine performance.

The system incorporates an independent throttle body (ITS), a multiple intake and a programmable electronic system different to those of factory. The selection of the different components was performed by means of a focused analysis on the functionality and economy in each one of them, to improve performance in the entire system, allowing effective control of injection, with reading of data in real time of the different sensors implemented in the vehicle.

With the implementation of this system is achieved an increasing in volumetric efficiency in 24.29%. There is an increasing of fuel consumption of about 23%, showing an improvement in engine performance in relation to the original intake system. These two parameters efficiency and consumption are proportional, that is to say, there is an increasing in efficiency, therefore there will be an increasing in consumption.

In addition, a manual of configuration of the programmable system was done for the people with knowledge of the system; they can carry out their own modifications.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El diseño de motores de automóviles ha sufrido cambios importantes en los últimos años, puesto que, la industria automotriz tampoco es inmune a los avances tecnológicos; un proceso que en primer instancia fue la tracción en las ruedas traseras, posteriormente la tracción delantera, luego los frenos de disco, las llantas radiales y actualmente, con la inyección de combustible (admisión variable), la misma que se puede controlar por dispositivos o módulos de control integral electrónicos o ECU.

Con respecto al área de alimentación de combustible del vehículo, se ha venido trabajando con cambios, en vehículos que llevaban montados sistemas cerrados de control. Muchos ingenieros en la rama aseguran que la inyección de combustible, es un medio vital para la eficiencia de operación del vehículo, pudiendo ser mejorada con equipos de control programables y remplazando los equipos de fábrica.

Incorporar un sistema independiente de admisión con un control electrónico programable MegaSquirt para alcanzar un mejor resultado en un motor, se debe actuar en los conductos de la misma, por donde circula la admisión y el escape de los gases; con los cuales se conseguirá que se pierda la menor cantidad de velocidad posible en el momento de entrar a través de las válvulas de admisión al interior de la cámara de combustión. Uno de los parámetros que priman en una buena puesta a punto del motor, con la intervención electrónica, es la eficiencia y el alto aprovechamiento de la admisión, así se ganará mayor potencia y se optimizará el rendimiento del motor, al menos en un 25%.

Los controladores de inyección electrónica MegaSquirt apuntan a ser un proyecto educacional para aquellos que quieran aprender sobre inyección electrónica y así alcanzar, el mejoramiento del rendimiento del motor. Dicho controlador se puede ensamblar o construir por uno y puede trabajar en base a cualquier motor a inyección, sea atmosférico o con inducción forzada.

MegaSquirt es una computadora de inyección de combustible 'Fuel Injection', ésta puede controlar que los inyectores de un motor, distribuyan gradualmente el combustible y así, poder mejorar el rendimiento de un motor. Para que el motor pueda

incrementar su rendimiento mecánico, especialmente luego de haber hecho modificaciones o mejoras al motor. Se necesita de un sistema programable MegaSquirt que provea de una conexión serial para crear una interfaz con una computadora regular, por ejemplo; en una 'notebook', la información está disponible en línea.

MegaSquirt comenzó como un proyecto que solamente, se dirigía a poder controlar sistemas de inyección; actualmente tiene la capacidad para poder controlar el tiempo del motor o ignición, por tanto, se ha convertido en un sistema completamente independiente que no necesita ni depende, de la computadora actual o de un motor para poder llevar a cabo su función.

Se puede determinar, al momento de la instalación, si se desea solamente, controlar la inyección de combustible o si además, se quiere controlar el tiempo de ignición en adición al control de la inyección. Todo está al juicio y a las metas que esté llevando a cabo con la implementación.

1.2 Justificación técnica

Uno de los principales inconvenientes que se presentan en los motores de combustión interna es el bajo rendimiento, centrado principalmente al poco aprovechamiento de los gases de escape y a la escasa optimización de la admisión de la mezcla aire-combustible, en donde dichas pérdidas llegan a ser hasta de un 40%.

Con la propuesta se logrará controlar electrónicamente la admisión de la mezcla aire-combustible a diferentes rangos de revoluciones del motor, así como también, las distintas presiones atmosféricas; este último factor se ha convertido en un serio inconveniente, debido a la poca presencia de oxígeno en la altura.

A través de la implementación de una computadora programable MegaSquirt, podremos optimizar la cantidad precisa a inyectarse en distintas posiciones geográficas, consiguiendo al menos un 25% de mejora en el rendimiento del motor e inclusive, lograremos seleccionar el tipo de combustible (según el vehículo) a utilizar.

Cabe destacar que sistemas de inyección como este, no vienen incorporados en vehículos de serie, sino que son utilizados para vehículos de altas prestaciones, debido a las características ya mencionadas anteriormente.

Un ingeniero automotriz tiene el deber de poner en uso todas las herramientas, tanto manuales como computacionales para dar solución a problemas como, el de lograr un

mayor rendimiento mecánico, ajuste de combustible y reducción de la contaminación; aportar en la mejora de las prestaciones de estos y contribuir a la satisfacción y desarrollo de una sociedad; siempre y cuando, se conserve un criterio serio, tecnificado, perfeccionista y ambientalista que caracteriza en sí a un ingeniero automotriz de la ESPOCH.

El “Diseño, construcción y montaje de un sistema independiente de admisión con control electrónico programable MegaSquirt para un vehículo Chevrolet Aveo 1.4”, llegará a entregar una mejor capacitación; esto, basado en una amplia investigación teórica y técnico práctico; como también de la aplicación de un software, el mismo que servirá para la capacitación, mediante la simulación de cargas en el múltiple de admisión; reforzando los conocimientos, los mismos que ampliarán y servirán en nuestra formación profesional.

La misión de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO es formar profesionales competitivos; con un elevado nivel académico, científico y tecnológico en Ingeniería Automotriz y que oferte a la sociedad, profesionales a la vanguardia de la tecnología y con sólida formación académica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Diseñar, construir y montar un sistema independiente de admisión con control electrónico programable MegaSquirt para un vehículo Chevrolet Aveo 1.4.

1.3.2 Objetivos específicos.

Obtener la información y características técnicas de los sistemas de control de admisión MegaSquirt y bus de datos, mediante una amplia investigación teórica y técnico práctico.

Modelar matemática y gráficamente, un sistema de admisión para mejorar el rendimiento del motor e implementar en el vehículo.

Implementar un sistema programable para el mejoramiento del rendimiento del motor.

Modificar las características de la admisión y otras variables en el sistema de control electrónico programable MegaSquirt.

Realizar las respectivas pruebas y ensayos comparativos del sistema implementado en el vehículo para comprobar la obtención de los resultados deseados.

Aportar a la escuela de Ingeniería Automotriz, con el software básico diseñado para el cálculo del múltiple de admisión basado en el libro “Preparación de motores” de Carlos Funes, además de una simulación en SolidWorks de los elementos diseñados.

Mejorar el sistema de inyección del vehículo Chevrolet Aveo 1.4, para incrementar su rendimiento y realizar un mejor control de la inyección dependiendo del combustible a utilizar.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Introducción

El colector de admisión (Figura 1), es uno de los elementos más importantes en los motores y con más razón, en los motores de última generación. Es el encargado de ayudar, a que el aire entre rápidamente, con la velocidad adecuada a los cilindros para aprovechar al máximo el llenado de los mismos y mejorar así, el rendimiento del motor, ya que, cuanto más aire entre en los cilindros, mejor será la combustión y la potencia.

Está construido, de manera que el aire ayudado por el vacío que provoca el pistón al bajar, entre lo más rápidamente posible. Por este motivo, es esencial que la fabricación del colector de admisión, sea lo más homogéneo posible y tenga la mejor línea de ingreso hacia la cámara de combustión, por ser que, de esta manera aumenta la potencia y por consiguiente, la combustión será más perfecta y se quemará el combustible exacto.

Figura 1. Colector de admisión



Fuente: http://www.tmracing.es/tienda/product.php?id_product=778

De este elemento, depende que no se tenga tirones, consumos altos ni pérdidas de potencia. El colector se encuentra alojado en la parte lateral de la culata, sujetado por tornillos y entre medias, una junta de colector para hacer una perfecta unión. Fabricados de aleación de aluminio y de plástico; diseñados en su parte interna, de tal manera que respetan la distancia, hacia cada uno de los cilindros y el diámetro interior. Cuentan también con un importante acabado superficial, por donde ha de desplazarse la mezcla para no producir pérdidas de carga.

2.2 Tipos

2.2.1 Colector de admisión de plástico. “Actualmente existe una tendencia a la incorporación de colectores de material plástico. Estos tienen la ventaja de tener menor peso que los de aleación, con lo que cumplen la importante misión de disminuir el peso total del vehículo e incidir positivamente en el consumo. Además, repercute en un mejor llenado, al disponer de unos acabados superficiales mejores y ser el plástico de menor conductividad térmica, con lo que se reduce el calentamiento del aire y así se obtiene el respectivo aumento de las prestaciones” [1].

2.2.2 Colector de admisión variable. “Una de las dificultades en las que se encuentra los motores de mayor cilindrada y los que incorporan válvulas de mayor sección, es el poder realizar un llenado óptimo de los cilindros a regímenes bajos del motor.

En efecto, la dificultad del llenado es mayor, cuando mayor es el diámetro de las válvulas y menor el número de revoluciones; esto obedece, a una baja de velocidad de los gases y una mala disposición de la longitud del colector para que pueda aportar a una buena vibración de las ondas de presión que se van generando. Sería ideal, la posibilidad de utilizar colectores que adaptasen su longitud, en función del régimen de giro del motor:

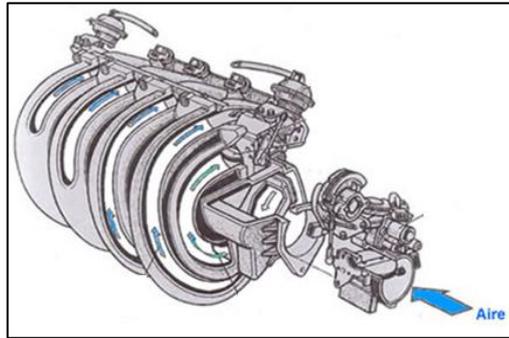
- Largos y de menor diámetro para mejorar el llenado del cilindro a bajas revoluciones.
- Cortos y de mayor diámetro para regímenes altos.

Actualmente se están equipando, en los motores de mayor cilindrada, los llamados colectores de admisión variable (Figura 2) que tienen como función, mejorar la dinámica del fluido de admisión conformado de conductos, los que pueden variar el recorrido y longitud del aire por la interposición de unas trampillas que abren y cierran al régimen de giro adecuado para favorecer una mejor admisión” [2].

2.3 Cuerpo de aceleración “Intake Throttle body” (I.T.B)

Dichos cuerpos de aceleración (Figura 3), se emplean para controlar el flujo de aire en el colector de admisión y al final de cada uno de ellos, existen asientos o habitáculos, donde se ubican los inyectores; vienen diseñados en pares y son controlados por un cuerpo de motorizado que incluye el sensor de posición de la mariposa (TPS).

Figura 2. Colector de admisión variable



Fuente: <http://supeautotronica.blogspot.com/2008/06/distribucion-mecanica.html>

Figura 3. Cuerpo de aceleración



Fuente: Autores.

El diámetro de este I.T.B. es de 46mm con un largo de 90mm, el mismo que se utilizará para el diseño del prototipo del presente proyecto. El I.T.B. varía según el motor y el perímetro de entrada de admisión en el Block y su adquisición está al alcance en el mercado ecuatoriano.

Anteriormente, se utilizaban carburadores independientes o de par para mejorar el rendimiento de los vehículos, dosificando cada cilindro independientemente, así como los carburadores Weber (Figura 4) o los de motocicleta (Figura 5).

Figura 4. Carburador weber



Fuente: <http://www.pasionalavelocidad.com/phpBB3/viewtopic.php?f=29&t=275>

Figura 5. Carburador de motocicleta



Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-440796015-kawasaki-zx6-93-94-carburadores-carburador-_JM

2.4 Múltiple de admisión

Los múltiples de admisión son ideados y diseñados, con la finalidad de proporcionar una mayor capacidad de ingreso, de la mezcla (aire/combustible) directamente hacia el motor, es decir, sin obstrucciones en su recorrido para ello se ha empleado los alargues como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Múltiple de admisión



Fuente: Autores

Los alargues de los conductos de admisión poseen un diámetro referencial principal (externo) de 46mm, con un final del alargue desconocido; el diámetro, por motivo de acoplamiento y de longitud, depende del cálculo que se explica en el capítulo III, con el que se obtendrá un mejor rendimiento del motor y que servirá para justificar dicha parte de diseño del proyecto.

2.5 Bujías

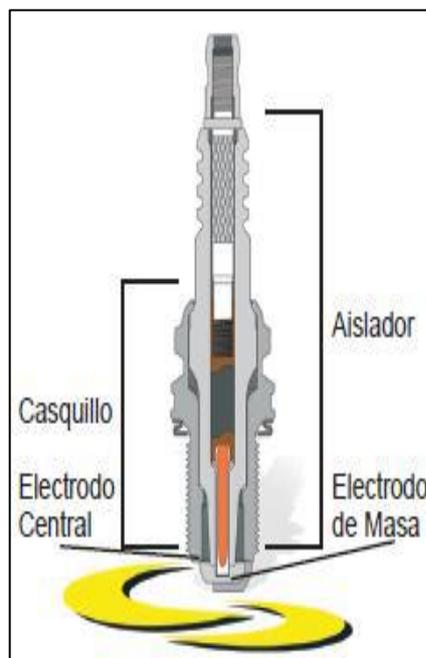
Este pequeño pero importante componente del motor, tiene tres funciones principales:

- Conducir la corriente que se genera en la bobina de ignición, hasta la cámara de combustión y proporcionar la separación para que una chispa salte.
- Sellar la cámara de combustión.
- Conducir el calor que se recoge del proceso de combustión hacia la tapa de cilindros y por ende, al área de influencia del sistema de refrigeración.

Para el mencionado proceso se requiere, de que la bujía sea un componente de avanzado diseño y tecnología, garantizando así un óptimo funcionamiento y larga vida del motor.

La bujía se conforma de tres partes principales: el casquillo, el aislador y los electrodos; el casquillo de la bujía es un hexágono metálico con rosca que permite sellar la cámara de combustión, remover e instalar la bujía; sus dimensiones son estandarizadas dentro de la industria, tanto la SAE como la ISO tienen un conjunto de estándares que cubren el tamaño del hexágono, el diámetro de la rosca y su paso.

Figura 7. Estructura de la bujía



Fuente: www.champions.com

En cuanto al aislador, éste evita que la corriente de alta tensión generada por la bobina, haga un corto en otro lugar que no sea entre los electrodos de la bujía en la cámara de combustión. También sirve como elemento transmisor de calor hacia el sistema de enfriamiento. Los aisladores de las bujías se puede utilizar de cerámica de óxido o de aluminio, pero que sean de buena calidad y con un alto contenido de zirconio.

Por último, los electrodos, éstos en su fabricación, usan distintos materiales y combinaciones de diseño, según sea los requerimientos del motor y las condiciones de funcionamiento. Tradicionalmente se utiliza de una aleación de níquel y cromo en los electrodos.

En algunos tipos de bujías, se ha adicionado un núcleo de cobre en el electrodo central e incluso también, en el electrodo de masa. El cobre es un excelente conductor de electricidad que adicionalmente sirve para disipar rápidamente el calor que se produce en los electrodos; ofreciendo así un excelente desempeño y rendimiento en aplicaciones con sistema de inyección electrónica.

En los motores de última generación se vienen usando electrodos con núcleo de cobre y puntas, con insertos de metales preciosos, tales como: el iridio, plata, oro-paladio y principalmente, platino. Este último ofrece excelente rendimiento y duración; permitiendo que la bujía dure entre 50.000 y 100.000 kilómetros.

Rango térmico: Las bujías recogen calor de la cámara de combustión y lo transmiten hacia el sistema de enfriamiento. El término, rango térmico, se refiere a las características térmicas de las bujías; particularmente a su habilidad para disipar el calor de la combustión, desde su extremo de encendido, hasta la tapa de cilindros del motor. Una bujía debe mantener un flujo uniforme de disipación de calor, desde su extremo de encendido para evitar convertirse en una fuente de pre encendido.

El pre encendido ocurre cuando el electrodo de la bujía, al rojo vivo, produce la ignición de la mezcla aire-combustible antes del salto de la chispa, originando graves daños en el motor.

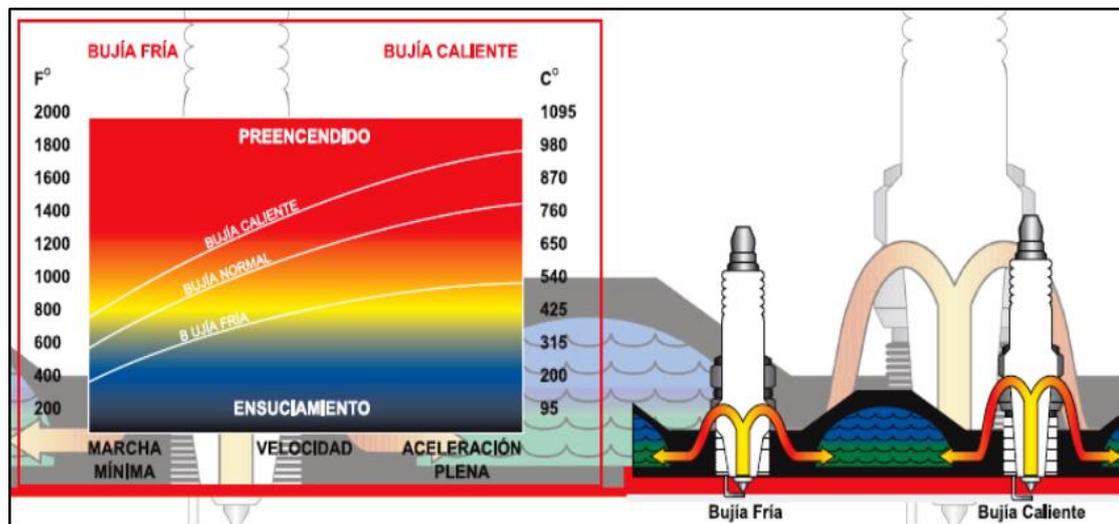
Por otro lado, se necesita que la bujía funcione lo suficientemente caliente, como para que se quemen y desprendan los depósitos de carbón que podrían ubicar en corto circuito el alto voltaje, generado en la bobina del sistema de ignición y ocasionando fallas graves de encendido. La gama de temperaturas, dentro de la cámara de combustión (comprendida desde la operación en marcha mínima, hasta acelerar totalmente abierto), es lo que define el rango térmico de cómo debe operar la bujía; desde el punto de vista de diseño, la longitud del extremo de encendido del aislador de la bujía determina el rango térmico de funcionamiento de la misma (Figura 8).

Las bujías operan normalmente, en un rango de temperatura comprendido entre los 400 °C y 800°C. Las de tipo fría tienen un aislador relativamente corto, y disipan el calor rápidamente; éstas se usan cuando las temperaturas de las cámaras de

combustión son más altas. Los diseños más calientes tienen un aislador más largo, transfiriendo menos calor y su aplicación es en cámaras, cuyas temperaturas de operación, son relativamente bajas.

La temperatura a la que opera una bujía, es lo que determina, si una bujía es caliente o fría y no necesariamente su diseño. El diseño de la bujía apropiada para cada motor se hace, tomando en cuenta, los criterios mencionados.

Figura 8. Rango térmico de las bujías



Fuente: www.champions.com

Beneficios de las bujías de iridio

- El Iridio es uno de los metales de mayor conductibilidad. Al ser más conductor habrá mejor encendido, es decir, a menos castigo al motor de arranque, se conseguirá mayor durabilidad de la batería y también menos fallo en chispa continua, lo que conlleva a un mejor aprovechamiento del combustible y de las prestaciones del motor.
- Un mejor arranque en frío.
- Puede durar el doble que las bujías con electrodo a base de níquel, ya que tienen mayor resistencia a las altas temperaturas y a la erosión.
- Utilizando iridio, el electrodo central puede ser muy fino (unos 0.6 mm), de forma que el voltaje necesario para el encendido, es menor y proporcionando mayor seguridad en el encendido. Además las chispas acceden mejor a la mezcla, obteniendo una combustión más estable y reduciendo los problemas por depósitos carbonosos, causados por una baja temperatura en trayectos cortos.

2.6 Cables de alta tensión

Conocidos como cables de 8.8mm, estos tienen una menor resistencia eléctrica, pero la corriente viajará rápidamente y de manera constante; haciendo que la chispa, en teoría, sea pareja en todos los cilindros.

2.7 Señales de sensores y actuadores

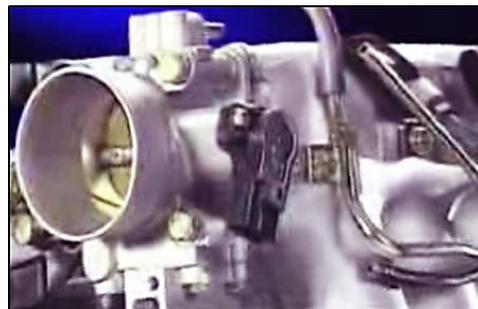
Como una función preliminar y esencial, es la de elegir cuidadosamente el tipo de electrónica que podemos implementar en nuestro motor y acorde a ello, seleccionar los sensores y actuadores que viabilicen el alcance al máximo régimen del mismo. La opción más factible es utilizar una computadora programable que posea los siguientes sensores:

- Sensor de la posición de la mariposa (TPS).
- Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP).
- Sensor de posición del cigüeñal (CKP).
- Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).
- Sensor de temperatura del aire (IAT).
- Sensor de oxígeno.

2.7.1 Sensor de posición de la válvula de mariposa (TPS). Es un dispositivo (Figura 9) el cual, se encuentra montado en el exterior del armazón del acelerador y conectado al eje del mismo, éste se encarga de enviar al módulo de control electrónico (ECU) una señal, la cual indica en qué posición se encuentra la mariposa de aceleración.

El sensor de posición es una resistencia variable que cambia, a medida que el estrangulador se abre. La ECU necesita de esta información para cambiar la relación de la mezcla aire-combustible.

Figura 9. Ubicación del sensor TPS

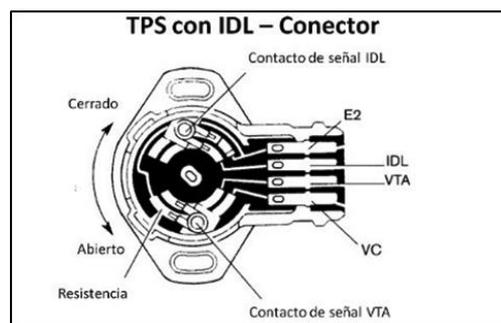


Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster06.pdf>

El módulo de control electrónico (ECU) toma esta información para poder efectuar distintas e importantes funciones y así alcanzar el correcto funcionamiento del sistema de inyección electrónica de combustible.

Actualmente, el tipo de TPS más utilizado es el potenciómetro (Figura 10); éste consiste en una pista resistiva barrida con un cursor, y alimentada con una tensión de 5 voltios, desde el módulo de control electrónico (ECU). Los TPS de este tipo suelen tener 3 cables de conexión y en algunos casos, pueden tener 4 cables, en este último caso, incluye un switch como contacto de marcha lenta.

Figura 10. Sensor TPS (potenciómetro)



Fuente: <http://cperezautomotriz2013ctplm.blogspot.com/>

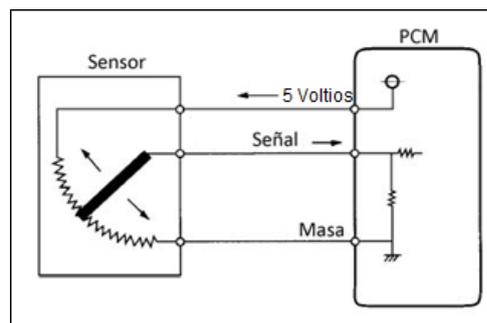
Este sensor tiene sus conexiones respecto a la ECU, como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Conexión del sensor de posición de la mariposa (TPS)

Pines del sensor.	Descripción.
1	71 → A19 Pin de la ECM, conexión a tierra.
2	73 → A26 Pin de la ECM, alimentación de 5 V.
3	59 → A22 Pin de la ECM, señal del sensor.

Fuente: www.megasquirt.com

Figura 11. Conexión del sensor de la mariposa (TPS).

