



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“MODIFICACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DE UN  
MOTOR CORSA WIND 1300 cc DISTRIBUCIÓN OHC  
CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA UNIDAD DE  
CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE Y UN  
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DOHC DE 16 VÁLVULAS”**

**NÚÑEZ PEÑA EDISSON DANIEL  
TITE ANDI EDISSON GIOVANNY**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2012-06-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**EDISSON DANIEL NÚÑEZ PEÑA**

---

Titulada:

**“MODIFICACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DE UN MOTOR CORSA  
WIND 1300 cc DISTRIBUCIÓN OHC CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA  
UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE Y UN SISTEMA  
DE DISTRIBUCIÓN DOHC DE 16 VÁLVULAS”**

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 Álvarez  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Emilia Aimacaña  
ASESORA DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** EDISSON DANIEL NÚÑEZ PEÑA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “MODIFICACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DE UN MOTOR CORSA WIND 1300 cc DISTRIBUCIÓN OHC CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE Y UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DOHC DE 16 VÁLVULAS”

**Fecha de Examinación:** 2013-07-12

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán G. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Diego Álvarez DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Emilia Aimacaña ASESORA			

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

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

---

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

---

Ing. Marco Santillán G.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2012-06-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**EDISSON GIOVANNY TITE ANDI**

---

Titulada:

**“MODIFICACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DE UN MOTOR CORSA  
WIND 1300 cc DISTRIBUCIÓN OHC CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA  
UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE Y UN SISTEMA  
DE DISTRIBUCIÓN DOHC DE 16 VÁLVULAS”**

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 Álvarez  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Emilia Aimacaña  
ASESORA DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** EDISSON GIOVANNY TITE ANDI

**TÍTULO DE LA TESIS:** “MODIFICACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DE UN MOTOR CORSA WIND 1300 cc DISTRIBUCIÓN OHC CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE Y UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DOHC DE 16 VÁLVULAS”

**Fecha de Examinación:** 2013-07-12

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán G. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Diego Álvarez DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Emilia Aimacaña ASESORA			

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

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

---

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

---

Ing. Marco Santillán G.  
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 e industrial le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Edisson Daniel Núñez Peña

---

Edisson Giovanni Tite Andi

## DEDICATORIA

*“El mundo está en las manos de aquellos que tienen el coraje de soñar y correr el riesgo de vivir sus sueños”,* es por eso que este trabajo lo dedico a mis padres Emilio y María por ser pilares importantes en mi vida y por su apoyo incondicional en todo momento para lograr terminar una etapa más en mi vida, a mis hermanos Carmita y Fabián que han sido un constante apoyo durante toda mi carrera; de una manera muy especial también dedico mi tesis a la memoria de mi abuelo Alfonso Peña (+) quien tenía el sueño de verme como un profesional pero la vida no lo quiso y cerro sus ojos a poco tiempo de lograrlo *“siempre vivirás en mi corazón”*.

**Edisson Núñez Peña**

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, que con su infinita sabiduría nos prepara para afrontar todos los retos de la vida, dándonos fortaleza en los momentos más difíciles.

Es importante agradecer de manera muy especial a mis padres, que día a día se esforzaron para que nunca me falte nada, apoyándome en todo momento, en tiempos duros con un concejo, dándome su mano para superar las barreras de los problemas y compartiendo con migo todos los triunfos y logros obtenidos al transcurso de mi carrera, debo agradecer a mis hermanas que con su cariño hicieron de mi vida algo maravilloso, a mi novia y mi suegrita que han estado a mi lado con su cariño y amor.

Por cada uno de los momentos vividos, la dedicatoria se extiende para toda mi familia, amigos y conocidos, que en el transcurso de la vida me han demostrado que la perseverancia y la constancia nos permitir llegar hasta nuestros objetivos.

**Edisson Tite Andi**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco de manera especial al Ing. Diego Álvarez en calidad de director de tesis y amigo por brindarme su apoyo y permitirme laborar en las instalaciones de su taller para poder ampliar mis conocimientos sobre los vehículos, a la Ing. Emilia Aimacaña asesora de tesis ya que sin su apoyo y su guía no habría podido dar por terminado este presente proyecto, además quiero agradecer a todos los amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa más de mi vida.

**Edisson Núñez Peña**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Agradezco a talleres Alvarez donde aprendí todo lo que hoy se, al Ing. Diego Alvarez como gran amigo que me transmitió sus conocimientos, a la Ing. Emilia Aimacaña que brindo su apoyo en todo momento para el cumplimiento de este proyecto.

Y en especial a los amigos Jorge Erazo y Edisson Núñez, que apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa más de mi vida.

**Edisson Tite Andi**



# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Modificación mecánica .....	4
2.2 El motor .....	4
2.2.1 <i>Cilindrada</i> .....	6
2.2.2 <i>Relación de carrera a diámetro</i> .....	6
2.2.3 <i>Relación de compresión</i> .....	7
2.2.4 <i>Rendimiento volumétrico</i> .....	8
2.3 Pistones .....	8
2.3.1 <i>Partes principales del pistón</i> .....	9
2.3.2 <i>La temperatura y la dilatación</i> .....	9
2.4 Aros o segmentos .....	10
2.4.1 <i>Estanqueidad y separación de la puntas de los segmentos</i> .....	12
2.5 Bielas .....	13
2.5.1 <i>Partes principales de la biela</i> .....	13
2.6 Cojinetes .....	14
2.7 Cabezote o culata .....	15
2.7.1 <i>Cámara de compresión</i> .....	16
2.8 Colectores .....	17
2.8.1 <i>Colector de admisión</i> .....	17
2.8.2 <i>Colector de escape</i> .....	17
2.9 Bujías .....	18
2.9.1 <i>Rango térmico</i> .....	19
2.10 Distribución .....	19
2.10.1 <i>Válvulas</i> .....	20
2.10.2 <i>Árbol de levas</i> .....	21
2.10.3 <i>Sistemas de distribución</i> .....	23
2.11 Sistema de refrigeración .....	24
2.12 Sistema de lubricación .....	26
2.12.1 <i>Elementos del sistema de lubricación</i> .....	26
2.13 Sistema de alimentación .....	27
2.14 Sistema electrónico del motor .....	30
2.14.1 <i>Unidad de control electrónico (ECU)</i> .....	31
2.14.1.1 <i>Puertos de entrada y salida</i> .....	34

2.14.1.2	<i>Puerto de comunicación serial</i> .....	34
2.14.1.3	<i>Convertidores analógico-digitales</i> .....	34
2.14.1.4	<i>Módulo TIM (Time Interface Module)</i> .....	34
2.14.1.5	<i>Módulo TBM (Time Base Module)</i> .....	35
2.14.1.6	<i>Módulo SPI (Serial Peripheral Interface)</i> .....	35
2.14.2	<i>Sensores</i> .....	37
2.14.2.1	<i>Sensor de posición del cigüeñal(CKP)</i> .....	37
2.14.2.2	<i>Sensor de oxígeno(O<sub>2</sub> o lambda)</i> .....	39
2.14.2.3	<i>Sensor de temperatura de aire (IAT)</i> .....	43
2.14.2.4	<i>Sensor de temperatura del refrigerante(ECT)</i> .....	45
2.14.2.5	<i>Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)</i> .....	47
2.14.2.6	<i>Sensor de posición de la mariposa (TPS)</i> .....	49
2.14.3	<i>Actuadores</i> .....	51
2.14.3.1	<i>Inyectores</i> .....	51
2.14.3.2	<i>Bobina de encendido</i> .....	53
2.14.3.3	<i>Bomba de combustible</i> .....	55
2.14.4	<i>Arnés de sensores y actuadores</i> .....	57
<b>3.</b>	<b>MODIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MOTOR Y LA ELECTRÓNICA</b>	
3.1	<i>Parámetros iniciales del motor</i> .....	58
3.2	<i>Aumento de cilindrada</i> .....	58
3.3	<i>Aumento de presión media efectiva (relación de compresión)</i> .....	59
3.3.1	<i>Medición del volumen de la cámara de compresión</i> .....	59
3.3.2	<i>Método para aumentar la relación de compresión</i> .....	60
3.4	<i>Modificación de la distribución</i> .....	61
3.5	<i>Modificación de conductos de admisión y escape</i> .....	63
3.6	<i>Modificación de pistones</i> .....	65
3.7	<i>Renovación de bielas</i> .....	66
3.8	<i>Modificación de la electrónica</i> .....	67
3.8.1	<i>Implementación de la MegaSquirt</i> .....	67
3.8.2	<i>Ubicación de sensor CKP en el vehículo</i> .....	67
3.8.3	<i>Ubicación del sensor de oxígeno</i> .....	68
3.8.4	<i>Ubicación del sensor IAT</i> .....	68
3.8.5	<i>Ubicación del sensor ECT</i> .....	69
3.8.6	<i>Ubicación del sensor TPS</i> .....	69
3.8.7	<i>Implementación de la bobina de encendido</i> .....	70
3.8.8	<i>Ubicación del sensor MAP en el vehículo</i> .....	70
3.8.9	<i>Implementación de la bomba de combustible</i> .....	71
3.9	<i>Conectores de la MegaSquirt</i> .....	72
<b>4.</b>	<b>PUESTA A PUNTO DEL MOTOR</b>	
4.1	<i>Ajustes iniciales</i> .....	73
4.1.1	<i>Interfaz de comunicación</i> .....	73

4.1.2	<i>Requerimiento de combustible</i> .....	74
4.2	Control de la inyección .....	74
4.3	Opciones de encendido .....	75
4.3.1	<i>Identificación de la rueda fónica</i> .....	76
4.4	Calibraciones .....	76
4.4.1	<i>Calibración del sensor de posición de la mariposa</i> .....	77
4.5	Plataforma de ajuste del sistema de encendido .....	77
4.6	Enriquecimiento en función de la temperatura del refrigerante .....	78
4.7	Enriquecimiento por eficiencia volumétrica .....	79
4.8	Asistente de enriquecimiento en la aceleración .....	80
<b>5.</b>	<b>CÁLCULOS Y PRUEBAS DEL MOTOR</b>	
5.1	Cálculos motor estándar .....	82
5.2	Prueba de consumo de combustible motor estándar .....	84
5.2.1	<i>Prueba de aceleración motor estándar</i> .....	85
5.3	Cálculos motor modificado .....	86
5.3.1	<i>Cálculo del conducto de admisión</i> .....	87
5.3.2	<i>Cálculo del conducto de escape</i> .....	88
5.4	Prueba de consumo de combustible motor modificado .....	89
5.4.1	<i>Prueba de aceleración motor modificado</i> .....	90
5.5	Comparación de consumo de combustible motor estándar y modificado .	90
5.5.1	<i>Comparación de aceleración del motor estándar vs modificado</i> .....	91
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>	
6.1	Costos directos .....	93
6.2	Costos indirectos .....	94
6.3	Costos totales .....	95
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
7.1	Conclusiones .....	96
7.2	Recomendaciones .....	96

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
1	Ventajas y desventajas de los sistemas de distribución .....	24
2	Pin data de conexión de la MegaSquirt .....	36
3	Valores voltaje del sensor IAT .....	44
4	Valores de resistencia y voltaje del sensor ECT .....	45
5	Valores de voltaje del sensor MAP .....	48
6	Valores de voltaje del sensor TPS .....	50
7	Resistencias de la bobina .....	55
8	Datos del motor .....	58
9	Especificación de la distribución .....	62
10	Especificación de pistones .....	65
11	Datos software MegaSquirt .....	74
12	Datos de encendido .....	75
13	Datos iniciales de la prueba .....	84
14	Prueba de consumo del motor estándar .....	84
15	Pruebas de aceleración .....	85
16	Datos iniciales de la prueba .....	89
17	Prueba de consumo motor preparado .....	89
18	Pruebas de aceleración .....	90
19	Materiales .....	93
20	Mano de obra .....	94
21	Equipos y herramientas .....	94
22	Costos indirectos .....	95
23	Costos totales .....	95

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Ciclos de funcionamiento de un motor de 4 tiempos .....	5
2	Relación de carrera a diámetro .....	7
3	Relación de compresión .....	7
4	Partes principales del pistón .....	9
5	Forma elíptica de la falda y diámetros del pistón .....	10
6	Tipos de segmentos .....	11
7	Sección transversal de los segmentos .....	12
8	Cierre y holgura de las puntas de segmentos .....	13
9	Pates de la biela .....	14
10	Cojinetes de biela y bancada .....	14
11	Materiales que forman parte de un cojinete .....	15
12	Formas de la cámara de compresión .....	16
13	Colectores del Chevrolet Corsa .....	17
14	Diferentes colectores de admisión y de escape .....	18
15	Estructura de una bujía y su rango térmico .....	19
16	Válvula y sus elementos para posicionamiento y guiado .....	20
17	Dimensiones de la válvula y formas de la cabeza .....	21
18	Árbol de levas y sus perfiles .....	22
19	Formas de accionamiento del árbol de levas .....	22
20	Sistemas de distribución .....	23
21	Elementos del sistema de refrigeración .....	25
22	Bomba de aceite de engranajes internos .....	27
23	Elementos del sistema de lubricación .....	27
24	Bomba de combustible .....	28
25	Regulador de presión .....	28
26	Partes del filtro de combustible .....	29
27	Filtro de combustible con regulador de presión .....	29
28	Partes del filtro de combustible con regulador de presión incorporado.....	30
29	Sistema de alimentación .....	30
30	Señales de entrada y salida de la ECU .....	32
31	MegaSquirt programable .....	33
32	Pin data de la ECU MegaSquirt .....	36
33	Esquema simplificado de sensores .....	37
34	Sensor posición del cigüeñal .....	38
35	Conexión del sensor CKP .....	38
36	Forma de onda del sensor CKP .....	39
37	Sensor de oxígeno .....	40
38	Partes del sensor de oxígeno .....	41
39	Voltaje del sensor de oxígeno .....	42
40	Señal oscilante del sensor de oxígeno .....	42
41	Sensor IAT .....	43
42	Gráfica de funcionamiento del sensor IAT .....	44
43	Conexión del sensor IAT .....	44
44	Sensor de temperatura del refrigerante .....	45
45	Gráfica de funcionamiento del sensor ECT .....	46
46	Conexión del sensor de temperatura de refrigerante .....	46
47	Sensor de presión MAP .....	47
48	Gráfica de funcionamiento del sensor MAP .....	48
49	Conexión del sensor MAP .....	48
50	Sensor TPS .....	49

51	Gráfica del comportamiento del sensor TPS .....	50
52	Conexión del sensor TPS .....	51
53	Inyectores .....	52
54	Onda del inyector .....	52
55	Conexión de los inyectores .....	53
56	Conexión de la bobina de encendido .....	54
57	Bomba eléctrica de combustible .....	55
58	Conexión de la bomba de combustible .....	56
59	Arnés de cables .....	57
60	Vaciado de las paredes del cilindro .....	59
61	Medición del volumen de la cámara de combustión .....	60
62	Fresado de una culata para aumentar la relación de compresión .....	61
63	Implementación del sistema de distribución DOHC en el vehículo .....	63
64	Implementación de la admisión ITB en el vehículo .....	64
65	Implementación del header en el vehículo .....	64
66	Implementación de los pistones en el vehículo .....	66
67	Instalación de la MegaSquirt .....	67
68	Ubicación del sensor CKP en el vehículo .....	68
69	Ubicación del sensor de oxígeno en el vehículo .....	68
70	Ubicación del sensor IAT en el vehículo .....	69
71	Ubicación del sensor ECT en el vehículo .....	69
72	Ubicación del sensor TPS en el vehículo .....	70
73	Ubicación de la bobina de encendido .....	70
74	Caja recuperadora de vacío para el sensor MAP .....	71
75	Bomba de combustible en el vehículo .....	71
76	Conexión de los conectores de la MegaSquirt .....	72
77	Plataforma inicial de la MegaSquirt .....	73
78	Configuración del puerto .....	74
79	Características generales del motor .....	74
80	Características para el control de la inyección de combustible .....	75
81	Características de la rueda fónica .....	76
82	Calibración del sensor TPS .....	77
83	Plataforma de ajuste .....	77
84	Cartografía de ajuste con motor encendido .....	78
85	Asistente de calentamiento .....	79
86	Ajustes iniciales con motor apagado .....	79
87	Ajustes de enriquecimiento de combustible con el motor encendido .....	80
88	Incremento del ancho de pulso con referencia del TPS .....	81
89	Gráfica consumo vs velocidad motor estándar .....	85
90	Gráfica de aceleración motor estándar .....	86
91	Gráfica consumo vs velocidad motor preparado .....	89
92	Gráfica de aceleración motor preparado .....	90
93	Gráfica consumo de combustible motor estándar vs preparado .....	91
94	Gráfica de aceleración motor estándar vs preparado .....	92

## SIMBOLOGÍA

D	Diámetro del cilindro	mm
i	Número de cilindros del motor	-
L <sub>A</sub>	Longitud del conducto de admisión	cm
L <sub>E</sub>	Longitud del conducto de escape	cm
$\eta_F$	Rendimiento volumétrico	-
$\varnothing_{CA}$	Diámetro del conducto de admisión	cm
$\varnothing_{CE}$	Diámetro del conducto de escape	cm
s	Carrera del pistón	mm
V <sub>C</sub>	Volumen de la cámara de compresión	cm <sup>3</sup>
V <sub>F</sub>	Volumen de gas admitido	cm <sup>3</sup>
V <sub>h</sub>	Cilindrada unitaria	cm <sup>3</sup>
V <sub>H</sub>	Cilindrada total	cm <sup>3</sup>
X	Aplanado	mm
$\alpha$	Relación carrera diámetro	-
$\varepsilon$	Relación de compresión	-
$\varepsilon_a$	Relación de compresión anterior al aplanado	-
$\varepsilon_n$	Relación de compresión posterior al aplanado	-

## LISTA DE ABREVIACIONES

AAE	Adelanto a la apertura de la válvula de escape
API	Instituto Americano del Petróleo
CKP	Sensor de posición del cigüeñal
DIS	Sistema de encendido directo
DOHC	Distribución con doble árbol de levas
ECM	Módulo de control electrónico
ECT	Sensor de temperatura de refrigerante
ECU	Unidad de control electrónico
IAT	Sensor de temperatura del aire
ITB	Cuerpos de aceleración individuales
MAP	Sensor de presión en el múltiple de admisión
MIG	Soldadura de arco metálico con gas inerte (Metal Inert Gas)
MPFI	Sistema de inyección de combustible multipunto
NTC	Coficiente negativo de temperatura
OHC	Distribución con un solo árbol de levas
PMI	Punto muerto inferior
PMS	Punto muerto superior
RAM	Memoria de acceso aleatorio
RCE	Retraso al cierre de la válvula de escape
ROM	Memoria solo de lectura
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
SPI	Periférico de interfaz serial
TBM	Módulo de tiempo base
TIM	Módulo de interfaz de tiempo
TPS	Sensor de posición de la mariposa



## LISTA DE ANEXOS

- A** Diagrama de conexión de la MegaSquirt.
- B** Especificaciones del vehículo Chevrolet Corsa.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo modificar mecánica y electrónicamente el motor de un vehículo Corsa Wind 1300 cc distribución OHC, con la implementación de una unidad de control electrónico programable y un sistema de distribución DOHC de 16 válvulas, con el propósito de lograr un incremento en la potencia del motor y un correcto ingreso y evacuado de los gases de admisión y escape.

La modificación mecánica se realizó con la ayuda de catálogos, manuales de taller y mediante cálculos iniciales de la caja de cambios y del motor, aligerando el peso en pistones y bielas para incrementar las revoluciones de giro del motor; al implementar el sistema de distribución DOHC se mejoró el rendimiento volumétrico con la construcción de un sistema de admisión independiente ITB (Individual Throttle Body) y un sistema de escape (header). La modificación electrónica se logró con un sistema de control electrónico programable MegaSquirt que ayudó a variar parámetros iniciales en tiempo de inyección, avance de encendido, enriquecimiento por temperatura de refrigerante, arranque en frío, encendido por eficiencia volumétrica y calibraciones en tiempo real, obteniendo una correcta puesta a punto en los climas y alturas sobre el nivel del mar donde se desarrollan las competencias.

Los resultados obtenidos en las pruebas de aceleración y consumo en el motor modificado, indican un incremento del 35% en la potencia respecto al motor estándar, cumpliendo así con los objetivos propuestos en el inicio de ésta investigación. Se recomienda hacer uso de este proyecto en vehículos que están inmersos en el ámbito de competencias automovilísticas.

## **ABSTRACT**

The present work aims modify mechanics and electronically the engine vehicle Corsa Wind 1300 cc OHC distribution, with deploying a programmable electronic control unit and a distribution system DOHC of 16 valves, with the purpose of achieving an increase in the power motor and a correct entry and evacuation of the intake and exhaust gases.

The mechanical modification was performed with the help of catalogs, workshop manuals and through initials calculations of the gearbox and engine, lightening the weight of pistons and connecting rods to increase the number of revolutions of the engine; with the implementation of the distribution system DOHC improved the volumetric efficiency with the construction of an intake system independent ITB (Individual Throttle Body) and an exhaust system (header). The electronic modification was achieved with a system control electronic programmable Mega Squirt that helped vary parameters initial in the injection time, ignition advance, coolant temperature enrichment, cold start, ignition by volumetric efficiency and calibrations in real time, getting a good set-up on climates and heights about the sea level, where are developed the competencies.

The results obtained in the acceleration and consumption tests in the modified engine, indicate an increase of 35% power respect of the standard engine, fulfilling with the objectives proposed in starting this research. It is recommended to use this project in vehicles that are immersed in the field of the automobile competitions.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En el mundo de las competiciones automovilísticas tanto profesionales como aficionadas, el vehículo es altamente exigido y cada una de las personas que intervienen en este deporte lo hacen con miras a obtener la victoria, valiéndose de técnicas y métodos para obtener la mayor potencia posible del motor, en la presente investigación se detalla la modificación mecánica y electrónica de un motor Corsa Wind 1300 centímetros cúbicos, debido a que los motores de fabricación en serie pueden soportar diferentes cambios en sus elementos estructurales sin producir daños en el funcionamiento o en el aspecto externo del motor, logrando mejorar notablemente su desempeño y potencia.

Las diversas modificaciones se deben realizar teniendo como punto de partida las especificaciones técnicas del motor y la caja de velocidades del vehículo, dado que éstas son factores importantes para advertir los límites de potencia hasta el que se puede modificar el vehículo, estas especificaciones ayudarán a determinar que elementos se pueden retocar o sustituir por otros de mejores características mecánicas o térmicas sin comprometer al motor a daños irreversibles.

La aplicación de la tecnología electrónica en los sistemas de inyección de los automóviles ha llevado a que los profesionales automotrices puedan mejorar más el desempeño del motor, modificando los parámetros de trabajo de los diferentes sensores y actuadores con la ayuda de sistemas de control electrónico que ayudan a dosificar la entrada de combustible, logrando disminuir el consumo y los niveles de gases contaminantes productos de la combustión.

### 1.2 Justificación

En nuestro país la realización de eventos automovilísticos ha ido adquiriendo una gran cantidad de aficionados, por este motivo el ámbito deportivo fue la principal motivación para la realización de este proyecto, lograr una preparación adecuada del motor de una forma técnica y estar a la altura de los grandes preparadores del país logrando tener fiabilidad en el trabajo realizado, consiguiendo de esa forma poner en práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Automotriz en la ESPOCH.

El conocimiento sobre herramientas adecuadas, instrumentos de medición, mecánica y el funcionamiento de cada uno de los sistemas de los que está conformado un motor de combustión interna en la actualidad, tiene que ir complementado con los conocimientos de la electrónica debido a la influencia que ésta ha tenido en el campo automotriz. La implementación de un sistema electrónico en el vehículo involucra el conocimiento básico de sensores y actuadores automotrices, elementos que son parte del sistema de inyección del vehículo que monitorean de manera precisa el funcionamiento del motor y son controlados mediante una unidad de control electrónico (ECU).

Con las modificaciones mecánicas en los elementos del motor y la ayuda de una unidad de control electrónico programable MegaSquirt, se puede optimizar el consumo de combustible en determinados parámetros de funcionamiento del motor obteniendo niveles de contaminación reducidos y resultados superiores en rendimiento y potencia, demostrando así que el motor puede aumentar su potencia con el trabajo de modificación en partes y elementos específicos sin tener que modificarlo de manera total.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Modificar mecánica y electrónicamente el motor de un vehículo Corsa Wind 1300 cc, con la implementación de un cabezote DOHC de 16 válvulas y una unidad de control electrónico MegaSquirt programable.

**1.3.2** *Objetivos específicos:*

Realizar el estudio mecánico necesario para implementar la distribución DOHC de 16 válvulas en el motor del vehículo Corsa Wind.

Conocer los diferentes métodos que existen para lograr un aumento de potencia en el motor.

Identificar las diferentes partes del motor a modificar para lograr un máximo rendimiento del mismo.

Implementar el arnés del circuito electrónico adecuado para la colocación de la unidad MegaSquirt programable.

Colocar equipos de medición en el vehículo para controlar el funcionamiento del motor.

Calibrar correctamente la puesta a punto del motor para optimizar su rendimiento.

Desarrollar las pruebas y realizar las correcciones necesarias para lograr un correcto funcionamiento del vehículo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Modificación mecánica

La modificación mecánica es el mejoramiento en el comportamiento del motor, se puede realizar en todos los motores de serie para mejorar sus prestaciones y aumentar su potencia, la modificación de un motor consiste en reducir en mayor o menor medida las masas de sus elementos para lograr que aumente su potencia. En estas modificaciones, se incrementa el régimen de giro de los motores, esto implica que también se debe mejorar los sistemas de lubricación y refrigeración que son circuitos vitales del motor y ayudan a que éste tenga un largo periodo de buen funcionamiento.

Hay que tener en cuenta que el aumento de la potencia del motor es posible si se consigue modificar sus elementos internos y aumentar el consumo de aire, todas las modificaciones que se realicen en su estructura interna pueden generar un serio peligro para dicho motor si no se realiza el cálculo adecuado, por eso la transformación de un motor es una tarea que requiere de mucha dedicación debido a su grado de complejidad. (GUILLIERI, 2005 págs. 8-10)

Teniendo en cuenta ésto, el aumento de la potencia de un motor se puede llevar a cabo por una de las siguientes posibilidades:

- Por aumento de la cilindrada
- Por aumento de la presión media efectiva
- Por aumento del régimen de giro

En cualquiera de los casos mencionados anteriormente existe un aumento en el consumo de aire y combustible.

#### 2.2 El motor

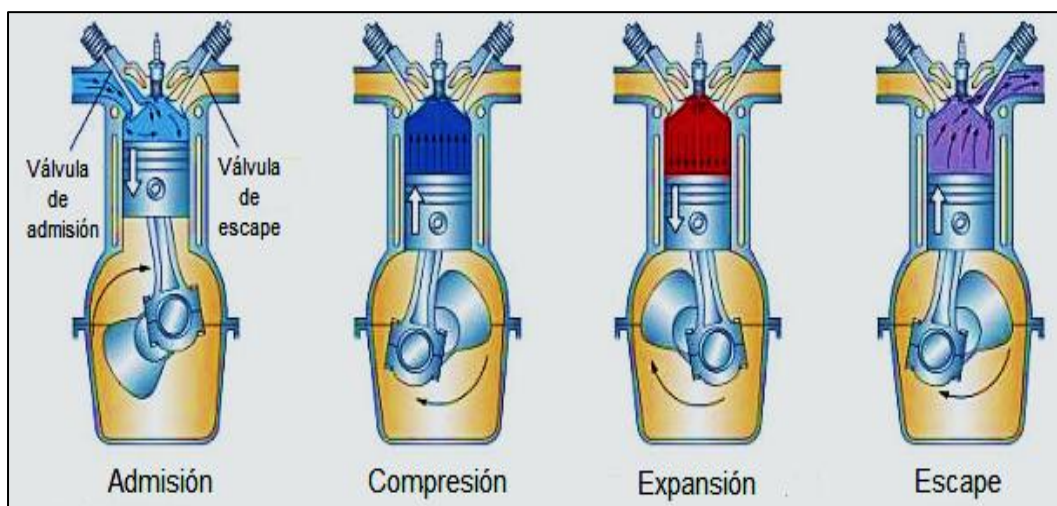
Los motores de combustión interna son de dos o cuatro tiempos y transforman la energía química del combustible en energía mecánica que posteriormente se utilizará para el desplazamiento del vehículo, esta transformación se realiza en el interior del motor en una cámara cerrada denominada cámara de combustión mediante la aportación de un arco eléctrico generado por una bujía. (GIL, 2002 págs. 8-9)

Para conseguir esta transformación de energía, se deben realizar cuatro operaciones distintas de forma secuencial (Figura 1), al iniciar el primer movimiento del pistón, se abre en la parte superior de un cilindro una válvula de admisión que permite el ingreso de la mezcla de aire-combustible hacia el interior del motor, a este primer movimiento se denomina tiempo de admisión.