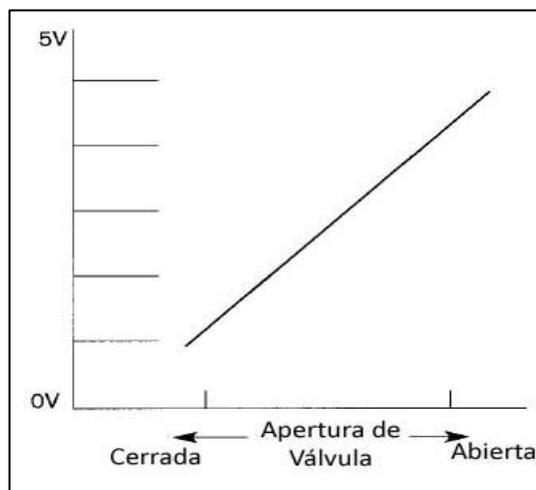


Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=227

Condiciones de trabajo de un TPS: El sensor envía una señal de voltaje a la computadora, indicando la posición del acelerador para que la señal se incremente, cuando se abre el acelerador. La computadora usa la posición del acelerador para determinar el estado de operación: neutro (acelerador cerrado), crucero (parcialmente en neutro) o aceleración intensa (acelerador muy abierto) para poder controlar adecuadamente las mezclas de aire-combustible, avance del encendido, velocidad en neutro, etc.

El TPS común posee tres terminales: una de alimentación de 5 Voltios que proviene del módulo de control, un terminal de señal de salida y un terminal de tierra; proveniente del módulo de control para cerrar el circuito. Cuando el motor se encuentra en ralentí, la señal en el terminal de salida es de unos 0.6 a 0.9 Voltios, indicando al módulo que la mariposa se encuentra cerrada. Cuando la mariposa está totalmente abierta, la señal de salida es de 3.5 a 4.7 Voltios.

Figura 12. Gráfica del sensor de posición de la mariposa



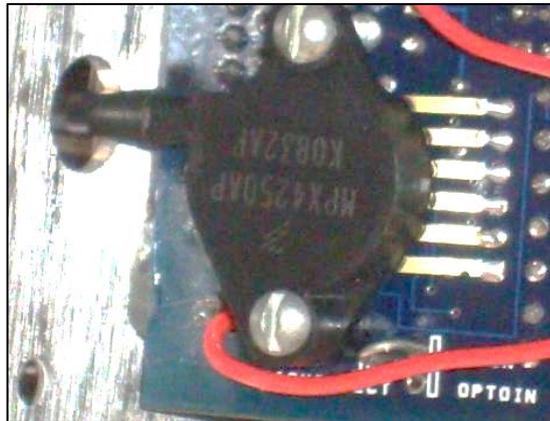
Fuente: <http://www.encendidoelectronico.com/vista.php?id=39>

2.7.2 Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP). Los automóviles que no disponen de medidor de flujo o masa de aire (MAF), en su sistema de inyección electrónica para que el módulo electrónico de control (ECU) calcule la cantidad de combustible, normalmente se instala un sensor MAP (medidor de presión absoluta de múltiple) para que el módulo de control electrónico, conjuntamente con la información del sensor de temperatura y la colaboración de la posición de mariposa, calcule la cantidad de combustible a inyectar y sean posibles las correcciones de avance de encendido.

Contamos con la ventaja, de que el mencionado sensor, viene incorporado en la

misma unidad programable, sólo haría falta, instalar una manguera de vacío, desde el múltiple de admisión, hacia el sensor.

Figura 13. Ubicación del sensor MAP

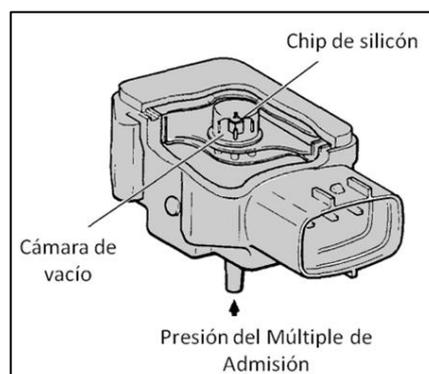


Fuente: Los Autores.

La presión del múltiple de admisión está directamente relacionada con la carga del motor. La ECU necesita conocer la presión del múltiple de admisión para calcular la cantidad de combustible a inyectar, cuando encender la chispa de un cilindro y otras funciones.

El elemento eléctrico expuesto al vacío del múltiple es un chip de silicón (cristal), más conocido como diafragma, soportado en cada uno de sus vértices, por elementos semiconductores (resistencia piezo-resistiva) que varían la resistencia de acuerdo al estiramiento producido por la depresión del múltiple, y en consecuencia, una salida de tensión variable.

Figura 14. Estructura del sensor MAP

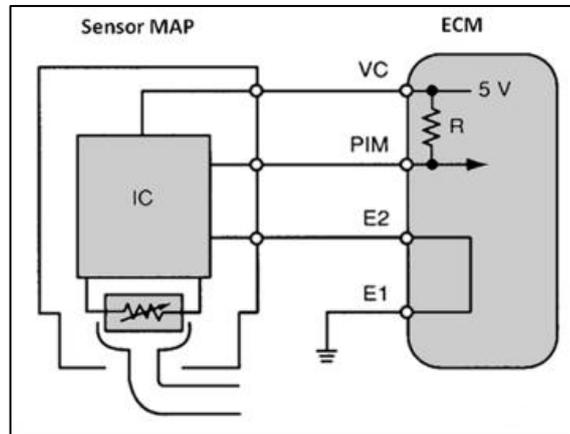


Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=221

EL chip de silicón cambia su resistencia, con los cambios que ocurran en la presión; cuando el chip de silicón se flexiona con el cambio de presión, también cambiará la

resistencia eléctrica que está en el mismo chip. Este cambio de resistencia altera la señal de voltaje. La ECU interpreta la señal de voltaje como presión y cualquier cambio en la señal de voltaje, significará que hubo un cambio en la presión, cuya instalación electrónica es como se muestra en la figura 15.

Figura 15. Conexión del sensor MAP

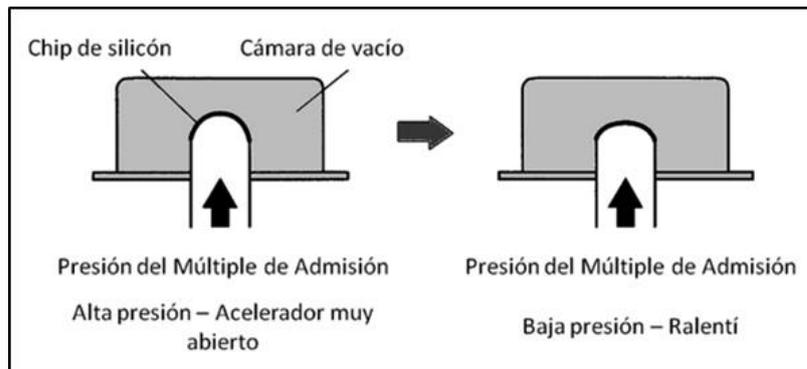


Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=221

Principio de funcionamiento: El sensor MAP usa un vacío perfecto dentro de la cara del chip de silicón como su presión de referencia. La diferencia de presión entre el vacío perfecto y los cambios de presión del múltiple de admisión, al otro lado del chip, hacen que la señal hacia la ECU cambie.

Los sensores MAP tienen un principio de funcionamiento bastante básico, por contar con un componente central de un sensor MAP, de un chip de silicón que se estirará, flexionará y volverá a su forma original; según ocurran los cambios de presión y vacío, con la aceleración y desaceleración del motor.

Figura 16. Trabajo del chip del sensor MAP

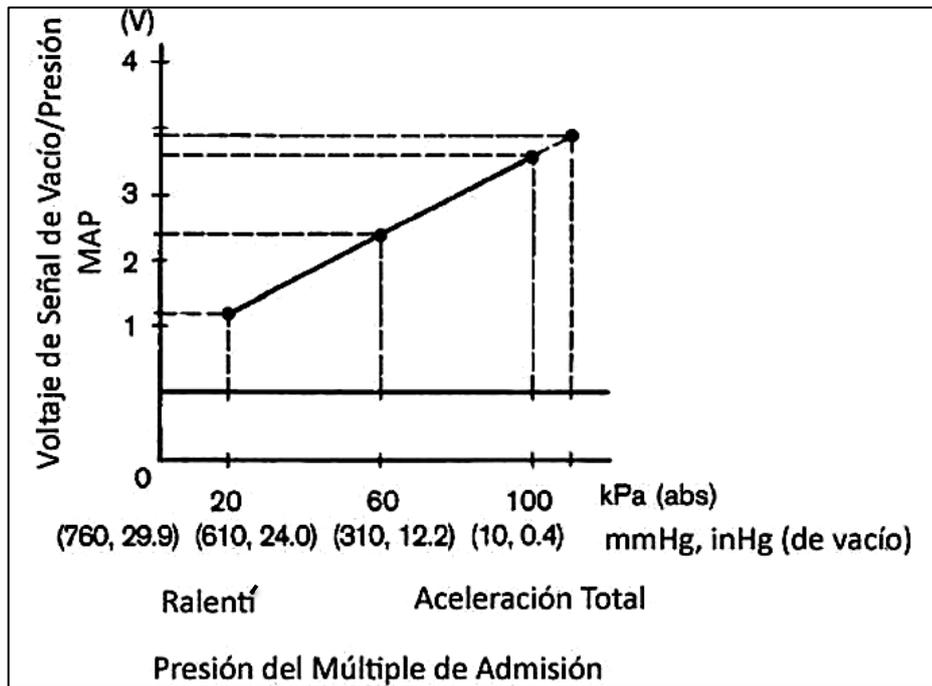


Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=221

Con las flexiones del chip ocurren cambios en la resistencia eléctrica adherida al

mismo chip, modificando la señal de voltaje hacia la ECU para que ésta ejecute las modificaciones a los distintos sistemas del motor, con base en la carga de trabajo del motor, reportada por el sensor MAP.

Figura 17. Valores de trabajo del sensor MAP



Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=221

Como se sabe, cuando un motor acelera y desacelera se experimentan cambios de vacío dentro del múltiple de admisión. Son precisamente esas variaciones las que el chip de silicón del sensor MAP se encarga de detectar.

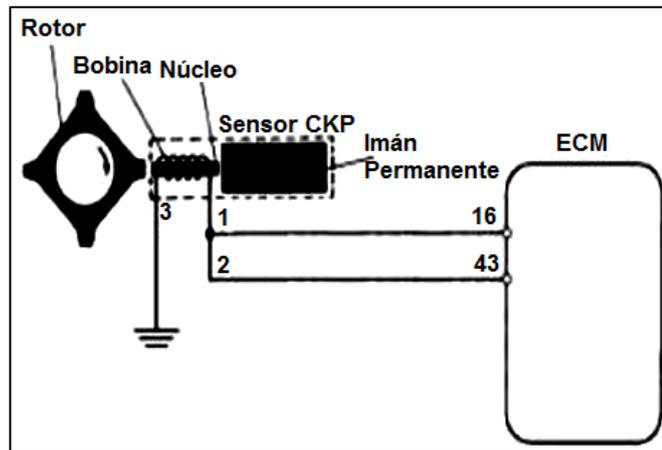
2.7.3 Sensor de posición del cigüeñal (CKP). El CKP, o sensor de posición del cigüeñal detecta la posición del cigüeñal y la envía al módulo electrónico de control (ECU) para realizar el cálculo del tiempo de inyección, el de ignición y las revoluciones del motor, acorde con la señal del sensor. Por medio de este sensor, la ECU se entera de la posición del cigüeñal y de las RPM del motor para hacer los ajustes necesarios en el encendido y en el combustible. Es un sensor que tiene sus conexiones respecto a la ECM, como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Conexión del sensor de posición del cigüeñal (CKP)

Pines del sensor	Descripción
1	1,2 → A24 Pin de la ECM, señal del sensor.
2	3 → A7 Pin de la ECM, masa del sensor.

Fuente: www.megasquirt.com

Figura 18. Conexión del sensor de posición del cigüeñal



Fuente: BONNICK, Allan. W. M., Automotive Computer Controlled Systems.

Principio de funcionamiento: Los sensores electromagnéticos son muy usados para determinar la velocidad y la posición angular de un objeto rotativo. Las dos funciones más comunes que se les dan a estos tipos de sensores son: la posición del cigüeñal para el control de la ignición y la inyección del combustible, y la otra, es la velocidad de rotación de las ruedas para los frenos ABS y el control de tracción TCS.

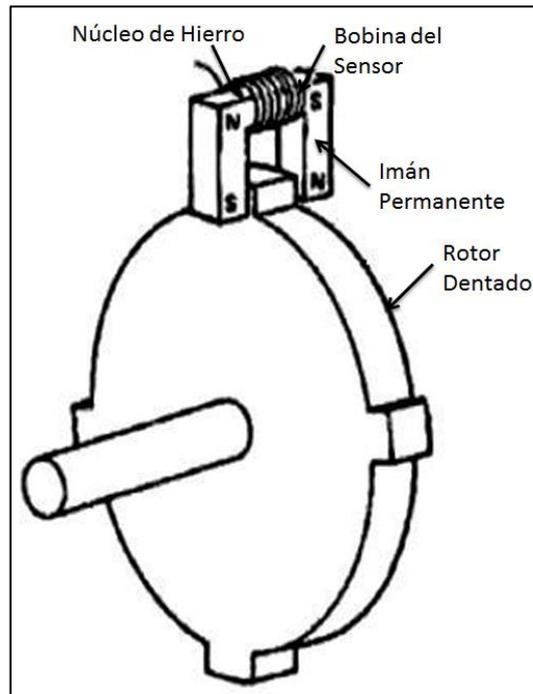
La interacción entre electricidad y magnetismo es utilizada de varias formas para producir el efecto sensor deseado. Existen dos tipos de sensores que son ampliamente utilizados en los sistemas del vehículo: los sensores de reluctancia variable y los sensores de tipo Hall. En el caso del sensor de posición del cigüeñal CKP, se utilizan generalmente los de reluctancia variable. Los principales componentes de este tipo de sensor son (Figura 19):

- Rotor dentado de hierro.
- Imán permanente.
- Núcleo de hierro, para dirigir el flujo magnético.
- Bobina enrollada alrededor del núcleo magnético, en el cual el voltaje es inducido.

El rotor dentado posee un número determinado de dientes, los mismos que pasan a través del espacio, entre el flujo magnético. Cuando un diente del rotor pasa por él entre hierro, se induce en la bobina del sensor un voltaje, el mismo que debe estar relacionado con el cambio de flujo magnético del circuito. Mientras más rápido sea el cambio de flujo magnético, mayor será el voltaje generado en la bobina del sensor. Cuando el diente del rotor se alinea con él entre hierro, el voltaje del sensor es cero. A medida que los dientes pasan por él entre hierro, el flujo magnético se

incrementa rápidamente, incrementando rápidamente, el voltaje del sensor.

Figura 19. Esquema del sensor de posición del cigüeñal



Fuente: BONNICK, Allan. W. M., Automotive Computer Controlled Systems.

2.7.4 *Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)*. Su objetivo es conocer la temperatura del motor, a partir de la temperatura del líquido refrigerante del mismo, llevando la información a la unidad de control para que regule la mezcla y el momento de encendido del combustible. El sensor de temperatura (Figura 20), usualmente, se encuentra en la parte más caliente del sistema de refrigeración del motor, que es a la salida de la bomba de agua o bien, en la tapa de cilindros. Eléctricamente, se trata de una resistencia no lineal variable en función de la temperatura (NTC).

Figura 20. Sensor ECT



Fuente: Autores

El ECT (Engine Coolant Temperature) es el encargado de enviar la señal para

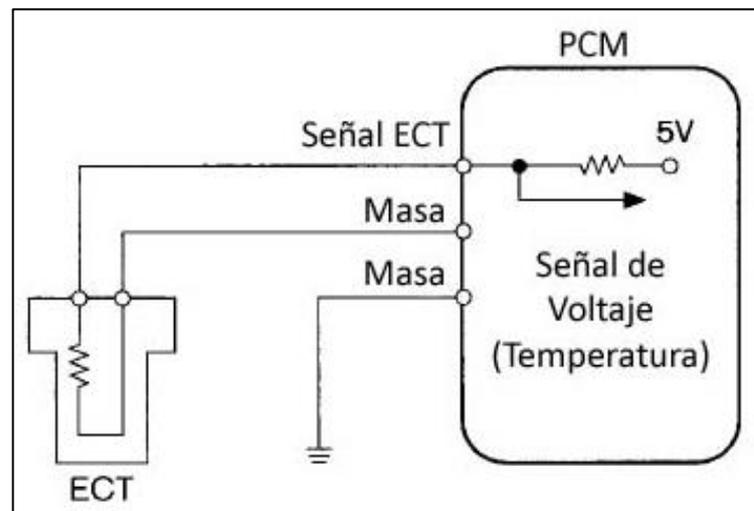
informar al computador la temperatura del refrigerante del motor, con el objetivo de que, éste pueda enriquecer automáticamente la mezcla aire/combustible cuando el motor esta frio y la empobrezca paulatinamente, en el incremento de la temperatura, hasta llegar a la temperatura normal de funcionamiento, donde se dosifica una mezcla aire/combustible ideal. Este sensor tiene sus conexiones respecto a la ECM como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3. Conexión del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)

Pines del sensor.	Descripción.
1	71 → A19 Pin de la ECM, conexión a tierra.
2	78 → A21 Pin de la ECM, señal del sensor.

Fuente: www.megasquirt.com

Figura 21. Conexión del sensor de temperatura del refrigerante del motor

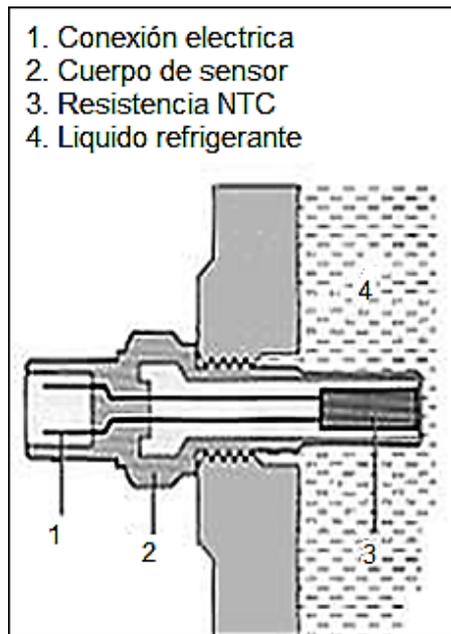


Fuente: http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=224

Principio de funcionamiento: El sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT, posee el mismo principio de funcionamiento que el sensor de temperatura de aire IAT, este sensor contiene un termistor dentro de una carcasa, la cual es diseñada para ser insertada dentro del circuito de refrigeración del motor.

El sensor está encapsulado en un cuerpo de bronce, para que pueda resistir los agentes químicos del refrigerante y tenga además, una buena conductibilidad térmica. En el extremo opuesto, tiene un conector con dos pines eléctricos, aislados del cuerpo metálico.

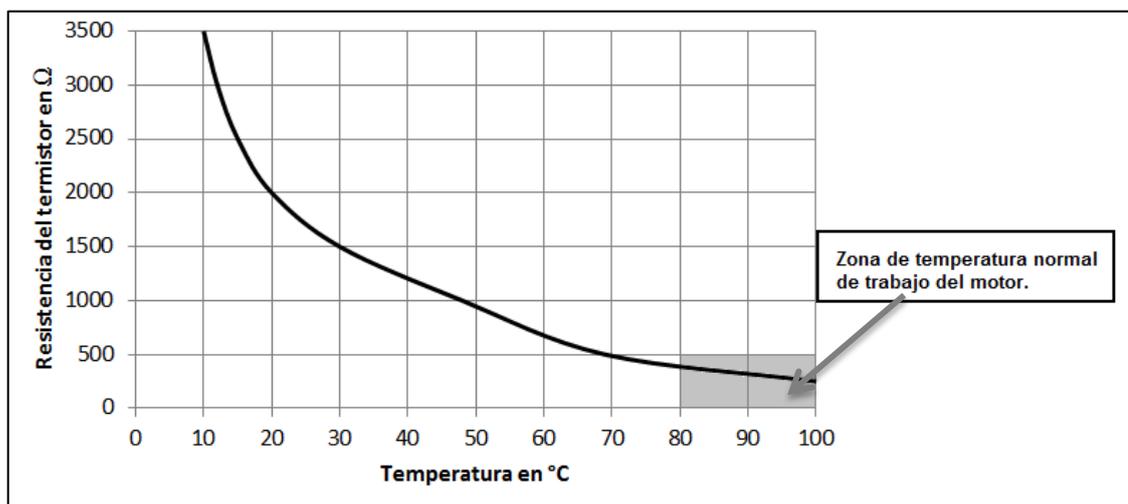
Figura 22. Esquema del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)



Fuente: www.mecanicavirtual.org/inyecci-gasoli-intro.

Este termistor posee un coeficiente de temperatura negativa NTC, es decir, su resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta, un termistor típico nos da un valor de resistencia de 100k Ω a una temperatura de -40°C y una resistencia de 70 k Ω a una temperatura de 130 °C, para transformar esta variación de resistencia por la temperatura, en una señal de voltaje, este sensor generalmente forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 Voltios. De esta forma la señal de voltaje disminuye a medida que la temperatura del refrigerante aumenta (Figura 23).

Figura 23. Curva característica del sensor de temperatura del refrigerante del motor



Fuente: Autores

2.7.5 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT). El sensor IAT (Figura 24) es un termistor (una resistencia que cambia con respecto a la temperatura); entre más se calienta el sensor, menor es su resistencia.

Figura 24. Sensor IAT



Fuente: http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sensor2.pdf

El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) permite a la computadora, corregir el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que entra a las cámaras de combustión. Dependiendo de la temperatura del aire, será la cantidad de oxígeno que entra y la computadora, tiene que regular la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico. Normalmente, el sensor (Figura 25) se localiza en la parte posterior del pleno de admisión.

Figura 25. Ubicación del sensor IAT



Fuente: http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sensor2.pdf

El sensor, generalmente, está enroscado dentro del múltiple de la toma de aire, en el armazón del acelerador, en el conjunto posterior del filtro de aire, etc.

El sensor de temperatura del aire permite que varíe su resistencia eléctrica, al modificarse la temperatura del aire. Con una temperatura del aire baja, el sensor deberá mostrar una resistencia alta y una señal de voltaje alto. Al calentarse el aire de admisión, el sensor mostrará una resistencia baja y un voltaje de señal también bajo. Este sensor tiene sus conexiones respecto a la ECM, como se puede observar en la

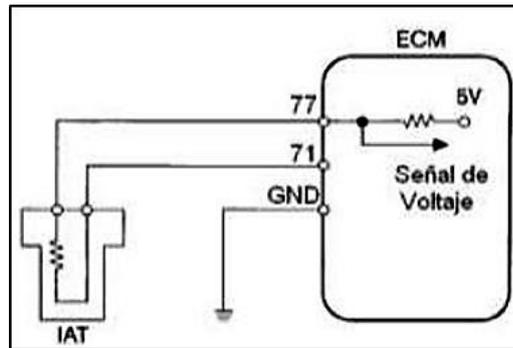
tabla 4.

Tabla 4. Conexión del sensor de temperatura del aire (IAT)

Pines del sensor.	Descripción.
1	71 → A19 Pin de la ECM, conexión a tierra.
2	77 → A20 Pin de la ECM, señal del sensor.

Fuente: www.megasquirt.com

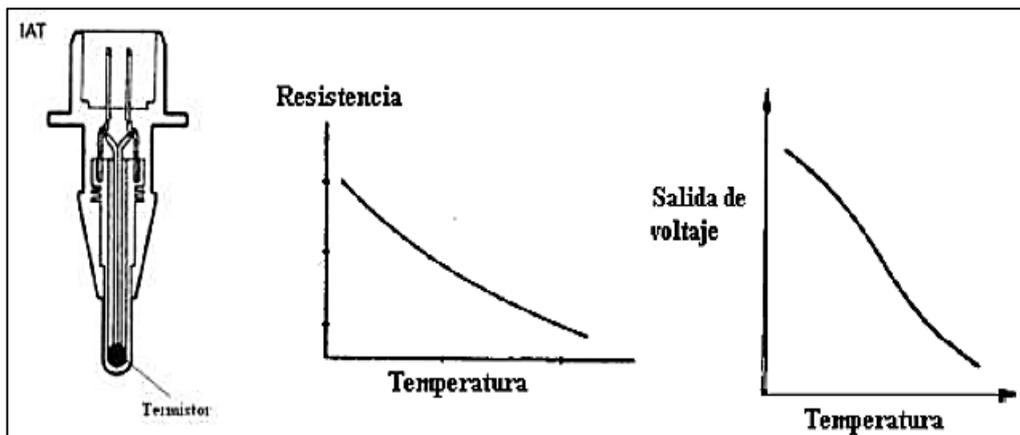
Figura 26. Conexiones del sensor de temperatura del aire



Fuente: BONNICK, Allan. W. M., Automotive Computer Controlled Systems.

Dentro del cuerpo del sensor, encontramos una resistencia termo sensible de material semiconductor de coeficiente de temperatura negativo (NTC), es decir que, su resistencia disminuye a medida que sube la temperatura. Esta resistencia variable forma parte de un circuito divisor de tensión, alimentado con 5 Voltios; así la señal de voltaje, dependerá de la variación de la resistencia del elemento sensor. Esta señal de voltaje, es leída por un convertidor analógico-digital y comparado con los valores de la curva característica, almacenada en el módulo de control del motor y asignando cada valor de voltaje a una temperatura determinada.

Figura 27. Sensor IAT y sus curvas características



Fuente: BONNICK, Allan. W. M., Automotive Computer Controlled Systems.

La información sobre la temperatura es indispensable para que la computadora pueda calcular la masa de aire entrante del motor; esto es debido a que, el aire frío tiene mayor densidad de oxígeno y necesita más combustible para lograr el punto estequiométrico. Mientras el aire está caliente, tiene menos densidad de oxígeno, es decir, requiere menos combustible para la combustión.

2.7.6 Sensor de oxígeno. Este sensor se implementó dentro del motor, por causa de los efectos contaminantes, de emisiones producidas por la combustión deficiente del combustible; si bien, con los sistemas de inyección se logró conseguir un incremento de la potencia del motor y un mejor control de la mezcla aire/combustible, no se eliminó totalmente la emisión de gases contaminantes.

Las regulaciones actuales exigen que se controlen las emisiones de gases, por lo que los sistemas de inyección están diseñándose cada vez de mejor manera, pero a pesar de ello, la calidad de la combustión sigue dependiendo de otros factores, inclusive mecánicos, que afectan en un buen porcentaje la precisión que nos ofrecen los sistemas electrónicos.

Para determinar si el sistema de control de combustible está realizando una dosificación correcta en la mezcla aire/combustible, es necesario, implementar el sensor de oxígeno, conocido también, como sonda lambda o EGO (Exhaust Gas Oxygen Sensor). Este sensor permite que el sistema de control de combustible, trabaje en lazo cerrado, verificando la cantidad de oxígeno, en los gases de escape e informando a la ECM, si es necesario enriquecer o empobrecer la mezcla. Una vez realizada las correcciones sobre la mezcla, el sensor de oxígeno verifica nuevamente la cantidad de oxígeno en los gases de escape para nuevas correcciones.

Como la ECM está recibiendo información del estado de la mezcla permanentemente, puede en cuestión de milésimas de segundo, modificar la cantidad de combustible que inyecta el sistema, permitiendo que el motor obtenga una gran exactitud en su combustión; esto significa entonces, una óptima potencia de entrega y una emisión mínima de gases contaminantes en el ambiente.

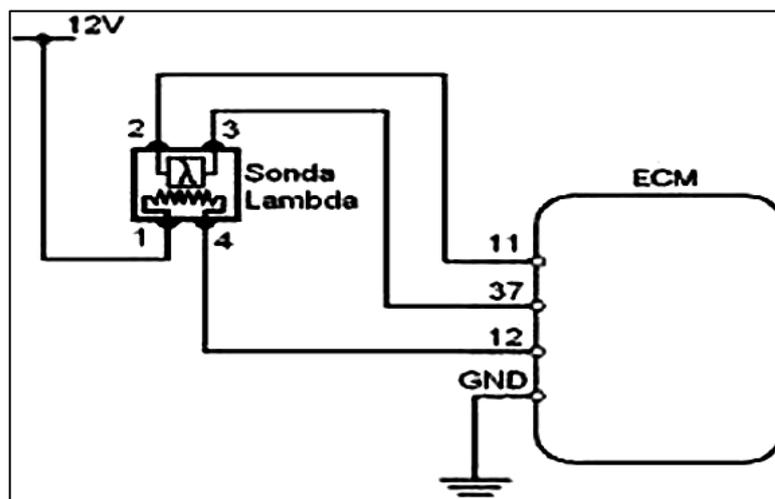
El sensor de oxígeno de óxido de zirconio de 4 cables, debido a que posee la niquelina de calentamiento, se obtiene una lectura más fiable al momento de calibrar y poner a punto el motor. Dicho sensor posee conexiones, respecto a la ECM, como se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5. Conexión del sensor de oxígeno calentado.

Pines del sensor.	Descripción.
2	11→A23 Pin de la ECM, señal del sensor.
1	87→Alimentación del calentador del sensor.
4	12→A19 Masa de la niquelina.
3	37→Masa del sensor.

Fuente: www.megasquirt.com

Figura 28. Conexión del sensor de oxígeno calentado



Fuente: BONNICK, Allan. W. M., Automotive Computer Controlled Systems.

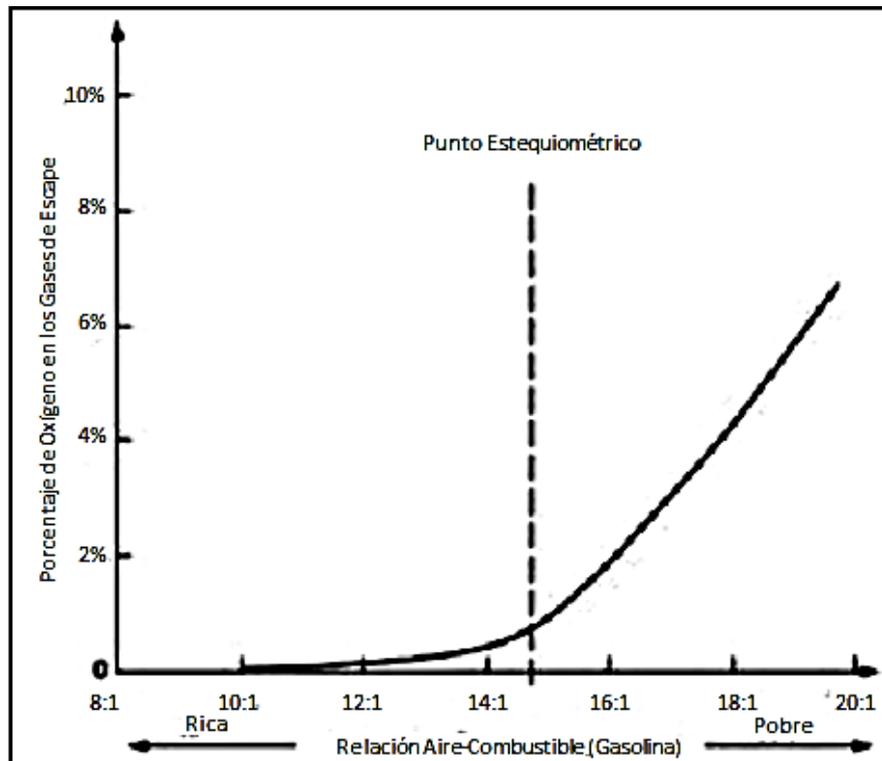
Principio de funcionamiento: Para que el catalizador de gases de escape funcione correctamente, la relación aire/combustible debe mantenerse cerca de 14,7:1. El sensor de oxígeno calentado o también conocido como EGO, ayuda al módulo de control, a mantener esta relación dentro de los límites requeridos.

El sensor de oxígeno EGO, monitorea constantemente la cantidad de oxígeno en los gases de escape y por ende, la relación aire/combustible de la mezcla que ingresa a los cilindros, es decir, la cantidad de oxígeno, en los gases de escape, dependen directamente de la cantidad de oxígeno existente en la mezcla aire/combustible. En la figura 29 podemos observar la relación, entre el contenido de oxígeno en los gases de escape y la relación aire/combustible de la mezcla que ingresa en los cilindros.

La señal del sensor es retroalimentada al módulo de control para corregir la cantidad de combustible inyectado dentro del motor, con la finalidad de mantener la relación aire/combustible entre los límites requeridos. La relación aire/combustible que provee químicamente una correcta combustión, se denomina lambda ($\lambda=1$); si la mezcla es

rica, se considera un factor lambda menor a 1 ($\lambda < 0.97$); por otro lado, si la mezcla es pobre, se considera un factor lambda mayor a 1 ($\lambda > 1.03$).

Figura 29. Porcentajes de oxígeno de los gases de escape



Fuente: BONNICK, Allan. W. M., Automotive Computer Controlled Systems.

Este tipo de sensor que es conocido como tipo de óxido de zirconio, opera básicamente por la diferencia, entre la presión parcial de oxígeno del aire atmosférico y la presión parcial del oxígeno de los gases de escape. Como se sabe, a nivel del mar el aire contiene aproximadamente un 21% de oxígeno, dándonos una presión parcial aproximadamente de 0.2 bar. Por otro lado, el oxígeno contenido en los gases de escape varía desde 0% en una mezcla rica, hasta un 10% en una mezcla pobre, dándonos una variación de presión parcial de oxígeno en los gases de escape desde los 0 bares, hasta los 0.01 bares aproximadamente.

Una vez conocidos los sensores que vamos a utilizar para el control de la inyección y encendido, procedemos a seleccionar e implementar los distintos actuadores que harán funcionar el motor, de acuerdo a nuestras necesidades, siendo los siguientes:

- Bomba de combustible.
- Inyectores.
- Válvula de control de marcha mínima.

2.7.7 Bomba de combustible. Su principal función es bombear el combustible de una manera eficiente y constante, desde el depósito de combustible para esto, dispone de un pre filtro, el cual realiza un filtrado de impurezas, siendo filtrado el combustible nuevamente por el filtro propiamente dicho; enviando el combustible hacia el riel de inyectores.

En los motores con sistema de inyección electrónica, la bomba de combustible, está diseñada con un sobre-dimensionamiento, ya que la cantidad y la presión necesaria para los inyectores, será siempre menor al que puede entregar la bomba, normalizando cuya presión, el regulador de combustible.

Se diseñaron de esta forma, ya que se trata de mantener una presión y caudal estable en el sistema, para que los inyectores puedan enviar a los cilindros, la cantidad necesaria, sin restricciones, aún en casos extremos: de aceleración, de taponamiento de los filtros y hasta una mala alimentación de tensión eléctrica a la bomba (Figura 30).

Las bombas están encargadas de cumplir las siguientes características:

- Alta durabilidad.
- Bajo ruido, aislamiento contra interferencias.
- Garantía de flujo constante.
- Perfecto funcionamiento durante el suministro a alta temperatura.
- Fácil instalación.
- Aplicable en los principales modelos de vehículos.
- Calidad asegurada.

Principio de funcionamiento: La bomba es accionado por un motor eléctrico y refrigerada por el mismo caudal de combustible; se encarga de extraer el combustible, desde el tanque, hacia el circuito de alimentación y además, de mantener la presión en todo el sistema.

El motor de la bomba de combustible es de imán permanente, el cual, es alimentado por la batería, a través de un relé que es activado por la ECU; desde el momento en que se arranca hasta cuando se para el motor del vehículo. Presenta dos válvulas, una que se encuentra a la entrada y otra a la salida de la bomba, asegurando así, el suministro y llenado permanente, el circuito como el receptáculo de la bomba; con el fin de impedir, la formación de vapores de combustible.

Figura 30. Bomba de combustible



Fuente: Autores

El caudal que se envía, es muy superior al necesario; pero de esta manera, se tiene en circulación una gran cantidad de combustible que refrigera el sistema. La presión, también es mayor, porque el regulador de presión la controla.

El combustible, no utilizado, retorna al depósito y la alimentación eléctrica, proporciona un relé que es gobernado por la unidad de control del sistema multipunto.

Las conexiones eléctricas de la bomba de combustible obedece al pin data de la tabla 6.

Tabla 6. Conexión de la bomba de combustible

Pin de la bomba	Descripción
1	A37 Pin de la ECM, señal
2	Masa

Fuente: www.megasquirt.com

2.7.8 Inyectores. Llamados también, válvulas de inyección, estos son los encargados de inyectar, el combustible al interior del cilindro (Figura 31); los cuales pulverizan la gasolina, dentro del múltiple de admisión en sincronización, con la apertura de las válvulas; permitiendo el ingreso del combustible a los cilindros, de acuerdo, a los requerimientos del vehículo. Los inyectores electrónicos se abren, por medio de un solenoide eléctrico y se cierran con un resorte; los inyectores continuos se abren por la presión del combustible.

Figura 31. Inyector de combustible



Fuente: http://apcimaco.mx/product_info.php/products_id/20325

En los sistemas multipuntos, existe un inyector por cada cilindro y se encuentran ubicados, de tal forma que rocíen el combustible, dentro del conducto de admisión, cerca de las válvulas de admisión.

Los sistemas de inyección multipunto usan una rampa de presión de combustible a la cual está conectada todos los inyectores. La presión, en esta rampa, es controlada por el regulador de presión. Esto significa que la cantidad de combustible que proporciona cada inyector, es regulada por el periodo de tiempo que el módulo de control, mantiene el inyector abierto. Este tiempo varía desde 1.5 ms aproximadamente, con el motor en baja carga, hasta aproximadamente 10 ms, con el motor a plena carga; los mismos que para el rally serán más cortos.

Los inyectores disponen del pin data que indica la tabla 7.

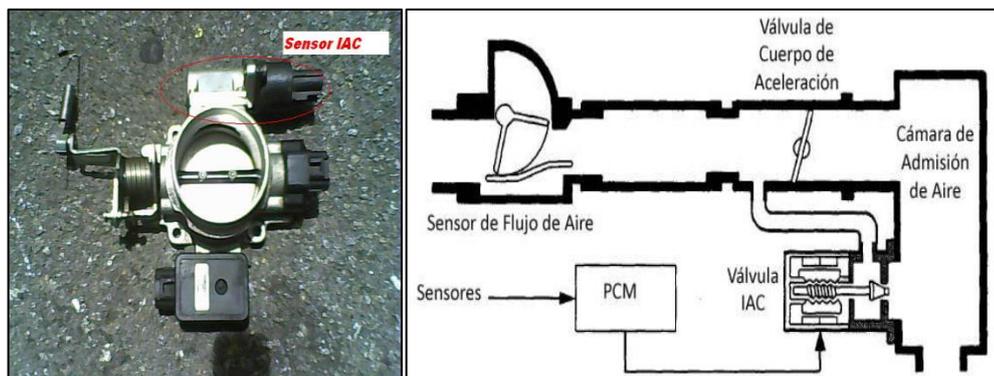
Tabla 7. Conexión de los inyectores

Inyector	Pines del conector	Descripción
1	1	87 Conexión del positivo del relé principal
	2	3 → A 32 Pin de la ECM, Inyector A-1
2	1	87 Conexión del positivo del relé principal
	2	32 → A 34 Pin de la ECM, Inyector B-1
3	1	87 Conexión del positivo del relé principal
	2	31 → A 35 Pin de la ECM, Inyector B-2
4	1	87 Conexión del positivo del relé principal
	2	4 → A 33 Pin de la ECM, Inyector A-2

Fuente: www.megasquirt.com

2.7.9 Válvula de control de marcha mínima (IAC). La válvula IAC está localizada en el cuerpo de aceleración y se encarga de proporcionar el aire necesario para el funcionamiento, en marcha lenta, es decir, para estabilizar la velocidad ralenti del motor. Cuando el motor está en marcha lenta, la cantidad de aire que pasa por la mariposa de aceleración, es muy poco y la válvula IAC proporciona el resto del aire, por un conducto (Figura 32). En el interior de un motor reversible existen 2 embobinados para que el rotor pueda girar en los 2 sentidos.

Figura 32. Ubicación de la válvula IAC



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf3/curso-sistemas-control-marcha-minima/curso-sistemas-control-marcha-minima.pdf>

Tiene 4 terminales conectadas al ECM para que éste controle el motor de la IAC, dependiendo de la cantidad de aire que necesite para la marcha lenta, aumentando o restringiendo el flujo del aire. Los embobinados del motor de la IAC, no deben tener menos de 20 ohmios, porque se deteriora el ECM.

2.8 Computadoras programables

La implementación de un sistema, de inyección y encendido ajustables permite variar, con facilidad, los parámetros que gobiernan, tanto la inyección, como el encendido. Estos sistemas no poseen cartografía ni programa alguno, grabado inicialmente, en la unidad de control. Razón por la cual, previo al encendido, se deben ingresar los parámetros correspondientes para la puesta en marcha del vehículo.

La incorporación de un sistema de inyección y encendido no cartográfico programable presenta las siguientes ventajas:

- Ajuste de parámetros de control en tiempo real para afinar el motor según el estado de funcionamiento.
- Control del punto de encendido, utilizando todos los sensores necesarios.

- Mapeo del punto de encendido, siempre consiguiendo la máxima potencia y máxima economía.

En el mercado internacional, existe una gran variedad de sistemas de inyección y encendido, asistidos por computadoras programables, motivo por el cual, se hace un respectivo análisis de las diferentes ventajas y desventajas que presentan los principales sistemas disponibles en nuestro medio, pero por motivos de disponibilidad y economía, se analizarán las más accesibles.

2.8.1 MegaSquirt. Se trata de un controlador de inyección de combustible programable, este sistema está diseñado, especialmente para controlar la forma en que los inyectores distribuyen el combustible y poder mejorar el rendimiento del mismo para que, el motor pueda entregar más potencia; especialmente, luego de haberle hecho modificaciones o mejoras.

MegaSquirt es la unión de dos palabras en inglés:

- Mega = Millón.
- Squirt = flujo de líquido: "chorro".

MegaSquirt = Mega chorro, refiriéndose al nivel de control del "flujo" de combustible producido por los inyectores.

Figura 33. Computadora programable MegaSquirt II



Fuente: www.megasquirt.com

El MegaSquirt puede proporcionar cálculos en tiempo real del combustible, hasta 16.000 RPM, es completamente programable y provee una conexión serial para interconectarse con una computadora regular, o con una "notebook"; donde toda la información está disponible en tiempo real. A pesar de que MegaSquirt comenzó como un proyecto que solamente se dirigía, a poder controlar sistemas de inyección de combustible; se le ha añadido la capacidad para poder controlar el sistema de encendido del motor. Por tanto, se ha convertido en un sistema completamente independiente que no necesita, de la computadora actual de un motor para poder llevar a cabo su función.

Este sistema nos proporciona, en el momento de la instalación, la libre elección de controlar; puede ser que se quiera controlar la inyección de combustible solamente o controlar el sistema de encendido en adición al control de la inyección de combustible. Todo está al juicio y las metas de la persona que esté llevando a cabo la implementación.

“MegaSquirt puede controlar la inyección de combustible en motores, desde 1 hasta 12 o más cilindros. Los inyectores a controlar, pueden ser de alta o baja impedancia, para cualquier número de cilindros, aún sea el caso de motores de 3 o de 5 cilindros, incluso motores con sistema de encendido por chispa perdida (odd-fire). MegaSquirt soporta un gran número de sistemas de encendido, ya sea directamente o por modificaciones al circuito, tales como: HEI 7 o 8 de General Motors (GM), EDIS, TFI de Ford. Es posible controlar una bobina directamente, hasta un máximo de seis, esto con algunas modificaciones al sistema. Para aplicaciones, en las cuales el objetivo sea controlar únicamente el combustible, se puede obtener la secuencia correcta de disparo (trigger), directamente del negativo de la bobina o de la señal existente del indicador de revoluciones del motor. MegaSquirt puede manejar una gran gama de motores, una vez realizados los ajustes necesarios” [3].

2.8.2 Haltech. El haltech E6X es una computadora programable en “tiempo real” de inyección de combustible y sistema de encendido, diseñado para controlar la mayoría de los motores de encendido, ya sea 1, 6, 8, 10 o 12 cilindros, de aspiración natural, sobrealimentados o turboalimentados.

El E6X es mucho más que un equipo programable de inyección de combustible, pues permite el acceso, en tiempo real para maximizar el rendimiento y minimizar los problemas en un vehículo, durante la ejecución.

El protocolo patentado de programación haltech, elimina virtualmente el número de variables necesarias para programar el sistema. Simplemente manipulando gráficos de barras, con las teclas de cursor en el software haltech; es posible modificar la cartografía del motor en cada punto de rpm y carga, hasta lograr un resultado óptimo.

El sistema E6X optimiza el rendimiento del motor, a través de las siguientes capacidades:

- Control de encendido estático.
- Control de combustible.
- Control de velocidad.

Figura 34. Computadora programable haltech E6X

E6X ordenador encendido



El E6X Haltech es un poderoso "tiempo real" de inyección de combustible y el ordenador encendido programable sistema diseñado para controlar la mayoría de los motores de encendido por tipo. Si los cilindros 1-6, 8, 10 o 12, 1-2 rotores, de aspiración natural, turboalimentados o sobrealimentados, el E6X Haltech puede controlarlo.

El sistema optimiza el rendimiento del motor E6X a través de las siguientes capacidades:

- Control de tiempo de encendido
- Control de combustible
- Control de velocidad de ralentí
- Bucle cerrado

El E6X es mucho más que un equipo de inyección de combustible programable - proporciona el registro de los datos del motor y permite el acceso en tiempo real para maximizar el rendimiento y problemas como los problemas en un vehículo mientras se ejecuta.

Aplicaciones típicas:

- El control de inyección de combustible en motores modificados
- La conversión de carburación a inyección de combustible

Fuente: <http://www.thor-racing.co.uk/Haltech-113.asp>

Al manipular las barras, le permite aumentar o disminuir la cantidad de combustible entregado o avance de encendido en puntos de carga y revoluciones. El proceso se repite para todos los puntos de carga en cada rango de rpm.

Las aplicaciones más frecuentes de la haltech son:

- Control de inyección y encendido en motores modificados.
- Conversión de motores de carburación a inyección.
- Aplicaciones de carrera o rally de cualquier tipo.
- Tareas de investigación y desarrollo.
- Como equipo de origen en automóviles y motocicletas.
- Uso educacional para en universidades y escuelas técnicas.

2.8.3 FuelTech. El sistema RACE PRO 1Fi, es un sistema de inyección y encendido 100% programable sin PC, ya que posee un display en español, el cual permite introducir los parámetros y monitorear las funciones, en tiempo real; este dispositivo de programación es cómodo, versátil y manejable.

Figura 35. Computadora programable FuelTech



Fuente: <http://www.crespocompeticion.com/Fueltech/RacePro/RaceProHome.html>

2.9 Selección del sistema programable

Una vez analizado los principales sistemas de inyección y encendido que existen en el mercado, hemos optado por la implementación, en nuestro vehículo, del sistema programable MegaSquirt II.

Las razones por las cuales seleccionamos este sistema, es principalmente: por la facilidad de programación, ya que esto, ayuda a comprender, de una manera más sencilla, la arquitectura de programación ya que no contiene términos confusos, ni menús complicados.

Otra de las características que presenta es su garantía, ya que este sistema está fabricado con componentes de primer nivel que proporcionan un correcto funcionamiento, en cada régimen del motor, posee sistemas de filtración que impiden el ingreso de corrientes parasitas al procesador de la ECU, evitando daños internos o fallos en el procesamiento de la información.

Además, están diseñados para ayudar a obtener un mejor rendimiento del motor estándar de un vehículo, esto ha sido comprobado tanto en pruebas de laboratorio como en pruebas de carretera, arrojando resultados óptimos.

2.9.1 *Procesos de control para inyección y encendido programables.* Los procesos de control que se pueden realizar a través de las computadoras programables pueden ser de dos tipos, ya sean de lazo abierto o cerrado (con sonda lambda) que suelen ser mucho más complicados y recomendables.

Para realizar el control de la inyección y encendido electrónicos, es necesario tener una fuente de información que le permita a la unidad electrónica tomar las decisiones para el abastecimiento de combustible y el encendido. Los encargados de proporcionar dicha información son los diferentes sensores presentes en los vehículos, ya que estos le informan a la ECU que tanto de combustible y avance de ignición debe agregarse, mientras que otros sensores como el de temperatura de aire y temperatura del motor proveen los datos necesarios para realizar pequeñas correcciones adicionales.