Durante el segundo tiempo llamado de compresión, las válvulas de admisión y de escape se encuentran cerradas mientras el pistón comprime la mezcla de forma que esta se hace de fácil ignición, cuando el pistón se acerca al punto muerto superior (PMS) entre los electrodos de la bujía salta una chispa eléctrica que enciende la mezcla comprimida, a este tiempo se le conoce como expansión.

Terminado el tiempo de expansión se abre en el cilindro la válvula de escape permitiendo que los gases productos de la combustión salgan a la atmosfera por medio del sistema de escape, este tiempo se denomina tiempo de escape, el ciclo es repetitivo y se realiza en cada uno de los cilindros del motor de una forma sincronizada.

Figura 1. Ciclos de funcionamiento de un motor de 4 tiempos



Fuente: DOMINGUEZ, Esteban. 2010. Mecánica del vehículo técnicas básicas



Cada una de estas operaciones se realiza en una carrera del pistón (desplazamiento del Punto muerto superior al Punto muerto inferior), al cumplirse los cuatro tiempos se realiza un ciclo completo de funcionamiento del motor, el cigüeñal dará dos vueltas; pues téngase en cuenta que cada tiempo corresponde a media vuelta en el cigüeñal (180° de giro). Motivo por el que es necesario conocer los datos iniciales del motor, siendo los siguientes:

- Cilindrada
- Relación de compresión
- Relación de carrera a diámetro
- Rendimiento volumétrico

**2.2.1** *Cilindrada.* La cilindrada es la capacidad geométrica que desplaza el pistón en el interior del cilindro desde el punto muerto superior PMS hasta el punto muerto inferior PMI, se diferencia entre cilindrada unitaria y cilindrada total, la cilindrada se calcula como el volumen de un cilindro.

$$V_h = \frac{D^2 * \pi * S}{4} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (1)$$

$$V_H = \frac{D^2 * \pi * S * i}{4} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (2)$$

Donde:

$V_h$  = Cilindrada unitaria, en  $\text{cm}^3$

$V_H$  = Cilindrada total, en  $\text{cm}^3$

$D$  = Diámetro del cilindro, en cm

$S$  = Carrera del pistón, en cm

$i$  = Número de cilindros del motor

**2.2.2** *Relación de carrera a diámetro.* La carrera es la distancia entre el PMS y el PMI, el diámetro del cilindro es igual al diámetro del pistón más el huelgo (distancia que existe entre el pistón y la pared del cilindro). La carrera y el diámetro del pistón guardan entre sí una relación determinada que se denomina relación de carrera a diámetro.

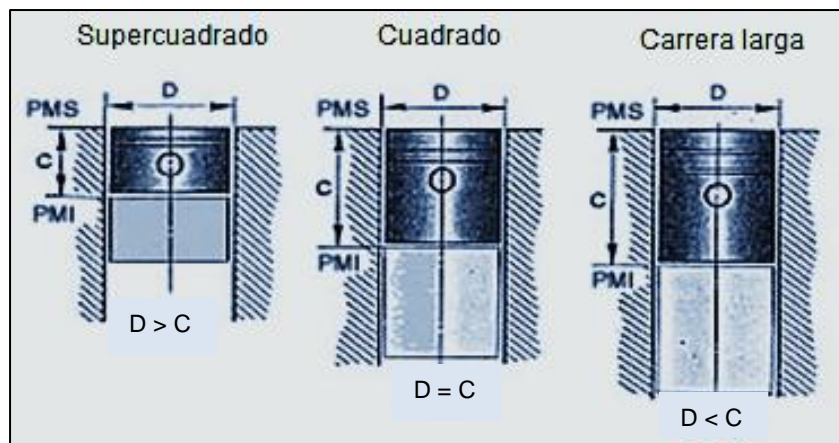
La relación entre la carrera y el diámetro en los motores puede ser de tres tipos como se indica en la (Figura 2), cuando la carrera del pistón es igual al diámetro, se dice que el motor es cuadrado, Si la carrera es menor que el diámetro, el motor se denomina supercuadrado, y cuando es mayor, el motor es de carrera larga.

$$\alpha = \frac{s}{D} \quad (3)$$

Donde:

$\alpha$  = Relación carrera diámetro

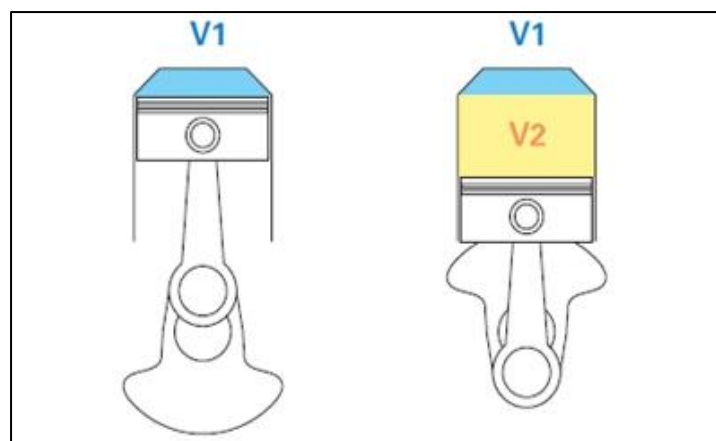
Figura 2. Relación de carrera a diámetro



Fuente: GIL, Hermógenes. 2002. Manual del automóvil reparación y mantenimiento

**2.2.3 Relación de compresión.** Es el término con el que se denomina a la fracción matemática que define la proporción entre el volumen de admisión y el volumen de compresión de un cilindro (Figura 3), la relación de compresión define el rendimiento térmico del motor, es decir el grado de aprovechamiento de la energía del combustible.

Figura 3. Relación de compresión



Fuente: [http://e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=206&tipo=S](http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=206&tipo=S)

El volumen total del cilindro se compone de la cilindrada unitaria más el volumen de la cámara de compresión, la relación de compresión indica cuantas veces es mayor el volumen del cilindro al volumen de la cámara de compresión.

Indica a cuanto se reduce el volumen de aire-combustible aspirado en el tiempo de admisión, en el momento que el pistón realiza el tiempo de compresión.

$$\varepsilon = \frac{V_H + V_C}{V_C} \quad (4)$$

Donde:

$\varepsilon$  = Relación de compresión

$V_C$  = Volumen de la cámara de compresión, en  $\text{cm}^3$

**2.2.4 Rendimiento volumétrico.** En el cilindro durante los ciclos de trabajo, quedan gases remanentes que perturban el llenado del cilindro con mezcla de aire-combustible, esto hace que el llenado del cilindro sea menor que la cilindrada. El rendimiento volumétrico se define como la eficiencia con la que se logra llenar el cilindro, es decir la relación que existe entre la cantidad de mezcla aire-combustible que ingresa en el cilindro y la cilindrada. (KINDLER, 1986 págs. 109-113)

$$\eta_F = \frac{V_F}{V_H} \quad (5)$$

Donde:

$\eta_F$  = Rendimiento volumétrico del motor

$V_F$  = Volumen de gas admitido, en  $\text{cm}^3$

## 2.3 Pistones

El pistón es un elemento móvil que se desplaza desde el punto muerto superior PMS al punto muerto inferior PMI en el interior del cilindro, comprime la mezcla, transmite la presión de combustión al cigüeñal por medio de la biela, asegura la estanqueidad de los gases y del aceite mediante unos aros flexibles llamados segmentos o anillos, produce un vacío en el cilindro que aspira la mezcla en la carrera de admisión.

El pistón a primera vista puede parecer el elemento más simple pero es uno de los que ha obligado un mayor estudio para cumplir con las funciones indicadas; éste debe ser ligero para poder alcanzar mayores velocidades y disminuir las cargas de inercia, pero a su vez también debe ser lo suficientemente rígido y resistente para soportar el calor y la presión desarrollada en el interior del cilindro.

Para resistir las altas presiones que se originan sobre la cabeza del pistón, es necesario dar a esta zona un tratamiento de niquelado químico, por medio del cual sea capaz de resistir las cargas elevadas a la que va a ser sometida sin que se produzca su perforación o rotura. El material de construcción de los pistones en un principio era la fundición de hierro dado que era resistente al desgaste y soportaba grandes cargas pero eran excesivamente pesados para obtener las elevadas velocidades que existen en los motores.

Actualmente los pistones usan como elemento principal el aluminio con aleaciones de otros materiales como el silicio, níquel y magnesio que ayudan a reducir el coeficiente de dilatación térmica y aumentar la resistencia a la rotura. (GUILLIERI, 2005 pág. 101)

**2.3.1 Partes principales del pistón.** En el pistón puede distinguirse cuatro partes fundamentales (Figura 4), la parte superior del pistón se denomina cabeza, es la zona que esta expuesta a mayor temperatura y recibe toda la presión, el calor y el impulso de los gases de la combustión, la zona de segmentos que son unas acanaladuras en el contorno del pistón que permiten el alojamiento de los segmentos en ella, esta zona disipa parte del calor recibido, la falda del pistón que esta situada en la parte inferior y sirve de guía para el desplazamiento del mismo en el interior del cilindro, el alojamiento del bulón es el orificio practicado en el pistón para insertar el bulón, que a su vez es el encargado de sujetar la biela al pistón.

Figura 4. Partes principales del pistón



Fuente: Autores

**2.3.2** *La temperatura y la dilatación.* El pistón es el encargado de conseguir una cámara variable de compresión y de explosión, que se mantenga dentro de la máxima estanqueidad a pesar de su desplazamiento, el problema de la estanqueidad con respecto a las paredes del cilindro comporta una serie de problemas. (GUILLIERI, 2005 pág. 102)

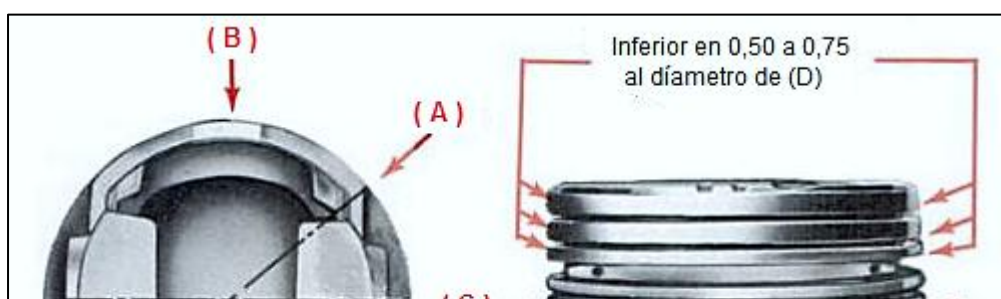
Los pistones funcionan a una temperatura mayor que las paredes del cilindro (entre 50°C y 70°C) dado que éstas reciben una enérgica refrigeración a través del líquido refrigerante y por ende la temperatura es diferente entre ambos elementos.

En caso de tener un pistón muy ajustado al cilindro se puede lograr sin dificultad una máxima estanqueidad, pero al dilatarse por la acción de las altas temperaturas a la que esta expuesto, éste llegará a tener un mayor diámetro que el cilindro y en consecuencia se agarrotará provocando que el motor deje de girar, por el contrario si el pistón dispone de un diámetro muy inferior al del cilindro, no se agarrotará pero la estanqueidad queda muy perjudicada, en este campo de la dilatación existe también el inconveniente de que la temperatura que debe soportar un pistón no es uniforme en toda su extensión.

Cuando en un motor se modifican los pistones, se cambian las condiciones de trabajo, para conseguir una estanqueidad adecuada los diseñadores persiguen que el diámetro del pistón sea 0.015 mm 0 0.035 mm menor que el diámetro del cilindro, y como las temperaturas a soportar son diferentes, las medidas de los diámetros de un pistón son diferentes desde la cabeza hasta la falda.

Un pistón no es una pieza perfectamente cilíndrica, esta dotado de diferentes diámetros de acuerdo con la temperatura a que se supone va a trabajar en cada zona de su cuerpo, en un pistón frío la zona de segmentos es de menor diámetro que la falda (Figura 5), además esta presenta una forma elíptica que desaparece a medida que el pistón alcanza su temperatura normal de funcionamiento.

Figura 5. Forma elíptica de la falda y diámetros del pistón



Fuente: CHILTON. 2009. Manual de motores pistones anillos y bielas

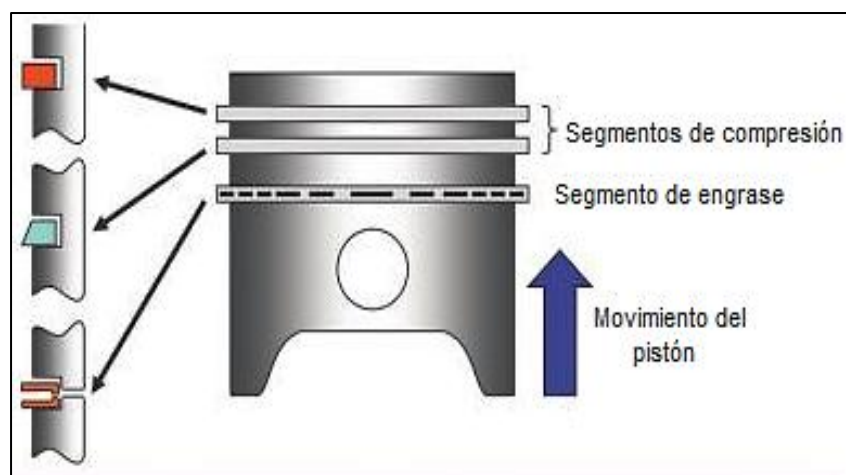
## 2.4 Aros o segmentos

Los segmentos son anillos elásticos que se colocan en las ranuras de los pistones y aseguran un ajuste hermético entre éste y las paredes del cilindro, mantienen la presión de combustión, permiten la transferencia de calor del pistón hacia las paredes del cilindro y regulan el consumo de aceite del motor, están fabricados de fundición de hierro aleados con Silicio, Níquel, Manganeso o Vanadio para soportar las diferentes temperaturas y condiciones de funcionamiento a las que están expuestos.

Para disminuir el rozamiento se suele aplicar un cromado a la superficie de contacto con el cilindro en particular a los segmentos de compresión, normalmente los segmentos tienen un juego de montaje entre sus puntas para compensar la dilatación, existen dos tipos de segmentos los de compresión y los de engrase como indica la (Figura 6).

Los segmentos de compresión impiden que los gases que se encuentran en la parte superior del motor pasen al interior del cárter efectuando un cierre hermético en el tiempo de compresión y explosión.

Figura 6. Tipos de segmentos



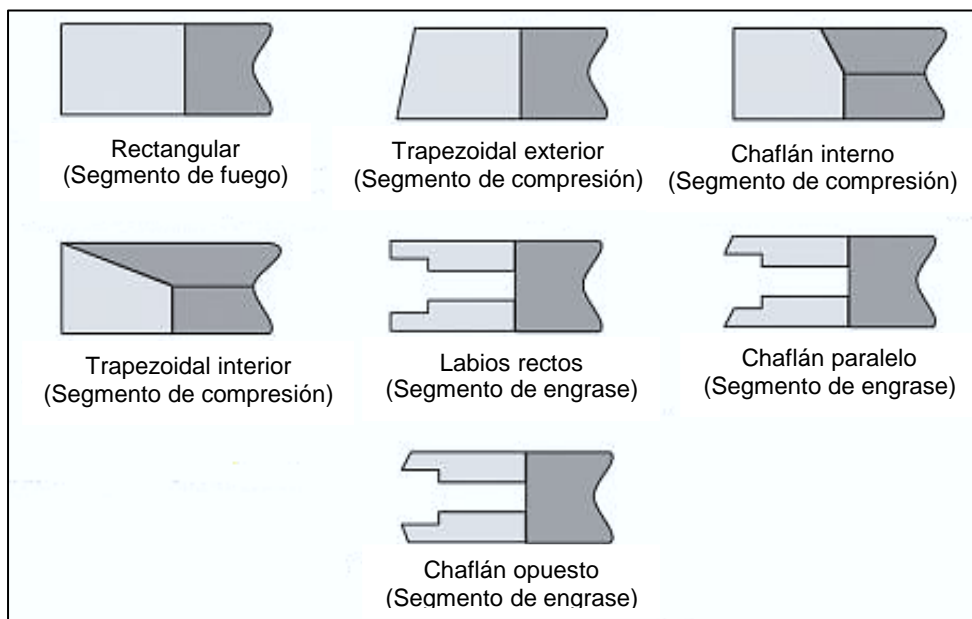
Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

El número de segmentos de compresión suele ser de dos o tres en la parte superior del pistón, el segmento mas próximo a la cabeza es el segmento de fuego y soporta grandes presiones y temperaturas, el segundo es llamado segmento de compresión o rascador, ayuda a sellar los gases de combustión y regular la cantidad de aceite en las paredes del cilindro durante el descenso del pistón.

Los segmentos de engrase son los encargados de repartir uniformemente el aceite por las paredes del cilindro, eliminando el exceso de lubricante de las paredes hacia la parte interna del pistón para lubricar el bulón, la biela y el pistón, el aceite es devuelto al cárter inferior por la acción de la gravedad ayudado por el área de ventilación y las ranuras de drenaje existentes en el pistón.

La sección trasversal del segmento puede tener diferentes formas y cada tipo de segmento le corresponde una sección determinada (Figura 7), el de sección rectangular suele corresponder al segmento de fuego, el de sección trapezoidal exterior, interior o con chaflán interno corresponden a los segmentos de compresión y los de sección de labios rectos, chaflanes paralelos u opuestos corresponden a los segmentos de engrase.

Figura 7. Sección transversal de los segmentos



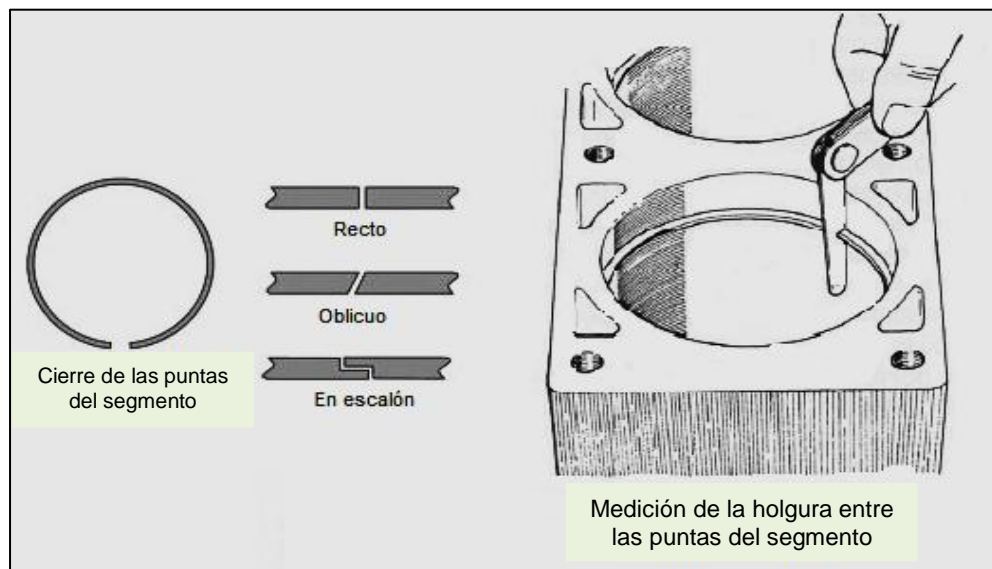
Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

**2.4.1 Estanqueidad y separación de las puntas de los segmentos.** La elasticidad de un aro queda compensada cuando se introduce en el interior del cilindro, entonces sus puntas se aproximan pero no se juntan por completo, deben dejar una separación para compensar los efectos de la alta temperatura y su consiguiente dilatación.

El cierre entre las puntas de los segmentos puede tener diferentes formas recto, oblicuo o en escalón como se muestra en la (Figura 8), la holgura que deben tener los segmentos cuando se encuentran en el interior del cilindro varía entre 0.15 mm y 0.40 mm según el diámetro del émbolo.

Para el ensamblaje de estos anillos hay que considerar la tolerancia de la superficie de contacto con la garganta del pistón, la separación de las puntas no debe coincidir en un solo punto, se ubicarán estas puntas a una distancia de 180° una a continuación de otras, el montaje debe llevarse a cabo por medio de unas tenaza expansionadora de segmentos para asegurar que este elemento no sufra daños durante su montaje.

Figura 8. Cierre y holgura de las puntas de segmentos



Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

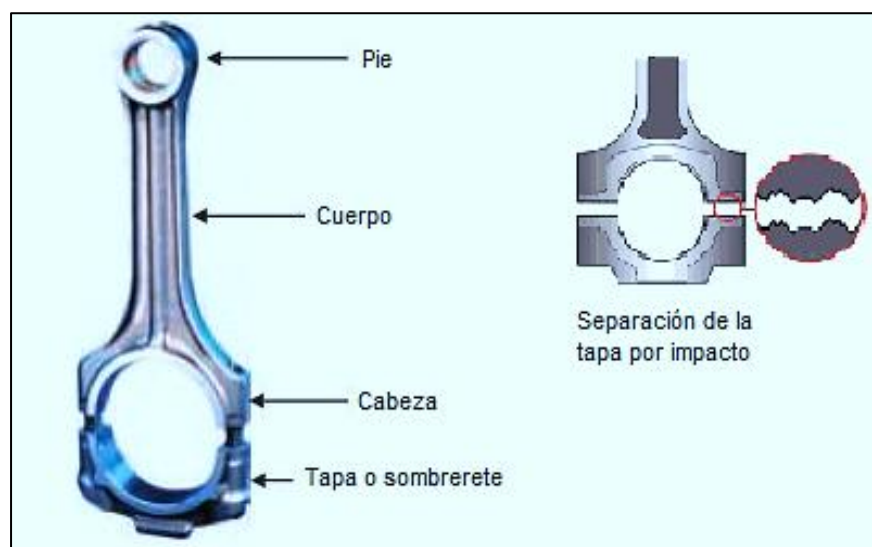
## 2.5 Bielas



Este es un elemento mecánico que está sometido a esfuerzos de tracción, compresión y flexión por pandeo, se encarga de convertir el movimiento rectilíneo del pistón en movimiento rotatorio del cigüeñal, están fabricadas de acero al carbono aleado con Níquel-Cromo-Manganeso o con Níquel-Cromo-Molibdeno combinaciones que tienen una alta resistencia a la fatiga, existe además bielas con aleaciones de titanio que permiten la rápida evacuación del calor almacenado en los pistones, sin embargo su precio es elevado para la construcción en serie. (GIL, 2002 págs. 41-42)

**2.5.1 Partes principales de la biela.** En la biela pueden distinguirse cuatro partes principales, el pie de biela es la parte más fina en la que esta se une al pistón por medio del bulón, la cabeza de biela es la parte más ancha que esta unida a la muñequilla del cigüeñal, la tapa que se une a la cabeza de la biela por medio de tornillos o tuercas generando un orificio circular donde se interponen dos cojinetes de fricción. El cuerpo de la biela es la parte central que une la cabeza con el pie de la biela, es la zona que está sometida a esfuerzos de compresión, tracción y pandeo, para soportar este tipo de esfuerzos adopta una estructura en forma de H con un área creciente desde el pie hasta la cabeza, se fabrican en una sola pieza incluyendo la tapa, la separación de la cabeza y la tapa de la biela puede hacerse por corte o por impacto (Figura 9) para conseguir una superficie de contacto irregular, el plano de unión de la tapa con el cuerpo puede ser horizontal o inclinado.

Figura 9. Partes de la biela

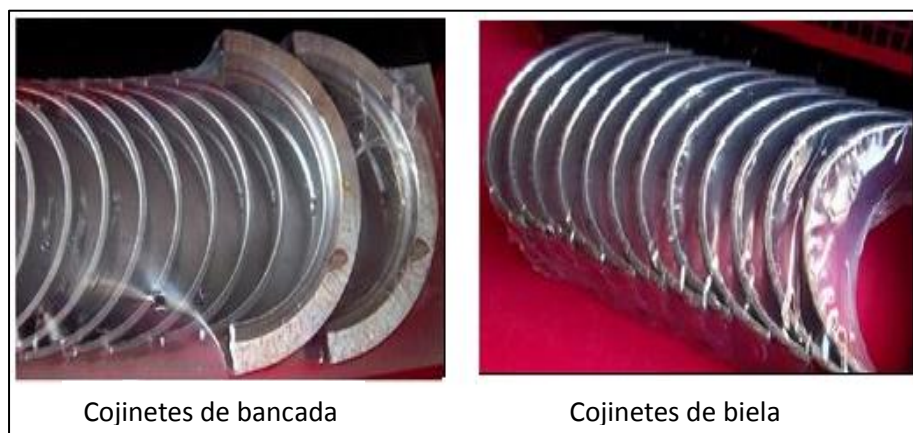


Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

## 2.6 Cojinetes (GUILLIERI, 2005 págs. 85-87)

Los cojinetes son elementos que se interponen entre dos piezas que se encuentran en movimiento con la finalidad de disminuir el rozamiento y favorecer la lubricación, en el motor existen varios tipos de cojinetes, los más importantes son los cojinetes de biela y de bancada, este tipo de cojinetes son denominados cojinetes de fricción o deslizamiento, se caracterizan por tener un bajo coeficiente de rozamiento, ser resistentes a la corrosión, a las altas temperaturas y son capaces de soportar las fuertes cargas repetitivas generadas en el interior del cilindro, los cojinetes de biela están sometidos a cargas radiales mientras que los de bancada tienen que soportar cargas radiales y axiales, por eso suelen utilizarse en uno de estos cojinetes arandelas de tope axial (Figura 10) para limitar la holgura longitudinal del cigüeñal.

Figura 10. Cojinetes de biela y bancada



Fuente: Autores

Los cojinetes normalmente están revestidos de un material antifricción para disminuir el desgaste y evitar el peligro de gripado, debido a que no existe un material que reúna todas las características al mismo tiempo dado a que algunas de ellas son opuestas, están fabricados de acero con la unión de varias capas de material antifricción.

Las combinaciones de materiales antifricción más comunes son las bimetalicas que son aleaciones de Cobre-Estaño, las combinaciones trimetalicas están hechas con aleaciones de Cobre-Plomo-Estaño, estas capas de material son separadas de la superficie de deslizamiento por una fina película de níquel (Figura 11).

Figura 11. Materiales que forman parte de un cojinete



Fuente: <http://www.sintermetal.info/sinter/catalogos.html>

## 2.7 Cabezote o culata

La culata esta situada en la parte superior del bloque motor, al que se une rígidamente mediante pernos roscados, con la interposición de una junta de estanqueidad.

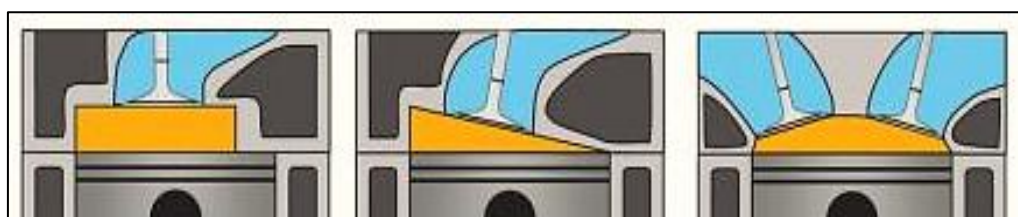
Tiene la función de delimitar los conductos de los gases de admisión y de escape, cerrar herméticamente los cilindros, alberga en ella las válvulas de admisión y escape así como los diferentes mecanismos para su accionamiento, puede también alojar otros elementos como los inyectores, las bujías y las bobinas de encendido.

En el cabezote se encuentra parte o la totalidad de la cámara de combustión, dadas las condiciones de trabajo mecánico, térmico y químico a la que esta sometida, exige una eficaz refrigeración, para ello cuenta con orificios para la circulación del lubricante y refrigerante.