La información que se adquiere después de haber sido está procesada es convertida en señales que accionaran los diferentes actuadores como son los inyectores, bobinas, etc. encargados de finalizar el proceso de inyección y encendido.

Si bien los procesos de control de lazo abierto en la actualidad no pueden ser utilizados por vehículos destinados al transporte de pasajeros debido a acuerdos y normativas internacionales que son las encargadas de realizar el control de los índices de contaminación, los procesos de lazo abierto son utilizados para vehículos con fines de competencia donde por razones técnicas no se considera el índice de consumo, y la contaminación producida por los motores de combustión interna.

CAPÍTULO III

3. MODELACIÓN Y MONTAJE DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

3.1 Características técnicas del motor Chevrolet Aveo 1.4

Tabla 8. Características técnicas del motor

Motor	4 cilindros en línea en posición transversal con alimentación por inyección electrónica multipunto
Cilindrada	1.399 cc
Potencia máxima	100,6Cv / 6.000 r.p.m.
Par motor máximo	131 Nm / 4.200 r.p.m.
Diámetro x Carrera	77,9 mm x 73,4 mm
Relación de compresión	10,5 : 1
Embrague	Monodisco en seco
Caja de cambios	Manual de 5 velocidades
Desarrollo (km/h a 1.000 r.p.m)	3,545 / 1,952 / 1,276 / 0,971 / 0,763
Relación final	3,944
Tracción	Delantera

Fuente: <http://www.arpem.com/coches/coches/chevrolet/aveo/modelos-08/chevrolet-aveo-14-ls-100-3p.html>

Tabla 9. Características técnicas sobre las prestaciones del motor

Prestaciones	
Velocidad máxima	175 km / h
Aceleración de 0-100 km/h	11,9 segundos
Consumo urbano	7,9 litros / 100 km
Consumo extraurbano	4,7 litros / 100 km
Consumo medio	5,9 litros / 100 km
Emisiones de CO2	140 g / km
Combustible	Gasolina sin Plomo 95 ^o

Fuente: <http://www.arpem.com/coches/coches/chevrolet/aveo/modelos-08/chevrolet-aveo-14-ls-100-3p.html>

3.2 Determinación de parámetros iniciales

Un buen colector de admisión debe reunir las siguientes características:

- Reducir en lo posible la distancia del inyector a los cilindros.
- Evitar los recodos que pueden contribuir a crear contrapresiones.
- Repartir la mezcla de forma equitativa entre los distintos cilindros.
- Poseer el suficiente diámetro para no estrangular el paso de la mezcla.

Estos requisitos tienen mucha importancia cuando se trata de conseguir incrementos máximos de potencia, y generalmente se diseña un colector apropiado.

3.3 Diseño de las tomas de aire del múltiple de admisión

“El torque (par motor) es la fuerza aplicada en una palanca que hace rotar alguna cosa. Al aplicar fuerza en el extremo de una llave se aplica un torque que hace girar las tuercas. En términos científicos el torque es la fuerza aplicada multiplicada por el largo de la palanca ($\text{Torque} = F \times D$) y se mide comúnmente en Newtons metro.

Dentro del motor de un vehículo los gases de combustión generan una presión dentro de los cilindros que empuja los pistones con determinada fuerza hacia abajo que es transmitida hacia el cigüeñal haciéndolo girar debido al torque generado.

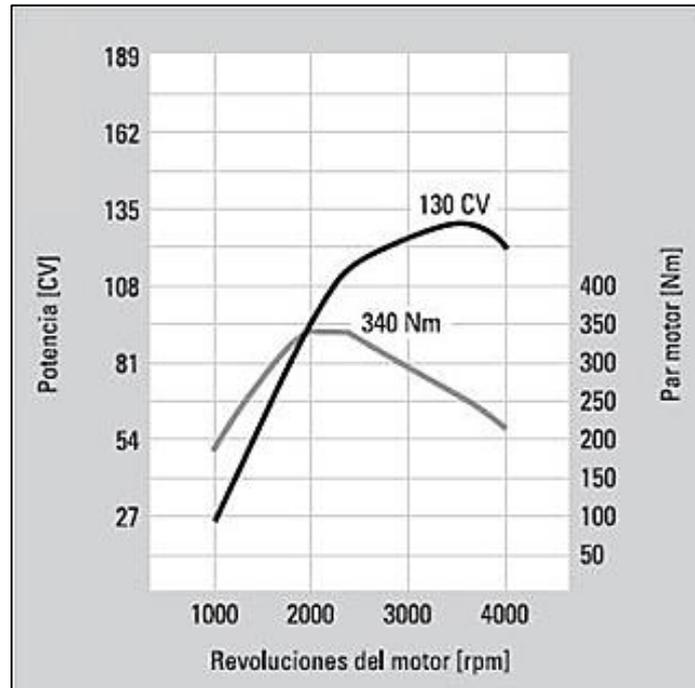
La potencia es la rapidez con que se efectúa un trabajo por unidad de tiempo ($\text{Potencia} = \text{Trabajo} / \text{tiempo}$). Tomando los conceptos básicos de física sabemos que $\text{Trabajo} = \text{fuerza} \times \text{distancia}$, que son precisamente las unidades del torque. Además sabemos que la velocidad rotacional de un motor, se mide en rpm (cuyas unidades son 1/min). Si multiplicamos el torque por las rpm's del motor, tenemos $F \times D / \text{tpo}$ que es precisamente la potencia.”[4]

Para el diseño de las tomas de aire se considera importante aclarar la diferencia, entre torque y potencia, así “en todos los motores de combustión interna el torque no es constante, porque depende de la velocidad de giro del motor (rpm). Normalmente inicia con un torque bajo, aumentando hasta alcanzar un máximo y posteriormente vuelve a caer. La potencia es el resultado de la multiplicación del torque y las rpm del motor; ésta tiene un comportamiento similar, aunque la potencia máxima se alcanza a una mayor velocidad de giro del motor, debido a que el torque ya no se encuentra en su máximo punto, éste es compensado por el aumento de la velocidad del motor. La potencia finalmente cae cuando el torque es bajo y no puede ser compensado por la

velocidad de giro del motor.

En la figura 36 se observa el comportamiento de las curvas del par motor y la potencia.

Figura 36. Gráfica par motor vs potencia



Fuente: <http://www.furgovw.org/index.php?topic=27277.0>

La potencia no está ligada directamente con la aceleración del vehículo, sino más bien, es una medida de cuánto dura la aceleración o empuje. Una vez alcanzado el torque máximo; el vehículo empieza a acelerar hasta cuando la curva de torque empieza a descender, en donde el vehículo ya no acelera con la misma intensidad, el punto en el tacómetro hasta el cual el vehículo logra acelerar contundentemente, es el de máxima potencia. Si uno quiere realizar rebases en la carretera, se recomienda colocar una marcha tal que el tacómetro caiga en el punto de máximo torque y entonces, acelerar hasta el punto de máxima potencia.

Una vez determinado los parámetros iniciales, la estructura lógica para el proceso de diseño de un múltiple de admisión, puede descomponerse en tres fases importantes:

- La configuración de las tomas de aire.
- El diseño de los alargues del múltiple de admisión.
- El diseño mecánico.

3.4 Configuración de las tomas de aire

3.4.1 Selección del material para las tomas. En la selección del material para las tomas de aire, debemos considerar las condiciones de funcionamiento a las que estará sometido el sistema de admisión de aire y a la facilidad que nos proporcione cierto tipo de material para realizar trabajos, en lo que a la construcción se refiere, por lo cual el diseño de las tomas de aire se lo realiza en tubo negro para conducción de fluidos de sección circular, de manera que nos permita realizar los achatamientos y trabajos de soldadura.

En los catálogos de tubería existente en el mercado, se optó por los productos de acero IPAC (Anexo A) y se optó por el de acero al carbono negro correspondiente a la norma ASTM A36.

3.4.2 Tamaño físico y geometría de las tomas. La configuración de la toma de aire individual para cada cilindro se la realiza, tomando en cuenta, dos parámetros importantes: la altura con respecto al espacio y el diámetro de la tubería de entrada de aire al interior del motor.

El diseño deberá producir la menor cantidad de caída de presión posible y además, soportar con normalidad, los esfuerzos a los que se encuentra sometido, asegurando de esta forma, el correcto funcionamiento del sistema.

3.5 Diseño de los alargues del múltiple de admisión

“Para diseñar el conducto de admisión, debemos considerar el volumen del gas que circula por segundo en el canal; sea éste proporcional al volumen aspirado por el pistón.

Si designamos por V_g a la velocidad del gas por la admisión y a S_c la sección del conducto considerada, se tiene que cumplir la condición:

$$V_{pis} \times S_{pis} = V_g \times S_C \quad (1)$$

Donde:

V_{pis} = Velocidad media del pistón.

S_{pis} = Superficie del pistón.

V_g = Velocidad del gas por la admisión.

Este valor tiene que estar comprendido entre 60 a 80 m/s.

SC = Sección del conducto considerado.

La velocidad por una sección me define un caudal determinado, la $(V_{pis} \times S_{pis})$ es el caudal que teóricamente se requiere para llenar un cilindro a un régimen establecido. Por el otro lado, la $(V_g \times SC)$ es el caudal que debe circular por la admisión para lograr el llenado en ciertas condiciones preestablecidas.

Lo primero que se debe definir, es el régimen para un buen llenado de motor (se busca aumentar la potencia y con ello la aceleración); este valor no es un valor caprichoso, va a depender de la caja de velocidades o de la condición que definamos en el anteproyecto, en el cual, se hace mención de la caja, porque si no se la puede relacionar, ésta definirá el régimen de llenado y si no le tenemos en cuenta, es seguro que habrán consecuencias” [5].

Lo que se va a calcular, es el diámetro y la longitud que va a tener el canal de la admisión. Hay que recordar que cada vez que se agranda un diámetro, el motor este trabaja en un régimen más alto, si no se toma en cuenta estos parámetros, los resultados no serán los esperados, ya que si se realiza una prueba en un flujómetro el canal funcionará bien, pero el motor no.

Tabla 10. Datos para el cálculo del múltiple de admisión.

Datos		
Vg	60	m/s
rpm	4200	
Dpis	7,79	cm
Ca	7,34	cm

Fuente: <http://www.arpem.com/coches/coches/chevrolet/aveo/modelos-08/chevrolet-aveo-14-ls-100-3p.html>

Donde:

Dpis = Diámetro del pistón.

RPM = Revoluciones por minuto

Vg = Velocidad del gas por la admisión.

Ca = Carrera.

1. La velocidad del gas será de $60m/s$ cuando el motor llegue a las 4200 r.p.m. porque el motor no tiene una compresión elevada ni es un vehículo de altas prestaciones, como un turbo alimentado.
2. Las revoluciones en las que se pretende alcanzar un buen llenado o tomar los valores, será al producirse el par máximo del motor la velocidad del pistón:

$$VP = \frac{Carrera(m) \times RPM}{30} \quad (2)$$

$$VP = \frac{(0,0734m) \times (4200 \frac{rev}{min})}{30 \frac{s}{min}}$$

$$VP = 10,276 \frac{m}{s}$$

3. La superficie del pistón

$$SP = \frac{\pi \times D_{pis}^2}{4} \quad (3)$$

$$SP = \frac{(3,1416) \times (7,79cm)^2}{4}$$

$$SP = 47.661cm^2$$

4. La sección del conducto:

$$SC = \frac{V_{pis} \times SP_{pis}}{V_g} \quad (4)$$

$$SC = \frac{(10,276 \frac{m}{s}) \times (47,661cm^2)}{60 \frac{m}{s}}$$

$$SC = 8,1628cm^2$$

5. El diámetro del conducto

$$Dad = \sqrt{\frac{4xSC}{\pi}} \quad (5)$$

$$Dad = \sqrt{\frac{(4)x(6,1628cm^2)}{3,1416}}$$

$$Dad = 3,22cm$$

6. Longitud del múltiple

$$Long = \frac{58800}{RPM} \quad (6)$$

$$Long = \frac{58800}{4200}$$

$$Long = 14,00cm = 140,0mm$$

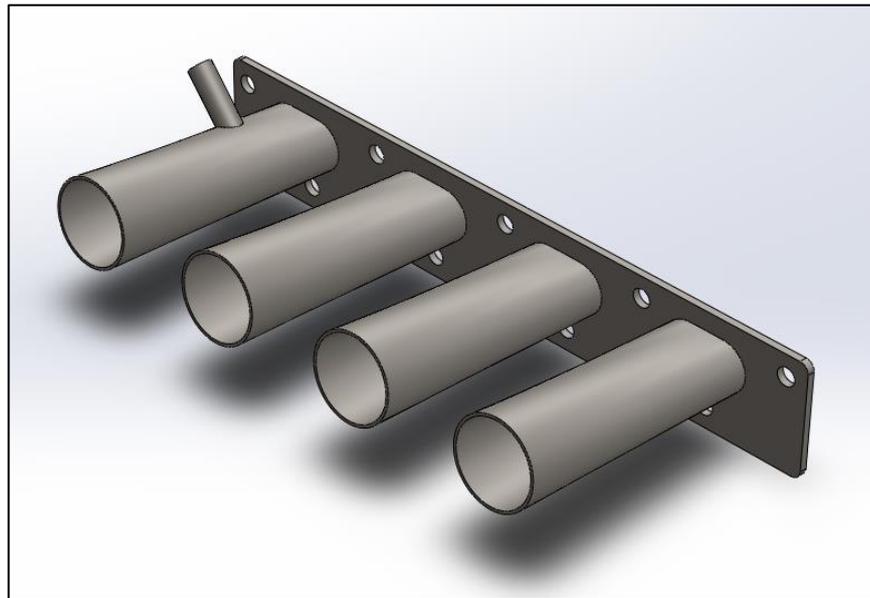
Con los cálculos realizados se puede comprobar la ecuación 1 planteada al inicio de ellos, teniendo así:

$$1027,6 \frac{cm}{s} x 47,661cm^2 = 6000 \frac{cm}{s} x 8,1628cm^2$$

$48976,44 \text{ cm}^3/s \cong 48976.8 \text{ cm}^3/s \therefore$ Se cumple la condición.

Luego de cumplir con la condición planteada, procedemos a realizar el modelaje del múltiple de admisión, para ello no se utiliza el diámetro calculado, ya que este valor sugerido no se la puede cumplir al tener un mayor diámetro en la culata y no poder reducirlo por no estar en la capacidad de fundir una culata nueva de menor diámetro de admisión, así que se utilizó el valor del diámetro existente de 41mm en su interior que nos da un acero comercial de 44,45 mm (1 $\frac{3}{4}$ pulgadas) con célula de 1,5 mm, y así modelamos en SolidWorks teniendo así el siguiente sólido.

Figura 37. Múltiple de admisión modelado

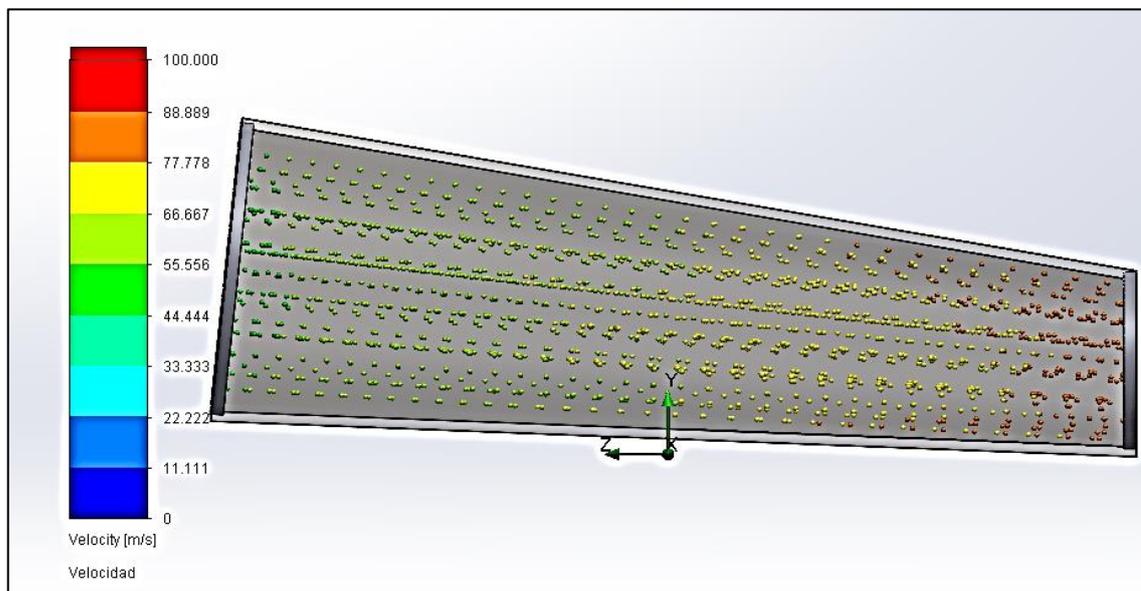


Fuente: Autores

Teniendo la modelación del múltiple de admisión, realizamos sobre uno de los cuerpos la simulación de cargas usando un software conocido como Flow Simulation, para observar el comportamiento del flujo dentro del cuerpo.

Primeramente se simula la velocidad con la que va a ingresar la mezcla, generando como parámetro inicial su máxima velocidad al final del cuerpo, siendo esta de 80 m/s, teniendo así que la velocidad con la que ingresa es de aproximadamente 50 m/s.

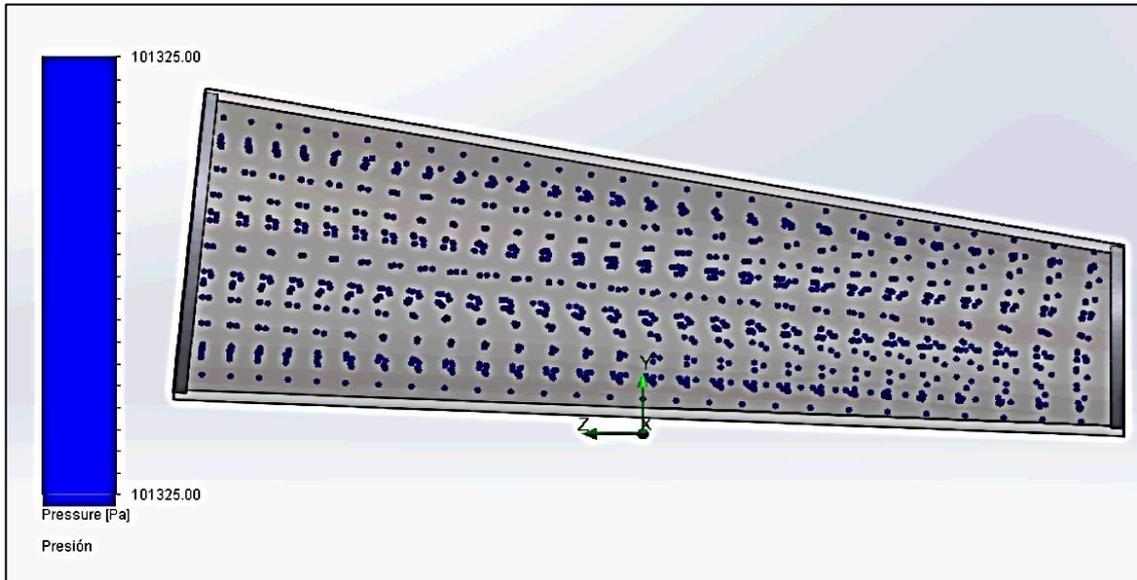
Figura 38. Simulación de la velocidad del recorrido de la mezcla



Fuente: Autores

En la figura 39 se observa la presión a la que está sometido el múltiple, siendo esta de 1 atmosfera que equivale a 101325 Pa, en donde no se muestra incremento ni decremento de la misma.

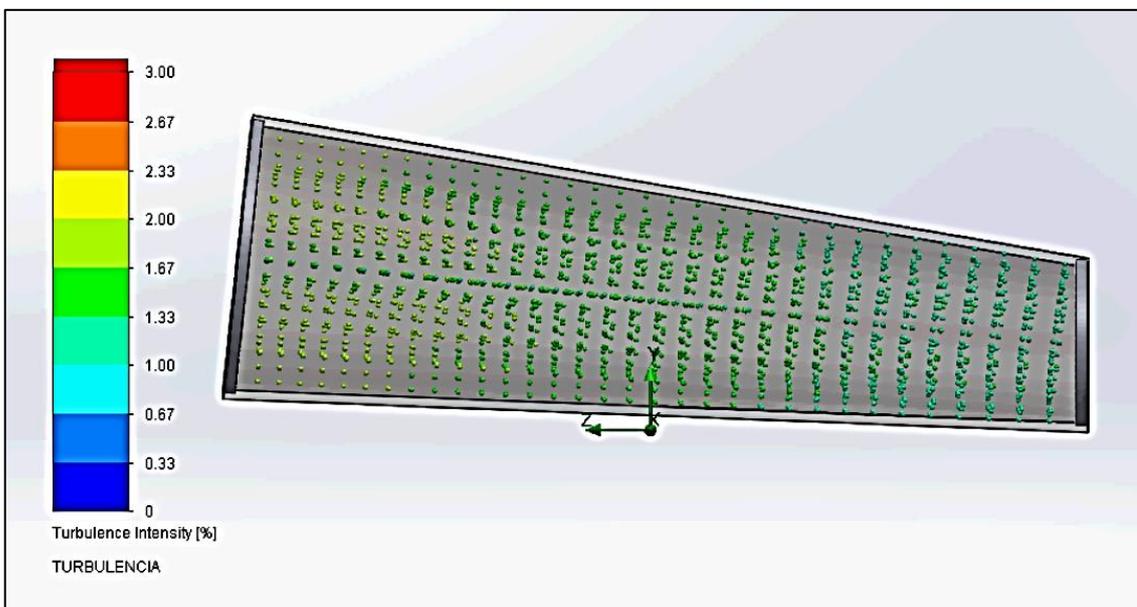
Figura 39. Simulación de la presión ejercida sobre el cuerpo de admisión



Fuente: Autores

En la figura 40 se muestra como se generan turbulencias en base a la intensidad del fluido en el múltiple siendo mínimas las variaciones.

Figura 40. Simulación de la intensidad de turbulencia dentro del cuerpo de admisión



Fuente: Autores

Con los planos procedemos a la construcción de nuestro múltiple, haciendo uso de mano de obra calificada, los cuales en base a los planos entregados procedieron a elaborar dicho elemento, obteniendo como resultado el múltiple de admisión que se muestra en la figura 41.

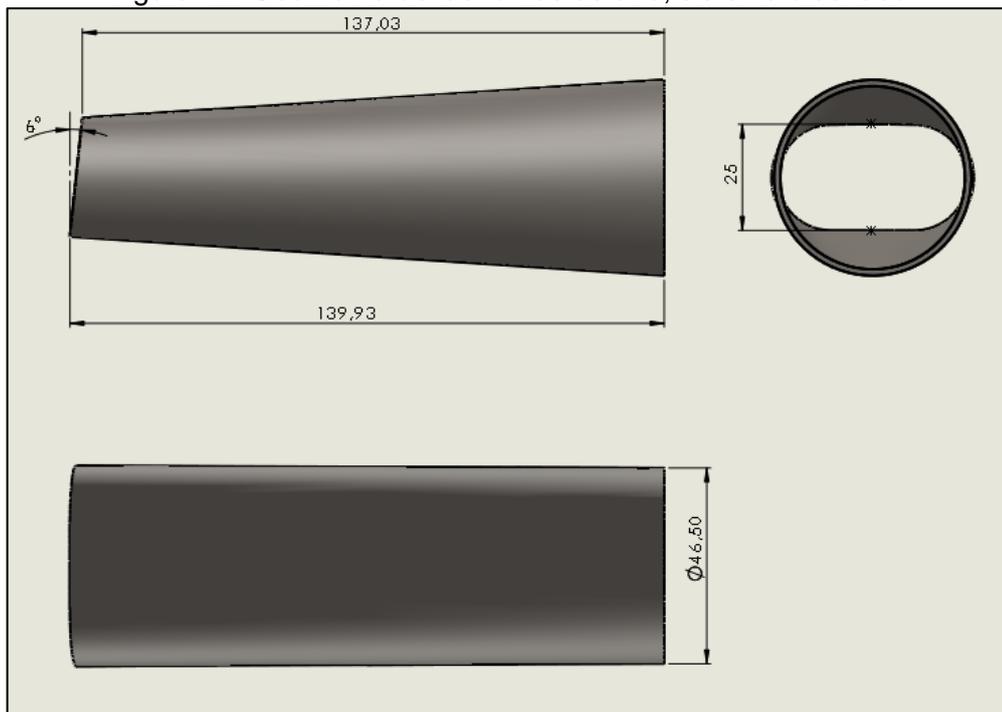
Figura 41. Múltiple de admisión diseñado



Fuente: Autores

En la figura 42, se detalla esquemáticamente el sistema de toma individual de aire con sus respectivas dimensiones que nos serán útiles posteriormente en el diseño mecánico e hidráulico.

Figura 42. Geometría de las tomas de aire, sistema diseñado



Fuente: Autores

Para la construcción de las tomas de aire correspondiente al material seleccionado las propiedades mecánicas son las siguientes:

Tabla 11. Propiedades mecánicas del material

Resistencia a la fluencia (S_y)	$S_y = 250Mpa$
Coefficiente de dilatación térmica (α)	$\alpha = 11 \times 10^{-6} \left[\frac{1}{^\circ C} \right]$
Módulo de elasticidad (E)	$E = 2 \times 10^5 Mpa$
Módulo de Poisson (λ)	$\lambda = 0,26$

Fuente: Autores

3.6 Diseño mecánico

Es importante verificar los esfuerzos a los que está sometido el material a utilizar, ya que está sujeto a esfuerzos mecánicos y térmicos de gran importancia.

3.6.1 Esfuerzo mecánico. “En conductos sometidos a presión, se desarrollan esfuerzos radiales y tangenciales con magnitudes que dependen del dimensionamiento del elemento en consideración.

Los conductos pueden ser además de paredes delgadas o de paredes gruesas, considerándose de pared delgada, según la ASME, cuando el cociente entre el espesor t de la pared y el diámetro de la tubería del recipiente es igual o menor a 0,05. En nuestro caso consideramos la de pared delgada y de esta forma los esfuerzos tangenciales y radiales se expresan mediante las siguientes ecuaciones” [6]:

$$\sigma_t = \frac{P_1(D_i + t)}{2t} \quad (7)$$

$$\sigma_r = \frac{P_1 D_i}{4t} \quad (8)$$

Dónde:

σ_t = Esfuerzo tangencial

σ_r = Esfuerzo radial

P_i = Presión interna = 0,1Mpa

D_i = Diámetro interior de la tubería = 41,45mm

t = Espesor de la tubería = 1,5mm

Luego reemplazando tenemos:

$$\sigma_t = \frac{0,1Mpa(41,45 + 1,5)mm}{2(1,5)mm}$$

$$\sigma_t = 1,4316Mpa$$

$$\sigma_r = \frac{0,1Mpa(41,45mm)}{4(1,5mm)}$$

$$\sigma_r = 0,6908Mpa$$

El esfuerzo equivalente o esfuerzo de Von Mises se lo obtiene como sigue:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_t^2 - \sigma_t\sigma_r + \sigma_r^2} \quad (9)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(1,4316Mpa)^2 - (1,4316Mpa)(0,6908Mpa) + (0,6908Mpa)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 1,24Mpa$$

3.6.2 Esfuerzo térmico. “El esfuerzo térmico es el que se origina debido a la existencia de un gradiente de temperatura en un elemento. El esfuerzo térmico producido en un elemento que se calienta o que se enfría viene dado por” [7]:

$$\sigma_T = \frac{\alpha(\Delta T)E}{1 - \lambda} \quad (10)$$

Donde:

$$\alpha = \text{Coeficiente de dilatación térmica} = 11,7 \times 10^{-6} \left[\frac{1}{^\circ C} \right]$$

ΔT = Diferencia de temperatura, entre la temperatura que alcanza el material

durante el trabajo (temperatura registrada por el IAT) y la temperatura a la que se encuentra antes de iniciar las pruebas (temperatura atmosférica).

Entonces:

$$\Delta T = (45 - 20) = 25^{\circ}C$$

$$E = \text{Módulo de elasticidad} = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}$$

$$\lambda = \text{Módulo de Poisson} = 0,26$$

Luego, reemplazando en la ecuación 10 tenemos:

$$\sigma_T = \frac{11,7 \times 10^{-6} (25) 2 \times 10^5}{1 - 0,26}$$

$$\sigma_T = 79,0540 \text{ Mpa}$$

3.6.3 Determinación del factor de seguridad. El factor de seguridad se obtiene mediante:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{eq} + \sigma_T} \quad (11)$$

Donde:

N = Factor de seguridad

S_y = Resistencia a la fluencia = 250 Mpa

Entonces:

$$N = \frac{250}{1,24 + 79,0540}$$

$$N = 3,11$$

El factor de seguridad es aceptable para el diseño, por lo que se puede asegurar que el material no fallará.

3.7 Montaje del múltiple en el vehículo

Para el montaje del múltiple de admisión diseñado procedemos al desmontar el múltiple original desconectando primeramente los sensores y las cañerías, desmontamos el riel común o common rail y consecuentemente los inyectores, también el filtro de aire junto con la cañería y por último el cable del acelerador, así se procede a retirar el múltiple original en conjunto con el cuerpo de aceleración.

Figura 43. Desmontaje del múltiple de admisión original



Fuente: Autores

Teniendo esto procedemos a montar el múltiple diseñado en conjunto con el I.T.B., ubicamos el cable del acelerador después de haberse realizado las modificaciones necesarias.

En la figura 44 se observa el múltiple ya montado en el block del motor.

Figura 44. Montaje del múltiple de admisión diseñado



Fuente: Autores

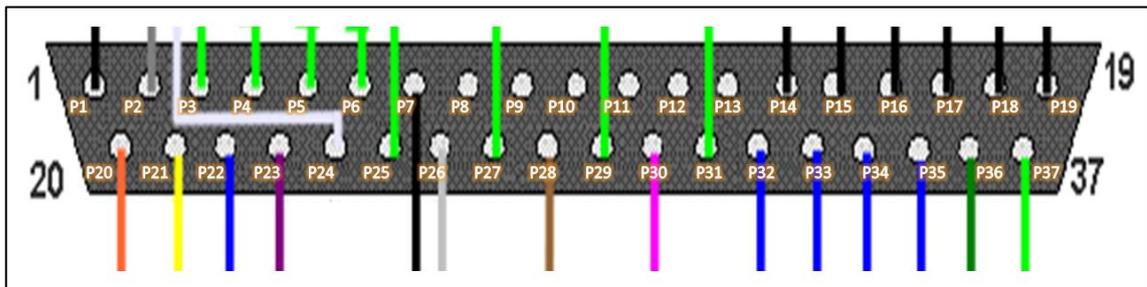
CAPÍTULO IV

4. Diseño e implementación del sistema programable

4.1 Pin data del MegaSquirt

El pin data de la ECU MegaSquirt se muestra en la figura 45 y ayuda a realizar una instalación efectiva del arnés electrónico.

Figura 45. Pin data de MegaSquirt II



Fuente: www.megasquirt.com

P1 Masa del sensor CKP	del aire (IAT)
P2 Conexión a tierra de la MS-II	P21 Señal del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)
P3 Cable opcional	P22 Señal del sensor de la posición de la mariposa (TPS)
P4 Cable opcional	P23 Señal del sensor de oxígeno (LAMBDA u O ₂)
P5 Cable opcional	P24 Señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP)
P6 Cable opcional	P25 Opción para IAC 1A
P7 Masa del ECM	P26 Voltaje de referencia del sensor de la posición de la mariposa
P8 No utilizado	P27 Opción para IAC 1B
P9 No utilizado	P28 Alimentación de la ECU (12V)
P10 No utilizado	P29 Opción para IAC 2A
P11 No utilizado	P30 Señal de ignición bloque B
P12 No utilizado	P31 Opción para IAC 2B
P13 No utilizado	P32 Control de inyector A-1
P14 Masa del ECM	P33 Control de inyector A-2
P15 Masa del ECM	P34 Control de inyector B-1
P16 Masa del ECM	
P17 Masa del ECM	
P18 Masa del ECM	
P19 Masa del ECM	
P20 Señal del sensor de temperatura	

P35 Control de inyector B-2

P37 Señal de la bomba de combustible

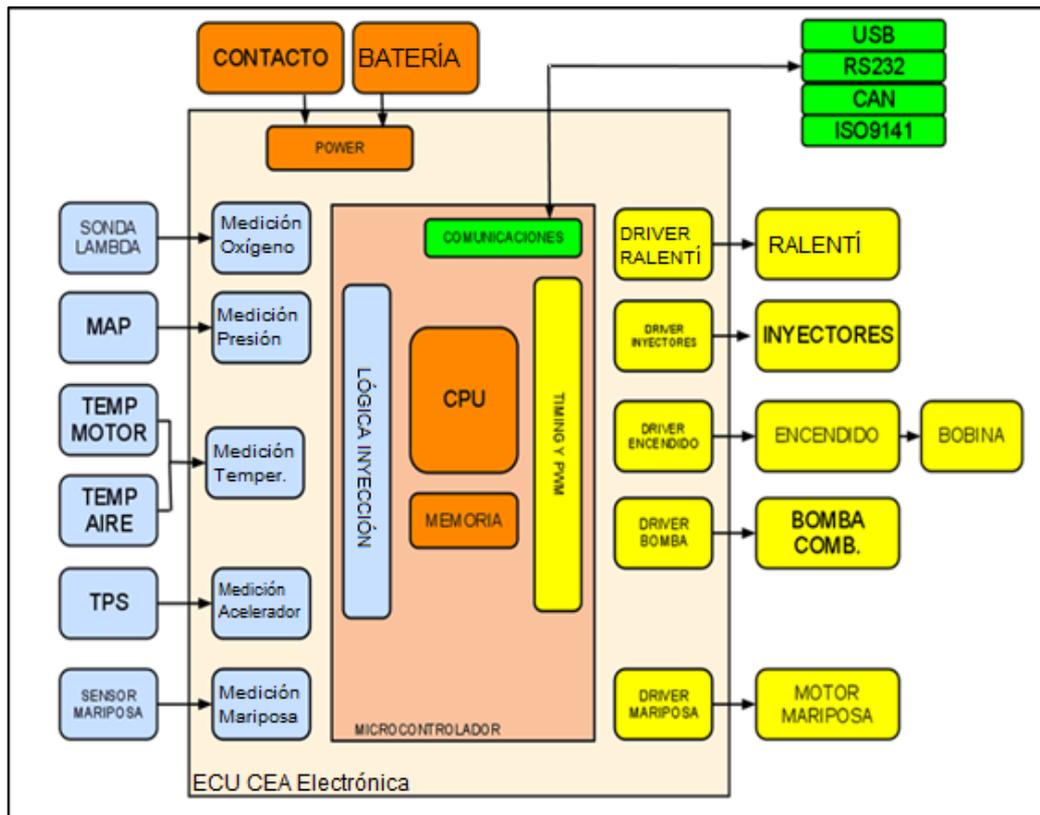
P36 Señal de ignición bloque A

4.2 Esquema de la estructura interna de la MegaSquirt

MegaSquirt utiliza las distintas señales de los sensores para generar estrategias que primordialmente permiten el control de los actuadores para incrementar o disminuir los tiempos de inyección, además de controlar varias válvulas que facultan una mezcla estequiométrica precisa.

Para comprender el funcionamiento del procesador o ECU es necesario conocer cómo trabaja internamente, para ello, en las figuras se observa en función de bloques y en forma esquematizada la estructura interna.

Figura 46. Estructura interna de la MegaSquirt



Fuente: http://consultoracea.com.ar/blog/?page_id=210

La unidad de control está compuesta por un micro controlador MOTOROLA MC9S12C64. El mismo que dispone de 16 bits, posee 2048 bytes de memoria RAM y 64 Kbyte de memoria flash. La tarjeta empleada posee un oscilador o acelerador de 24 MHz, lo que proporciona tres veces la velocidad con la que trabajaba la versión anterior. El rango de temperatura de funcionamiento es de -40 °C a 125 °C.

A continuación se describen las características del módulo:

- Puertos entrada-salida.
- Puerto de comunicación serial.
- Convertidores analógico-digitales.
- Módulo TIM en modo input compare.
- Módulo TBM.
- Módulo SPI.

4.3 Módulos

4.3.1 Puertos de entrada-salida. Encontramos 33 puertos de entrada y salida, de los cuales 26 son compartidos con otras funciones. Con esto se tiene una cantidad suficiente de posibles señales para control de elementos externos o lectura de sensores. La programación de la dirección de los puertos es muy sencilla (entrada o salida), lo que permite en cualquier punto del programa elegir un puerto y su dirección para cumplir con una determinada tarea.

4.3.2 Puerto de comunicación serial. Este es un puerto de comunicación serial bidireccional, en el cual se puede programar la velocidad de transmisión según se desee. La transmisión de datos se realiza escribiendo el valor a transmitir en un registro, el cual se transfiere al módulo de transmisión y emisión.

En estas tareas no es necesario controlar ningún aspecto. La recepción se efectúa por medio de una interrupción, la cual se genera cada vez que se recibe un dato. Una vez atendida, lo único que se debe hacer es leer el registro de almacenamiento de datos del puerto serial.

4.3.3 Convertidores analógico-digitales. Se dispone de 16 canales de convertidores analógicos-digital de 16 bits, los cuales se dividen entre puertos entrada-salida. Es un circuito con una línea de entrada análoga, proveniente de los sensores en los cuales la señal es de voltaje variable. Este circuito convierte la señal análoga en un código binario para una mejor lectura dada por el procesador.

4.3.4 Módulo TIM en modo input compare. Provee diferentes modos de temporización mediante contadores, divisores de la frecuencia de bus, capturadores de entrada, comparadores de salida y hasta modulación por ancho de pulso PWM.

Por medio de este módulo (Timer Interface Module), el micro-controlador es capaz

de cronometrar eventos los cuales son detectados por medio de una interrupción, éstos pueden ser flancos positivos o negativos. Una vez generada la interrupción se inicia el conteo por medio de un contador de 16 bits. Al detectar el siguiente flanco, este contador se detiene y se puede medir la duración del evento.

El reloj de entrada del contador es programable, proporcionando flexibilidad según la duración del evento. Además, una vez que se detecta la interrupción, este módulo permite controlar un puerto de salida, el cual se puede poner en alto o en bajo según las necesidades que se tengan. Prácticamente se puede reproducir el evento cronometrado.

4.3.5 Módulo TBM. En este módulo (Time Base Module) se permite llevar a cabo un conteo hasta un valor determinado por el usuario. Al alcanzar este valor se genera una interrupción. En la rutina de servicio de esta interrupción se puede configurar de nuevo el módulo para que realice otra cuenta inmediatamente, además se tiene acceso a un puerto de salida, el cual se puede colocar en alto o en bajo según lo deseado.

El contador empleado es el mismo para los módulos TBM y TIM. Este contador se puede parar o volver a cero en el momento que se desee, con lo que se tiene una flexibilidad en su manejo para llevar a cabo tareas determinadas.

4.3.6 Módulo SPI. Por medio de este módulo, el micro-controlador se puede comunicar con periféricos en forma serial, para esto emplea cuatro líneas de conexión: generación de reloj, selección de maestro o esclavo, entrada y salida de datos. En este caso se emplea el micro-controlador como maestro para almacenar datos en una memoria serial.

La velocidad de transmisión de datos es programable por el usuario y en modo maestro, el micro-controlador genera en la línea de reloj la señal de sincronización de transmisión. La recepción de datos se puede llevar a cabo por medio de una interrupción en donde se diseña la rutina para llevar a cabo esta tarea.

4.4 Implementación de la MegaSquirt

La implementación de la MegaSquirt (Figura 47) se lo realiza en la cabina junto al asiento del copiloto por tener mayor espacio y acceso para conectar el cable de datos para reprogramar la misma, previa instalación de todo el arnés que colabora para el buen desempeño del mismo siguiendo el siguiente diagrama: (Figura 48)

Figura 47. Implementación de la ECU



Fuente: www.megasquirt.com.

Unidad de control electrónico: En caso de emergencia es necesario alimentar de una manera externa a la ECU MegaSquirt con el fin de no perder este componente importante de la electrónica del auto siendo necesario seleccionar el fusible de la siguiente manera:

Datos:

Voltaje de alimentación: 12V

Intensidad de la ECU: 2 Ω

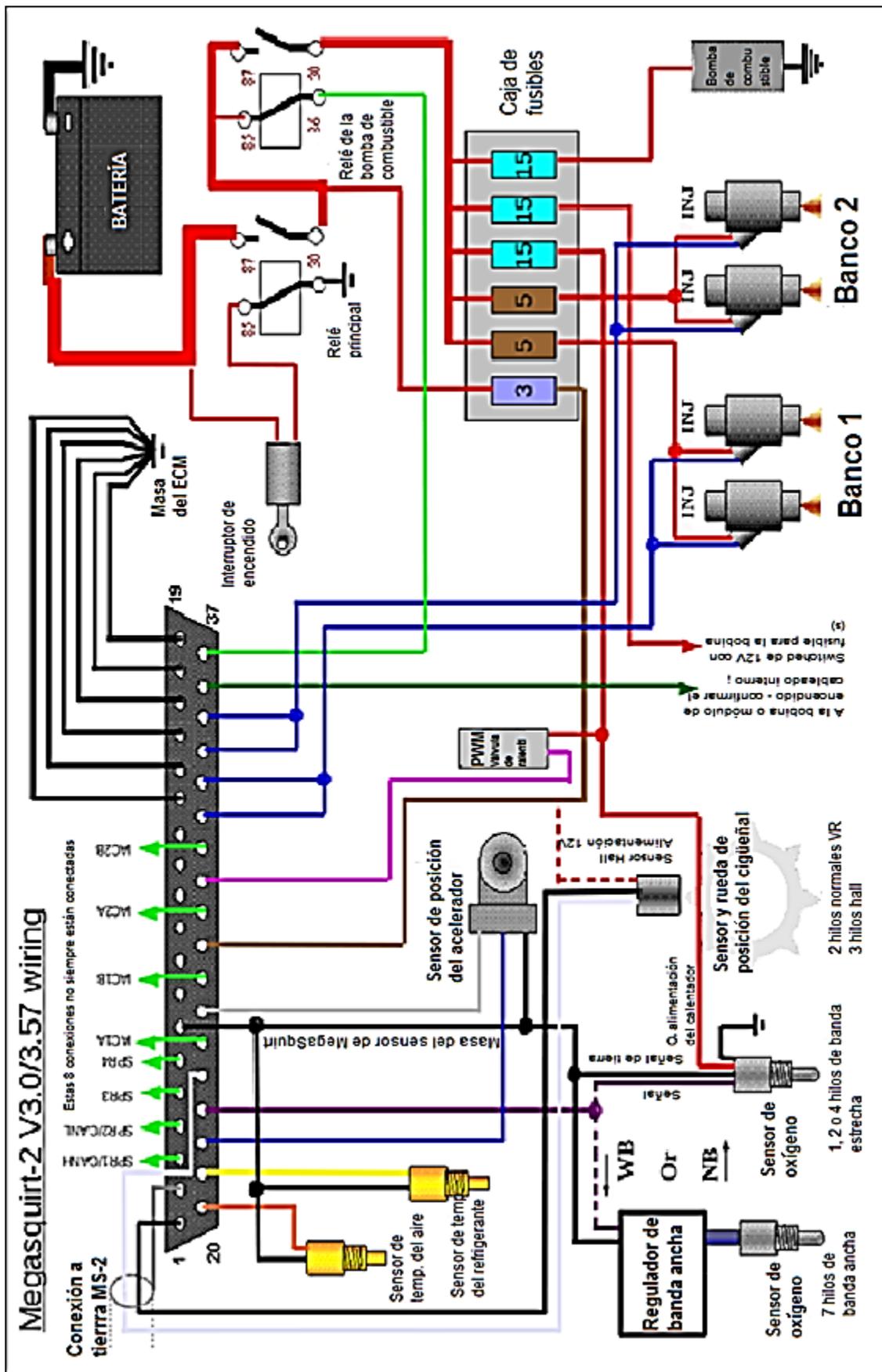
Intensidad del sensor de oxígeno: 3 Ω

Intensidad de los inyectores: 5 Ω

Para poder seleccionar el fusible idóneo se tiene que sumar las intensidades de los elementos que deseamos energizar.

Tomando en consideración la variación de voltaje que entrega el alternador cuando el motor está en proceso de trabajo es necesario disponer de un fusible de 15 amperios con un relé de 30 amperios.

Figura 48. Diagrama de la ECU MegaSquirt II



Fuente: www.megasquirt.com.

CAPÍTULO V

5. Programación MegaSquirt y puesta a punto del motor

5.1 Telemetría unidireccional

La telemetría unidireccional consiste en la medición y transmisión automática de los diferentes datos por cables u otros medios desde una fuente remota. Estos datos nos proporcionan además información vital sobre el rendimiento del motor, la eficiencia aerodinámica, la presión del aceite, adherencia de los neumáticos y el desgaste de los frenos, así como también información sobre otras numerosas mediciones tomadas en el vehículo con respecto a la progresión del piloto en la pista, limitándonos únicamente al estudio del motor.

Esta información se transmite de forma segura, siendo compilados y procesados simultáneamente en una amplia gama de plataformas de computación para su posterior análisis por el equipo.

Utilizando el software creado especialmente para la MegaSquirt se traducen toda esta información de una forma numérica a otra gráfica para que puedan ser analizados e interpretados a través de un monitor.

5.1.1 Información obtenida utilizando la telemetría. Mediante los sensores instalados en el vehículo, la telemetría nos proporciona o nos permiten visualizar las funciones más importantes o relevantes permitiéndonos mejorar algunos parámetros del motor.

Algunas de las funciones más importantes se enumeran a continuación:

- Corrección de la mezcla aire-combustible.
- Las revoluciones del motor.
- Posición de la mariposa de aceleración.
- La temperatura del motor.
- Avance al encendido.
- Tabla del MAP.

5.2 Comunicación con MegaSquirt

En una comunicación deben existir tres elementos principales:

- Un medio de transmisión, sobre el cual se envían los mensajes.
- Un equipo emisor que puede ser el MTU.

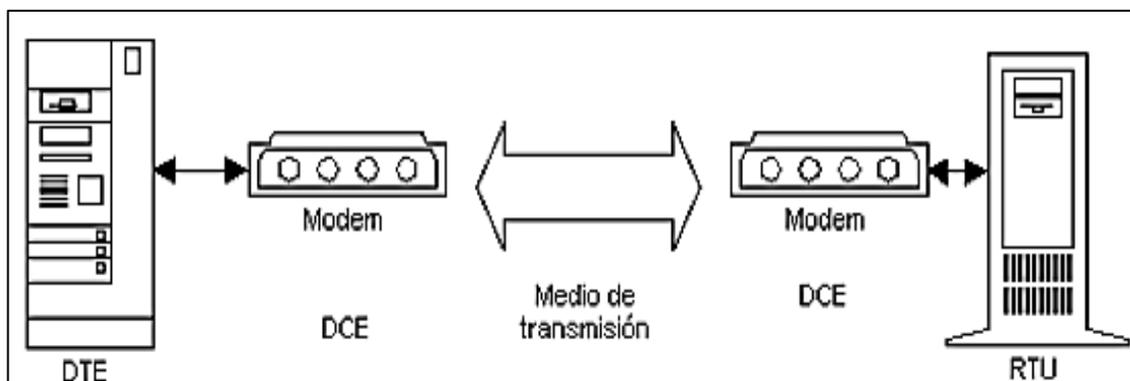
- Un equipo receptor que se puede asociar a los RTUs.

En telecomunicaciones, el MTU y el RTU son también llamados equipos terminales de datos (DTE, Data Terminal Equipments). Cada uno de ellos tiene la habilidad de generar una señal que contiene la información a ser enviada.

Así mismo, tienen la habilidad para descifrar la señal recibida y extraer la información, pero carecen de una interfaz con el medio de comunicación.

En la figura 49 se muestra la conexión de los equipos con las interfaces para el medio de comunicación. Los módems, llamados también equipo de comunicación de datos (DCE, Data Communication Equipment), son capaces de recibir la información de los DTE's, hacer los cambios necesarios en la forma de la información, y enviarla por el medio de comunicación hacia el otro DCE, el cual recibe la información y la vuelve a transformar para que pueda ser leído por el DTE.