Las culatas están fabricadas con aleaciones ligeras de Aluminio – Silicio - Magnesio material que conduce muy bien el calor y permite una rápida evacuación del mismo hacia el exterior evitando puntos calientes que pueden ocasionar autoencendidos, son de peso reducido y mejoran el rendimiento del motor elevando la relación de compresión. (GIL, 2002 pág. 30)

**2.7.1 Cámara de compresión.** También se la denomina cámara de combustión, es la zona comprendida entre la culata, las paredes del cilindro y la cabeza del pistón cuando este ese encuentra en el punto muerto superior, en ella se produce la compresión de la mezcla aire-combustible previo a su combustión, tiene diferentes formas (Figura 12) que influyen en el rendimiento térmico del motor que se determina por medio del grado de relación de compresión.

Figura 12. Formas de la cámara de compresión



Cilíndrica

En forma de cuña

Hemisférica

Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

Los factores más importantes que intervienen en la forma de la cámara de compresión son la disposición que toman las válvulas de admisión y de escape, la posición que adopta la bujía y el diseño y forma de los conductos de entrada y evacuación de gases, entre estos factores se distinguen las cámaras de compresión de forma cilíndrica, hemisférica y en forma de cuña.

La forma de cámara de compresión que mejora el rendimiento térmico del combustible y que más se aproxima a la forma ideal es la cámara de forma hemisférica, este tipo de cámaras disponen de una distribución con doble árbol de levas que permite instalar cuatro válvulas por cada uno de los cilindros del motor, dos para el ingreso de los gases de admisión y dos para la evacuación de los gases de escape, las válvulas de admisión y escape se encuentran dispuestas una en frente de la otra. (SALINAS VILLAR, 2007 págs. 87-90)

## 2.8 Colectores

Los colectores o múltiples son extensiones de los ductos de las válvulas, van situados lateralmente en el cabezote, son de dos tipos, el de admisión es el encargado de canalizar la entrada de los gases frescos al interior del cilindro en forma equitativa y el de escape que permite la evacuación rápida de los gases quemados producto de la combustión hacia la atmósfera reduciendo el ruido explosivo.

Figura 13. Colectores del Chevrolet Corsa



## Escape

Fuente: Autores

**2.8.1** *Colector de admisión.* Son fabricados de aleación de aluminio y diseñados de forma que respetan la distancia y el diámetro interior hacia cada uno de los cilindros para alimentarlos de manera homogénea, actualmente existen colectores fabricados de plástico con los cuales se logra obtener un mejor llenado debido a su acabado superficial que es mas uniforme que el del aluminio, gran parte de estos colectores son de admisión variable con esto se obtiene mejorar la dinámica del fluido tanto en bajas como en altas revoluciones.

Existen también admisiones denominadas ITB (Individual Throttle Body) o de mariposas independientes, se trata de un conducto de admisión para cada cilindro del motor, con este sistema se consigue aumentar la velocidad de ingreso del aire aumentando la presión de admisión y mejorando el llenado de los cilindros.

**2.8.2** *Colector de escape.* De aspecto similar al colector de admisión con un diseño adecuado para no crear contrapresiones en los gases y facilitar su salida.

Son fabricados de fundición de hierro material resistente a las altas temperaturas, para motores de competición o que giran a altas revoluciones se suelen montar colectores de tubos múltiples individuales para cada cilindro que son fabricados de acero inoxidable, con este sistema se consigue que los gases salgan más rápido sin interferencias y obtener un mejor rendimiento volumétrico.

Figura 14. Diferentes colectores de admisión y de escape



## 2.9 Bujías

Convierten la energía eléctrica que se genera en la bobina en un arco eléctrico que inflama la mezcla de aire-combustible en el interior de los cilindros, sella la cámara de combustión y disipa el calor generado hacia la culata y el sistema de refrigeración del motor, permitiendo que este trabaje siempre a temperaturas adecuadas a su potencia, las exigencias de trabajo, hacen que la bujía sea un componente de avanzado diseño y tecnología, garantizando así un óptimo funcionamiento y larga vida del motor.

La bujía está formada por 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, el aislador fabricado de cerámica de óxido de aluminio con alto contenido de zirconio, evita que la corriente de alta tensión generada por la bobina, haga un corto en otro lugar que no sean los electrodos de la bujía, también sirve como elemento transmisor de calor hacia el sistema de refrigeración.

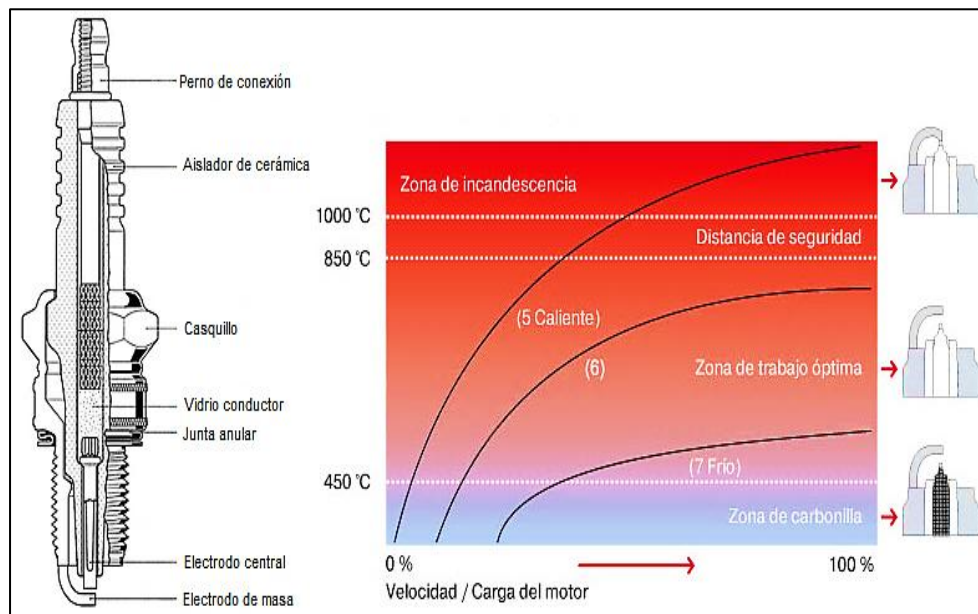
Los electrodos son fabricados de una aleación de níquel-cromo, conducen la corriente de alta tensión desde los cables hacia el interior del cilindro y proporcionan la separación donde salta la chispa. (CHAMPION, 2012 págs. 1-3)

**2.9.1 Rango térmico.** El rango térmico es la característica térmica de la bujía, particularmente a su habilidad para disipar el calor que se produce en la combustión desde su extremo de encendido hasta la tapa de cilindros, una bujía debe mantener un flujo uniforme de disipación para evitar convertirse en una fuente de pre encendido antes del salto de la chispa y ocasionar daños graves en el motor, debe funcionar lo suficientemente caliente para que se desprendan los depósitos de carbonilla.



Normalmente las bujías operan dentro de un rango de temperatura comprendido entre los 400°C y 800°C, las bujías de tipo fría tienen un aislador relativamente corto y disipan el calor rápidamente, se usan cuando la temperatura de la cámara es alta, los diseños mas calientes tienen un aislador mas largo transfiriendo menos calor y su aplicación es en cámaras cuyas temperaturas de operación son relativamente bajas.

Figura 15. Estructura de una bujía y su rango térmico



Fuente: CHAMPION. 2012. Catálogo de bujías

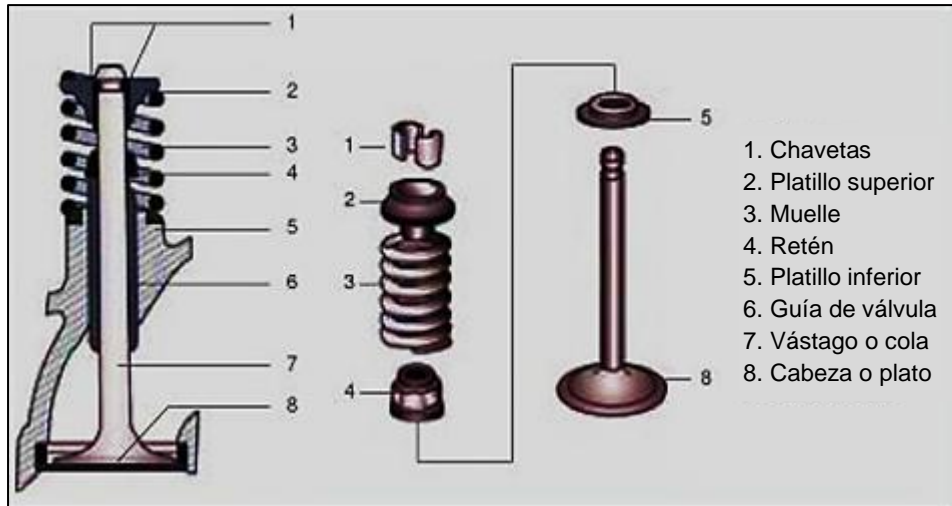
## 2.10 Distribución

La distribución es el conjunto de elementos que debidamente sincronizados con el giro del cigüeñal permiten realizar el ciclo completo del motor, se encarga de abrir y cerrar las válvulas en el momento adecuado, los elementos que forman parte del sistema de distribución son las válvulas, el árbol de levas, los mandos de accionamiento del árbol de levas y de las válvulas.

**2.10.1 Válvulas.** Las válvulas tienen la misión de abrir y cerrar los conductos que comunican el interior de la cámara con los colectores y mantener perfectamente hermética la cámara en el tiempo de compresión y explosión, se instalan en la culata junto a otros elementos necesarios para su funcionamiento y guiado como se muestra en la (Figura 16).

Están formadas por la cabeza o plato que realiza el cierre hermético con el orificio de la culata y el vástago o cola el que sirve de guía para su desplazamiento, también por medio del vástago de la válvula, ésta evacua parte del calor generado durante la combustión, la parte superior del vástago lleva unas ranuras que se utilizan para el anclaje y retención de la válvula sobre el cabezote.

Figura 16. Válvula y sus elementos para posicionamiento y guiado



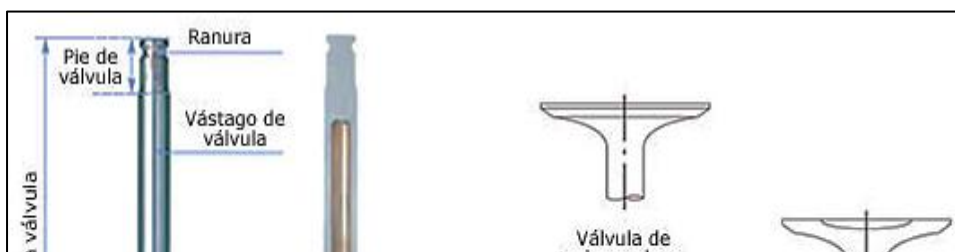
Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

La cabeza de la válvula es mecanizada en todo su periferia, con una inclinación o conicidad en la superficie de su asiento generalmente de 30° o 45°, se caracterizan por la forma de la cabeza como se muestra en la (Figura 17) o por características especiales de construcción, las mas empleadas en el automóvil son las válvulas de cabeza esférica, cabeza plana y de tulipa. Las válvulas están expuestas a altas temperaturas, las de admisión soportan temperaturas de 400 a 500°C y las de escape soportan temperaturas del orden de 800°C. (GONZÁLEZ CALLEJA, 2012 pág. 105)

Los materiales adecuados para la fabricación de las válvulas son aceros de gran resistencia mecánica a altas temperaturas y resistentes a la oxidación y corrosión.

Las válvulas de admisión en su fabricación suelen emplear aceros al carbono con cromo, níquel, manganeso y silicio; para las válvulas de escape se emplean aceros austeníticos con altas concentraciones de cromo y níquel, en algunos casos para mejorar su capacidad de enfriamiento se construyen con el vástago hueco relleno con sodio o con sales de litio o de potasio.

Figura 17. Dimensiones de la válvula y formas de la cabeza





Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

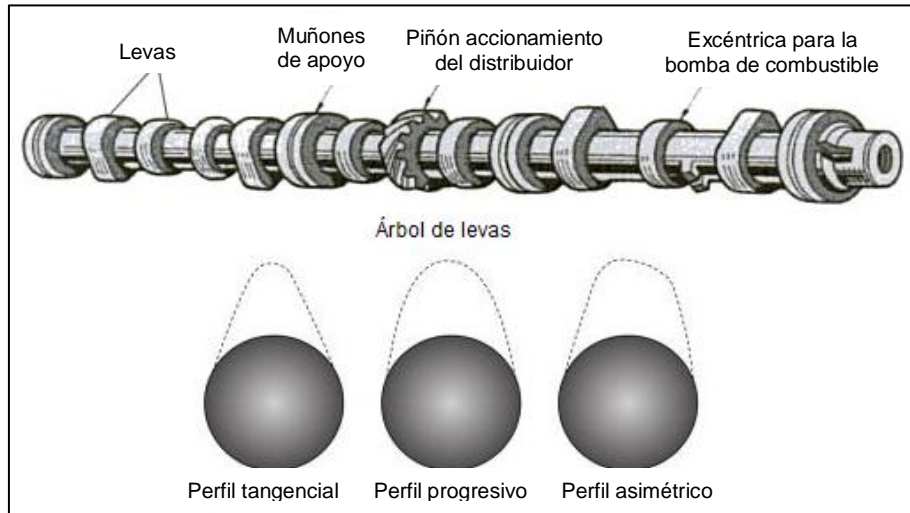
**2.10.2** *Árbol de levas*. Es el encargado de abrir y cerrar las válvulas cuando por el extremo del vástago son empujadas por unos salientes excéntricos llamados levas, a cada válvula le corresponde una leva, las levas de admisión y de escape de un mismo cilindro se encuentran desfasadas entre si un ángulo de  $90^\circ$  para asegurar una correcta sincronización en la entrada, compresión, encendido y escape de los gases.

Se fabrican de una sola pieza de acero forjado para motores de altas velocidades o de hierro fundido sometido a un tratamiento de temple para endurecer superficialmente cada una de las levas, recibe el movimiento sincronizado del cigüeñal para que la apertura y el cierre de las válvulas se realicen en los momentos oportunos.

Las formas de la levas determinan el tiempo de apertura y la forma de apertura o cierre de las válvulas, se puede encontrar levas de diferentes perfiles como indica la (figura 18), existen perfiles de levas que presentan una elevada pendiente para que la válvula abra y cierre rápidamente, otras levas tienen un perfil mas progresivo y redondeado, este tipo de perfil hacen que la apertura y cierre de válvulas sea de forma lenta.

Los árboles de levas pueden tener un perfil de las levas asimétrico, en los que, el perfil de apertura es convexo y el flanco de cierre tangencial, esta forma asimétrica del perfil permite que la apertura y cierre de las válvulas sean diferentes, obteniendo de esa forma un mayor tiempo de apertura de la válvula y un cierre rápido de la misma. (GONZÁLEZ CALLEJA, 2012 págs. 107-110)

Figura 18. Árbol de levas y sus perfiles



Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

El árbol de levas puede ubicarse en el bloque o en la culata y la transmisión del movimiento por parte del cigüeñal puede realizarse por engranajes, cadenas o correas dentadas como indica la (Figura 19), el sistema que adopte depende del tipo del motor y ubicación del árbol de levas, cuando la distancia entre el cigüeñal y el árbol de levas es corta, la transmisión se realiza por medio de dos o tres piñones en toma constante.

Figura 19. Formas de accionamiento del árbol de levas



Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

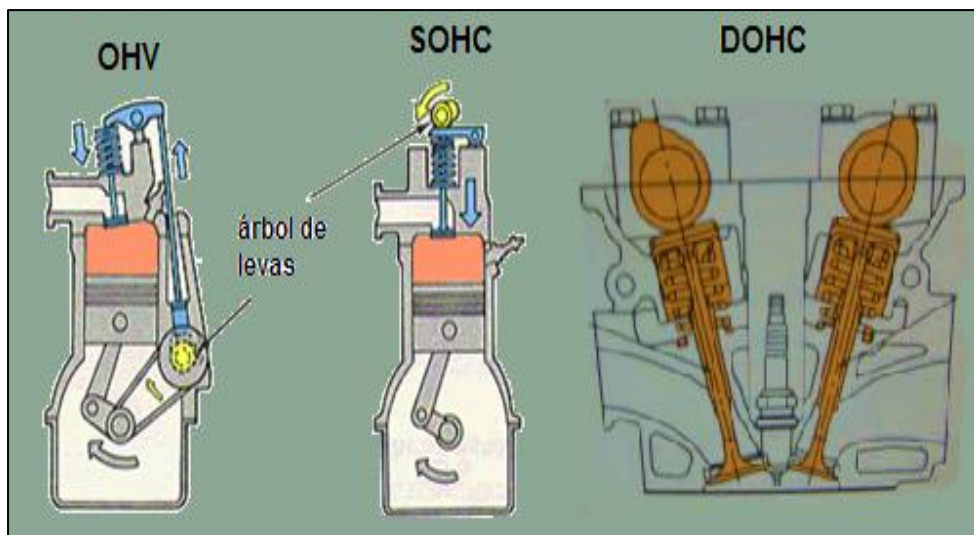
En la transmisión por cadena es indispensable la distancia que exista entre los dos piñones ya que este sistema se puede utilizar si el árbol de levas esta ubicado en el bloque o en la culata, este sistema tiene la ventaja de tener mayor duración con el menor mantenimiento.

El sistema mas utilizado actualmente es el accionamiento por correa dentada, este sistema es completamente silencioso y tiene un costo relativamente económico, el material de las correas dentadas es el caucho sintético y la fibra de vidrio que son flexibles, se adaptan perfectamente a las poleas de arrastre y no necesitan de engrase.

**2.10.3 Sistemas de distribución.** Los distintos sistemas de distribución se distinguen por la posición que adopta el árbol de levas en el motor, los más utilizados son los sistemas OHV (*Over Head Valve*), este sistema se distingue por tener el árbol de levas en el bloque del motor y las válvulas dispuestas en la culata accionadas por balancines y varillas empujadoras y el sistema OHC (*Over Head Camshaft*), este sistema tiene el árbol de levas y las válvulas en la culata y son accionadas por balancines o empujadores hidráulicos.

Del sistema OHC se derivan el sistema SOHC (*Simple Over Head Camshaft*), sistema que lleva un solo árbol de levas para el accionamiento de las válvulas de admisión y de escape y el sistema DOHC (*Double Over Head Camshaft*) sistema que incorpora dos árboles de levas en la culata uno para accionar las válvulas de admisión y otro para las válvulas de escape, estos sistemas se los puede observar en la (Figura 20).

Figura 20. Sistemas de distribución



Fuente: SALINAS, Antonio. 2007. Electromecánica de vehículos motores

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los sistemas de distribución

DISTRIBUCIÓN	VENTAJAS	INCONVENIENTES
--------------	----------	----------------

OHV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisión directa del movimiento del cigüeñal al árbol de levas</li> <li>• Requiere de mantenimiento cada 200000 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor número de elementos móviles</li> <li>• Fallas en la distribución e ingresos de gases</li> <li>• Mayor tiempo en la reparación de una avería</li> </ul>
SOHC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor número de revoluciones del motor</li> <li>• Mejor llenado a bajas r.p.m.</li> <li>• Menor costo de reparación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de aspiración a altas revoluciones</li> <li>• Requiere mantenimiento cada 50000 Km</li> </ul>
DOHC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor fluidez de los gases de admisión y escape</li> <li>• Elevadas revoluciones del motor</li> <li>• Facilita la formación de la cámara hemisférica</li> <li>• Mecanismo de corrección de fase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor costo de fabricación</li> <li>• Requiere mantenimiento cada 50000 km</li> </ul>

Fuente: Autores

## 2.11 Sistema de refrigeración

La temperatura alcanzada en el interior de los cilindros es muy elevada, superando los 2000°C en el momento de la combustión, temperatura que esta por encima del punto de fusión de los materiales empleados en la construcción del motor, si el motor no dispusiera de un sistema de refrigeración para evacuar gran parte del calor producido, la dilatación de los materiales seria tan elevada que produciría agarrotamientos y deformaciones entre los elementos que se encuentran en movimiento.

El sistema de refrigeración tendrá la misión de evacuar el calor producido para mantener el motor en una temperatura óptima de funcionamiento que es en el rango de 80°C a 100°C.

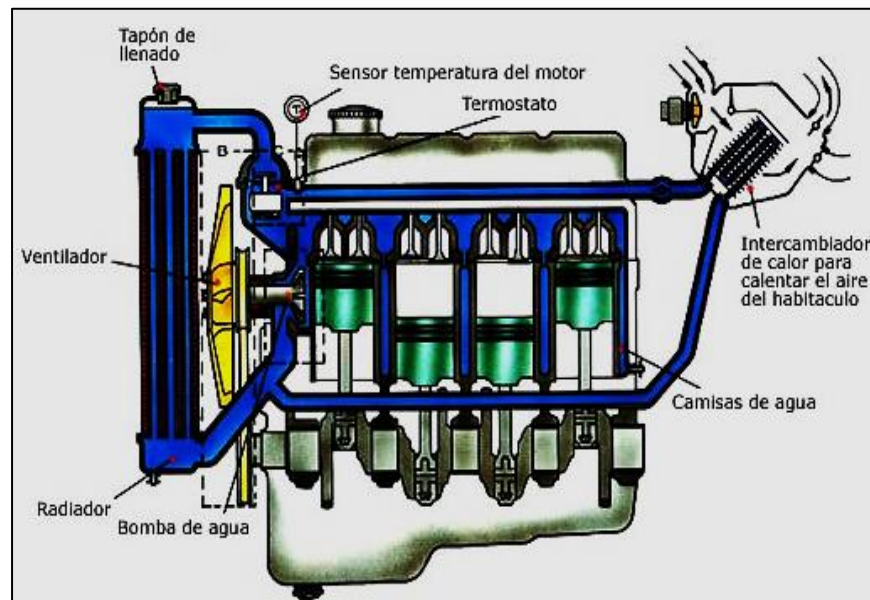
En los motores de combustión interna el sistema de refrigeración por agua forzada es el más utilizado, en este sistema el refrigerante circula por el interior del motor en las paredes de los cilindros y las cámaras de explosión por medio de una bomba.

Para mantener constante la temperatura de trabajo del motor, el sistema se regula mediante un termostato que abre el paso del refrigerante cuando el motor alcanza su temperatura de funcionamiento, este regulador se abre para permitir que el caudal de líquido refrigerante pase hacia el radiador para que éste sea enfriado por una corriente forzada de aire que es producida por un ventilador.

El radiador es el elemento que se encarga de almacenar en su interior el líquido refrigerante, se fabrican de aleación ligera o de aluminio para facilitar la evacuación del calor a la atmósfera, el ventilador se utiliza para asegurar la circulación de una gran cantidad de aire a través del radiador para enfriar el líquido refrigerante.

La bomba utilizada en el sistema de refrigeración de los vehículos es de tipo centrífugo para establecer una circulación forzada del refrigerante aspirando el líquido refrigerante desde la parte baja del radiador donde se encuentra con menor temperatura para enviarla alrededor de los cilindros y la culata hacia la parte más alta del radiador, en la (Figura 21) se detalla los elementos del sistema de refrigeración.

Figura 21. Elementos del sistema de refrigeración



Fuente: DOMINGUEZ, Esteban. 2010. Mecánica del vehículo técnicas básicas

Como líquido refrigerante se emplea el agua por ser el líquido más estable y económico, pero a temperaturas de ebullición el agua es muy oxidante y ataca a las partes metálicas en contacto y puede obstruir las canalizaciones y el radiador, Otro inconveniente del agua es que a temperaturas por debajo de 0°C se solidifica, aumentando de volumen, lo cual podría reventar los conductos por los que circula. (GIL, 2002 pág. 162)

Para evitar los inconvenientes causados por el agua se utilizan líquidos refrigerantes que son una mezcla de glicol (etilenglicol o propilenglicol) con agua y aditivos en partes iguales para prevenir los daños causados por la corrosión y la oxidación. El glicol tiene dos cualidades importantes la primera es evitar el congelamiento del refrigerante en climas de baja temperatura y la segunda es evitar que el refrigerante alcance el punto máximo de ebullición.

## **2.12 Sistema de lubricación**

La principal función del lubricante es reducir al mínimo el desgaste de las piezas móviles del motor, esto se consigue mediante la interposición de una fina película de lubricante, el aceite utilizado suele ser almacenado en el cárter inferior y su viscosidad varía según la temperatura y condiciones en la que ha de trabajar el motor.

Se denomina sistema de lubricación a los distintos métodos de distribuir el aceite por los elementos del motor, antiguamente se utilizaba un sistema por salpicadura, actualmente se utiliza el sistema de engrase a presión. (GIL, 2002 pág. 123)

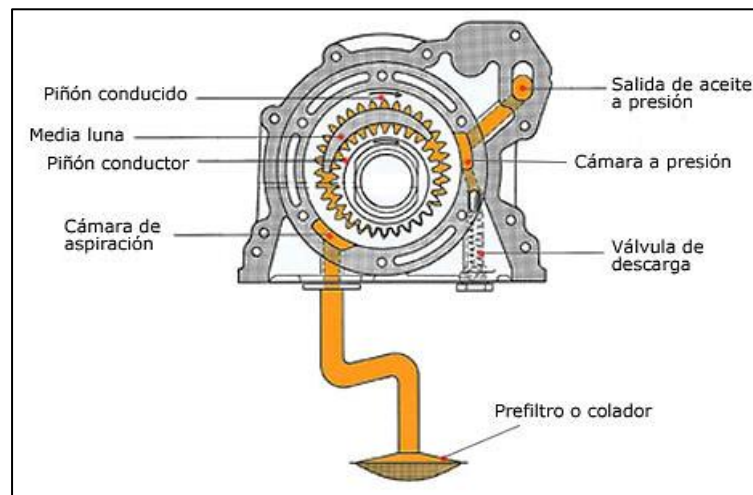
**2.12.1 Elementos del sistema de lubricación.** El circuito está conformado por varios elementos, los más importantes son el cárter, la bomba de engrase, un manómetro o indicador de presión del circuito y el filtro de aceite.

El manómetro o indicador es el encargado de medir la presión del lubricante e indicar la falta de aceite en el circuito, el filtro es el encargado de retener todas las impurezas arrastradas por el flujo del aceite provocadas por el desgaste normal del motor, sin éste la vida útil del motor se vería reducida.

El cárter es la parte baja del motor donde se deposita el lubricante y es el elemento encargado de proteger al motor de impurezas. La bomba es la encargada de enviar el aceite a presión hacia todos los elementos móviles del motor para su correcta lubricación.

Existen diferentes tipos de bombas utilizadas en el motor para su lubricación, la bomba de paletas, la de lóbulos y la de engranajes, la bomba más utilizada es la de engranajes, esta bomba suministra gran presión incluso a bajo régimen del motor, recibe el movimiento del cigüeñal y lleva el lubricante que se encuentra en reposo por una tubería de entrada proveniente del cárter, al girar los engranajes, aumenta la presión del lubricante y luego envía el lubricante a una salida dirigida al filtro de aceite como se indica en la (Figura 22).

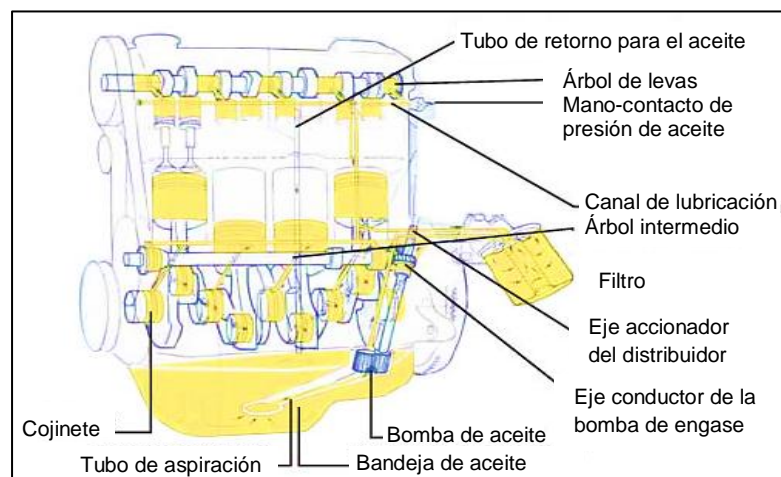
Figura 22. Bomba de aceite de engranajes internos



Fuente: SALINAS, Antonio. 2007. Electromecánica de vehículos motores

Los aceites utilizados para la lubricación pueden ser minerales, sintéticos o semisintéticos con aditivos que contengan propiedades anticorrosivas, antioxidantes, dispersantes y detergentes, deben disminuir la alta temperatura del motor y actuar como sello para impedir fugas, se clasifican mediante la SAE (Society of Automotive Engineers) que determinan su grado de viscosidad y la API (American Petroleum Institute) que determina las condiciones de servicio.