Figura 49. Conexión de los equipos de la telemetría unidireccional



Fuente: www.taringa.net/posts/autos-motos/12633458/Formula-1-La-Telemetría-y-Sensores.html

5.3 Elementos del sistema

Este sistema de telemetría está formado por los siguientes elementos:

5.3.1 Interfaz operador-máquina. Es la visión periférica que nos proporciona el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por el motor permitiendo la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

5.3.2 Unidad central (MTU). Conocido como unidad maestra. Realiza las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas.

La programación se efectúa por medio de bloques de programa en lenguaje como C, Basic, etc. También esta se encarga del almacenamiento y procesamiento en una forma ordenada de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener libre acceso a ellos.

La MTU, bajo un software de control, permite la adquisición de la data a través de todas las RTU's ubicadas remotamente y brinda la capacidad de ejecutar comandos de control remoto cuando es requerido por el operador.

Normalmente el MTU cuenta con equipos auxiliares como impresoras y memorias de almacenamiento, las cuales son también parte del conjunto MTU.

En muchos casos el MTU debe enviar información a otros sistemas o computadoras. Estas conexiones pueden ser directas y dedicadas o en la forma de una red LAN, siendo aprovechadas para poder programar la MegaSquirt y la visualización a través de un monitor.

La data adquirida por la MTU se presenta a través de una interfaz gráfica en forma comprensible y utilizable, y más aún esta información puede ser impresa en un reporte.

5.3.3 Unidad remota (RTU). Está formado por todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte importante del proceso productivo y se encuentra ubicado en el motor.

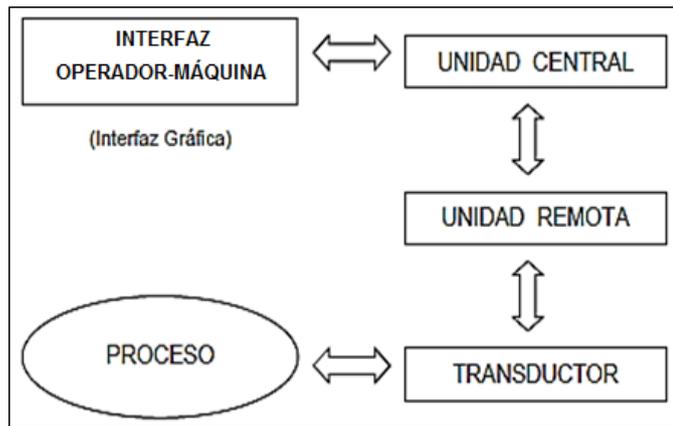
5.3.4 Sistema de comunicaciones. Este sistema es el encargado de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Este sistema de comunicaciones está conformado por los transmisores, receptores y medios de comunicación.

5.3.5 Transductores. Son los que nos permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no exista ningún problema con la confusión de valores de los datos (Figura 50).

5.4 Ajustes iniciales

La MegaSquirt es una de las computadoras reprogramable más completas del mercado, esta puede modificar tiempo de ignición e inyección, correcciones barométricas, correcciones en función de la temperatura del aire o líquido refrigerante y eficiencia volumétrica del motor.

Figura 50. Esquema de conexiones



Fuente: www.taringa.net/posts/autos-motos/12633458/Formula-1-La-Telemetría-y-Sensores.html

Es la más avanza ya que viene incorporado un microprocesador mucho más rápido, eficiente y de montaje superficial con la capacidad de modificación de software llamado también fireware. En este caso el nuevo fireware es el Megatune 2.25, siendo el más completo ya que tiene en si matrices de 32 x 32 y opciones de corrección más completas.

La plataforma de comunicación básica de la ECU MegaSquirt se muestra como indica la figura 51.

Figura 51. Plataforma de comunicación de la MegaSquirt



Fuente: Software MegaSquirt.

Después de realizar la configuración del sistema operativo de la laptop y el cable serial a USB de la MegaSquirt, la programación requiere de los siguientes procesos.

5.4.1 Interfaz de comunicación. En el software de la MegaSquirt se habilitó el puerto 6, que es el puerto con el cual configuramos Windows.

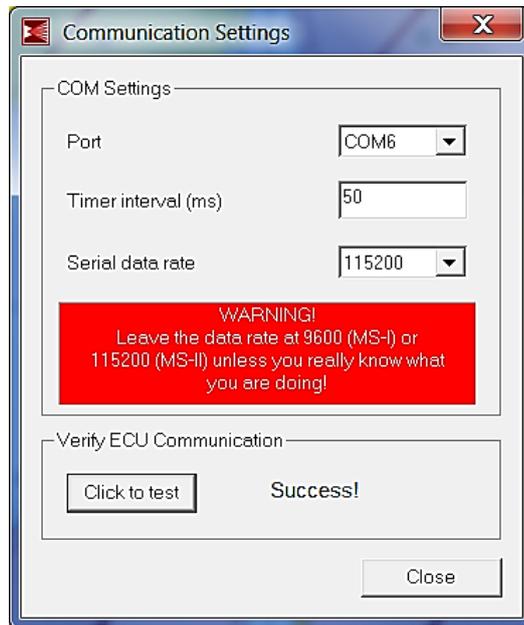
Necesitando los siguientes datos:

Tabla 12. Datos sobre la interfaz de comunicación

Velocidad de comunicación	50 ms
Dato de actualización.	115200

Fuente: Autores

Figura 52. Comunicación serial a USB



Fuente: Software MegaSquirt.

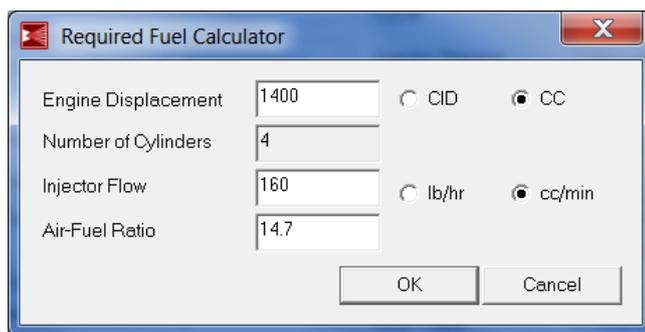
5.4.2 Requerimiento de combustible. Para el cálculo del requerimiento de combustible es necesario primero disponer de los siguientes datos:

Tabla 13. Características del motor

Cilindrada del motor	1400cc
Número de cilindros	4
Caudal de inyectores	160 cc/min
Proporción: aire/combustible	14,7:1

Fuente: Autores

Figura 53. Características generales del motor



Fuente: Software MegaSquirt.

5.4.3 Control de la inyección. Con este cuadro de ajuste (Figura 54) se puede calcular el combustible requerido o dicho de otra forma los pulsos de inyección por ciclo, requiriendo de los siguientes datos:

Tabla 14. Características para el control de la inyección de combustible

Algoritmo de control	Velocidad de densidad
Pulsos de inyección por ciclo	2
Tipo de inyección	Alternada
Tiempos del motor	4
Número de cilindros	4
Lugar de inyección	Cuerpo de estrangulación
Número de inyectores	4
Tipo de motor	Encendido por chispa

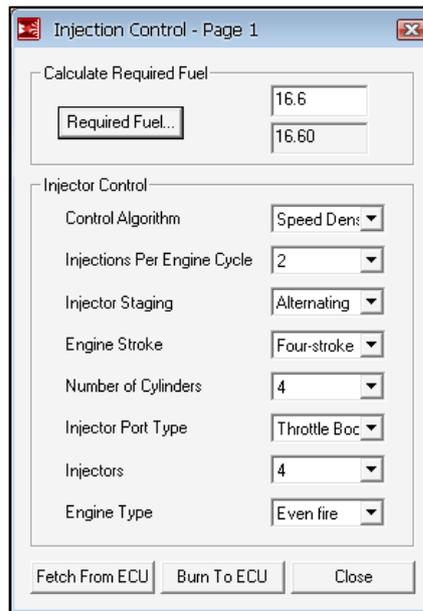
Fuente: Autores

5.4.4 Características del inyector. En cuadro (Figura 55) se puede ingresar las características generales de los inyectores, que servirán para la programación en conjunto con otros parámetros en busca de una buena calibración de la electrónica MegaSquirt dividiéndose en dos bloques diferentes de inyección donde:

- **Bank 1:** Controla los inyectores 1 y 4.
- **Bank 2:** Controla los inyectores 2 y 3.

Estas características quieren decir que dispondremos de una inyección semi-secuencial siendo beneficioso para el motor, necesitando las siguientes características:

Figura 54. Características para el control de la inyección de combustible



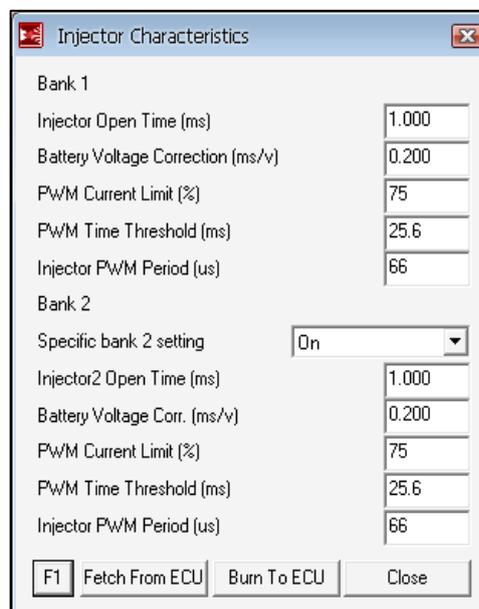
Fuente: Software MegaSquirt.

Tabla 15. Características de los inyectores

Tiempo de cambio de estado del inyector.	1ms
Tiempo de corrección del voltaje de la batería	0,2 ms/V
Límite del ancho de pulso	75%
Tiempo máximo de apertura del inyector	25,6ms

Fuente: Autores.

Figura 55. Características de los inyectores.



Fuente: Software MegaSquirt.

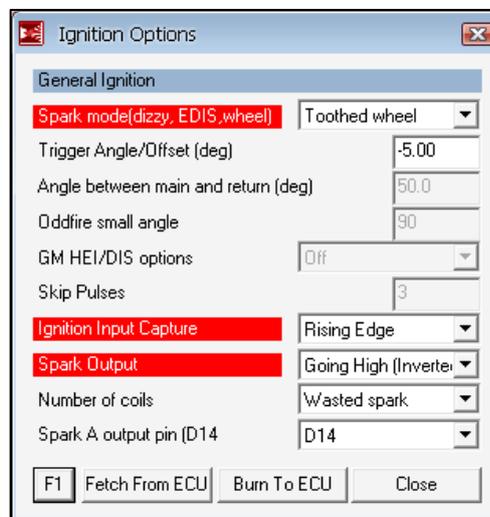
5.4.5 Opciones de encendido. En este cuadro de ajuste nos permite configurar los puntos de referencia del cigüeñal y el tipo de encendido que deseamos, necesitando los siguientes datos:

Tabla 16. Características de la ignición

Modo de disparo	Rueda fónica
Ángulo de desfase	5 grados
Toma de señal	Picos ascendentes
Salto de chispa	Con transistor de potencia
Número de bobinas	Chispa perdida
Pin de salida de chispa	D14

Fuente: Autores.

Figura 56. Características de la ignición



Fuente: Software MegaSquirt.

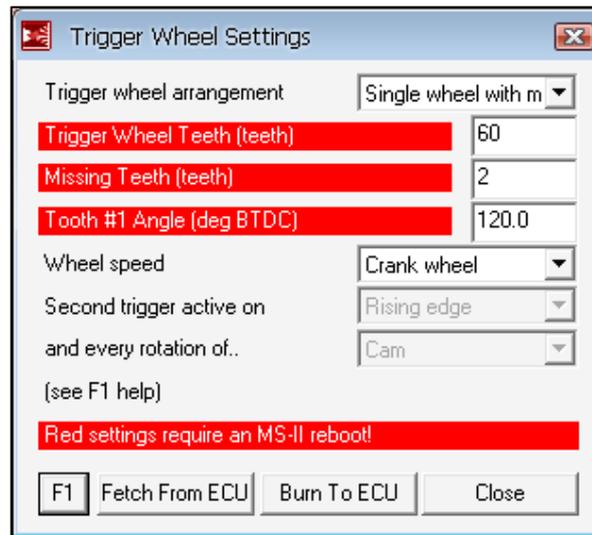
Identificación de la rueda fónica: En esta opción guardamos las características de la rueda fónica que servirán para la sincronización de la posición del cigüeñal con el sensor CKP, requiriendo los siguientes datos:

Tabla 17. Características de la rueda fónica

Tipo de rueda fónica	Con dientes faltantes
Número de dientes	60
Dientes faltantes	2
Ángulo de avance al encendido	120 grados

Fuente: Autores.

Figura 57. Características de la rueda fónica



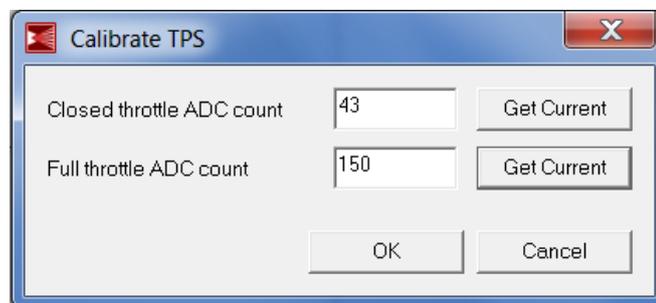
Fuente: Software MegaSquirt.

5.5 Calibraciones

Para obtener un excelente desempeño del motor es necesario realizar una buena calibración sobre el funcionamiento electrónico de los sensores y así poder programar los datos de trabajo en las tablas de ajuste así como en sus cartografías.

5.5.1 Calibración del sensor de la posición de la mariposa (TPS). Para esto la MegaSquirt registra la posición de las mariposas de aceleración por medio del sensor TPS, tanto en posición de ralentí y con apertura total, obteniendo los valores mostrados en la figura 58.

Figura 58. Puesta a punto del sensor TPS



Fuente: Software MegaSquirt.

5.5.2 Calibración del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión. El programa dispone de cuatro opciones o rangos de lectura que van de:

- 0 – 115 KPa.
- **0 – 255 KPa.**

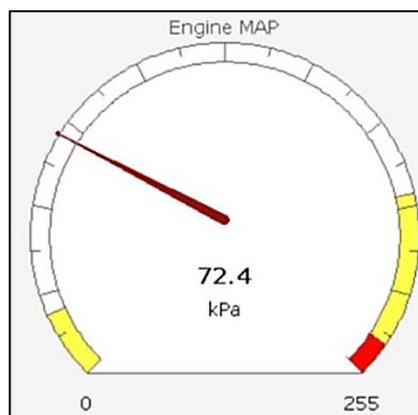
- 0 – 300 KPa.
- 0 – 400 KPa.

Los mismos que dependen de los límites de presión así como del tipo de motor que se dispone sean este atmosférico o turbo alimentado.

En este caso el ideal es de 0 – 255 KPa.

Esta identificación de señal (Figura 59) es muy importante ya que con ella se logra la modificación del tiempo de encendido y la duración de inyección.

Figura 59. Calibración del sensor MAP



Fuente: Software MegaSquirt.

5.5.3 Calibración del sensor de temperatura del refrigerante. Se ingresa los valores de resistencia y temperatura en grados centígrados.

Figura 60. Puesta a punto del sensor ECT

Temperature (° C)	Resistance (Ohms)
-40	100700
30	2238
99	177

Fuente: Software MegaSquirt.

Estos valores de resistencia son tomados al someter a temperatura el sensor, siendo estos datos importantes debido a que con ellos se consigue un enriquecimiento ideal para el arranque en frío del motor, de lo contrario los factores de corrección de la mezcla aire-combustible serán erróneos.

5.5.4 Calibración del sensor de temperatura del aire. La programación de este es similar a la del sensor ECT, con la única diferencia que el sensor IAT no está en contacto con temperaturas altas.

Figura 61. Calibración del sensor de temperatura del aire

Temperature (* C)	Resistance (Ohms)
-40	100700
30	2238
99	177

Fuente: Software MegaSquirt.

Los valores de este sensor son importantes debido a que con ellos se corrige el avance de encendido.

5.6 Ajuste del sistema de encendido

Está representada en dos dimensiones el eje de las X representa las revoluciones del motor (rpm) y el eje de las Y representa el porcentaje de carga del motor.

Esta es una de las opciones que sirve para modificar el avance al encendido, siendo los parámetros iniciales con el motor en ralentí antes de arrancar el motor.

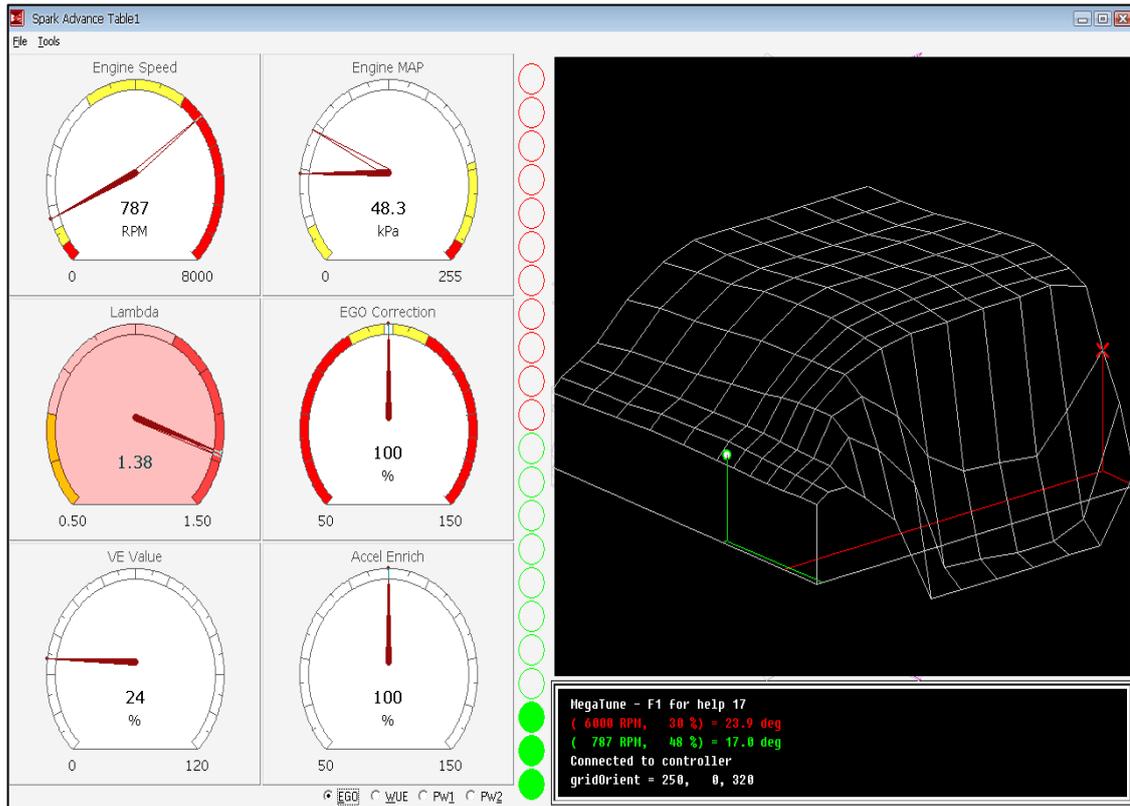
La MegaSquirt permite realizar modificaciones con el motor encendido por medio de un mapa de encendido llamado cartografía de ignición lo cual es representado en tres dimensiones en tiempo real.

Figura 62. Tabla de ajustes iniciales del avance al encendido

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

Fuente: Software MegaSquirt.

Figura 63. Cartografía de ajuste en tiempo real



Fuente: Software MegaSquirt.

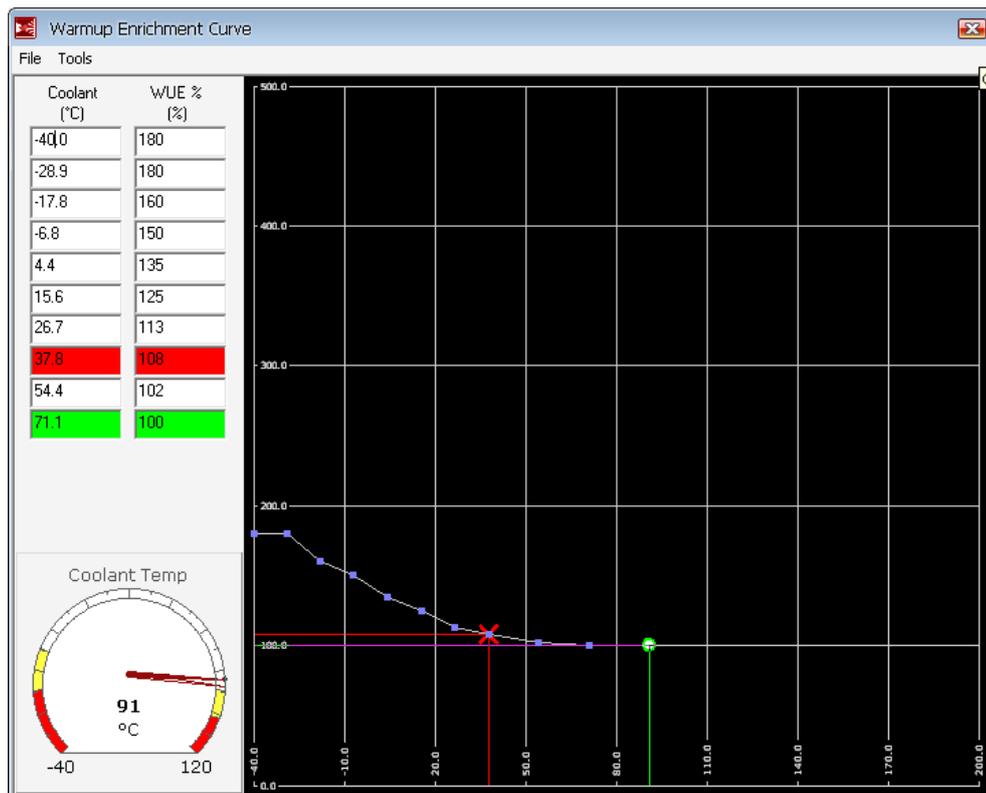
En las pruebas realizadas por la modificación del encendido se ha tomado como referencia un valor de 17 grados de avance de encendido debido a que si el valor es mayor el motor pierde potencia produciendo detonación en el motor, con el avance de encendido menor el motor requiere bujías de otro grado térmico debido a que el motor tiende a calentarse por la deficiencia de combustión.

Con la cartografía no existen valores fijos motivo por el cual, los ajustes se realizan de acuerdo al estado del motor teniendo una calibración eficiente de acuerdo a los parámetros de funcionamiento del mismo.

Los picos descendentes que se muestra en la figura 63 representan un retraso excesivo del encendido, aportando en un auto a un barrido rápido de los gases de escape, produciéndose falsas explosiones disminuyendo la contrapresión en el sistema de escape.

5.6.1 Ajustes de enriquecimiento en función de la temperatura. Esta opción permite incrementar una pequeña cantidad de combustible al motor para mejorar el arranque en frío, hasta que el motor llega a su temperatura de trabajo normal con un factor de enriquecimiento del 100%.

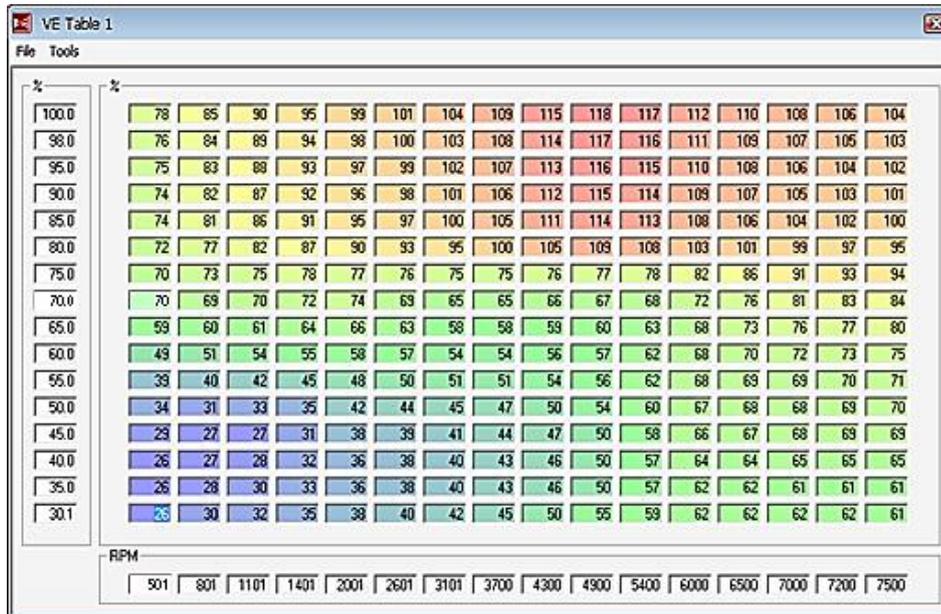
Figura 64. Ajustes de combustible para el arranque en frío



Fuente: Software MegaSquirt.