Figura 23. Elementos del sistema de lubricación





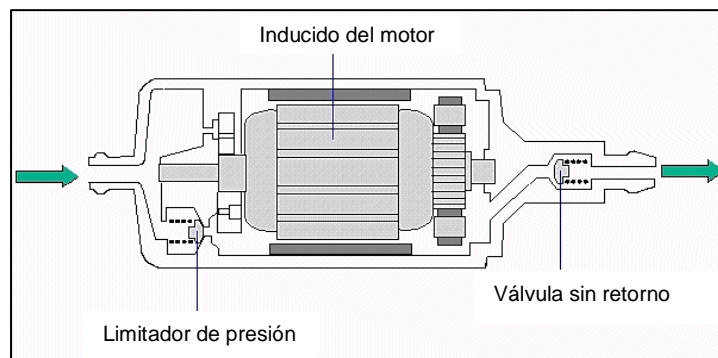
Fuente: DOMINGUEZ, Esteban. 2010. Mecánica del vehículo técnicas básicas

### 2.13 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación suministra la cantidad de combustible necesaria para el motor en cada estado de funcionamiento, consta de un depósito de combustible, bomba de combustible, filtro de combustible, inyectores y el regulador de presión.

La bomba de combustible (Figura 24) es la encargada de suministrar el combustible necesario para el funcionamiento del motor, conduce bajo presión el combustible hasta los inyectores, en los sistemas de inyección electrónica, se implementan bombas de combustible eléctricas instaladas en el exterior o sumergidas en el interior del tanque.

Figura 24. Bomba de combustible

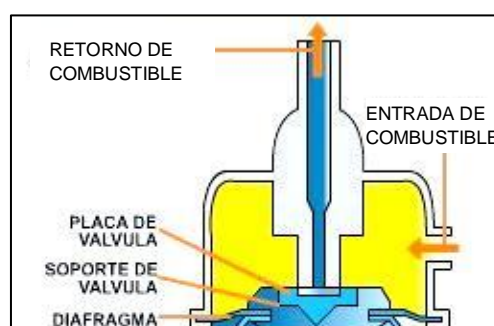


Fuente: GONZÁLEZ, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares

Los inyectores tienen una tobera especial con agujeros dispuestos radialmente que pulverizan la gasolina en forma de cono, disponen de una circulación constante de gasolina a través de sus mecanismos internos para conseguir una mejor refrigeración y un mejor rendimiento durante el arranque en caliente, la apertura del inyector es sincronizada con la apertura de las válvulas de admisión y el tiempo que permanece abierto varía según los requerimientos del motor.

El regulador de presión (Figura 25) es el encargado de mantener la presión del sistema en un rango de 0.8 a 1.2 bares, esta construido por un contenedor metálico que posee una membrana un muelle y una válvula, si la presión del sistema supera el límite establecido la válvula se abre y el combustible sobrante es devuelto al depósito.

Figura 25. Regulador de presión



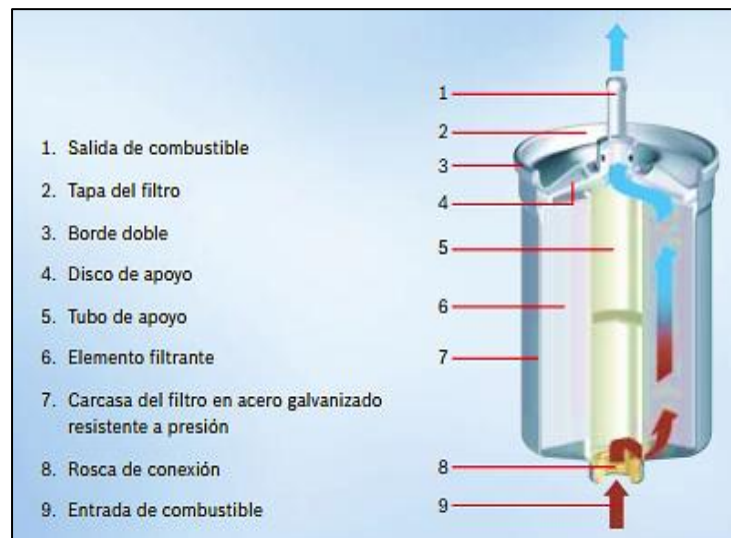


PLACA DE  
VÁLVULA  
SOPORTE DE  
VÁLVULA  
DIAFRAGMA  
RESORTE DE  
PRESIÓN  
CONECCIÓN  
MÚLTIPLE DE  
ADMISIÓN

Fuente: SALINAS, Antonio. 2007. Electromecánica de vehículos motores

El filtro de combustible es el encargado de filtrar cualquier impureza, creada por corrosión en el depósito o por algún factor, esta colocado a la salida del tanque de combustible, consta de una entrada y una salida de combustible filtrado, en la (Figura 26) se puede observar las partes de un filtro de combustible.

Figura 26. Partes del filtro de combustible



Fuente: [www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF\\_es/Filtros/Filtros.pdf](http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Filtros/Filtros.pdf)

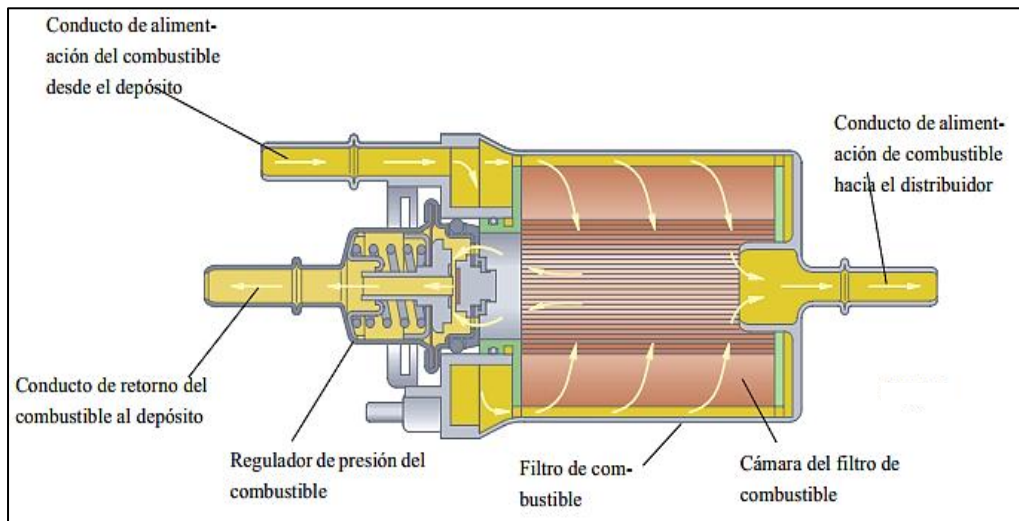
En los sistemas de inyección que no disponen de un regulador de presión en el riel de inyección, la presión es controlada por un filtro de combustible que cuenta con un regulador de presión incorporado como el que se muestra en la (Figura 27) y (Figura 28) para solucionar el problema de la sobre presión del sistema, a este sistema se lo denomina alimentación sin retorno, la bomba transporta el combustible hasta el filtro y luego lo envía a una presión constante hacia el riel de inyectores.

Figura 27. Filtro de combustible con regulador de presión



Fuente: Manual de taller Volkswagen

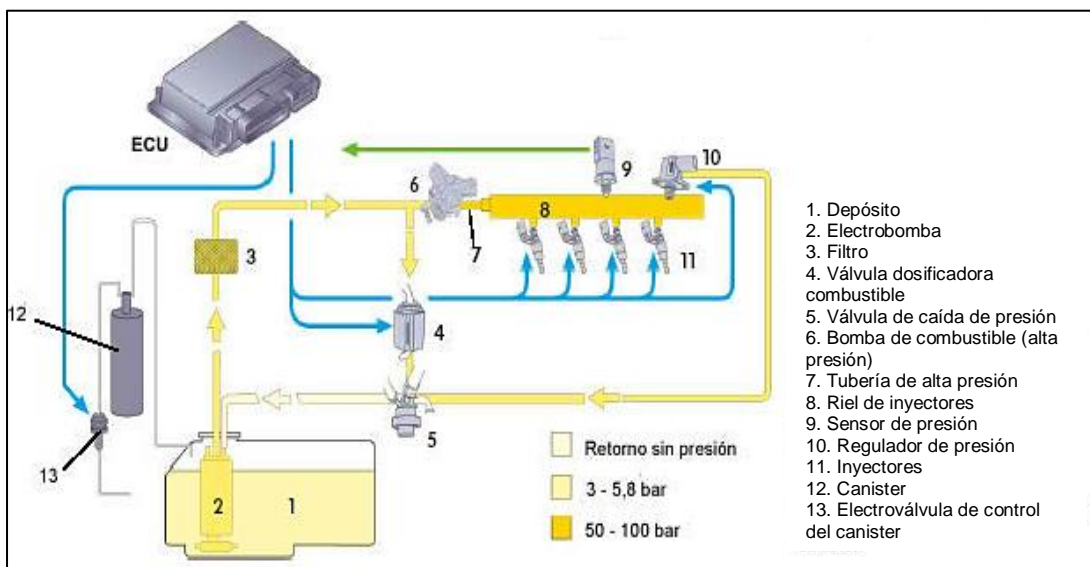
Figura 28. Partes de un filtro de combustible con regulador de presión



Fuente: Manual de taller Volkswagen

Los elementos anteriormente mencionados forman parte del sistema de alimentación del vehículo y están divididos en circuitos de baja y alta presión como se muestra en la (Figura 29).

Figura 29. Sistema de alimentación



## 2.14 Sistema electrónico del motor

La exigencia mayor de que los vehículos emitan bajos niveles de contaminación, es uno de los factores más importantes para el desarrollo de nuevas tecnologías en el mejoramiento, eficiencia térmica y dinámica de los motores de combustión interna.

La inclusión de la electrónica en el campo automotriz, logra reducir los niveles de contaminación ambiental mediante el uso de sistemas de inyección electrónica, actualmente todos los vehículos equipan el control electrónico del motor. (RUEDA SANTANDER, 2006 pág. 53)

Este sistema esta compuesto por una unidad de control electrónico ECU que es el centro inteligente de monitoreo del motor, sensores que envían señales eléctricas con información hacia las entradas de la ECU, actuadores que reciben señales eléctricas que son enviadas desde las salidas de la ECU y conductores que conectan las entradas, salidas y alimentación eléctrica de la ECU.

**2.14.1 Unidad de control electrónico (ECU).** La unidad de control electrónico es la parte básica del equipo de inyección electrónica recibe todas las informaciones provenientes de los sensores localizados en el motor y se encarga de su procesamiento para dar ordenes precisas para una correcta dosificación de la mezcla aire-combustible.

Las señales que recibe la ECU son evaluadas continuamente por un microprocesador en función de un programa, la ECU está conformada por un convertidor analógico digital, un bus digital de transmisión y una microcomputadora.

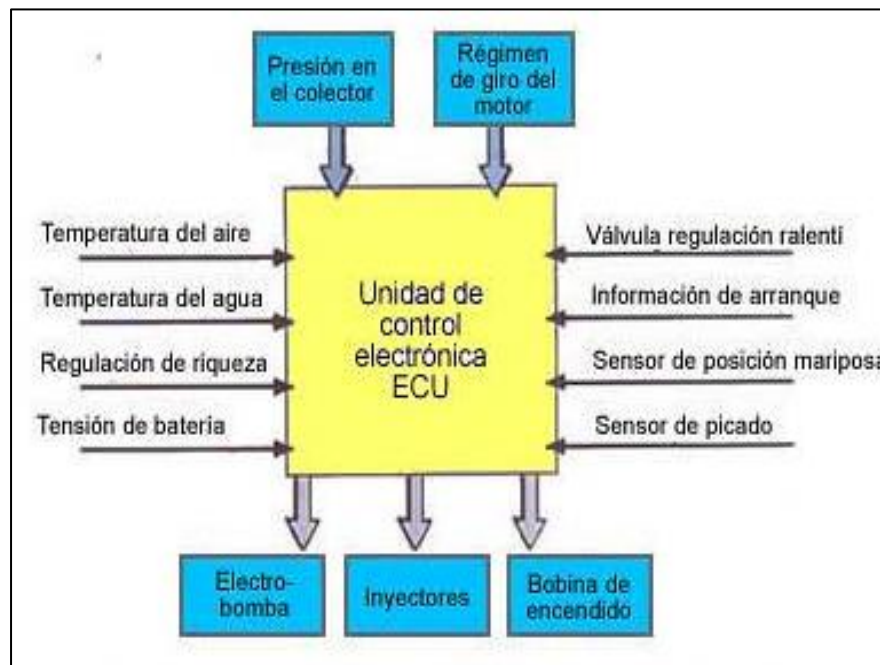
El convertidor es el encargado de recibir las señales analógicas que se producen en los sensores y convertirlas en señales digitales, el bus esta formado por un conjunto de líneas de transmisión que permiten el acceso a todas las unidades, el microprocesador contiene en su interior tres unidades fundamentales la memoria de lectura ROM (*Read Only Memory*) donde se guardan las cartografías y los programas con todos sus datos.

Una unidad lógica de cálculo realiza operaciones aritméticas y lógicas para enviar datos precisos hacia la memoria RAM (*Random Access Memory*), otra de las unidades fundamentales es la memoria RAM donde se almacenan todos los datos enviados continuamente por los sensores hasta el momento en que son requeridos por el microprocesador para luego ser sobre grabados con nuevos valores de lectura, los datos elaborados son enviados al exterior en forma de señales eléctricas hacia los actuadores. (RUEDA SANTANDER, 2006 pág. 89)

Las señales de entrada que recibe la ECU por parte de los sensores son cantidad de oxígeno en los gases de escape, temperatura del refrigerante, posición del cigüeñal, flujo de masa de aire, presión absoluta del múltiple de admisión (Figura 30).

Las señales de salida que envía se utilizan para controlar actuadores como inyectores, bobina de encendido, bomba de combustible, todos estos componentes trabajan en conjunto para lograr el mejor rendimiento del motor y mantener una baja emisión de gases contaminantes.

Figura 30. Señales de entrada y salida de la ECU



Fuente: RUEDA SANTANDER, Jesús. 2006. Manual técnico de fuel injection

Una división de las unidades de control electrónico son las que se denominan de tipo programable, estas unidades no contienen un comportamiento prefijado y pueden ser reprogramadas o mapeadas por el usuario mediante una laptop y un cable de comunicación, los parámetros que pueden ser mapeados son:

- La ignición
- Las revoluciones del motor
- La alimentación de combustible
- El control de marchas
- El sensor de oxígeno

Una unidad de control electrónico programable, viene equipada con un dispositivo de almacenamiento que graba los mapas cartográficos y los valores de funcionamiento de todos los sensores para un posterior análisis utilizando un software en un ordenador para conseguir una correcta puesta a punto del motor. (RUEDA SANTANDER, 2006)

Uno de los sistemas de control programable es la unidad de control electrónico MegaSquirt (Figura 31), este es un sistema que permite variar el ancho de pulso de inyección, correcciones barométricas, tiempo de ignición y avance del encendido interpretando las señales que provienen de los sensores, con este sistema se puede realizar varias estrategias de re-calibración para poder aprovechar al máximo el rendimiento del motor en diversas situaciones y regímenes de funcionamiento.

Figura 31. MegaSquirt programable



Fuente: [www.ms3efi.com/case.html](http://www.ms3efi.com/case.html)

La unidad de control MegaSquirt esta compuesta por un microprocesador Motorola, el mismo que dispone de 8 bits, posee 512 bytes de memoria RAM y 32 Kbytes de memoria flash, la tarjeta empleada posee un oscilador de 9.8304 MHz, este micro controlador puede funcionar con un oscilador de 32 MHz para proporcionar una velocidad mayor de trabajo. (MegaSquirt, 2011)

El rango de temperatura de funcionamiento es de -40°C a 85°C, la unidad electrónica programable posee las siguientes características:

- Puertos de entrada- salida
- Puerto de comunicación serial
- Convertidores analógicos-digitales
- Módulo TIM (Timer Interface Module) en modo Input Capture
- Módulo TBM (Time Base Module)
- Módulo SPI (Serial Peripheral Interface)

**2.14.1.1 Puertos de entrada-salida.** Esta unidad programable posee 33 puertos de entrada y salida, de los que 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 (entrada o salida), lo que permite en cualquier punto del programa elegir un puerto y su dirección para cumplir determinada tarea.

**2.14.1.2 Puerto de comunicación serial.** Posee un puerto de comunicación serial bidireccional, en el que se puede programar la velocidad de transmisión según lo deseado. La transmisión de datos se efectúa escribiendo el valor a transmitir en un registro, que es entregado al módulo de transmisión y enviado.

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.

**2.14.1.3 Convertidores analógico-digitales.** Se tienen a disposición 8 canales convertidores analógicos digital de 8 bits, que son compartidos con puertos entrada-salida, es un circuito con una línea de entrada análoga proveniente de los sensores cuya señal es de voltaje variable, este circuito convierte la señal análoga en un código binario para la adecuada lectura del procesador. En la conversión continua, el registro se llena con datos nuevos, los datos anteriores se sobrescriben y la conversión continuará hasta que se borren los datos iniciales.

Cuando se genera una señal el convertidor es capaz de generar una interrupción después de cada conversión, la interrupción se genera cuando se obtiene un 0 lógico.

**2.14.1.4 Módulo TIM (Time Interface Module) en modo Input Capture.** Por medio de este módulo, el microprocesador es capaz de cronometrar eventos temporales externos que son detectados por medio de una interrupción, estos pueden ser flancos ascendentes o descendentes, esto depende de la configuración que se de al pin de entrada.

Una vez generada la interrupción se inicia el conteo por medio de un controlador 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, una vez que se detecta la interrupción este módulo permite controlar un puerto de salida, que se puede poner en alto o en bajo según las necesidades, prácticamente se puede reproducir el evento cronometrado.

**2.14.1.5 Módulo TBM (Time Base Module).** Este módulo se puede utilizar para generar interrupciones periódicas que permiten 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 y ejecutar diagnósticos periódicos.

Se tiene acceso a un puerto de salida, el cual se puede colocar en alto o en bajo según las necesidades de programación, la interrupción del TBM se puede hacer en segundos o minutos para guardar las variables en la memoria RAM. 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.

**2.14.1.6 Módulo SPI (Serial Peripheral Interface).** Por medio de este módulo, el micro controlador se puede comunicar con periféricos en forma serial, para esto emplea cuatro líneas de conexión:

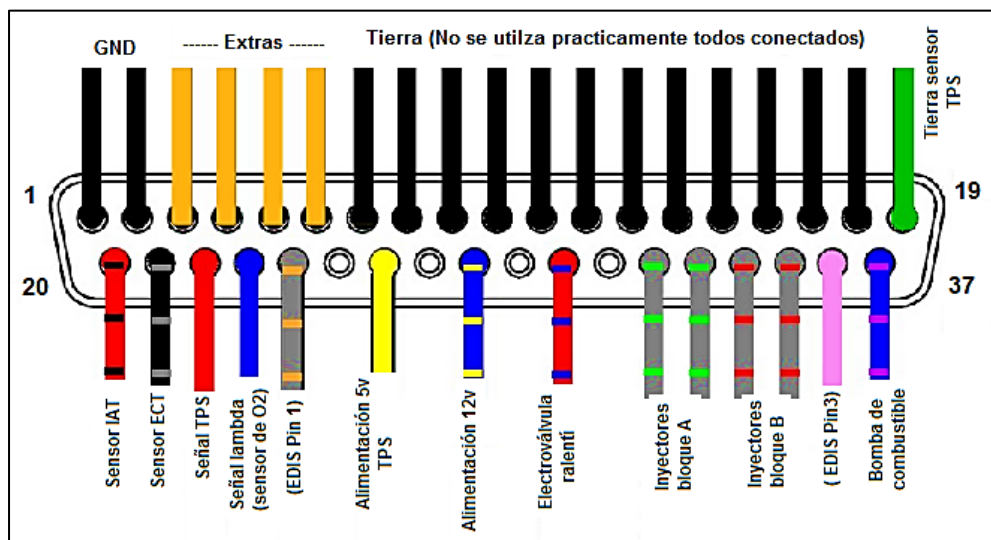
- Generación de reloj
- Selección de maestro o esclavo

- Entrada
- Salida de datos

En la codificación del programa, la unidad de control programable, emplea el micro controlador como maestro para almacenar datos en una memoria serial. La velocidad de transmisión de datos es programable por el usuario en modo maestro, el micro controlador genera en la línea de reloj la señal de sincronización de transmisión.

La recepción de datos se da por medio de una interrupción en donde se diseña la rutina para llevar a cabo esta tarea, para instalar la unidad de control electrónico MegaSquirt es necesario conocer los puertos y la función de cada uno para ensamblar el procesador de forma correcta, en la (Figura 32) se detalla el PIN DATA para el armado del arnés electrónico.

Figura 32. Pin data de la ECU MegaSquirt



Fuente: <http://forums.lr4x4.com/index.php?showtopic=61097>

Tabla 2. Pin data de conexión de la MegaSquirt

A1 No utilizado	A14 No utilizado	A27 Opción para la IAC 1B
A2 No utilizado	A15 No utilizado	A28 Alimentación de la ECU (12v)
A3 Cable opcional	A16 No utilizado	A29 Opción para la IAC 2ª
A4 Cable opcional	A17 No utilizado	A30 Opción para la IAC 2B
A5 Cable opcional	A18 No utilizado	A31 Señal de ignición del bloque B

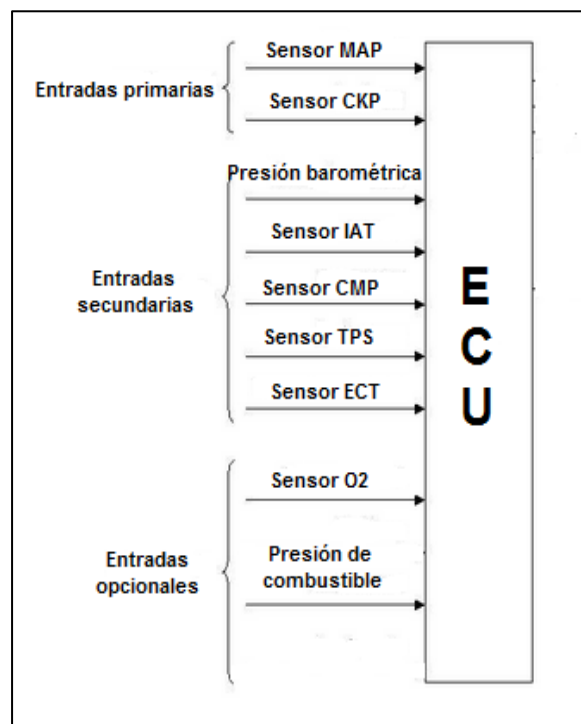


A6 Cable opcional	A19 Masa del ECM	A32 Control de inyector A-1
A7 Masa del sensor CKP	A20 Señal del sensor de temperatura del aire (IAT)	A33 Control de inyector A-2
A8 Masa del ECM	A21 señal del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)	A34 Control de inyector B-1
A9 Masa del ECM	A22 Señal del sensor de la posición de la mariposa (TPS)	A35 Control de inyector B-2
A10 Masa del ECM	A23 Señal del sensor de oxígeno (lambda)	A36 Señal de ignición bloque
A11 Masa del ECM	A24 Señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP)	A37 Señal de la bomba de combustible.
A12 No utilizado	A25 Opción para IAC 1ª	
A13 No utilizado	A26 Voltaje de referencia del sensor TPS	

Fuente: <http://forums.lr4x4.com/index.php?showtopic=61097>

**2.14.2 Sensores.** Los automóviles modernos constan de sensores que son dispositivos capaces de detectar señales, convierten magnitudes físicas o químicas variables en señales eléctricas, la función de los sensores es registrar los diversos parámetros de funcionamiento del motor y enviarlas hacia la unidad de control electrónico por medio de los conductores.

Figura 33. Esquema simplificado de sensores



**2.14.2.1 Sensor de posición del cigüeñal (CKP).** Para sincronizar el encendido y el tiempo de inyección es necesario que la unidad de control electrónico determine en todo momento el estado de giro del cigüeñal, de esta forma la ECU puede determinar su posición y las revoluciones a las que está girando el motor, las rpm del motor son el principal análisis en todos los sistemas de inyección electrónica.

El sensor de posicionamiento del cigüeñal CKP (*Crankshaft Position Sensor*) envía la información hacia la ECU a través de una señal analógica de tipo inductiva.

El sensor de posición está ubicado junto a la polea del cigüeñal o del volante de inercia del motor, cerca del sensor a una distancia de 0.6 a 1.1 mm se encuentra ubicada una rueda dentada acoplada en el eje que gira en sincronía con el motor para obtener una lectura adecuada y sin interferencias de las revoluciones del motor. (RUEDA SANTANDER, 2006 pág. 86)

Figura 34. Sensor posición del cigüeñal



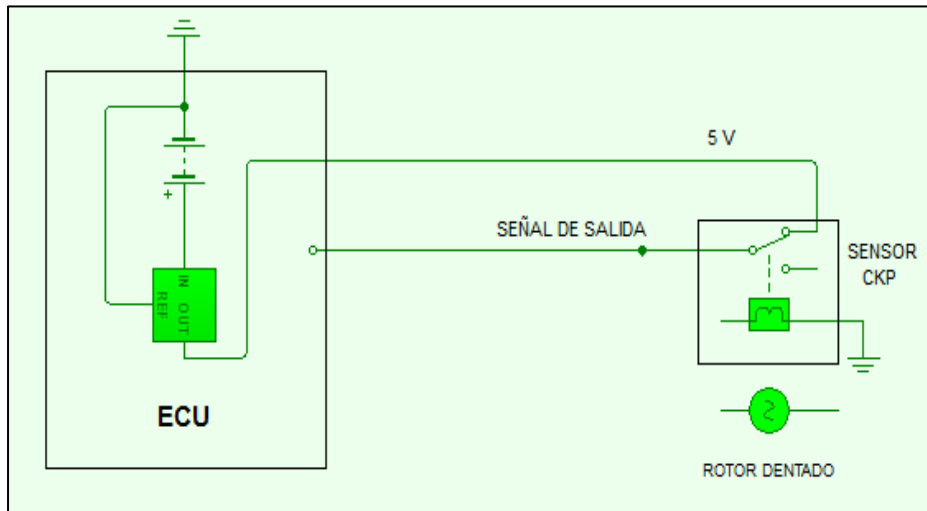
Fuente: Autores

Existen dos tipos de sensores de posicionamiento que son utilizados en los sistemas de inyección de los vehículos, los de tipo reluctancia variable que envían hacia la ECU una señal en forma de onda y los de tipo efecto Hall que generan una señal cuadrada, en el caso del sensor de posición del cigüeñal CKP, se utilizan los de efecto Hall, los principales componentes de este tipo de sensor son:

- Rotor dentado de hierro
- Imán permanente

- Núcleo de hierro, para dirigir el flujo magnético
- Bobina enrollada alrededor del núcleo magnético, donde el voltaje es inducido

Figura 35. Conexión del sensor CKP



Fuente: Autores

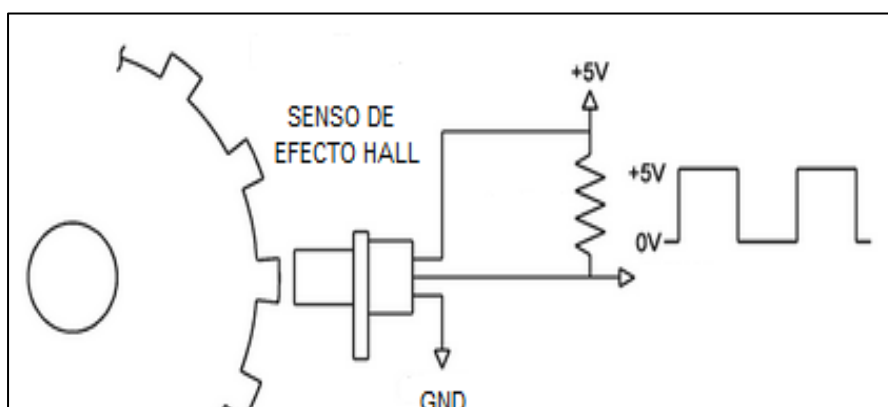
El sensor consta de tres cables, alimentación, tierra y señal, la rueda dentada posee tallados 58 dientes, faltando dos dientes en el punto donde coincide con el PMS del primer cilindro, estos dientes pasan a través del espacio entre el flujo magnético, en la zona faltante de dientes es donde se inducen los pulsos de mayor amplitud.

Cuando la rueda dentada gira se induce en la bobina del sensor un voltaje, el cual esta 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 un diente de la corona pasa frente al sensor, existe un espacio reducido y por el efecto del acercamiento del acero, el flujo magnético aumenta hasta un valor relativamente alto obtenido en el cable de señal del sensor un valor de 5V, cuando el diente de la corona se aleja del sensor, el flujo magnético es relativamente pequeño obteniendo una señal de 0V.

Si los conectores de salida de la bobina del sensor se conectan a un osciloscopio se obtiene una señal de voltaje analógico como se indica en la (Figura 36).

Figura 36. Forma de onda del sensor CKP



Fuente: [www.forosdeelectronica.com/f28/senales-banco-probador-ecu-72467/index2.html](http://www.forosdeelectronica.com/f28/senales-banco-probador-ecu-72467/index2.html)

**2.14.2.2 Sensor de oxígeno ( $O_2$  o  $\lambda$ ).** El desarrollo del sensor de oxígeno (Figura 37) se da por causa de los efectos contaminantes de las emisiones producidas por la combustión deficiente del combustible, las casas comerciales luchan por tener un motor potente pero a su vez económico y que no contamine el medio ambiente, gracias a este sensor se puede aprovechar de mejor manera la potencia generada por el motor.

Este sensor es una sonda que analiza los gases de escape en el momento que circulan por el sistema de escape detectando posibles excesos o defectos de oxígeno que provocan una intervención de la ECU para evitarlos, los sensores vienen incorporados con uno, tres y cuatro cables dependiendo del modelo de vehículo.

La sonda está constituida básicamente por un cuerpo de cerámica compuesto de dióxido de zirconio y sus superficies internas y externas están provistas de electrodos revestidos con una fina capa de platino poroso que es permeable a los gases de escape, la cerámica de este sensor se vuelve conductora para los iones de oxígeno a partir de los 300°C.

Figura 37. Sensor de oxígeno



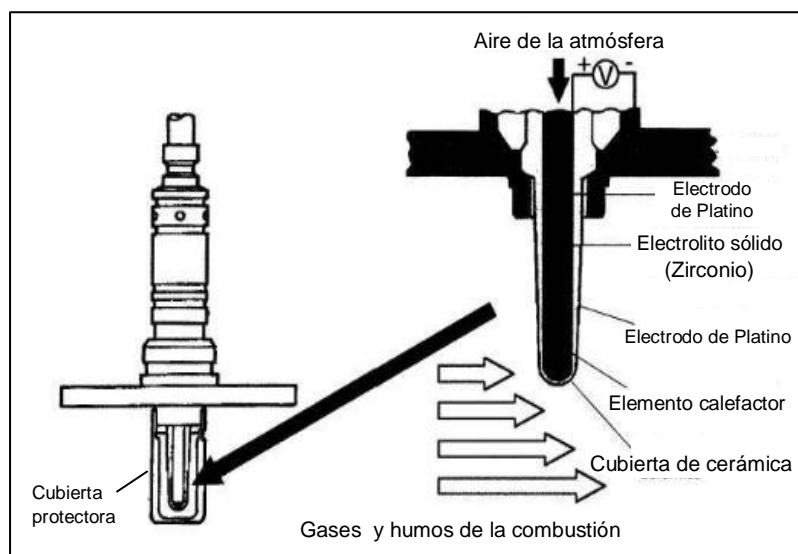
Fuente: Autores

Cada uno de los electrodos de las paredes se encuentra en contacto con un ambiente diferente, la sonda por un lado tendrá contacto directo con los gases de escape del motor y por el otro lado estará en contacto con el aire del ambiente. (RUEDA SANTANDER, 2006 pág. 85)

En los primeros modelos eran los propios gases de escape los que se encargaban de calentar la sonda, actualmente la sonda lambda se calienta mediante una resistencia eléctrica antes de poner en marcha el motor para disminuir la emisión de gases contaminantes en el arranque en frío, los sensores que tienen resistencia calefactora viene incorporados con tres o cuatro cables de conexión.

El sensor compara el oxígeno de los gases de combustión con el oxígeno atmosférico, si el contenido de oxígeno de ambos lados en contacto con los electrodos difiere, aparece entre ellos una diferencia eléctrica que es enviada a la ECU para que pueda corregir y regular con mayor precisión la cantidad de aire-combustible, contribuyendo a una mejor utilización del combustible y una combustión menos contaminante para el medio ambiente, en la (Figura 38) se puede observar las partes de un sensor de oxígeno.

Figura 38. Partes del sensor de oxígeno



Fuente: [e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=228](http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=228)

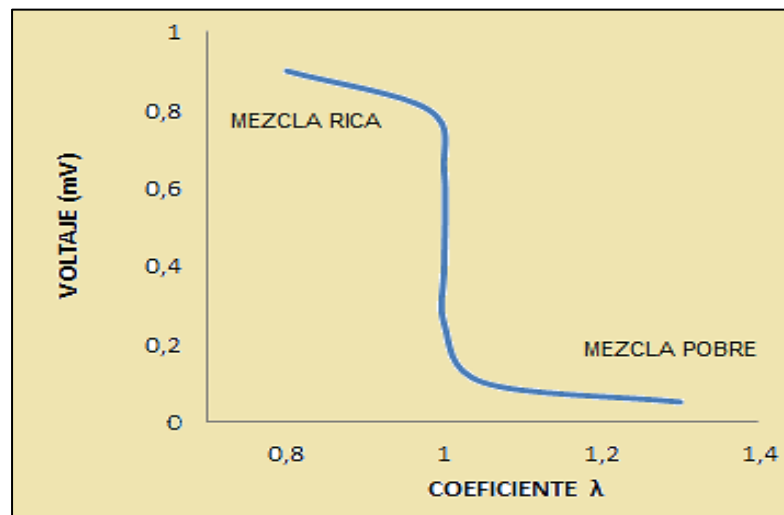
La ECU realiza de 30 a 40 correcciones por minuto, para lograr tener una mezcla de aire-combustible perfecta y aprovechar la potencia máxima del motor con el menor consumo de combustible y disminuyendo los gases contaminantes emitidos hacia la atmósfera.

Una mezcla rica consume casi todo el oxígeno presente en la combustión, entonces la señal de voltaje enviada por el sensor será alta, en un rango de 0.6 a 1.0 voltios, una mezcla pobre tiene más oxígeno disponible luego de que ocurre la combustión y el sensor genera una señal de voltaje baja, en un rango de 0.1 a 0.4 voltios.

La relación 14.7 a 1 es conocida como estequiometría, indica la perfección de la mezcla aire-combustible, se traduce como 14.7 partes de aire por 1 parte de combustible, cuando se alcanza esta relación el voltaje que envía el sensor hacia la ECU está alrededor de 0.45 voltios.

Cuando la relación de aire-combustible cambia desde un pico rico a un pico pobre hay un cambio pronunciado en la presión parcial de oxígeno de los gases de escape, esto produce un escalón en la tensión entregada por el sensor de oxígeno, debido a que el electrolito cerámico es muy sensible a los niveles de oxígeno.

Figura 39. Voltaje del sensor de oxígeno

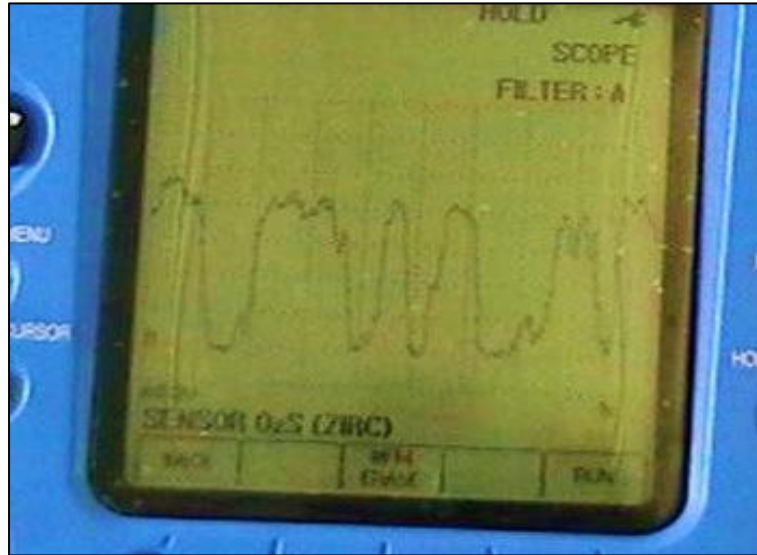


Fuente: Autores

El sensor de oxígeno posee un ciclo con picos de subidas y bajadas a una frecuencia que asegure un funcionamiento suave del motor y el estado óptimo del catalizador, para una mejor apreciación del ciclo de funcionamiento y la forma de la onda se utiliza un osciloscopio (Figura 40).

La frecuencia como la forma de la onda están almacenadas en la memoria del módulo de control, esta onda surge a medida que la ECU altera la cantidad de combustible inyectada en una forma determinada, manteniendo siempre la relación estequiométrica dentro de los límites requeridos y controlando la cantidad de gases contaminantes que fluyen hacia el exterior del motor.

Figura 40. Señal oscilante del sensor de oxígeno



Fuente: Autores

**2.14.2.3 Sensor de temperatura de aire (IAT).** El sensor de temperatura de aire de admisión, está compuesto por resistencias eléctricas que varían su valor óhmico dependiendo del cambio en la temperatura, genera una caída de tensión en un circuito controlado en función de la temperatura a la que está sometido, este sensor determina el flujo de aire aspirado por el motor basado en la presión y la densidad del aire en el múltiple de admisión. (RUEDA SANTANDER, 2006 págs. 82-83)

El sensor IAT (Figura 41) aporta una señal básica para la dosificación de la cantidad de combustible inyectado, la ECU relaciona la señal de temperatura de aire que envía el sensor IAT con la señal que envía el sensor de presión en el colector de admisión MAP, éste es un sensor muy preciso y no posee partes móviles que puedan brindar una lectura errónea.

Cuando el aire está frío las moléculas tienen poco movimiento y ocuparán un menor volumen, la cantidad de aire que ingresa al motor será mayor, cuando la temperatura del aire sube, sus moléculas tienen mayor movimiento, ocupan mayor volumen, la resistencia del sensor se reduce y la cantidad de aire que ingresa al motor será menor.

Figura 41. Sensor IAT



Fuente: Autores

El sensor de temperatura del aire IAT es un termistor de coeficiente negativo NTC, su resistencia varía en función al cambio de temperatura, en la (Figura 42) se observa que la resistencia del sensor cambia inversamente proporcional a la temperatura, mientras sube la temperatura del motor baja la resistencia y el voltaje que recibe la unidad de control electrónico y viceversa.

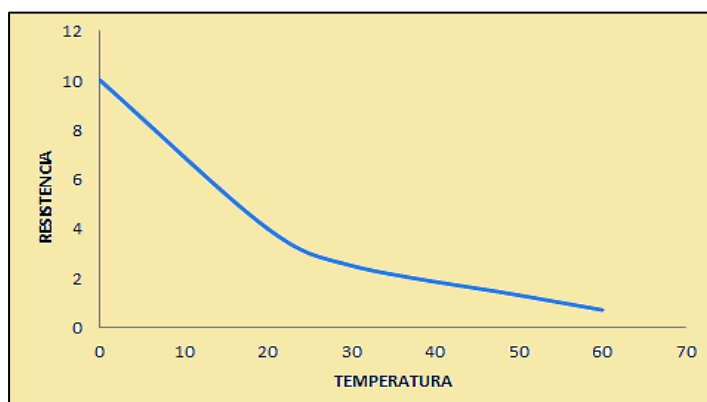
Tabla 3. Valores de resistencia y voltaje del sensor IAT

Temperatura (°C)	0	20	30	50	60
Resistencia (KΩ)	10	4	2,5	1,3	0,7
Voltaje (V)	4,8	3,2	2,5	1,9	1,3

Fuente: Autores

El sensor IAT está ubicado en el múltiple de admisión o en el conducto del aire de admisión, la temperatura del aire de admisión se utiliza para controlar la liberación de combustible, punto electrónico del encendido y control del ralentí.

Figura 42. Gráfica de funcionamiento del sensor IAT

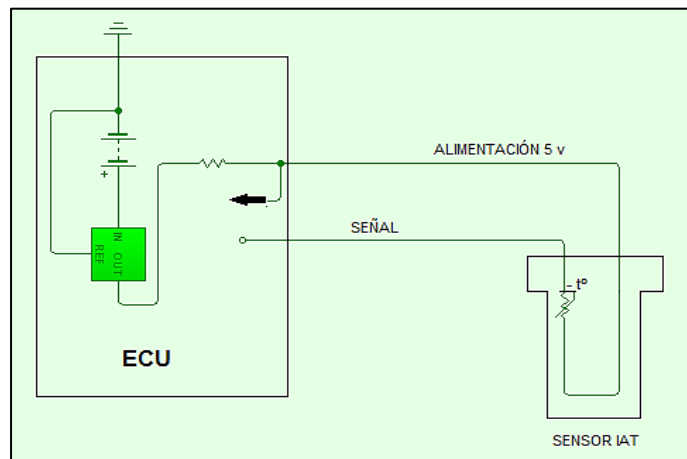




Fuente: Autores

El rango de medición del sensor se encuentra entre los  $-40^{\circ}\text{C}$  y los  $170^{\circ}\text{C}$ , en el interior se encuentra una resistencia sensible de tipo NTC (Figura 43), esta resistencia forma parte de un circuito divisor de tensión, la señal de voltaje es leída y comparada con la curva almacenada en la ECU, asignando un valor de voltaje cada temperatura.

Figura 43. Conexión del sensor IAT



Fuente: Autores

**2.14.2.4 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).** El sensor de temperatura del refrigerante (Figura 44) es el encargado de enviar la señal que informa a la computadora de la temperatura del refrigerante del motor, con el objetivo de que éste pueda enriquecer automáticamente la mezcla aire-combustible cuando el motor está frío y empobrecer paulatinamente en el incremento de la temperatura, hasta llegar a la temperatura ideal de funcionamiento, donde se dosifica una mezcla aire-combustible ideal. (RUEDA SANTANDER, 2006 pág. 84)

Todos los sensores de refrigerante utilizados en el campo automotriz, son construidos con materiales similares y tienen las mismas características, difiriendo mayormente en el tamaño, forma de la rosca y el conector.

Figura 44. Sensor de temperatura del refrigerante



Fuente: Autores

Este sensor es un termistor de coeficiente de temperatura negativa NTC, su resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta, 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, la baja resistencia produce altas temperaturas, a medida que la temperatura aumenta, disminuye la resistencia.

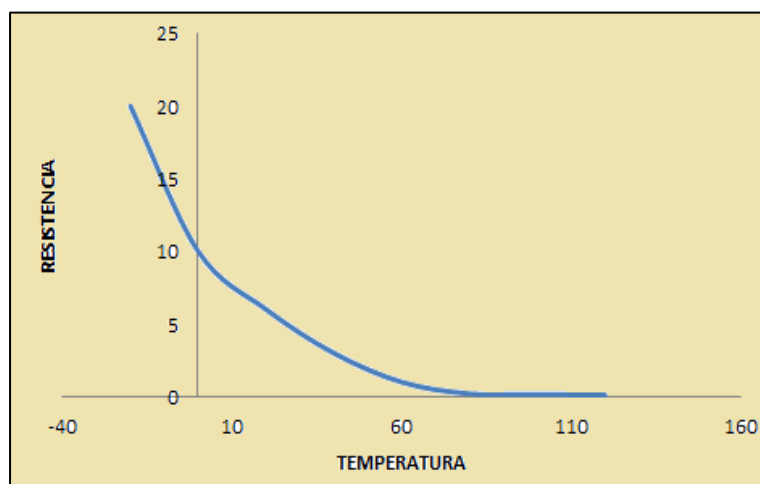
Tabla 4. Valores de resistencia y voltaje del sensor ECT

Temperatura (°C)	-20	0	20	40	60	80	100	120
Resistencia (KΩ)	20	10	6	3	1	0,2	0,15	0,1
Voltaje (V)	2,4	1,8	1,4	2,2	3,2	2,8	240	2

Fuente: Autores

La ECU monitorea y disminuye los pulsos de inyección en la medida en que el motor se calienta y de igual manera incrementa los pulsos de inyección cuando el motor está frío para controlar y disminuir el consumo de combustible del vehículo.

Figura 45. Gráfica de funcionamiento del sensor ECT

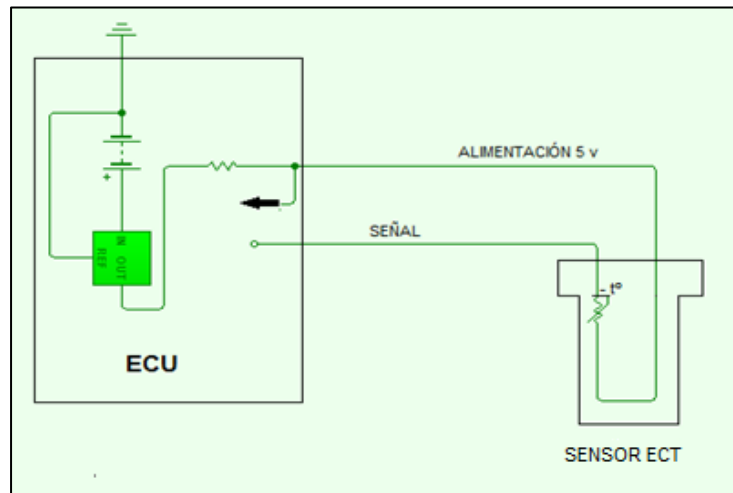


Fuente: Autores

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

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

Figura 46. Conexión del sensor de temperatura de refrigerante



Fuente: Autores

**2.14.2.5 Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP).** El sensor de presión absoluta MAP es un captador de tipo piezoeléctrico, que modifica su valor óhmico en función de la presión a la que está sometido, este sensor contiene en su interior un cristal que incorpora varias resistencias en su estructura, siendo capaces de generar una pequeña diferencia de potencial según la presión que se ejerce en una de sus caras, la señal varía proporcionalmente a la presión ejercida.

Dentro del sensor MAP hay un chip de silicón montado en una cámara de referencia, en un lado de las caras del chip hay una presión de referencia, esta presión de referencia es un vacío perfecto o una presión calibrada dependiendo de la aplicación que cada vehículo necesita, el otro lado del chip está expuesto a la presión del motor que debe medir. (RUEDA SANTANDER, 2006 págs. 327-329)

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 cambiara la resistencia eléctrica que esta 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 significa un cambio en la presión.

Figura 47. Sensor de presión MAP



Fuente: Autores

El sensor de presión absoluta MAP es el encargado de establecer la dosificación de combustible y determinar el avance al encendido, cuando la mariposa de aceleración se encuentra totalmente abierta la carga de aire en el múltiple es mayor, la presión será alta y el vacío será bajo, en estas condiciones el sensor MAP enviará a la unidad de control una señal alta de voltaje y viceversa.

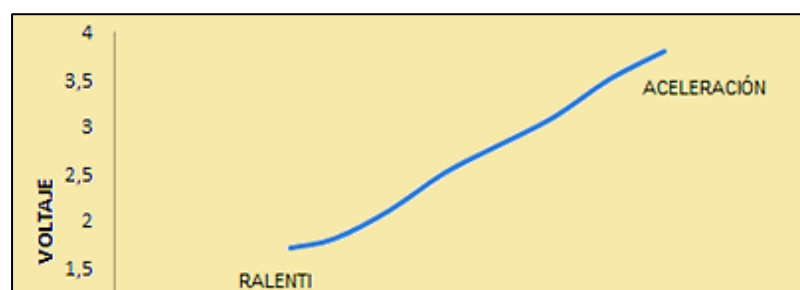
Tabla 5. Valores de voltaje del sensor MAP

Vacío (mbar)	800	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
Voltaje (V)	1,7	1,8	2,1	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8

Fuente: Autores

La ECU interpreta la señal de voltaje como presión, cualquier variación de la señal de voltaje significa un cambio en la presión en el interior del múltiple de una forma lineal como se muestra en la (Figura 48).

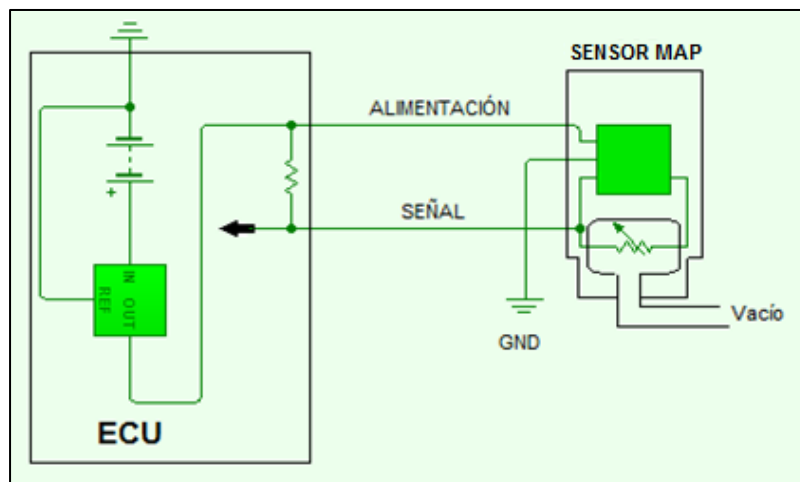
Figura 48. Gráfica de funcionamiento del sensor MAP



Fuente: Autores

El sensor MAP consta de una resistencia variable y de tres cables de conexión, una entrada de corriente de 5v que alimenta el sensor, una conexión de masa y una conexión de salida que envía la señal hacia la ECU.

Figura 49. Conexión del sensor MAP



Fuente: Autores

**2.14.2.6 Sensor de posición de la mariposa (TPS).** El sensor de posición de la mariposa de aceleración TPS (*Throttle Position Sensor*), está constituido por un potenciómetro que está sujeto a la prolongación del eje de la mariposa de aceleración, el elemento rotativo del sensor transmite el voltaje de señal a la computadora, este voltaje de señal varía conforme cambia la posición de la mariposa por efecto de la variación de resistencia del potenciómetro.

Figura 50. Sensor TPS



Fuente: Autores

El sensor se encuentra en la base del cuerpo, al lado opuesto del cable de aceleración, informa los movimientos rápidos de la mariposa de aceleración para fines de aceleración y desaceleración, la unidad de control electrónico recibe la información de este sensor para poder efectuar las distintas funciones importantes para el funcionamiento de un sistema de inyección electrónica de combustible, estas funciones son:

- Motor en ralentí
- Motor en aceleración parcial
- Motor en aceleración total
- Cálculo de liberación de combustible
- Corrección de proporción de aire-combustible
- Corrección del incremento de potencia de motor
- Control del corte de combustible
- Emitir una señal artificial en caso de cortocircuito

La señal del sensor varía con la ubicación del pedal del acelerador, el voltaje aumenta entre más gira la mariposa del estrangulador, de esta manera la unidad de control conoce la posición de la mariposa, 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.

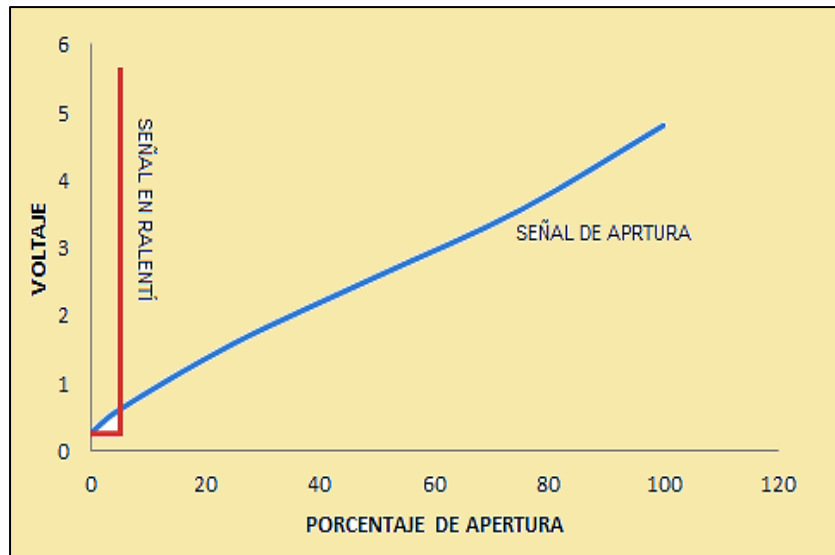
La respuesta de señal del sensor TPS varía entre 0,25 y 4,8 voltios, los voltajes pequeños cercanos a cero indican a la unidad electrónica de control que la mariposa del acelerador se encuentra completamente cerrada, cuando la mariposa cambia de posición la señal de voltaje en la salida aumenta progresivamente para que la ECU determine la aceleración del vehículo, la variación de la señal se muestra en la (Figura 51). (RUEDA SANTANDER, 2006 pág. 304)

Tabla 6. Valores de voltaje del sensor TPS

Ángulo de apertura (%)	0	3	25	50	75	100
Voltaje de salida (V)	0,25	0,6	1,58	2,57	3,55	4,8
voltaje en ralentí (V)	0,25	0,25	---	---	---	---

Fuente: Autores

Figura 51. Gráfica del comportamiento del sensor TPS

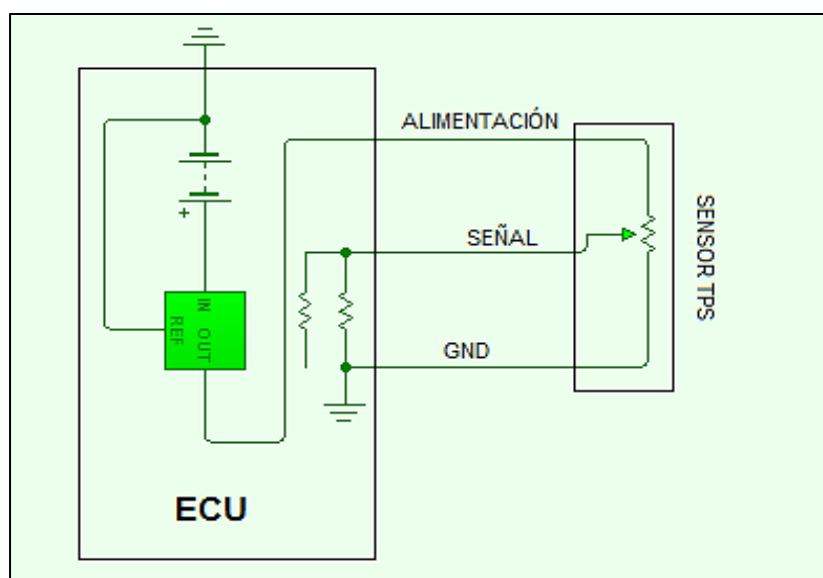


Fuente: Autores

Dentro del sensor TPS, existe una resistencia y un brazo giratorio, el cual está siempre en contacto con el resistor, la señal de voltaje del terminal de salida, se ve afectada por la variación de la resistencia, al igual que muchos de los sensores dentro del vehículo.

La resistencia variable es parte de un circuito partido de tensión el cual transforma la variación de resistencia en una señal de tensión de salida hacia el módulo de control.

Figura 52. Conexión del sensor TPS



Fuente: Autores

**2.14.3 Actuadores.** Se denominan actuadores a todos los elementos que reciben órdenes en forma de señales eléctricas de la unidad de control y efectúan una función o corrección mecánica en el comportamiento del motor, una vez citados los sensores que se van a utilizar con la electrónica del vehículo, se debe mencionar los distintos actuadores que harán funcionar el motor de acuerdo a las necesidades requeridas, los actuadores en el vehículo son:

- Inyectores
- Bobina de encendido
- Bomba de combustible
- Ingreso de aire en ralentí

**2.14.3.1 Inyectores.** Este componente del sistema de inyección es el encargado de inyectar el combustible al interior del cilindro, pulverizan la gasolina dentro del múltiple de admisión en sincronización con la apertura de las válvulas las cuales permiten el ingreso del combustible a los cilindros de acuerdo a los requerimientos del vehículo, los inyectores (Figura 53) se abren por medio de un solenoide eléctrico y se cierran mediante un resorte.