5.6.2 Ajustes de enriquecimiento por eficiencia volumétrica. La tabla de eficiencia volumétrica nos sirve para dar valores iniciales para encender el motor.

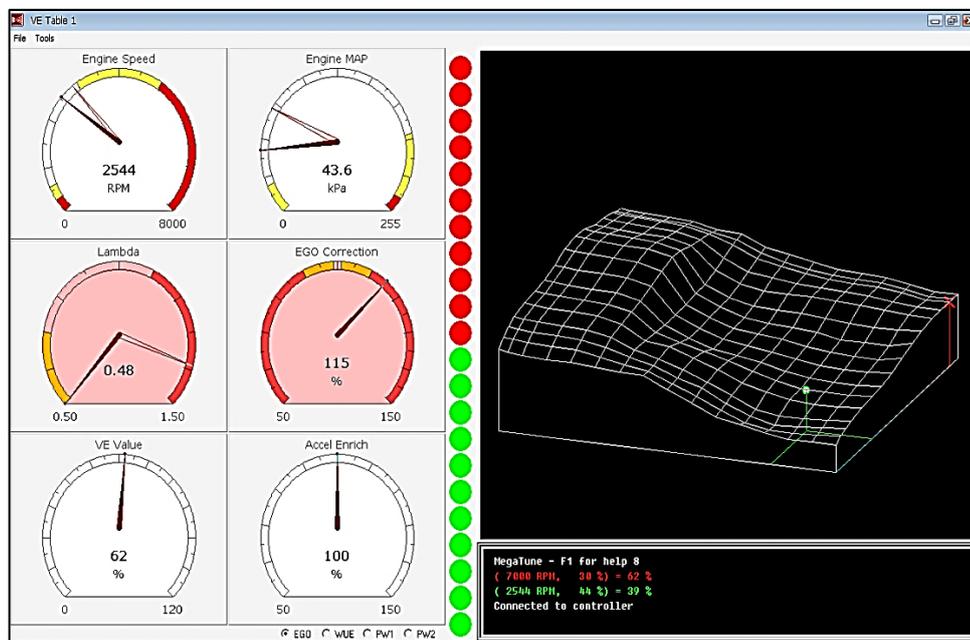
Figura 65. Ajustes iniciales de enriquecimiento de combustible con motor apagado



Fuente: Los Autores.

Con la cartografía de la eficiencia volumétrica podemos configurar el ciclo de trabajo de la lambda con respecto a las revoluciones del motor.

Figura 66. Ajustes de enriquecimiento de combustible en tiempo real con motor encendido

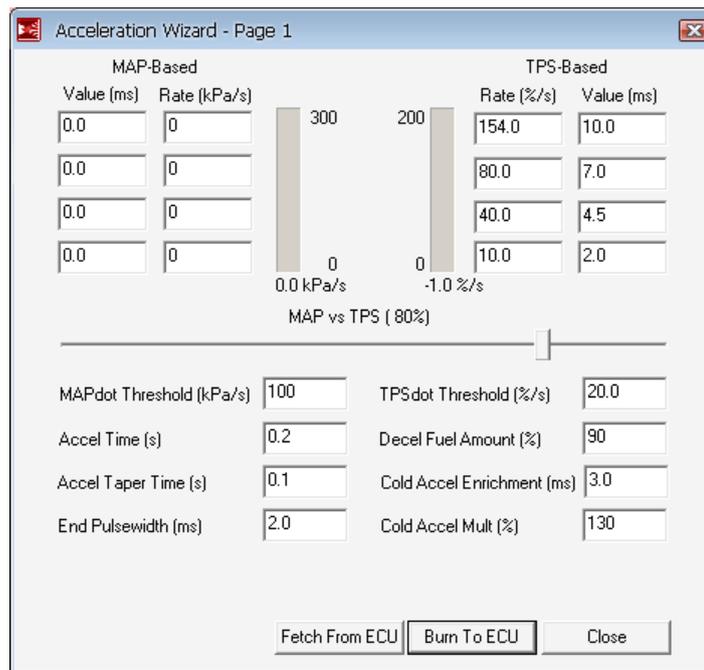


Fuente: Los Autores.

En este punto de la programación con el motor ya en marcha, se incrementa o disminuye el porcentaje de la eficiencia volumétrica según la carga del motor tomando como referencia el voltaje del sensor de oxígeno para mantenerlo como mezcla ideal, generando un voltaje en el sensor de 0,72 voltios, estos datos de programación son exitosos cuando se realiza una prueba en carretera.

5.6.3 Enriquecimiento en la aceleración. Incrementando el pulso de inyección durante la aceleración se consigue aceleraciones eficientes, esto se consigue con la lectura del sensor TPS en función del tiempo y la velocidad de respuesta de las mariposas de aceleración con un incremento máximo de 10 ms en el pulso de inyección.

Figura 67. Incremento del ancho de pulso con referencia del TPS



Fuente: Los Autores.

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS DEL SISTEMA

6.1 Seguridad

Para realizar las pruebas tanto de eficiencia volumétrica del sistema de admisión como de consumo de combustible se establecieron primeramente ciertas precauciones:

- Utilizar los respectivos cinturones de seguridad.
- Mantener siempre una ruta despejada en su totalidad.
- El conductor debe usar guantes de manejo para evitar el deslizamiento inadecuado sobre el volante o palanca de cambios.
- Utilizar cascos para todos los ocupantes.

Para evaluar la prueba de eficiencia volumétrica, se realizó en las cercanías del cantón Guamate, en un tramo determinado que tuviera una recta de aproximadamente 3km con una distancia aproximadamente requerida de 800m, para efectuar dicha prueba se contaría con la ayuda de una persona que se encuentre fuera del vehículo, en un extremo de la recta y con un radio comunicador para indicarnos el momento en el que se encuentre despejado el otro extremo de la vía y salvaguardar la vida de los ocupantes del vehículo durante las pruebas.

En cambio para las pruebas de consumo, al utilizarse una distancia muy prolongada de más de 15km y sin una buena recepción de los radio comunicadores, y sin poder controlar todas las vías de acceso durante este tramo se tuvo que realizar las pruebas fuera de los horarios de saturación vehicular (horas pico) durante las cuales se realizaron las pruebas sin ningún contratiempo.

6.2 Comparación estadística

Mediante la tabulación de datos podremos mostrar los resultados obtenidos del trabajo práctico de la tesis, teniendo los siguientes resultados.

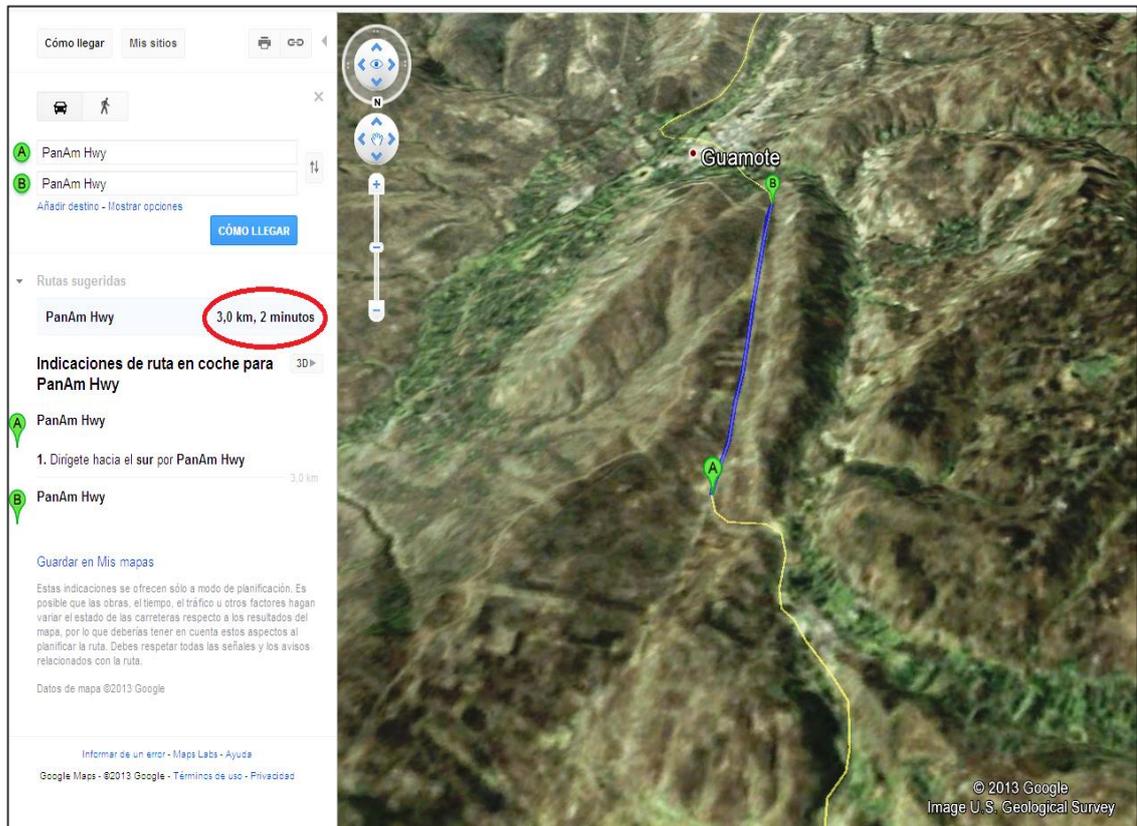
6.2.1 Prueba de eficiencia volumétrica del múltiple. Para realizar la respectiva prueba de eficiencia y obtener los resultados deseados se requiere de un dinamómetro, al no disponer de ese instrumento se optó por realizar una prueba alternativa que es la de aceleración, con la cual se podrá obtener los datos requeridos.

Para realizar esta prueba de aceleración se requiere condiciones adecuadas como las

siguientes:

- Un tramo de carretera en línea recta con una distancia aproximada de 800m.
- Neumáticos en buen estado.
- Estar alimentado con un combustible aceptable (gasolina súper).
- La superficie del tramo de 800m debe ser lo más plana posible.

Figura 68. Mapa satelital del recorrido de la prueba eficiencia volumétrica



Fuente: <https://maps.google.com>

En esta prueba se tomó tiempos en segundos que se demora el vehículo en acelerar de 0 a 100 Km/h, con cambio de marchas constantes, tanto para vehículo con el sistema estándar, como para el modificado, en un tramo recto (entrada al cantón Guamote), obteniendo así los siguientes resultados, con el motor a plena carga (6000rpm):

Sistema de admisión de serie:

Tabla 18. Prueba de eficiencia volumétrica

Prueba	Tiempo
Primera prueba	$T_1 = 13,47s$
Segunda prueba	$T_2 = 13,02s$
Tercera prueba	$T_3 = 13,41s$
Cuarta prueba	$T_4 = 13,20s$
	$\bar{T} = 13,27s$

Fuente: Autores

$$\text{Tiempo promedio} = \sum T_n/n \quad (12)$$

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{13,47 + 13,02 + 13,41 + 13,20}{4}$$

$\text{Tiempo promedio} = 13,27s$ (Que tarda en alcanzar de 0 a 100 Km/h)

Cálculo de distintos tiempos de aceleración:

Cálculos:

Si en 13,27 segundos alcanza los 100 Km/h, entonces:

$$\frac{75km/h * 13,27s}{100Km/h} = 9,95s$$

$$\frac{60km/h * 13,27s}{100Km/h} = 7,96s$$

$$\frac{45km/h * 13,27s}{100Km/h} = 5,97s$$

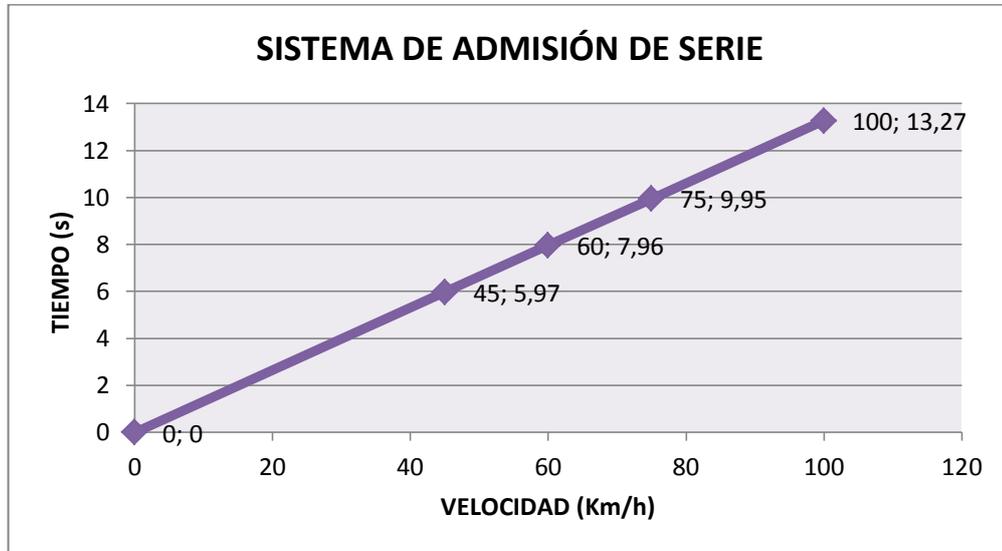
Tabla 19. Datos para gráfica velocidad vs tiempo

Velocidad (Km/h)	Tiempo (s)
45	5,97
60	7,96
75	9,95

100	13,27
-----	-------

Fuente: Autores

Figura 69. Gráfica de velocidad vs tiempo



Fuente: Autores

Sistema de admisión modificado:

Tabla 20. Prueba de eficiencia volumétrica

Prueba	Tiempo
Primera prueba	$T_1 = 10,10s$
Segunda prueba	$T_2 = 9,77s$
Tercera prueba	$T_3 = 10,06s$
Cuarta prueba	$T_4 = 9,90s$
	$\bar{T} = 9,96s$

Fuente: Autores

$$Tiempo\ promedio = \frac{10,10 + 9,77 + 10,06 + 9,90}{4}$$

Tiempo promedio = 9,96s (Que tarda en alcanzar de 0 a 100 Km/h)

Cálculo de distintos tiempos de aceleración

Cálculos:

Si en 9,96 segundos alcanza los 100 Km/h, entonces:

$$\frac{75\text{km/h} * 9,96\text{s}}{100\text{Km/h}} = 7,47\text{s}$$

$$\frac{60\text{km/h} * 9,96\text{s}}{100\text{Km/h}} = 5,98\text{s}$$

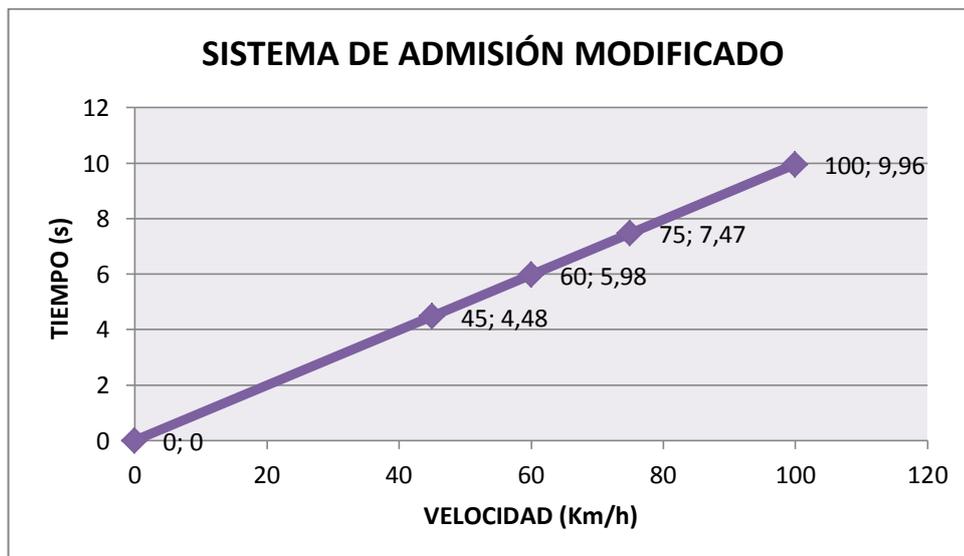
$$\frac{45\text{km/h} * 9,96\text{s}}{100\text{Km/h}} = 4,48\text{s}$$

Tabla 21. Datos para gráfica velocidad vs tiempo

Velocidad (Km/h)	Tiempo (s)
45	4,48
60	5,98
75	7,47
100	9,96

Fuente: Autores

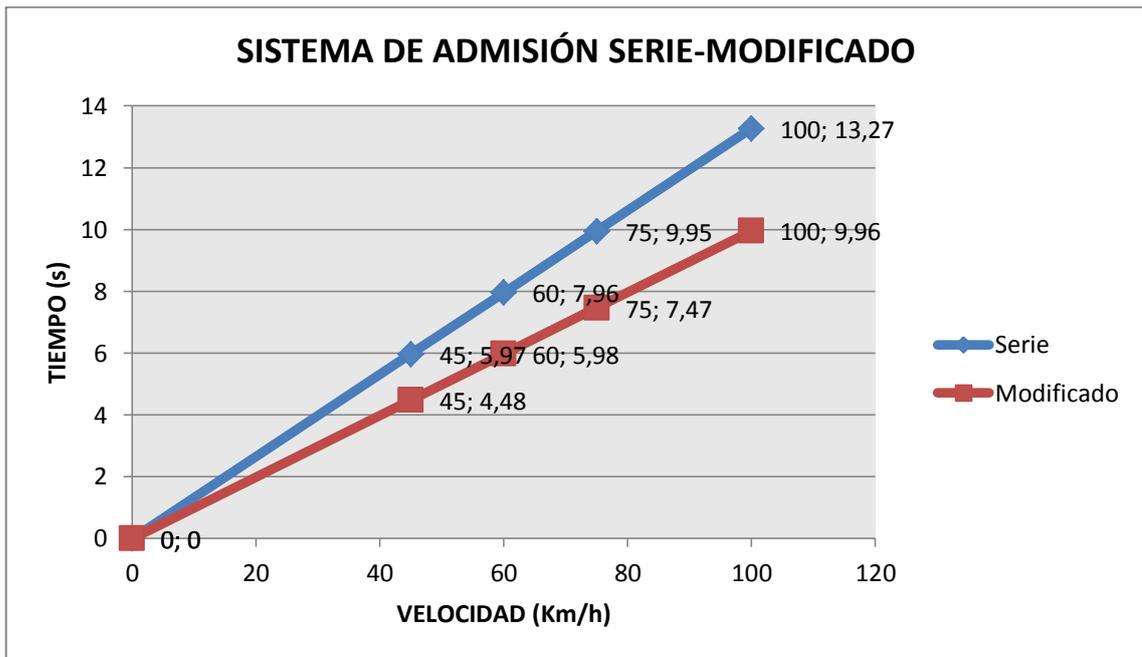
Figura 70. Gráfica de velocidad vs tiempo



Fuente: Autores

Comparación de los resultados del sistema de admisión serie-modificado. Los resultados obtenidos en las dos practicas tanto en el sistema estándar como en el modificado son de mucha importancia para evaluar el trabajo realizado.

Figura 71. Gráfica de velocidad vs tiempo del sistema de admisión serie-modificado



Fuente: Autores

En la gráfica podemos apreciar el desempeño del motor, tanto con el múltiple de admisión modificado como el estándar, comparando estos resultados se concluye que el sistema modificado, consigue la misma velocidad en un tiempo menor, siendo así que:

- Sistema de admisión de serie (0-100) km/h en 13,27s
- Sistema de admisión modificado (0-100) km/h en 9,96s

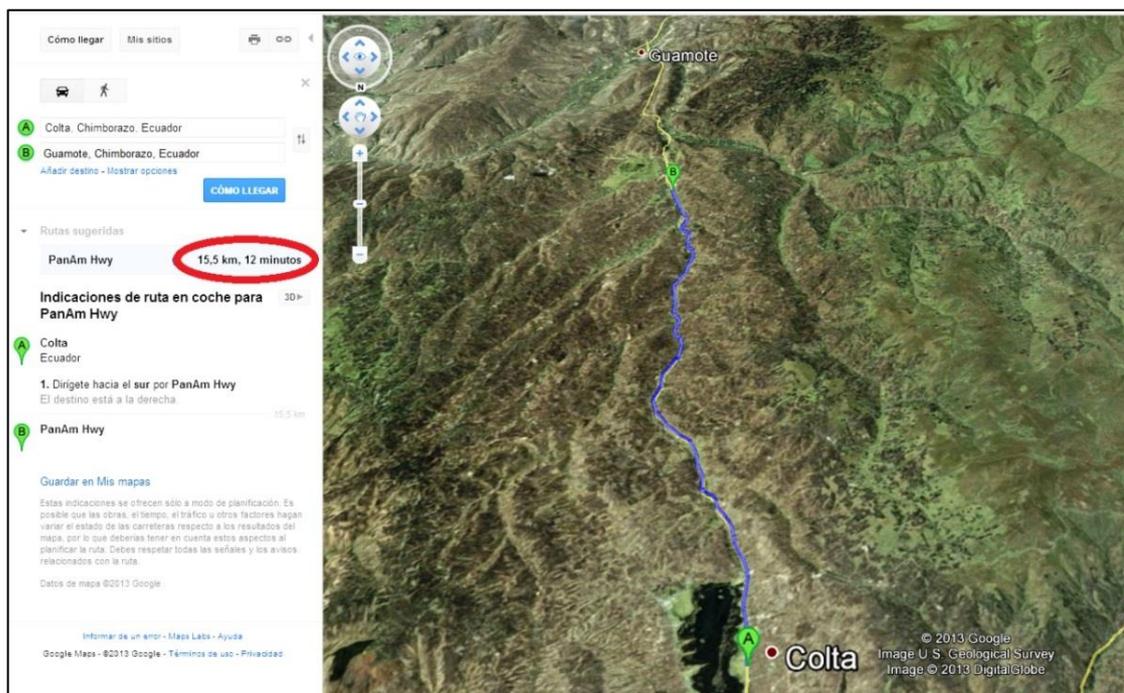
$$\begin{array}{r} 13,27 \text{ s} \quad 100\% \\ 9,96 \text{ s} \quad X \end{array}$$

$$X = 75,06\%$$

$$\therefore \text{El incremento del tiempo de aceleración} = 100\% - 75,06\% = 24,94\%$$

6.2.2 Prueba de consumo de combustible. Se realiza un recorrido de aproximadamente 15km de distancia, de los cuales 10km fueron para obtener los datos a tabular en la vía comprendida entre Colta-Guamote y Guamote-Colta, ya que hasta llegar a la velocidad constante deseada se necesita recorrer un cierto tramo como se muestra en la figura 72.

Figura 72. Mapa satelital del recorrido de la prueba de consumo



Fuente: <https://maps.google.com>

Para calcular el consumo se procedió a instalar una manguera desde la bomba de combustible montada en el tanque hasta la parte exterior a una probeta graduada de 500ml en la cual pudimos observar el consumo y con ayuda de una probeta más pequeña de 50ml con divisiones de 1ml procedimos a la medición del combustible sobrante; cabe recalcar que para el montaje de ésta se procedió a desmontar parte de la carcasa para poder instalar la manguera como se muestra en la figura 73.