Figura 53. Inyectores



Fuente: Autores

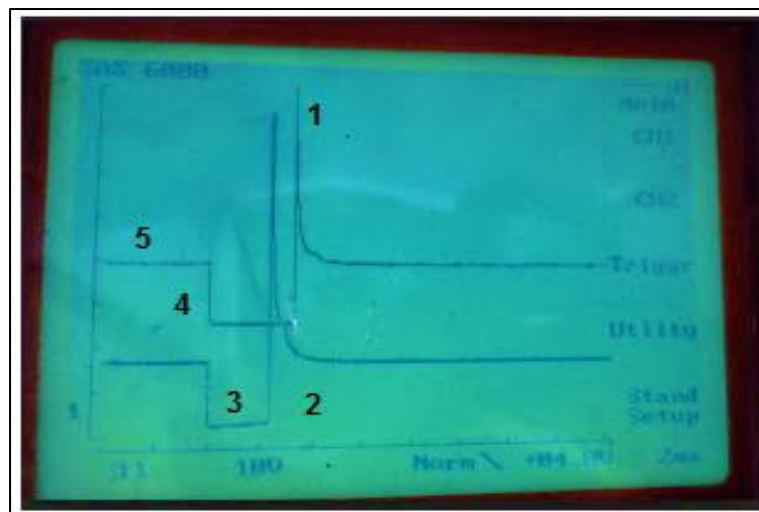


Existen tres métodos eléctricos usados para regular la operación de los inyectores, todos éstos con el objetivo de mantener el devanado del solenoide tan frío como sea posible mientras se consigue el mejor rendimiento del inyector, estos métodos son:

- Pico y retención de corriente
- Conexión a tierra convencional
- Modulación de ancho de pulso

De estos métodos el más utilizado, es el método de conexión a tierra, un transistor de alto rendimiento que es controlado por el módulo es utilizado para cerrar el circuito y accionar los inyectores, la onda visualizada en el osciloscopio será similar a la mostrada en la (Figura 54).

Figura 54. Onda del inyector



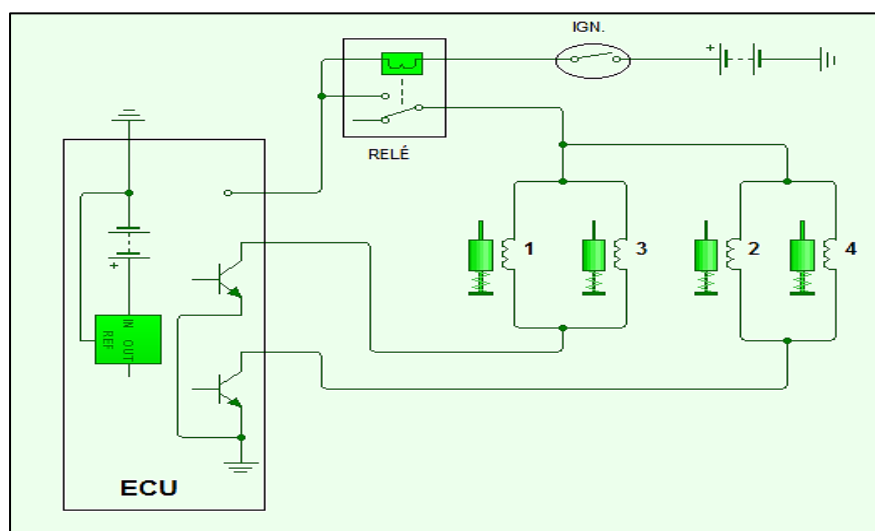
Fuente: Autores

Para limitar el flujo de corriente en el circuito del solenoide del inyector, la conexión a tierra puede contener una resistencia en serie, en algunas aplicaciones el solenoide del inyector es diseñado para tener una alta resistencia, según la gráfica en el osciloscopio se puede analizar los siguientes aspectos:

- El alto voltaje en (1) es producido por la sobrecarga que ocurre cuando la corriente es cortada y el campo magnético del solenoide del inyector colapsa
- El punto (2) es el instante en el cual el módulo de control desactiva el transistor y la corriente deja de fluir, final del pulso de inyección

- El punto (3) representa el tiempo que el inyector está entregando combustible, puede ser determinado verificando la escala en el osciloscopio, el tiempo varía según las necesidades del motor
- El punto (4) representa el voltaje entregado al inyector, normalmente de 12 voltios
- En el punto (5) es cuando el módulo de control electrónico activa el transistor de mando del inyector, conectando a tierra el solenoide e indicando la inyección de combustible

Figura 55. Conexión de los inyectores



Fuente: Autores

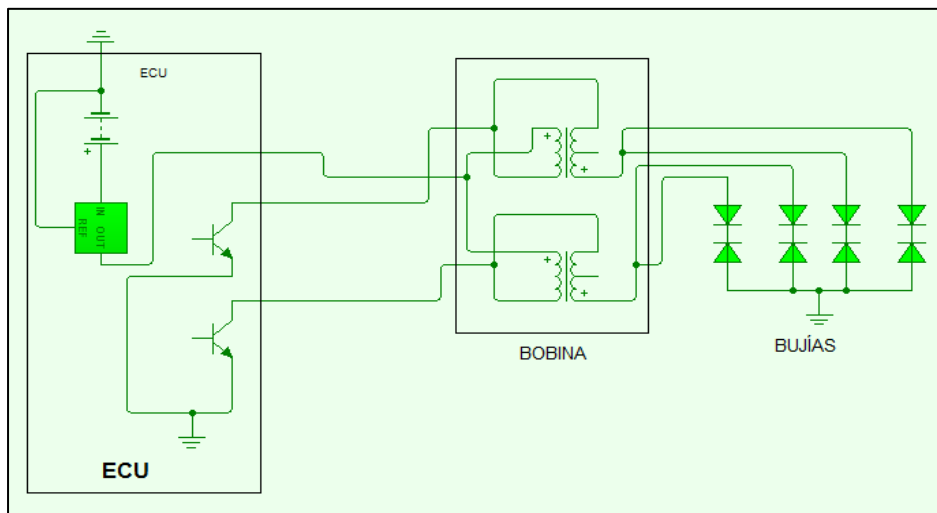
**2.14.3.2 Bobina de encendido.** Es un dispositivo de inducción electromagnética que forma parte del encendido del motor, transforma la tensión de la batería en un impulso de alta tensión para lograr un arco eléctrico entre los electrodos de la bujía, está compuesto por un núcleo de hierro sobre el cual se enrollan dos bobinados.

El bobinado primario recibe el voltaje de entrada para crear un flujo magnético en el núcleo y el bobinado secundario que recibe el flujo magnético del núcleo de hierro y entrega el voltaje transformado hacia las bujías por medio de los cables de alta tensión.

Un dispositivo interruptor corta el flujo magnético del primario en sincronía con el motor, el corte del flujo antiguamente era mecánico realizado por platinos o ruptores, en la actualidad se utilizan circuitos electrónicos para interrumpir el flujo magnético por medio de un transistor de potencia incorporado en un módulo de encendido o en el interior de la ECU.

Existen dos tipos de bobinas, las de ignición utilizada en el encendido convencional que necesitan de elementos mecánicos acoplados en un distribuidor para generar la chispa en la bujía y las de encendido electrónico que suprimen el uso del distribuidor eliminando todos los elementos mecánicos del distribuidor; un encendido electrónico es el encendido DIS (*Direct Ignition System*), este sistema permite que la bobina genere un campo magnético suficiente para el salto de la chispa en la bujía mejorando la combustión de la mezcla aire-combustible.

Figura 56. Conexión de la bobina de encendido



Fuente: Autores

El sistema DIS se constituye a diferencia del distribuidor en parte importante del sistema de emisiones, tiene un gran control sobre la generación de la chispa no necesita ajustes debido a que la ECU es la encargada de controlar el salto de chispa en las bujías, el módulo de encendido se encarga de amplificar la tensión hacia el circuito primario de la bobina, la bobina al recibir la señal envía la corriente de alta tensión hacia las bujías en forma simultanea produciendo la chispa en dos cilindros.

Tabla 7. Resistencias de la bobina

Primario de la bobina bloque A1	0.71 $\Omega$
Primario de la bobina bloque A2	0.7 1 $\Omega$
Secundario de la bobina bloque A1	11.0 K $\Omega$
Secundario de la bobina bloque A2	10.3 K $\Omega$

Fuente: Autores

**2.14.3.3 Bomba de combustible.** En los vehículos con sistemas de inyección electrónica a gasolina, algunas bombas son instaladas en el exterior del tanque y otras sumergidas en el interior del mismo, ésto se hace para poder lubricar y refrigerar la bomba, se instala con un pre-filtro de combustible para eliminar impurezas que pueden ocasionar el daño prematuro de la bomba.

Las bombas eléctricas trabajan normalmente con un voltaje de 12 voltios suministrados al momento de pasar el interruptor de ignición a la posición de encendido, en ese momento comienza a girar el motor eléctrico suministrando la presión requerida por el sistema de combustible que puede variar desde 14,5 hasta 55 libras por pulgada cuadrada dependiendo del tipo de vehículo y el sistema de inyección que utiliza.

Su función principal es mantener la presión en todo el sistema de alimentación, suministrar combustible de manera eficiente y constante desde el depósito de combustible hacia los inyectores, para no perjudicar el funcionamiento de los inyectores, dispone de un pre filtro ubicado en su entrada, este pre-filtro tiene la función de realizar el filtrado de impurezas de un tamaño considerable.

Figura 57. Bomba eléctrica de combustible



Fuente: Autores

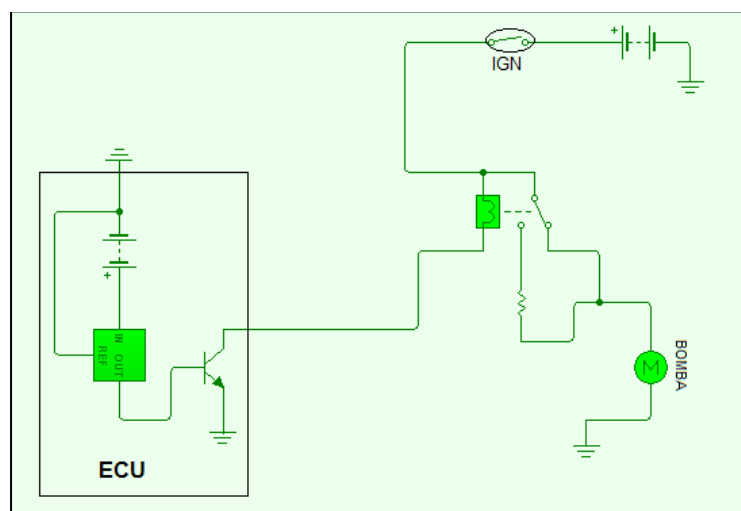
En los motores de inyección electrónica, la presión de la bomba de combustible está sobredimensionada, la cantidad de combustible y la presión que necesitan los inyectores siempre es menor a la presión que puede entregar la bomba, esta presión es controlada por la acción de un regulador de presión de combustible.

Están diseñadas para mantener una presión y un 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 cumpliendo las siguientes características:

- Alta durabilidad
- Bajo ruido
- Garantía de flujo constante
- Perfecto funcionamiento durante el suministro a alta temperatura
- Aislamiento contra interferencias

La bomba de combustible es accionada por un motor eléctrico y refrigerada por el mismo caudal de combustible, extrae el combustible desde el interior del tanque hasta el circuito de alimentación y mantiene 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 arranque hasta cuando se apaga el motor del vehículo, el caudal enviado es muy superior al necesario de esta manera se tiene en circulación una gran cantidad de combustible que refrigera el sistema, el combustible no utilizado retorna al depósito.

Figura 58. Conexión de la bomba de combustible

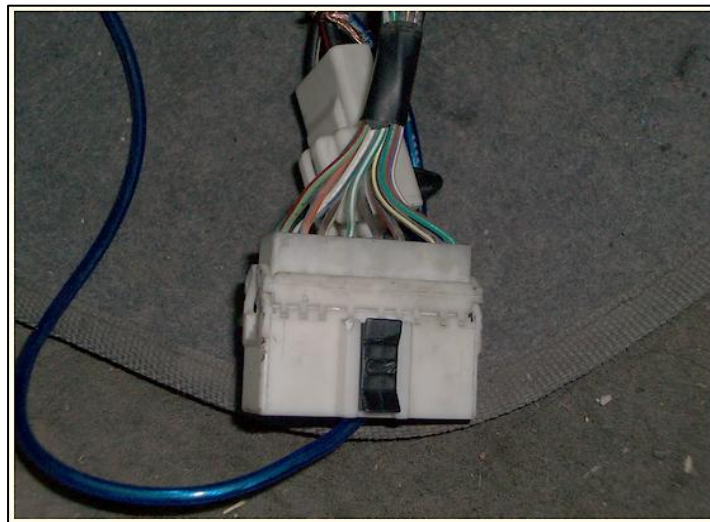


Fuente: Autores

**2.14.4** *Arnés de sensores y actuadores.* Para poder comunicar los sensores y actuadores con la ECU, es necesario y fundamental el arnés de cables, el mismo que es el encargado de llevar toda la información proveniente de los sensores, cada cable que conforma el arnés esta debidamente protegido contra corrientes parásitas, interferencias y otros factores como humedad, corrosión y calor que pueden afectar el funcionamiento de sensores, actuadores.

Están fabricados de cobre y poseen un aislamiento termoplástico construido a base de policloruro de vinilo que le permite realizar su función de la mejor manera.

Figura 59. Arnés de cables



Fuente: Autores

## CAPÍTULO III

### 3. MODIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MOTOR Y LA ELECTRÓNICA

#### 3.1 Parámetros iniciales del motor

La finalidad de modificar un motor es conseguir una mayor potencia o un mejor aprovechamiento de la misma, se lo realiza en motores cuya mecánica no es muy depurada y permiten con cierta facilidad aumentar las prestaciones de la máquina, reemplazando o retocando cierto número de los elementos que los componen.

Bajo los criterios técnicos para iniciar con la modificación del motor, primero se debe conocer sus valores nominales para poder tomar las decisiones de modificación de los diferentes elementos del motor.

Tabla 8. Datos del motor

Distribución	OHC
Transmisión	Manual
Inyección	MPFI
Encendido	DIS
Posición	Transversal
Orden de encendido	1-3-4-2
Cilindrada	1297
Nº Cilindros	4
Configuración	En línea
Potencia neta (Hp/rpm)	60 / 5800
Torque Neto (Kg-m / rpm)	10.5 / 2800
Relación de Compresión	9,2 :1
Diámetro interno del cilindro	75
Carrera	73,4

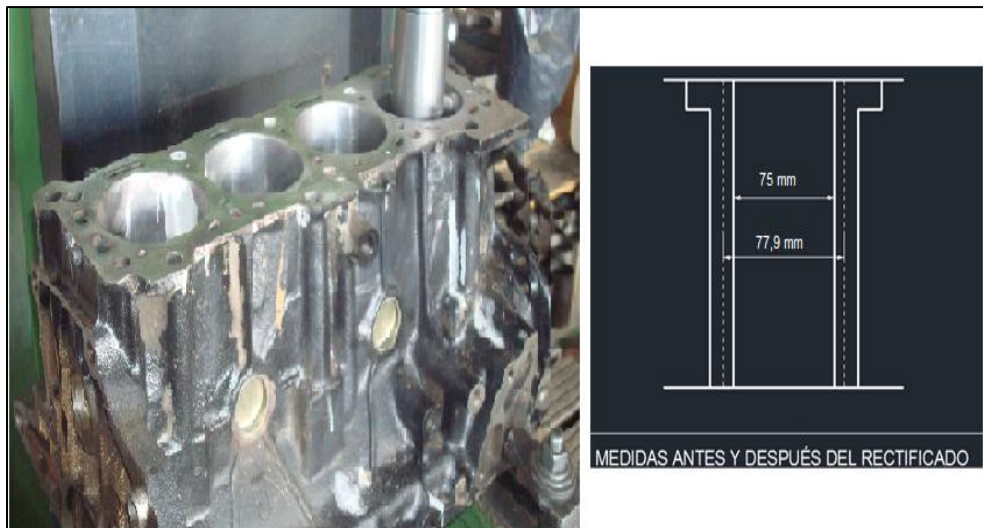
Fuente: Manual del propietario Chevrolet Corsa

#### 3.2 Aumento de cilindrada

El sistema efectivo para el aumento de cilindrada consiste en aumentar la capacidad geométrica de los cilindros, una de las formas más comunes es aumentar unos pocos milímetros el diámetro de los mismos, el sistema consiste en el vaciado de las paredes del cilindro por medio de una rectificadora (Figura 60).

Esta operación se la realiza para ganar unos centímetros cúbicos, aumentando la capacidad geométrica y conseguir así un aumento en la potencia del motor. El aumento de cilindrada por este procedimiento representa la forma más racional de aumentar la potencia del motor sin comprometer la armonía del funcionamiento mecánico del mismo, para realizar esta modificación en primer lugar se necesita comprobar la existencia de pistones de la misma medida a la que se va a incrementar el diámetro del cilindro para lograr que se acoplen correctamente.

Figura 60. Vaciado de las paredes del cilindro



Fuente: Autores

Existen bloques que permiten superar rectificaciones de más de 1mm, en estos motores el aumento de potencia es muy sustancioso. (CASTRO, 1998 págs. 16-19)

### 3.3 Aumento de presión media efectiva (relación de compresión)

El mayor rendimiento de una mezcla aire-combustible se obtiene cuando mayor es la relación de compresión, el aumento de la relación de compresión es una de las más importantes que se puede llevar a cabo para la modificación de un motor para lograr que entregue mas potencia, la forma geométrica de la cámara de compresión está íntimamente relacionada con el rendimiento térmico del motor.

**3.3.1 Medición del volumen de la cámara de compresión.** Si la cámara de combustión tuviera una forma geométrica regular como un cilindro, una esfera o un cuadrilátero, el cálculo de ésta sería muy fácil, bastaría solamente aplicar la fórmula geométrica correspondiente para encontrar el volumen.

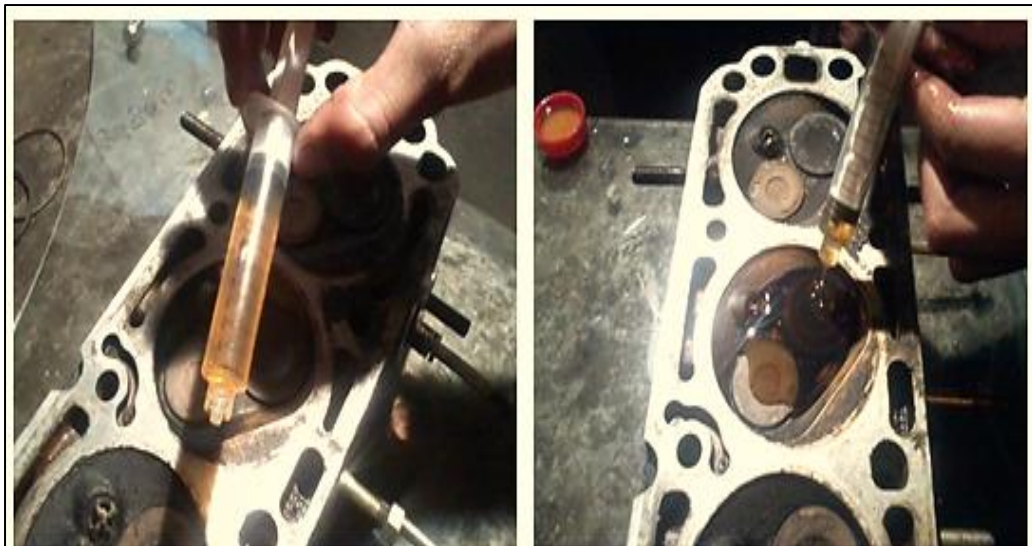


En la práctica, las cámaras de compresión en el vehículo adoptan formas irregulares, la forma más práctica de encontrar el volumen de una cámara de combustión se muestra en la (Figura 61) y conlleva diferentes operaciones.

En primer lugar se debe llenar una probeta graduada de precisión con aceite SAE 10, luego se desmontará la culata del motor y se ubicará con la parte superior de las cámaras con las válvulas completamente cerradas y la bujía roscada sobre una superficie plana nivelándola completamente, para esta operación es indispensable la ayuda de un nivel de burbuja de aire. (CASTRO, 1998 pág. 37)

Continuando con la operación de medida, se procede a derramar cuidadosamente el aceite sobre una de las cámaras de compresión hasta llenarla completamente, luego se pasa a comprobar el volumen de aceite vertido que consecuentemente será el volumen con el consta la cámara de compresión del vehículo.

Figura 61. Medición del volumen de la cámara de combustión



Fuente: Autores

**3.3.2 Método para aumentar la relación de compresión.** El único método para aumentar la relación de compresión consiste en disminuir homogéneamente el volumen de todas las cámaras de compresión, para lograr ésto se pueden utilizar junta de culatas más finas, utilizar pistones más altos o aplanar la culata.

El aplanado consiste en quitarle material de su superficie de contacto con el bloque por medio de una fresadora de precisión en una rectificadora, una mayor compresión aumenta la potencia del motor, el aumento de la relación de compresión por aplanado de culata (Figura 62), se lo realiza aplicando la siguiente fórmula. (KINDLER, 1986)

$$X = \frac{S}{\epsilon_a - 1} - \frac{S}{\epsilon_n - 1} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

Donde:

X = Aplanado de la culata, en mm

$\epsilon_a$  = Relación de compresión antes del aplanado

$\epsilon_n$  = Relación de compresión a la que se quiere elevar

Figura 62. Fresado de una culata para aumentar la relación de compresión



Fuente: Autores

Para conseguir un mejor rendimiento del motor se necesita lograr que la cámara de compresión tenga una forma hemisférica, siendo ésta la más conveniente para soportar en mejores condiciones elevadas relaciones de compresión, permiten colocar válvulas de mayor tamaño y facilitan la refrigeración para evitar el fenómeno de picado y detonación.

### 3.4 Modificación de la distribución

Mediante la modificación de la distribución se consigue un mejor llenado del cilindro del motor en lo que se refiere al ingreso de la mezcla aire-combustible y la salida de los gases combustionados, con esta modificación se consigue una mayor superficie de las válvulas o un mayor tiempo de apertura de las mismas.

Para la modificación de la distribución se utilizó dos manuales de taller, uno correspondiente al vehículo Opel Corsa y otro del Chevrolet Aveo, estos dos manuales

indican la existencia de motores de similar construcción interna pero con diferentes tipos de distribución en el que se detallan las siguientes especificaciones:

Tabla 9. Especificación de la distribución

<p>Opel Corsa Distribución OHC</p>	<p>Culata de aleación ligera con un árbol de levas Propulsores hidráulicos Altura del cabezote 98,25 ± 0,75 mm Válvula de admisión en acero especial al cromo Válvula de escape bimetálica de cromo- manganeso 8 válvulas dispuestas en línea Diámetro de la válvula de admisión 33 mm Diámetro de la válvula de escape 29 mm Relación de compresión 9,2:1</p>
<p>Chevrolet Aveo Distribución DOHC</p>	<p>Culata de aleación ligera con dos árboles de levas Propulsores hidráulicos Altura del cabezote 124,7 a 125 mm Válvula de admisión en acero especial al cromo Válvula de escape refrigerada por sodio 16 válvulas dispuestas en V Diámetro de la válvula de admisión 30,5 mm Diámetro de la válvula de escape 27,5 mm Relación de compresión 9,5:1</p>

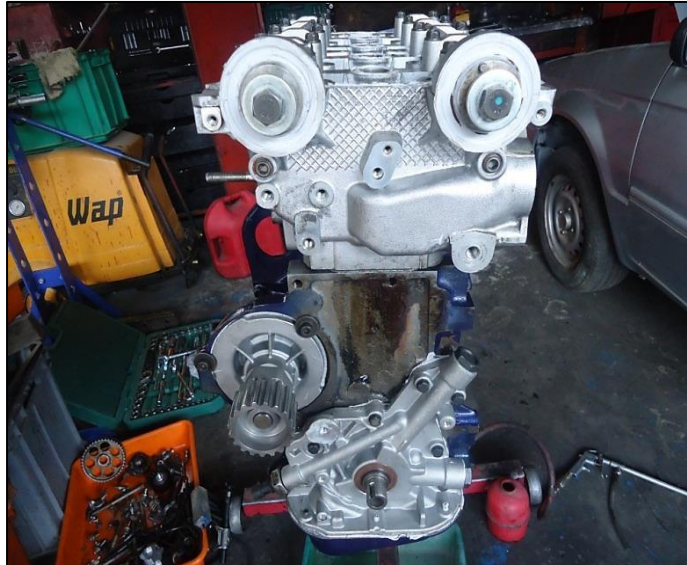
Fuente: Manuales de Taller Opel Corsa y Chevrolet Aveo

Al comparar detalladamente los dos sistemas de distribución se concluye que el material de construcción y el accionamiento de las válvulas es el mismo para los dos sistemas.

La disposición de las válvulas en el sistema DOHC permite tener una cámara de compresión ideal para elevadas relaciones de compresión, el diámetro de 33mm de las válvulas de admisión en el sistema OHC, se compensa al tener dos válvulas de admisión de menor diámetro lo que permite que exista un mayor flujo de aire hacia el interior de los cilindros, sucede lo mismo con las válvulas de escape, mejorando así el rendimiento volumétrico del motor.

La relación de compresión es mayor en el cabezote con distribución DOHC ayudando a mejorar el desempeño del motor, razón por la que se procede a implementar el sistema DOHC en el vehículo.

Figura 63. Implementación del sistema de distribución DOHC en el vehículo



Fuente: Autores

### 3.5 Modificación de conductos de admisión y escape

Para facilitar el paso de los gases de admisión, los conductos han de ofrecer la menor cantidad de obstáculos y tener las paredes lo mas lisas posibles ya que los gases son muy susceptibles a efectuar remolinos que generan contracorrientes ante las más pequeñas irregularidades de la superficie por la que se deslizan, con la modificación del colector de admisión se logra reducir al mínimo la distancia la recorrida por los gases y que todos los cilindros reciban la mezcla aire-combustible en iguales condiciones, los colectores cortos y directos mejoran la respuesta del motor a las aceleraciones, con los factores antes mencionados, se optó por construir un conducto de admisión independiente ITB (Individual Throttle Body) para cada cilindro, para mejorar el rendimiento volumétrico del motor (Figura 64).

Con este sistema de admisión se obtiene un mejor llenado evitando los recodos que pueden causar contracorrientes y que la distancia recorrida por los gases sea equivalente para todos los cilindros, la construcción de la admisión se la realizó con cuatro cuerpos de estrangulación y una tubería de acero, para lograr acoplar los cuerpos con una platina base, se utilizó una soldadura MIG (*Metal Inert Gas*), la longitud del conducto es de 15 cm con un diámetro de 3,76 cm.

Figura 64. Implementación de la admisión ITB en el vehículo

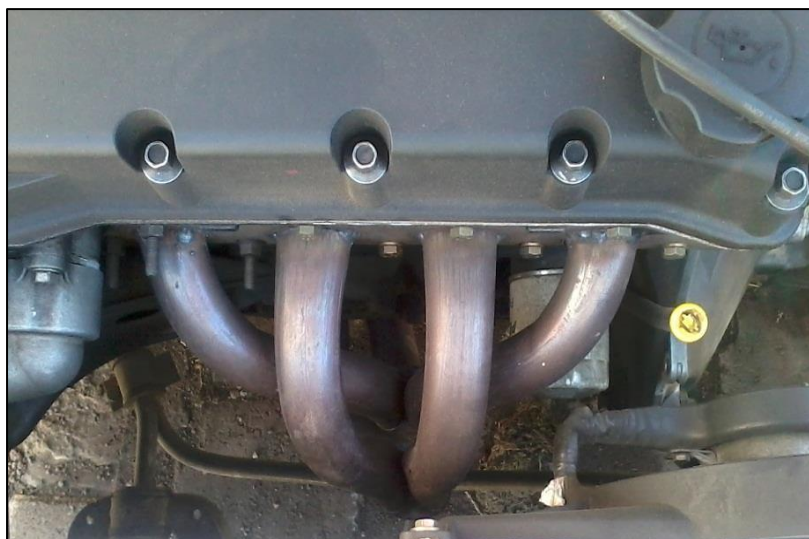


Fuente: Autores

Para conseguir que el motor expulse los gases de escape con la menor resistencia posible, se pueden usar colectores de escape de alto rendimiento denominados header (Figura 65) que individualiza la salida de los gases por medio de un solo conducto para cada cilindro.

Estos sistemas de escape se fabricaron de una tubería de acero inoxidable de 3,81 cm de diámetro y con una longitud de 83,28 cm, la unión de los conductos se realizó en una disposición denominada 4-2-1, realizando la unión de dos de los cuatro conductos en un solo punto y luego uniendo estos dos en uno solo para la salida final de los gases.

Figura 65. Implementación del header en el vehículo



Fuente: Autores

### 3.6 Modificación de pistones

El objetivo principal en la modificación de pistones es incrementar la relación de compresión al máximo sin llegar a producir la detonación, esto se logra buscando pistones de cabeza plana o convexos que se amolden de mejor manera a la cámara de compresión para crear mayor turbulencia de los gases de admisión facilitando el encendido y mejorar la evacuación de los gases de escape, existen diferentes tipos de pistones entre los que hay que saber elegir para ello se necesita conocer los siguientes datos:

- Diámetro del pistón
- Diámetro exterior del bulón
- Longitud del bulón
- Número de segmentos
- Altura de compresión
- Número de válvulas

La obtención de pistones adecuados, se realizó con ayuda de un catálogo de pistones "Toto Pistons", en la siguiente tabla se detallan las medidas de los pistones originales junto con las dimensiones de los nuevos pistones que serán implementados en el motor del vehículo, teniendo en consideración el aumento de diámetro al que fue sometido el bloque de cilindros.

Tabla 10. Especificación de pistones

Motor		Opel Corsa	Chevrolet Aveo
Diámetro interno del cilindro		75 mm	77,9 mm
Altura del pistón		54,5 mm	51,7 mm
Diámetro exterior del bulón		18 mm	18 mm
Altura de compresión		31,9 mm	32,1 mm
Número de segmentos		3	3
Espesor de los segmentos	Fuego	2 mm	1,2 mm
	Compresión	1,5 mm	1,5 mm
	Aceite	3 mm	2,5 mm
Número de Válvulas		8	16

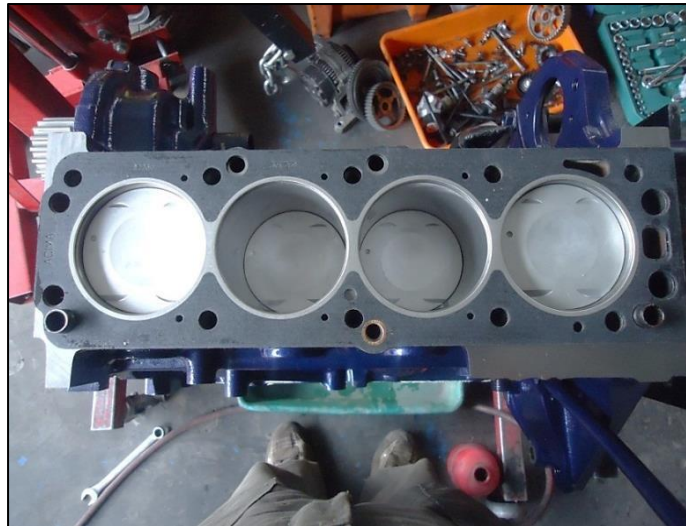
Fuente: Catálogo de pistones Toto Pistons



Comparando detalladamente los dos tipos de pistones, se determina que los pistones del vehículo Chevrolet Aveo tienen una menor longitud y menor espesor de los segmentos, con esto se consigue tener menor peso y disminuir la superficie de fricción con las paredes del cilindro, tiene una altura mayor de compresión, la forma de la cabeza del pistón es plana a diferencia de los originales que tienen parte de la cámara de compresión en la cabeza del pistón, con lo que se consigue aumentar la relación de compresión y mejorar el rendimiento del motor.

Al verificar el catálogo de pistones y la disponibilidad de los mismos en el mercado local se procede a implementarlos en el motor del vehículo como se muestra en la (Figura 66).

Figura 66. Implementación de los pistones en el vehículo



Fuente: Autores

### 3.7 Renovación de bielas

Las bielas están sometidas a muy pocas modificaciones, dado que en un principio fueron diseñadas para soportar cargas superiores a las de trabajo normal, la modificación que se pueden realizar en las bielas es disminuir su peso retirando el material en pequeñas cantidades de la parte del cuerpo de la biela para ayudar con esto a disminuir la fuerza de inercia y mejorar la lubricación de este elemento.

La modificación que se realizó en las bielas fue cambiarlas por otras de menor peso y que tienen similares características de construcción, se optó por elegir bielas de la misma carrera que incluyen un orificio de lubricación en la parte lateral del cuerpo lo que permite ayudar en la lubricación de las paredes de los cilindros, pistones y muñequillas del cigüeñal mejorando su rendimiento.

### 3.8 Modificación electrónica

Teniendo en cuenta las modificaciones realizadas en el motor, también se debe realizar mejoras en la electrónica del vehículo con alternativas prácticas que pueden llevar a un desarrollo potencial del vehículo con una correcta puesta a punto, también se debe modificar la posición de sensores y actuadores para acoplarlos a las modificaciones realizadas y obtener una señal adecuada del funcionamiento del motor sin ningún tipo de interferencia, en estas modificaciones también se debe ver la accesibilidad que se tenga a los diferentes sensores y actuadores para su fácil desmontaje en el caso de una avería.

**3.8.1 Implementación de la MegaSquirt.** La ubicación de la unidad de control electrónico programable se la realizó en la parte interna del panel de instrumentos, por encima de la guantera en el lado del copiloto, la comunicación de la MegaSquirt con el software se realiza mediante un cable serial, con la instalación del programa en una laptop se puede calibrar o mover parámetros de funcionamiento.

Se optó esta ubicación debido a la inversión que representa y en la posición original de este elemento en el vehículo es muy vulnerable en el momento de un atraco.

Figura 67. Instalación de la MegaSquirt



Fuente: Autores

**3.8.2 Ubicación del sensor CKP en el vehículo.** El sensor CKP se encuentra alojado en la parte inferior del motor junto a la polea del cigüeñal, está fijado mediante un perno al bloque del motor, para lograr una sincronización perfecta del sensor con la polea del cigüeñal.



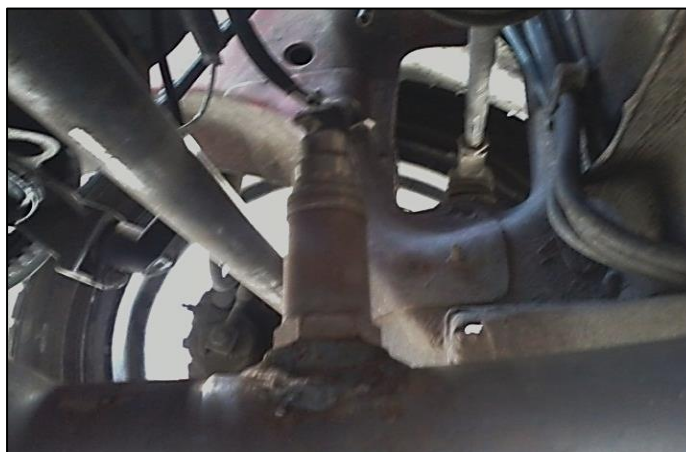
Figura 68. Ubicación del sensor CKP en el vehículo



Fuente: Autores

**3.8.3** *Ubicación del sensor de oxígeno.* Con la implementación de un sistema de escape independiente, se modificó la posición del sensor de oxígeno, éste debe estar ubicado en una posición en la que tenga una correcta lectura de todos los cilindros, se ubica en el final del header en la unión de las cuatro tomas teniendo que modificar el arnés de conexión.

Figura 69. Ubicación del sensor de oxígeno en el vehículo



Fuente: Autores

**3.8.4** *Ubicación del sensor IAT.* Por el nuevo diseño del colector de admisión en el motor, el sensor de temperatura de aire IAT fue reubicado y colocado en una de las cornetas de admisión.

Esta ubicación se la dispuso para que la ECU programable pueda tener una lectura adecuada de la temperatura de aire y así poder realizar las correcciones y calibraciones para un correcto funcionamiento.

Figura 70. Ubicación del sensor IAT en el vehículo



Fuente: Autores

**3.8.5** *Ubicación del sensor ECT.* Mediante la implementación del nuevo sistema de distribución DOCH, que cual tiene el alojamiento para el sensor de temperatura del refrigerante en la parte posterior del mismo debajo de los cuerpos de aceleración, se utiliza el sensor original del vehículo que no presenta ninguna dificultad al momento de realizar calibración o lectura de la temperatura.

Figura 71. Ubicación del sensor ECT en el vehículo



Fuente: Autores

**3.8.6** *Ubicación del sensor TPS.* La utilización de los cuerpos de aceleración independientes, obligan a modificar la posición del sensor TPS, con respecto al original, el sensor se ubico a un costado de los cuerpos de aceleración, debido a que todos los cuerpos comparten un mismo eje para el accionamiento de las mariposas de aceleración, teniendo con esto una lectura precisa de los cuatro cuerpos de admisión, en un solo punto para lograr una lectura correcta y enviarla hacia la unidad de control electrónico.

Figura 72. Ubicación del sensor TPS en el vehículo



Fuente: Autores

**3.8.7 Implementación de la bobina de encendido.** Con la implementación de la unidad de control electrónica programable MegaSquirt que dispone el vehículo, se debe implementar una bobina que vaya acorde con los requerimientos de funcionamiento del vehículo, para que la distribución de corriente en las bujías sea la adecuada en todo régimen del motor.

La bobina que se implementó en el vehículo fue la bobina de encendido del Chevrolet Aveo, considerando su ubicación en una base existente en el cabezote con el que fue modificado el motor.

Figura 73. Ubicación de la bobina de encendido



Fuente: Autores

**3.8.8 Ubicación del sensor MAP en el vehículo.** Con la implementación de la MegaSquirt, el sensor MAP va incorporado en el interior de la ECU.

En cada uno de los cuerpos de estrangulación independientes montados en el vehículo existe una toma de vacío, para obtener una lectura correcta de la presión de admisión se optó por colocar una caja recuperadora de vacío que recolecta el vacío de cada cuerpo de aceleración mediante mangueras de vacío para posteriormente enviarlo hacia el interior de la MegaSquirt.

Figura 74. Caja recuperadora de vacío para el sensor MAP



Fuente: Autores

**3.8.9** *Implementación de la bomba de combustible.* Las modificaciones realizadas en el motor y en la electrónica del vehículo, obliga a tener una presión adecuada en el sistema de alimentación de combustible, la colocación de una bomba de combustible de 4 bares de presión abastece al sistema sin ningún problema, esta bomba se encuentra en cualquier almacén de repuestos debido a que es una bomba que se fabrica para cualquier tipo de vehículos.

Figura 75. Bomba de combustible en el vehículo



Fuente: Autores



### 3.9 Conectores de la MegaSquirt

La implementación de la unidad electrónica programable MegaSquirt, obliga a modificar el arnés principal de comunicación del motor con la unidad de control, para ello se tiene que incorporar y soldar nuevos conectores para el funcionamiento y transmisión de datos adecuado de todos los sensores y actuadores del vehículo.

Para realizar esta operación la utilización del pin data de conexión de la MegaSquirt programable descrito anteriormente resulta de gran ayuda para ubicar cada conector con el pin correcto para garantizar la sincronización en la comunicación de la ECU con los sensores y actuadores.

Para colocar el conector de la MegaSquirt es necesario realizar sueldas independientes en cada pin del conector, utilizando un caudín de precisión de punta de esfero, las sueldas se realizan con estaño y cada cable debe ser bien soldado y aislado con cinta térmica, para evitar falsos contactos e interferencias.

Figura 76. Conexión de los conectores de la MegaSquirt



Fuente: Autores

## CAPÍTULO IV

### 4. PUESTA A PUNTO DEL MOTOR

#### 4.1 Ajustes Iniciales

La ECU programable MegaSquirt es una de las computadoras más completas, debido a la capacidad de potencia del motor que se espera tener, esta unidad programable puede modificar tiempo de ignición, tiempo de inyección, adelanto de encendido, correcciones barométricas, correcciones en función de la temperatura del aire admitido o del líquido refrigerante y eficiencia volumétrica del motor.

La ECU programable es la más avanzada, viene incorporada con un microprocesador de montaje superficial con la capacidad de modificación de software llamado también fireware, en este caso el nuevo fireware es el TunerStudio MS, siendo el más completo ya que tiene matrices de 32 x 32 y opciones de corrección más completas, la plataforma básica de comunicación de la MegaSquirt se presenta en la (Figura 77).

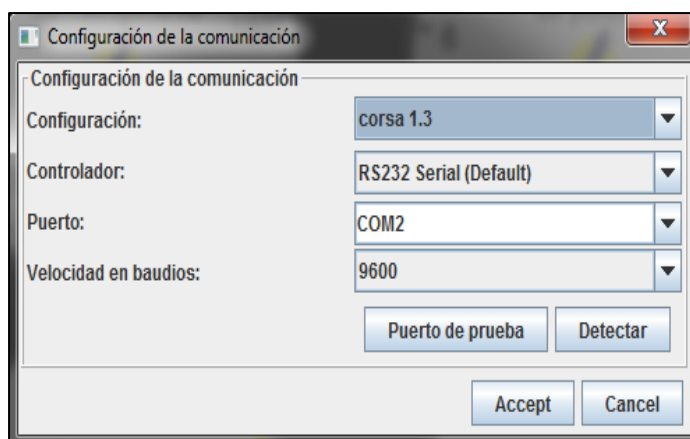
Figura 77. Plataforma inicial de la MegaSquirt



Fuente: Software MegaSquirt

**4.1.1 Interfaz de comunicación.** Con el fireware del TunerStudio MS, habilitamos el puerto número 2, que será el puerto de comunicación con el cual se configura el sistema operativo de Windows para realizar la comunicación de la MegaSquirt con el software.

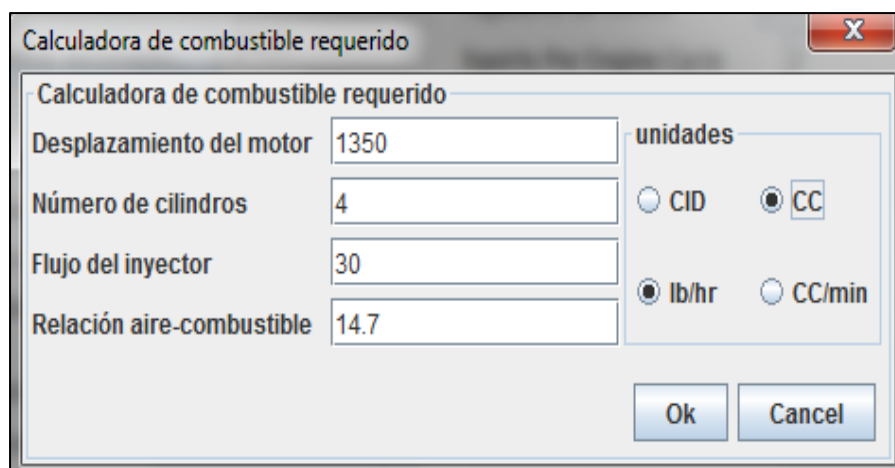
Figura 78. Configuración del puerto



Fuente: Software MegaSquirt

**4.1.2** *Requerimiento de combustible.* En la programación inicial de la MegaSquirt se dispone de los respectivos cálculos para modificar los distintos parámetros de funcionamiento del motor, por lo que se necesita ingresar los datos del motor.

Figura 79. Características generales del motor



Fuente: Autores

## 4.2 Control de la inyección

Con este cuadro de ajuste se puede calcular el combustible requerido o los pulsos de inyección necesarios para cada ciclo de funcionamiento, requiriendo de los siguientes datos:

Tabla 11. Datos software MegaSquirt

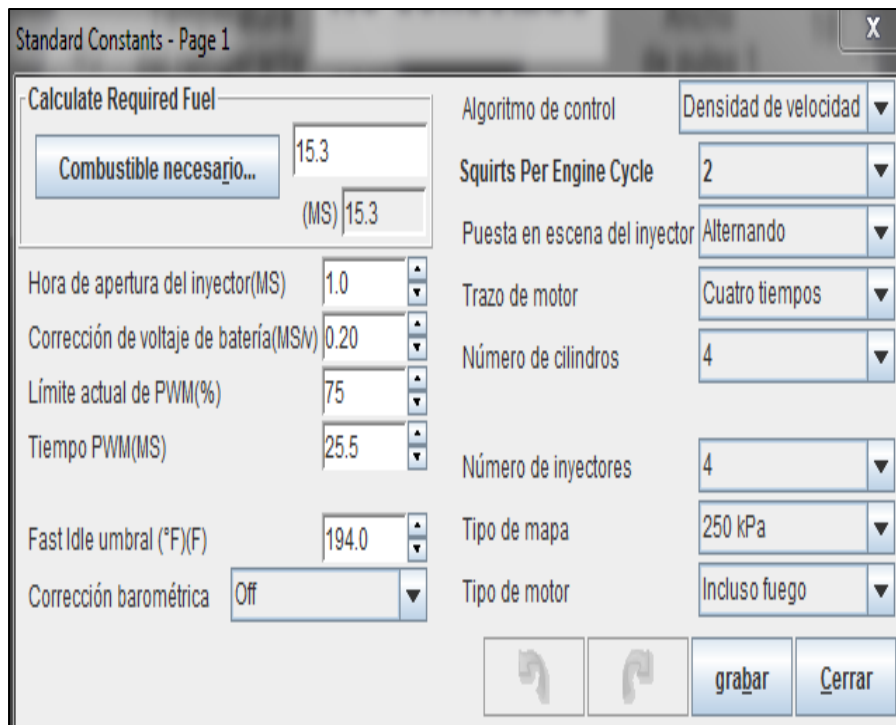
Algoritmo de control	Velocidad de densidad
Pulsos de inyección	2

Tabla 11. (Continuación)

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

Figura 80. Características para el control de la inyección de combustible



Fuente: Software MegaSquirt

### 4.3 Opciones de encendido

Esta opción permite configurar los puntos de referencia del cigüeñal y el tipo de encendido deseado, para lo que son necesarios los siguientes datos:

Tabla 12. Datos de encendido

Modo de disparo	Rueda fónica
Ángulo de desfase	5 grados



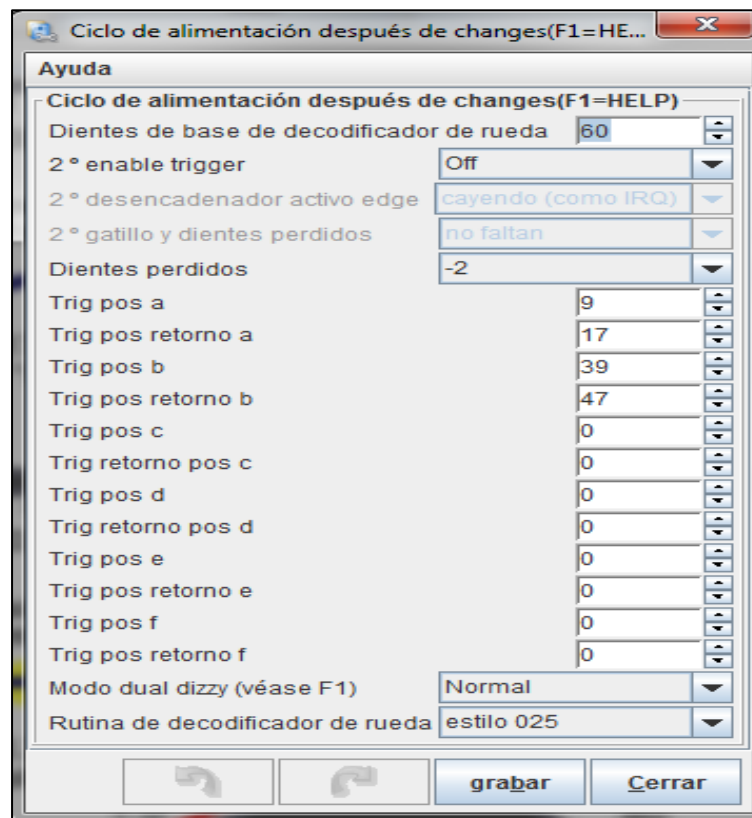
Tabla 12. (Continuación)

Toma de señal	Picos ascendentes
Salto de chispa	Con transistor de potencia
Número de bobinas	Chispa perdida
Pin de salida de chispa	D 14

Fuente: Autores

**4.3.1 Identificación de la rueda fónica.** Esta opción permite ingresar datos de las características de la rueda fónica del vehículo (Figura 81), que servirán para la sincronización de la posición del cigüeñal con el sensor CKP.

Figura 81. Características de la rueda fónica



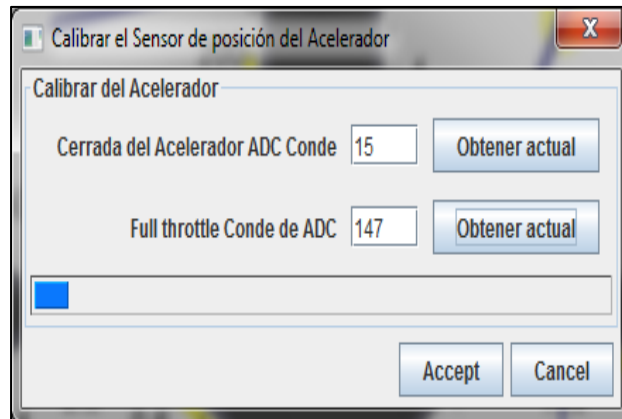
Fuente: Software MegaSquirt

#### 4.4 Calibraciones

Para un correcto funcionamiento y desempeño del motor es necesario calibrar el funcionamiento electrónico de los sensores, programar los datos de trabajo en las tablas de ajuste así como las cartografías.

**4.4.1 Calibración del sensor de posición de la mariposa.** Con esta opción la MegaSquirt reconoce en que posición se encuentra la mariposa de aceleración, determinando la posición ralentí y apertura total de la mariposa por medio del sensor TPS, para realizar esta calibración se toman dos lecturas la primera con la mariposa del acelerador completa mente cerrada y la segunda con la mariposa total mente abierta, obteniendo los datos mostrados en la (Figura 82).

Figura 82. Calibración del sensor TPS

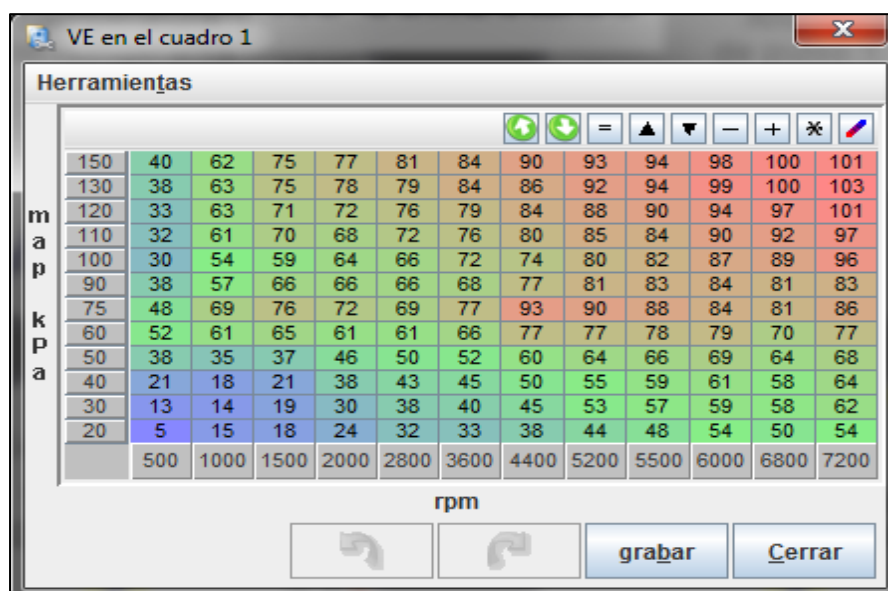


Fuente: Software MegaSquirt

#### 4.5 Plataforma de ajuste del sistema de encendido

Esta plataforma es una tabla representada en dos dimensiones el eje de las X, se representa las revoluciones del motor y en el eje de las Y, se representa la carga del motor.

Figura 83. Plataforma de ajuste

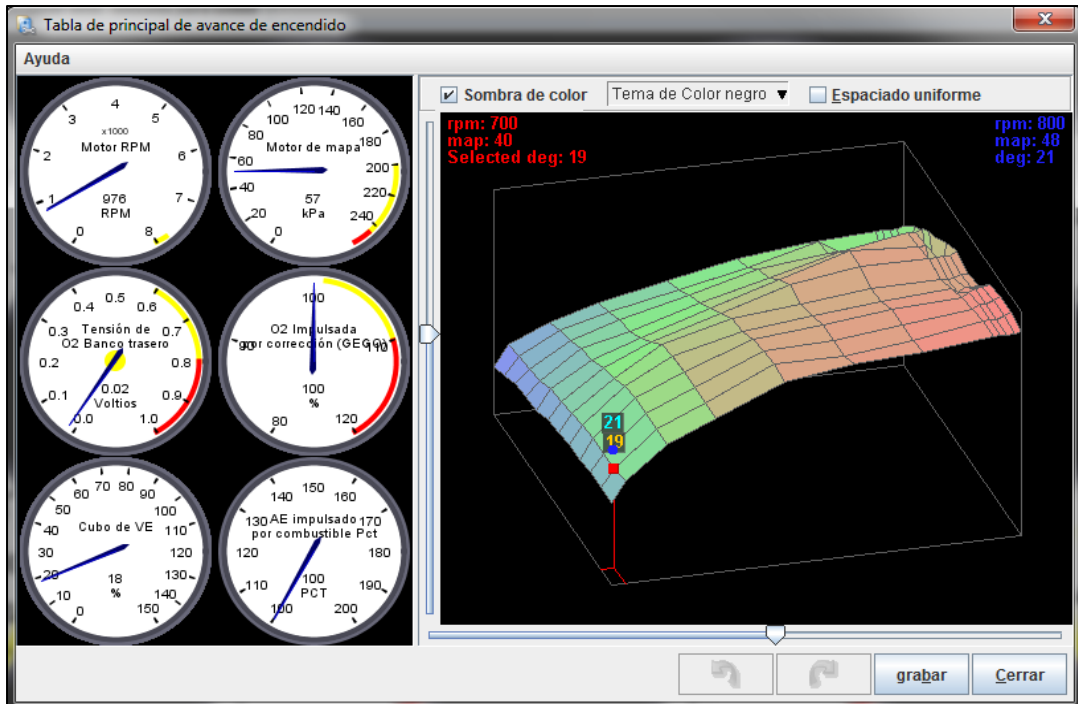


Fuente: Autores

La MegaSquirt permite realizar las diferentes modificaciones con el motor encendido por medio de un mapa denominado cartografía de ignición el que es representado en tres dimensiones en tiempo real.

En la cartografía no existen valores fijos debido a que es un módulo de control electrónico programable, los ajustes se realizan de acuerdo a las necesidades del motor para tener una calibración eficiente en todos los parámetros de funcionamiento.

Figura 84. Cartografía de ajuste con motor encendido



Fuente: Autores

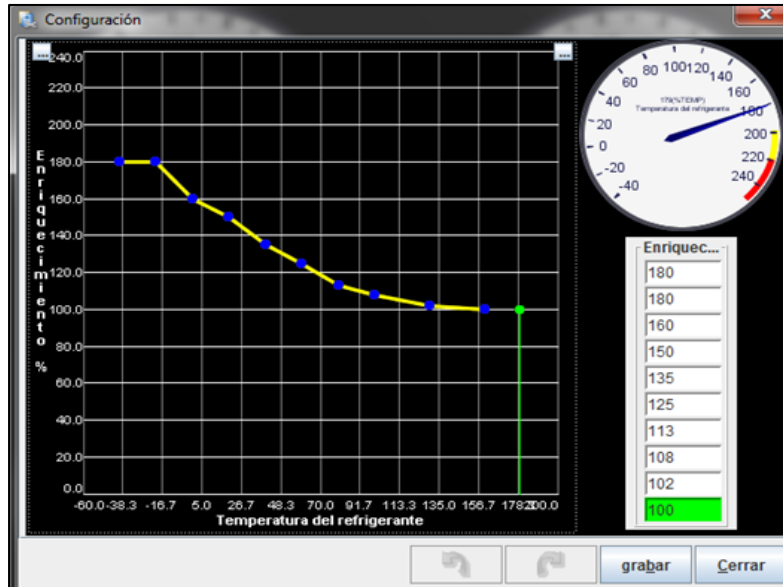
En las pruebas realizadas se ha tomado como referencia un valor de 19 grados en el avance del encendido debido a que si el valor es mayor, el motor pierde potencia produciendo detonaciones, si el valor del avance se reduce, el motor requiere de bujías de rango térmico más frío debido a que éste tiende a calentarse.