Figura 73. Instalación del equipo para la prueba de consumo



Fuente: Autores

Sistema de admisión serie:

- A velocidad constante de 60 km/h

Tabla 22. Prueba de consumo a 60km/h

Sistema de admisión de serie	
Número de prueba	Consumo [c.c.]
C ₁	476
C ₂	468
C ₃	471
C ₄	473

Fuente: Autores

$$\text{Consumo promedio} = \sum C_n/n \quad (13)$$

$$\text{Consumo promedio} = (476 + 468 + 471 + 473)/4 \text{ [c. c.]}$$

$$\text{Consumo promedio} = 472 \text{ c. c.} = 0,47 \text{ lt}$$

- A velocidad constante de 80 km/h

Tabla 23. Prueba de consumo a 80km/h

Sistema de admisión de serie	
Número de prueba	Consumo [c.c.]
C ₁	485
C ₂	482
C ₃	481
C ₄	487

Fuente: Autores

$$\text{Consumo promedio} = (485 + 482 + 481 + 487)/4 \text{ [c. c.]}$$

$$\text{Consumo promedio} = 483,75 \text{ c. c.} = 0,48 \text{ lt}$$

- A velocidad constante de 100 km/h

Tabla 24. Prueba de consumo a 100km/h

Sistema de admisión serie	
Número de prueba	Consumo [c.c.]

C ₁	497
C ₂	493
C ₃	493
C ₄	495

Fuente: Autores

$$\text{Consumo promedio} = (497 + 493 + 493 + 495)/4 \text{ [c. c.]}$$

$$\text{Consumo promedio} = 494,5 \text{ c. c.} = 0,49 \text{ lt}$$

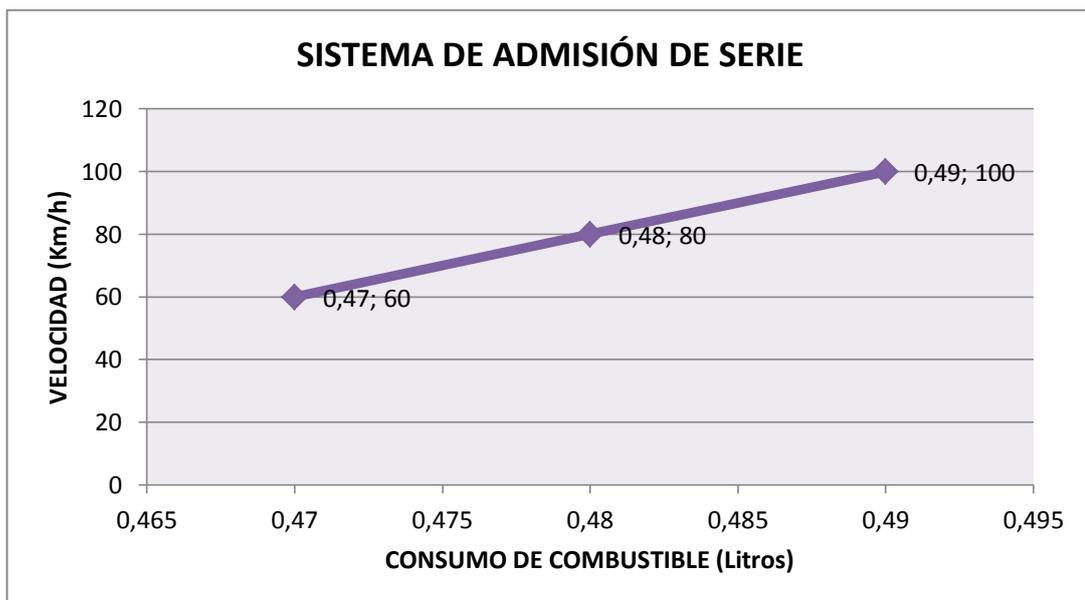
Con estos promedios tenemos la siguiente tabla y su representación gráfica:

Tabla 25. Datos para la gráfica de consumo de combustible para diferentes velocidades

Velocidad [Km/h]	Consumo [c.c.]	Consumo [lt]
60	472	0,47
80	483,75	0,48
100	494,5	0,49

Fuente: Autores

Figura 74. Gráfica de consumo de combustible para diferentes velocidades



Fuente: Autores

La ruta en que se realizó las pruebas es de 100% asfalto y con un mínimo de ascensos y descensos, sin necesidad de forzar el motor.

Distancia recorrida por galón

1 Galón = 3,785 Litros

Consumo promedio es de 0,48 lt en 10 Km

$$\frac{Distancia}{Consumo} = \frac{10km}{0,48lt} \times \frac{3,785lt}{1 Galón} = \frac{37,85km}{0,48Galón} = 78,854 km/Galón$$

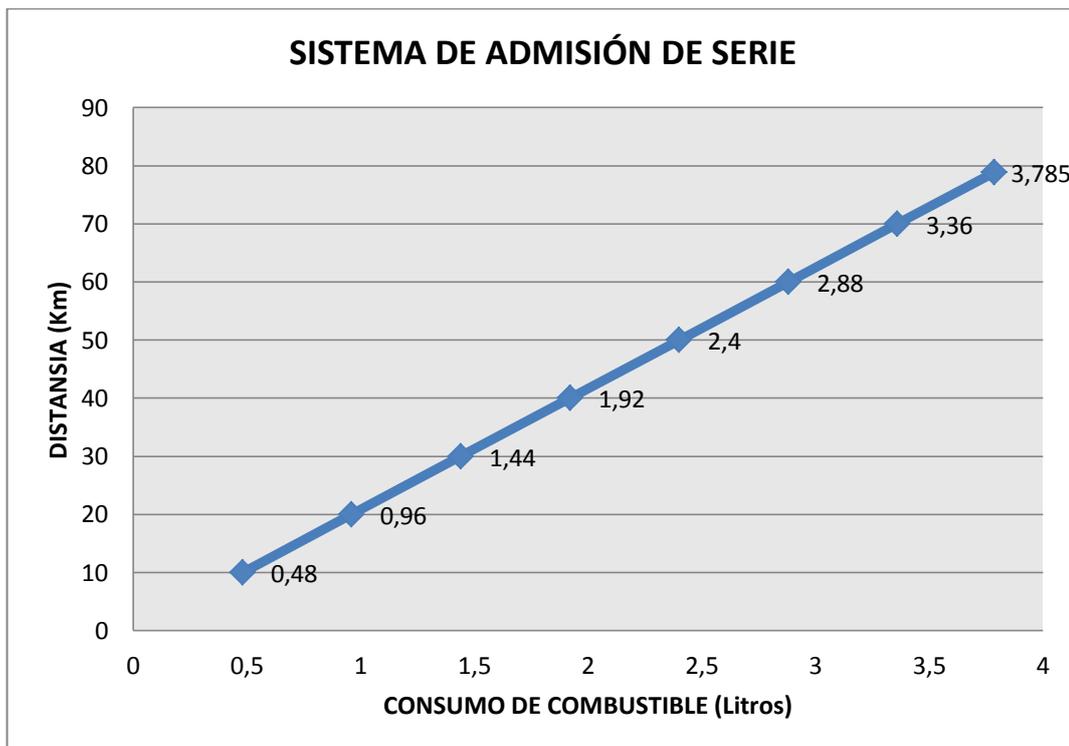
En relación a esto tenemos los siguientes resultados:

Tabla 26. Datos para la gráfica de consumo de combustible vs distancia recorrida

Consumo (lt)	Distancia (km)
0,96	20
1,44	30
1,92	40
2,4	50
2,88	60
3,36	70

Fuente: Autores

Figura 75. Gráfica del consumo de combustible vs distancia recorrida



Fuente: Autores

El consumo obtenido por las pruebas de rodaje, han sido similares a los parámetros estándar que se observan en la tabla 9, en las que nos basamos para decir, que un motor está trabajando en un régimen normal, sin problemas en el sistema de alimentación de combustible, obteniendo un consumo de aproximadamente 79km de recorrido por galón que nos da un consumo de 4,8lt por 100km.

Sistema de admisión modificado:

- A velocidad constante de 60 km/h

Tabla 27. Prueba de consumo a 60km/h

Sistema de admisión modificado	
Número de prueba	Consumo [c.c.]
C ₁	583
C ₂	580
C ₃	585
C ₄	581

Fuente: Autores

$$\text{Consumo promedio} = (583 + 580 + 585 + 581)/4[\text{c. c.}]$$

$$\text{Consumo promedio} = 582,25\text{c. c.} = 0,58\text{lt}$$

- A velocidad constante de 80 km/h

Tabla 28. Prueba de consumo a 80km/h

Sistema de admisión modificado	
Número de prueba	Consumo [c.c.]
C ₁	592
C ₂	590
C ₃	596
C ₄	590

Fuente: Autores

$$\text{Consumo promedio} = (592 + 590 + 596 + 590)/4 [\text{c. c.}]$$

$$\text{Consumo promedio} = 592 \text{ c. c.} = 0,59 \text{ lt}$$

- A velocidad constante de 100 km/h

Tabla 29. Prueba de consumo a 100km/h.

Sistema de admisión modificado	
Número de Prueba	Consumo [c.c.]
C ₁	602
C ₂	607
C ₃	604
C ₄	606

Fuente: Autores

$$\text{Consumo promedio} = (602 + 607 + 604 + 606)/4 \text{ [c. c.]}$$

$$\text{Consumo promedio} = 604,75 \text{ c. c.} = 0,60 \text{ lt}$$

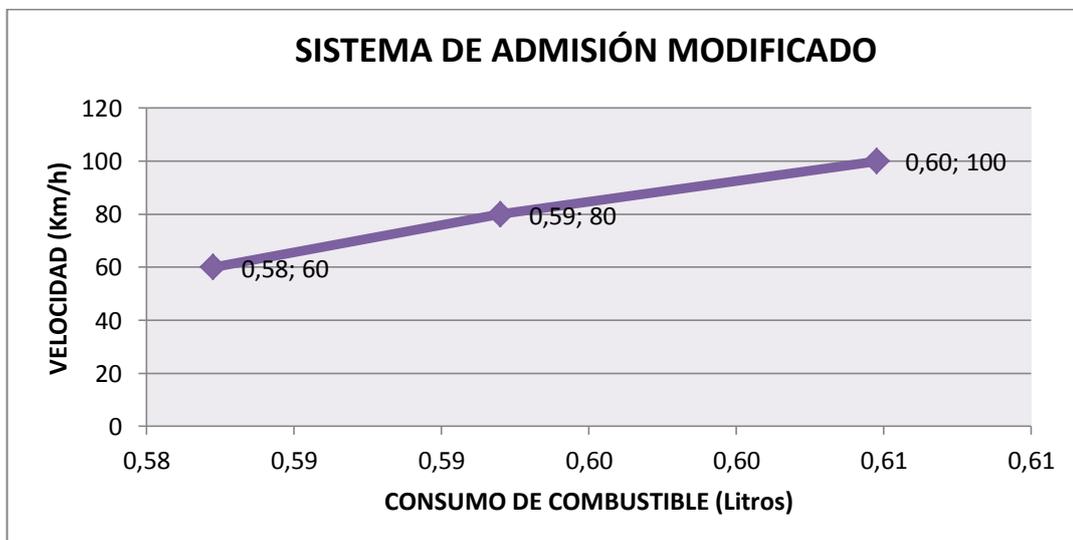
Con estos promedios tenemos la siguiente tabla y su representación gráfica:

Tabla 30. Datos para la gráfica de consumo de combustible para diferentes velocidades

Velocidad [Km/h]	Consumo [c.c.]	Consumo [lt]
60	582,25	0,58
80	592	0,59
100	604,75	0,60

Fuente: Autores

Figura 76. Gráfica de consumo de combustible para diferentes velocidades



Fuente: Autores

La ruta en que se realizó las pruebas, es de 100% asfalto y con un mínimo de ascensos y descensos.

Distancia recorrida por galón

1 Galón = 3,785 Litros

Consumo promedio es de 0,59 Lt en 10 Km

$$\frac{Distancia}{Consumo} = \frac{10km}{0,59lt} \times \frac{3,785lt}{1 Galón} = \frac{37,85km}{0,59Galón} = 64,153 km/Galón$$

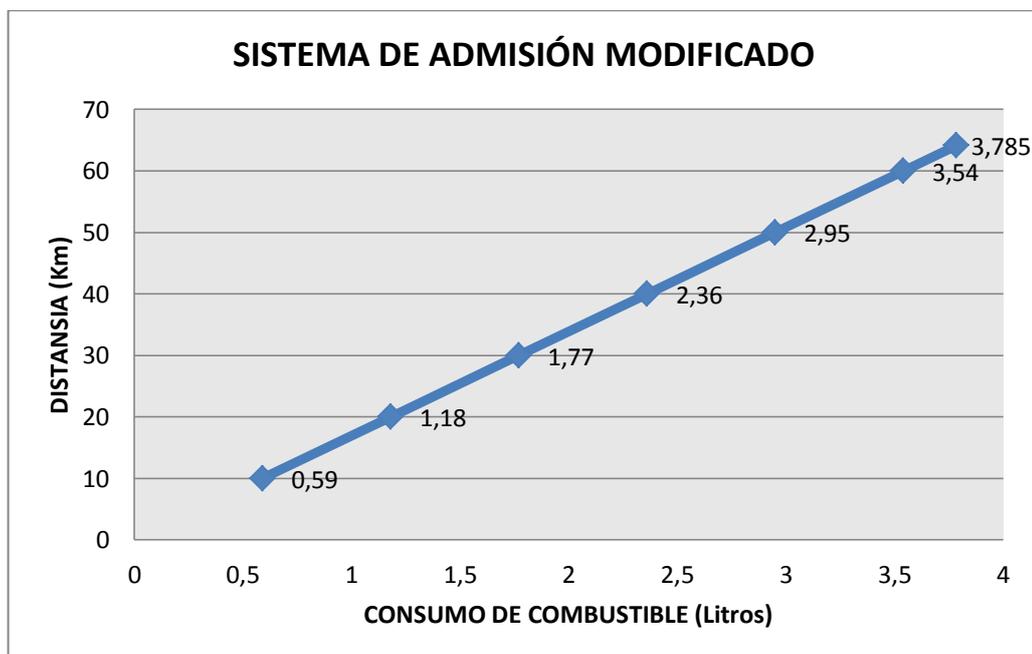
En relación a esto tenemos los siguientes resultados:

Tabla 31. Datos para la gráfica de consumo de combustible vs distancia recorrida

Consumo (lt)	Distancia (km)
1,18	20
1,77	30
2,36	40
2,95	50
3,54	60

Fuente: Autores

Figura 77. Gráfica de consumo de combustible vs distancia recorrida

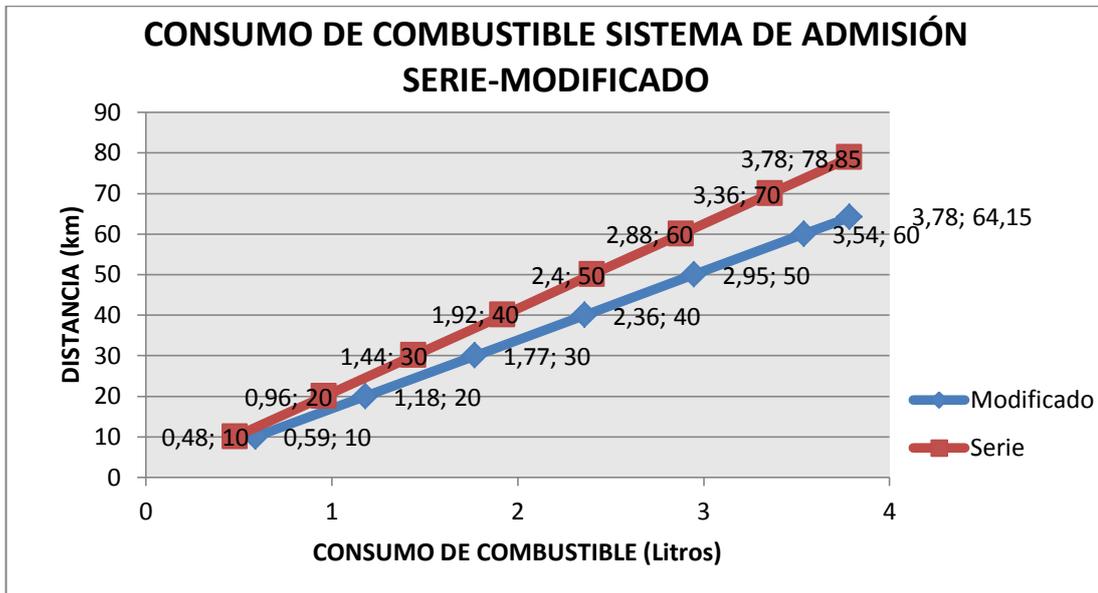


Fuente: Autores

El consumo de combustible se incrementa debido al mayor requerimiento de mezcla aire-combustible para cumplir con la relación estequiométrica ideal y mejorar así, la potencia en el motor.

6.2.3 Comparación de los resultados del sistema de admisión de serie-modificado. Los resultados obtenidos, tanto en el sistema estándar como en el modificado, son de mucha importancia para evaluar el nivel de consumo de combustible.

Figura 78. Gráfica de comparación de consumo vs distancia recorrida



Fuente: Autores

Con los datos de consumo, tanto del sistema de admisión de serie como del modificado, obtuvimos un incremento en éste, es decir, que por 10km consume el sistema estándar 483c.c. y el sistema modificado 593c.c. en referencia a esto tenemos:

$$\begin{array}{l} 483 \text{ c. c. } \quad 100\% \\ 593 \text{ c. c. } \quad X \end{array}$$

$$X = 122,77\%$$

$$\therefore \text{El incremento de consumo} = 122,77\% - 100\% = 22,77\%$$

En base a las pruebas realizadas, tanto de eficiencia volumétrica como de consumo, se observó un incremento en el consumo de combustible, en un 22,77% y la eficiencia volumétrica en 24,94%; con ello, se consiguió un mejoramiento del rendimiento del motor, en relación con un sistema estándar.

Cabe recalcar que no se realizaron pruebas en base al par motor (torque) y a la potencia máxima, ya que las modificaciones o rediseños, se basaron únicamente a la admisión y no al motor o la caja de cambios como se realiza normalmente en vehículos para competición.

6.3 Análisis de costos

6.3.1 Costos directos

Materiales

Tabla 32. Materiales

Cantidad	Descripción	Costo unitario USD	Costo USD
1	Computadora programable MegaSquirt	\$850	\$850
1	Throttle body	\$650	\$650
1	Múltiple de admisión	\$120	\$120
Total			\$1620

Fuente: Autores

Máquinas y herramientas

Tabla 33. Máquinas y herramientas

Descripción	Horas/equipo	Costo/hora	Subtotal
Laptop	160	\$0	\$0
Herramientas de taller	400	\$0	\$0
Total			\$0

Fuente: Autores

Costos de transporte

Tabla 34. Costos de transporte

Cantidad	Descripción	Costo USD
-	Transporte	\$0
-	Combustible	\$0
Total		\$0

Fuente: Autores

Documentación

Tabla 35. Documentación

Cantidad	Descripción	Costo USD
-	Documentación e investigación	\$100
Total		\$100

Fuente: Autores

Costos de mano de obra calificada

Tabla 36. Mano de obra

Descripción	Horas-hombre	Salario real /hora	Subtotal
Soldador	24	\$2.5	\$60
Total			\$60

Fuente: Autores

6.3.2 Costos indirectos

Costo ingenieril

Tabla 37. Costos indirectos

Descripción	Horas-hombre	Salario real /hora	Subtotal
Profesional	160	\$8	\$1280
Total			\$1280

Fuente: Autores

6.3.3 Costos totales

Tabla 38. Costos totales

Costos directos	\$1780
Costos indirectos	\$1280
Costo total	\$3060

Fuente: Autores

6.4 Costo de producción en serie y/o a gran escala

Al producir a gran escala los costos se reducirían al adquirir por mayor, al igual que la mano de obra calificada, ésta sería incluida en el valor de los múltiples, como se muestra en los valores de la siguiente tabla:

Tabla 39. Costos de producción en serie

Cantidad	Descripción	Costo unitario USD	Costo USD
1	Computador programable MegaSquirt	\$600	\$600
1	Throttle body	\$400	\$400
1	Múltiple de admisión	\$80	\$80
	Ingeniería	\$500	\$500
Total			\$1580

Fuente: Autores

El costo de producción a gran escala se reducirá, debido a que no sólo se comprará un elemento, en este caso, se adquirirá en masa y el costo de los diferentes elementos utilizados se reducirá aproximadamente en un 48%.

La producción en serie no resulta rentable ya que el proyecto está directamente relacionado con vehículos de competición, por tanto no se cuenta con un gran parque automotor.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se investigó y estudio como base principal para el desarrollo del múltiple de admisión los diferentes sistemas ya existentes mejorando sus prestaciones volumétricas.

Basamos el diseño del múltiple de admisión en los principios matemáticos del libro “Preparación de Motores” del autor Carlos Funes, en el cual se detalla una descripción completa para el diseño, no obstante también se estudió fundamentos de resistencia y de fluidos para complementar los conocimientos antes de tomar decisiones para ejecutar dichas tareas en el diseño.

Se pudo modelar el múltiple y realizar pruebas de cargas aerodinámicas, y así valorar el comportamiento del aire del conducto, las fuerzas y velocidades que se generan dentro de él con la ayuda del software SolidWorks y de su aplicación Flow Simulation

Se obtuvo diferentes modificaciones, por medio de la telemetría unidireccional y con ayuda de un computador portátil (herramienta importante) para lograr una calibración perfecta en la inyección, al instalar en el vehículo un computador programable MegaSquirt.

Se consiguió resultados muy óptimos, como un mejor rendimiento del motor en un 25% aproximadamente con la utilización de la mencionada computadora programable MegaSquirt II.

Se debe apoyar en parámetros mecánicos, como por ejemplo: el límite de fluencia, coeficiente de dilatación térmica, módulo de elasticidad y que además, se encuentre en el mercado para la selección del material, en la construcción de los alargues del múltiple de admisión.

Se estudió, analizó y seleccionó, de entre las distintas características que presenta cada computadora programable, una que cuente con los requerimientos necesarios de adaptación y funcionamiento para este proyecto.

7.2 Recomendaciones

Tener presente siempre el perímetro del ingreso en el block, ya que de éste dependerá el diámetro de la tubería a trazar y las dimensiones del mismo, en el diseño del múltiple de admisión.

Tomar en cuenta la seguridad de los ocupantes, evitando contratiempos con otros vehículos o peatones, siempre rigiéndose a la ley de tránsito vigente, y contando con los equipos de seguridad básicos (casco, guantes, cinturón de seguridad, botiquín de primeros auxilios) para las pruebas en carretera.

Regirse siempre al diagrama electrónico presentado por MegaSquirt, para el montaje del arnés de comunicación con los diferentes sensores,

Realizar las pruebas necesarias para el cálculo más aproximado, tanto en consumo y potencia y evitar valores erróneos.

Utilizar el equipo adecuado para así evitar accidentes en el momento de la soldadura durante la elaboración de los alargues.

Verificar que los terminales de los diferentes sensores se encuentren en buen estado para no tener lecturas erróneas que puedan perjudicar, en la relación de la mezcla aire-combustible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GRUPO CULTURAL. Manual Práctico del Automóvil. Reparación, Mantenimiento y Prácticas: Colombia: 2010: Pág. 32.
- [2] GRUPO CULTURAL. Manual Práctico del Automóvil. Reparación, Mantenimiento y Prácticas: Colombia: 2010: Pág. 37.
- [3] <http://www.bogotaracingteam.com/ForoBRT2/index.php?topic=6046.0;wap2>
- [4] <http://www.fullcoches.com/foro/mecanica/1643-torque-y-potencia-explicacion.html>
- [5] FUNES, Carlos. Motores para Competición. Argentina: 2010: Pág. 38-40.
- [6] SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. México: 2010: Pág. 65-68.
- [7] SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. México: 2010: Pág. 138.

BIBLIOGRAFÍA

FUNES, Carlos. Motores para Competición. Argentina: 2010.

GRUPO CULTURAL. Manual Práctico del Automóvil. Reparación, Mantenimiento y Prácticas: Colombia: 2010.

MANDY, Concepción. Sensores Automotrices y análisis de fallos. España: CEAC, 2004.

SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. México: 2010.

LINKOGRAFÍA

SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA

<http://automecanico.com/auto2027/bbooster06.pdf>

2012-08-12

SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA DE ADMISIÓN

<http://automecanico.com/auto2027/bbooster05.pdf>

2012-08-13

SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL

http://www.conevyt.org.mx/educamba/guias_emprendizaje/sensor4.pdf

2012-08-14

MEGASQUIRT

<http://www.megasquirt.free.fr/sources/MS/manual/ms2/indexright.htm>

2012-09-15