#### 4.6 Enriquecimiento en función de la temperatura del refrigerante

Esta opción permite incrementar una pequeña cantidad de combustible al motor con un factor de enriquecimiento del 100%, esta corrección se realiza para mejorar las condiciones del arranque en frío, este factor de corrección disminuye a medida que el motor eleva su temperatura normal de funcionamiento, para evitar que el motor se ahogue con un exceso de combustible.

Cuando el motor alcanza la temperatura óptima de funcionamiento, la unidad de control MegaSquirt corta todos los porcentajes de enriquecimientos extras y se basa directamente en la programación de la cartografía para el desempeño del vehículo

Figura 85. Asistente de calentamiento

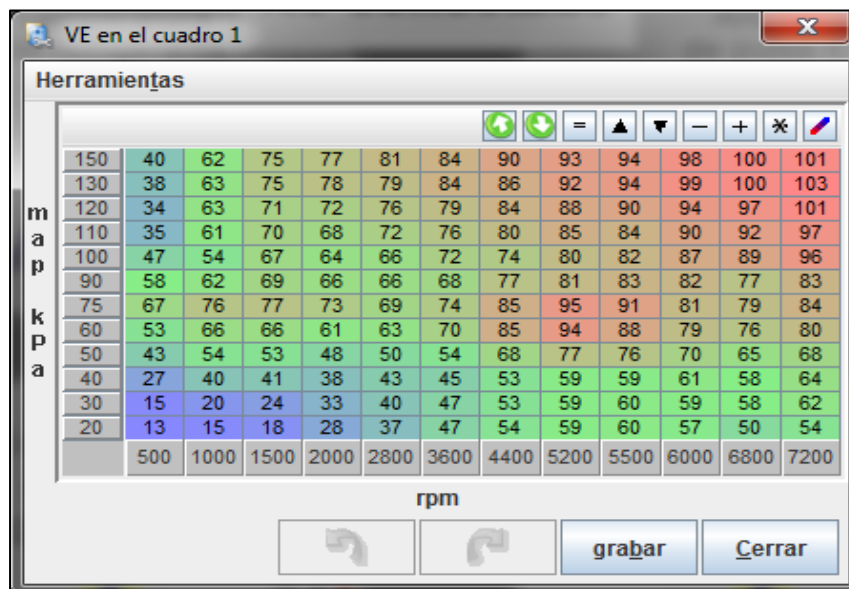


Fuente: Software MegaSquirt

#### 4.7 Enriquecimiento por eficiencia volumétrica

Mediante esta opción la MegaSquirt reconoce los valores iniciales para encender el motor, los valores se modifican dependiendo de los requerimientos para lograr una mezcla homogénea en todos los parámetros de funcionamiento del motor.

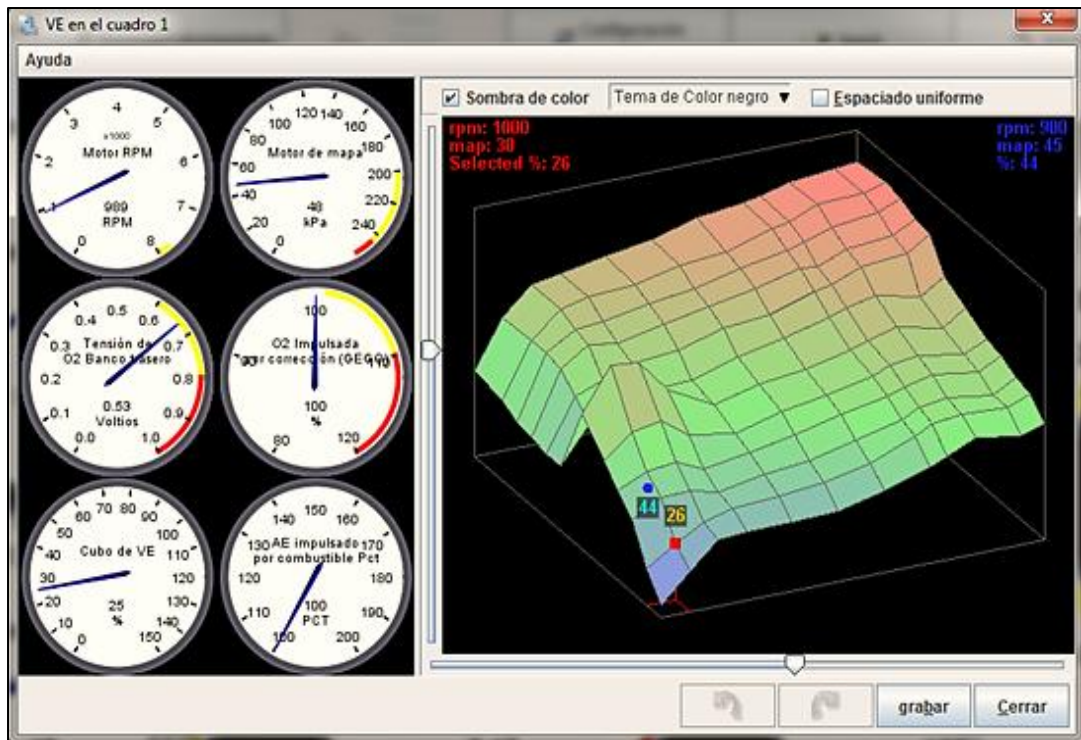
Figura 86. Ajustes iniciales con motor apagado



Fuente: Autores

Con la cartografía de la eficiencia volumétrica se puede configurar el ciclo de trabajo del sensor lambda con respecto a las revoluciones en las que se encuentra el motor.

Figura 87. Ajustes de enriquecimiento de combustible con el motor encendido



Fuente: Autores

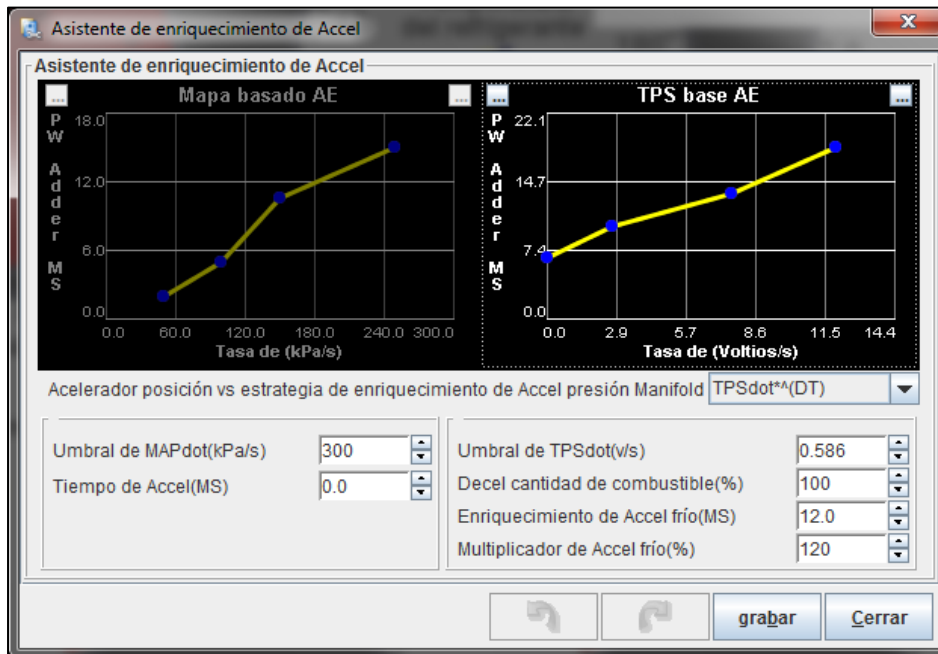
En este punto de la programación con el motor en marcha, se incrementa o disminuye el porcentaje de la eficiencia volumétrica.

Progresivamente presionamos el pedal del acelerador y de acuerdo a la carga del motor y tomando como referencia el voltaje del sensor de oxígeno para mantenerlo como mezcla ideal, se varía las condiciones del mapa cartográfico para evitar el exceso o falta de combustible en el motor, generando en este sensor un voltaje que oscila entre los 0.65 y 0.73 voltios, estos datos de programación en la variación de la cartografía son exitosos y brindan resultados fiables cuando se realiza una prueba de carretera.

#### 4.8 Asistente de enriquecimiento en la aceleración

Para una aceleración eficiente es necesario incrementar el pulso de inyección durante la aceleración, esto se consigue con la lectura del sensor TPS en función del tiempo y la velocidad de accionamiento de las mariposas de aceleración con un incremento máximo de 10 ms en el pulso de inyección.

Figura 88. Incremento del ancho de pulso con referencia del TPS



Fuente: Software MegaSquirt

## CAPÍTULO V

### 5. CÁLCULOS Y PRUEBAS DEL MOTOR

#### 5.1 Cálculos motor estándar

Cilindrada unitaria

$$V_h = \frac{D^2 * \pi * s}{4} = \frac{(7.5)^2 * \pi * 7.34}{4} = 324.271 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Cilindrada total

$$V_H = \frac{D^2 * \pi * s * i}{4} = \frac{(7.5)^2 * \pi * 7.34 * 4}{4} = 1297.085 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Relación carrera a diámetro

$$\alpha = \frac{s}{D} = \frac{7.34}{7.5} = 0.98$$

Volumen de la junta de culata

$$V_g = \frac{D^2 * \pi * g}{4} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (7)$$

Donde:

$V_g$  = Volumen de la junta, en  $\text{cm}^3$

$g$  = Espesor de la junta, en cm

$$V_g = \frac{(7.5)^2 * \pi * 0.21}{4} = 9.277 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_g$$

$$V_c = 24 + 8 + 9.277 = 41.277 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Relación de compresión

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{324.271 + 41.277}{41.277} = \mathbf{8.85}$$

Velocidad media del pistón

$$V_e = \frac{n \cdot S \cdot 2}{60 \cdot 1000} \text{ [m/s]} \quad (8)$$

Donde:

$V_e$  = Velocidad del pistón, en m/s

$n$  = Número de revoluciones, en rpm

$$V_e = \frac{5800 \cdot 73.4 \cdot 2}{60 \cdot 1000} = \mathbf{14.19 \text{ [m/s]}}$$

Holgura entre las puntas de los anillos

$$h = D \div 1000 \text{ [mm]}$$

$$h = 75 \div 1000 = \mathbf{0.075 \text{ [mm]}}$$

Presión de combustión

$$P_{com} = P_{atm} \cdot (\varepsilon)^{1.3} \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right] \quad (9)$$

Donde:

$P_{com}$  = Presión en el tiempo de combustión, en Kg/cm<sup>2</sup>

$P_{atm}$  = Presión atmosférica, en Kg/cm<sup>2</sup>

$$P_{com} = 1.02 \cdot 8.85^{1.3} = \mathbf{17.36 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]}$$

Fuerza de explosión

$$F_e = P_{com} \cdot S_e \text{ [Kg]} \quad (10)$$

Donde:

$F_e$  = Fuerza de explosión, en Kgf



$S_e$  = Superficie de la cabeza del pistón, en  $cm^2$

$$F = 17.36 * 44.17 = \mathbf{28.14 [Kg]}$$

De los cálculos y las mediciones realizadas se puede decir que se dispone de un motor supercuadrado, con una cilindrada de 1297 cc, una relación de compresión de 8.85 y una velocidad del pistón de 14.19 m/s a 5800 rpm que son las revoluciones en las que la ECU corta la inyección de combustible.

## 5.2 Prueba de consumo de combustible motor estándar

Con la prueba de consumo de combustible, se conoce la cantidad de combustible necesaria para cumplir con un determinado recorrido, para realizar esta prueba se procede a llenar el tanque de combustible al máximo de su capacidad, encerrando el odómetro y realizando el recorrido previamente analizado.

Al completar el trayecto de 50 km recorridos en la vía Ambato-Riobamba, se llena el tanque de combustible nuevamente al máximo para continuar con las pruebas, con los datos obtenidos se realiza los cálculos de consumo de combustible del motor estándar.

Tabla 13. Datos iniciales de la prueba

Recorrido	Ambato – Riobamba
Cantidad máxima de combustible en el tanque	10.134 galones
Distancia	52.6 Km

Fuente: Autores

Con los siguientes datos se realizan tres pruebas a distintas velocidades, respetando los límites de velocidad existentes en el país, conociendo el consumo exacto de combustible a las velocidades determinadas a continuación:

Tabla 14. Prueba de consumo del motor estándar

Velocidad	70 Km/h	85 Km/h	95 Km/h
Distancia	52.6 Km	52.6 Km	52.6 Km
Comb. Utilizado	1.18 galones	1.23 galones	1.28 galones
Dist. Rec. Galón	44.57 Km	42.76 Km	41.09 Km

Fuente: Autores

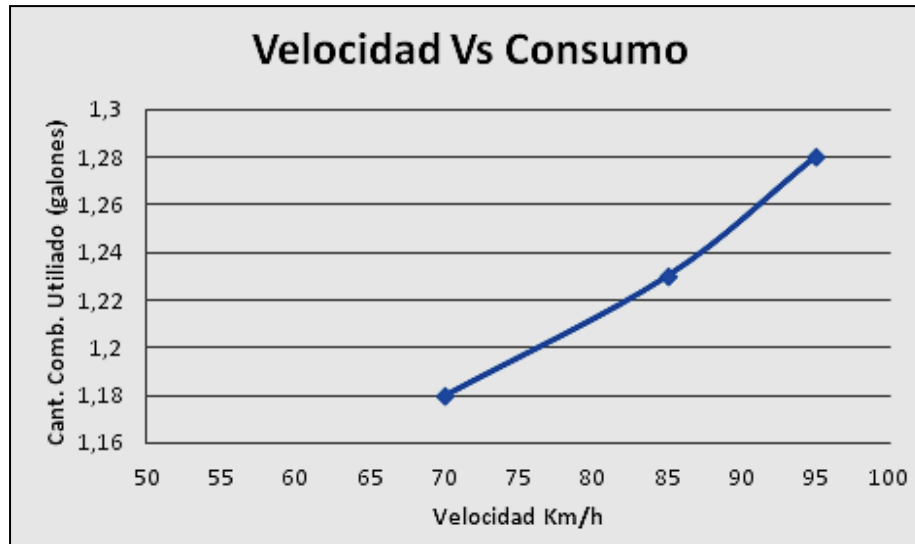
- Distancia recorrida por galón.

Distancia 52.6 Km  $\longrightarrow$  1.23 galones

X  $\longleftarrow$  1 galón

$$x = \frac{52.6 \text{ Km} \times 1 \text{ galon}}{1.23 \text{ galones}} = 42.76 \text{ [Km]}$$

Figura 89. Gráfica consumo vs velocidad motor estándar



Fuente: Autores

**5.2.1 Prueba de aceleración motor estándar.** La prueba de aceleración del motor, se realiza bajo ciertas condiciones y rango de velocidad, las condiciones que se requiere para las pruebas son:

- Tramo de carretera recta de ¼ de milla aproximadamente
- Neumáticos en buen estado
- Combustible de alto octanaje permitido
- Condiciones climáticas ideales

Para realizar la prueba se toma el tiempo en que el vehículo se demora en acelerar desde los 0 hasta los 100 Km/h en el trayecto.

Tabla 15. Pruebas de aceleración

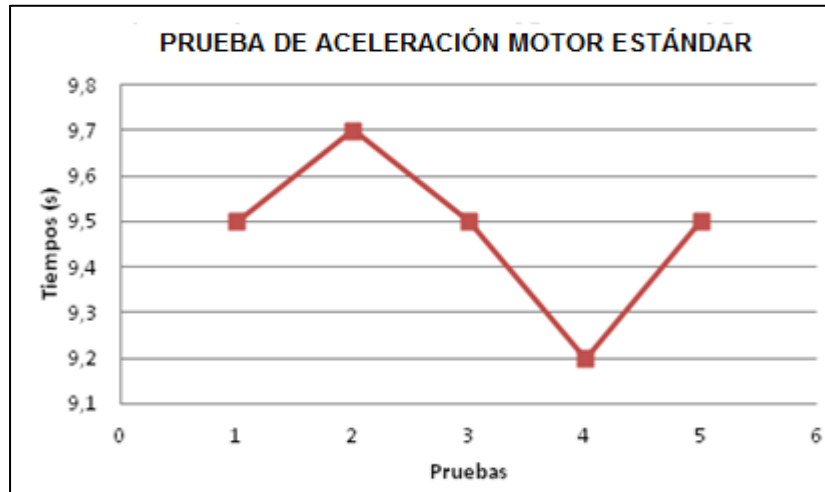
	Velocidad (Km/h)	Tiempo (s)
Prueba 1	0 – 100	13.5
Prueba 2	0 – 100	13.2

Tabla 15. (Continuación)

Prueba 3	0 – 100	12.7
Prueba 4	0 – 100	13.5
Prueba 5	0 – 100	13.0

Fuente: Autores

Figura 90. Gráfica de aceleración motor estándar



Fuente: Autores

### 5.3 Cálculos motor modificado

Cilindrada unitaria

$$V_h = \frac{(7.79)^2 * \pi * 7.34}{4} = 349.833 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Cilindrada total

$$V_H = \frac{(7.79)^2 * \pi * 7.34 * 4}{4} = 1399.332 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Relación carrera a diámetro

$$\alpha = \frac{7.34}{7.79} = 0.94$$

Volumen de la junta de culata

$$V_g = \frac{(7.79)^2 * \pi * 0.18}{4} = 8.579 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$V_c = 33 + 8.579 = \mathbf{41.579 \text{ [cm}^3\text{]}}$$

Relación de compresión

$$\varepsilon = \frac{349.833 + 41.579}{41.579} = \mathbf{9.41}$$

Aplanado de la culata

$$X = \frac{73.4}{9.41-1} - \frac{73.4}{10-1} = \mathbf{0.57 \text{ [mm]}}$$

Velocidad del pistón

$$V_e = \frac{n * s * 2}{60 * 1000} = \frac{7200 * 77.9 * 2}{60 * 1000} = \mathbf{18.69 \text{ [m/s]}}$$

Holgura entre las puntas de los anillos

$$h = 77.9 \div 1000 = \mathbf{0.078 \text{ [mm]}}$$

Presión de combustión

$$P_{com} = 1.02 * 10^{1.3} = \mathbf{20.35 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]}$$

Fuerza de explosión

$$F = 20.35 * 47.66 = \mathbf{969.88 \text{ [Kg]}}$$

De los cálculos realizados se puede exponer que modificando el motor, se aumenta la capacidad geométrica de los cilindros a 1399 cc, la relación de compresión se aumenta a 10 mediante un aplanado de la culata y se sigue manteniendo un motor supercuadrado aumentando las revoluciones del motor.

### 5.3.1 Cálculo del conducto de admisión

$$\varnothing_{CA} = \sqrt[2]{\frac{4 * SC}{\pi}} \text{ [cm]} \quad (11)$$

$$SC = \frac{V_e * S_e}{V_g} \text{ [cm}^2\text{]} \quad (12)$$

Donde:

$\phi_{CA}$  = Diámetro del conducto de admisión, en cm

SC = Superficie del conducto, en  $\text{cm}^2$

$V_g$  = Velocidad del gas en la admisión, 80 m/s

$$SC = \frac{18.69 * 47.66}{80} = \mathbf{11.13[\text{cm}^2]}$$

$$\phi_{CA} = \sqrt{\frac{4 * 11.13}{\pi}} = \mathbf{3.76[\text{cm}]}$$

Longitud del conducto de admisión

$$L_A = 108000/n \text{ [cm]} \quad (13)$$

Donde:

$L_A$  = Longitud de la admisión, en cm

$$L_A = 108000/7200 = \mathbf{15 \text{ [cm]}}$$

### 5.3.2 Cálculo del conducto de escape

$$\phi_{CE} = 2 * \sqrt{\frac{V_1 * 2}{L_E * \pi}} \text{ [cm]} \quad (14)$$

$$L_E = \frac{12980 * (AAE + 180 + RCE)}{n * 6} \text{ [cm]} \quad (15)$$

Donde:

$\phi_{CE}$  = Diámetro del conducto de escape

$L_E$  = Longitud del conducto de escape

AAE = Adelanto a la apertura de la válvula de escape

RCE = Retraso al cierre de la válvula de escape

$$L_E = \frac{12980 * (45 + 180 + 20)}{7200 * 6} = \mathbf{73.61 \text{ [cm]}}$$

$$\phi_{CE} = 2 * \sqrt{\frac{349.83 * 2}{75.71 * \pi}} = 2 * \sqrt{2.94} = \mathbf{3.03[\text{cm}]}$$

#### 5.4 Prueba de consumo de combustible motor modificado

Para los cálculos de consumo en el motor modificado, se realiza el mismo recorrido hecho con el motor estándar de 52.6 Km en la vía Ambato-Riobamba.

Se consideran las mismas velocidades con el fin de determinar el consumo exacto de combustible con el motor modificado.

Tabla 16. Datos iniciales de la prueba

Recorrido	Ambato – Riobamba
Cantidad máxima de combustible en el tanque	10.134 galones
Distancia	52.6 Km

Fuente: Autores

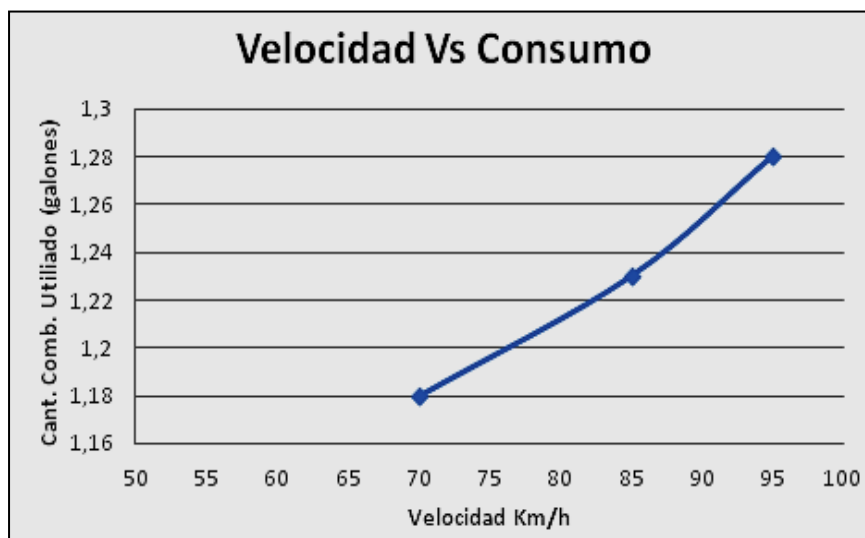
Con estos datos se realiza la prueba de consumo, a las distintas velocidades realizadas anteriormente, obteniéndose los siguientes datos.

Tabla 17. Prueba de consumo motor preparado

Velocidad	70 Km/h	85 Km/h	95 Km/h
Distancia	52.6 Km	52.6 Km	52.6 Km
Cant. Comb. Utilizado	1.68 galones	1.79 galones	1.89 galones
Dist. Rec. Galón	31.30 Km	29.38 Km	27.83 Km

Fuente: Autores

Figura 91. Gráfica consumo vs velocidad motor preparado



Fuente: Autores

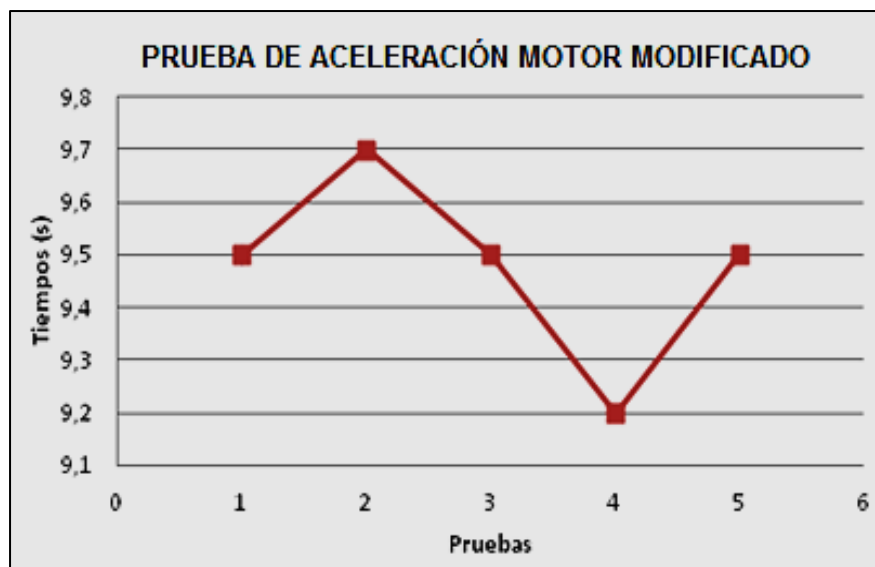
**5.4.1 Prueba de aceleración motor modificado.** Cumpliendo con las mismas condiciones de trabajo anteriormente realizadas para las pruebas con el motor estándar, se realiza la prueba de aceleración del motor preparado, obteniendo los datos que se tabulan a continuación.

Tabla 18. Pruebas de aceleración

	Velocidad (Km/h)	Tiempo (s)
Prueba 1	0 – 100	9.5
Prueba 2	0 – 100	9.7
Prueba 3	0 – 100	9.5
Prueba 4	0 – 100	9.2
Prueba 5	0 – 100	9.5

Fuente: Autores

Figura 92. Gráfica de aceleración motor preparado

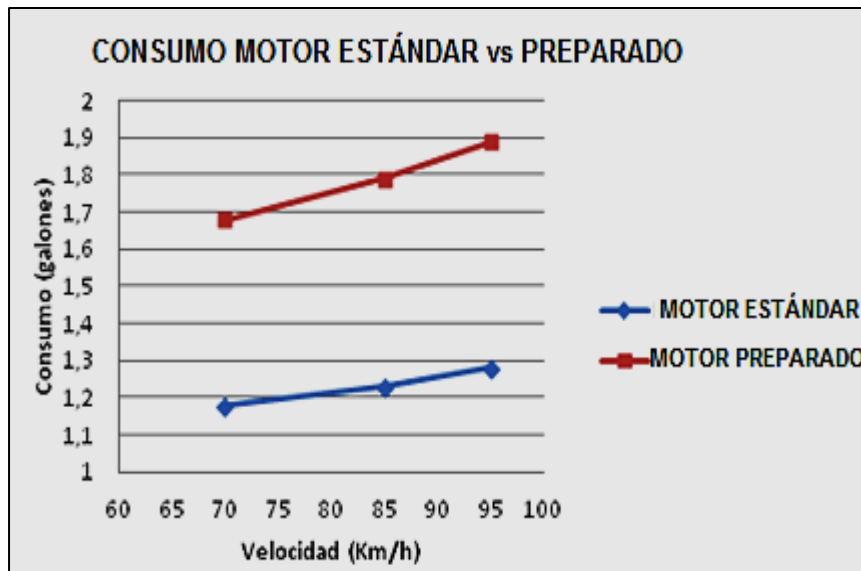


Fuente: Autores

## 5.5 Comparación de consumo de combustible motor estándar y modificado

Con los datos obtenidos en las pruebas realizadas con del motor estándar y con el motor preparado, se comparan los resultados y se obtiene una gráfica resultante, con esto se puede determinar cuanto combustible se ha utilizado en cada uno de los motores y cual es el incrementó de consumo en el motor modificado con una correcta cartografía en la programación del mapa de inyección de combustible.

Figura 93. Gráfica consumo de combustible motor estándar vs preparado



Fuente: Autores

Con las pruebas realizadas a distintas velocidades se puede determinar el promedio de consumo de combustible entre los dos motores.

- Consumo y velocidad promedio del motor estándar

$$\hat{C} = \frac{(1.18 + 1.23 + 1.28) \text{ galones}}{3} = \mathbf{1.23 \text{ galones}}$$

$$\hat{v} = \frac{(70 + 85 + 95) \text{ Km/h}}{3} = \mathbf{83.33 \text{ Km/h}}$$

- Motor preparado

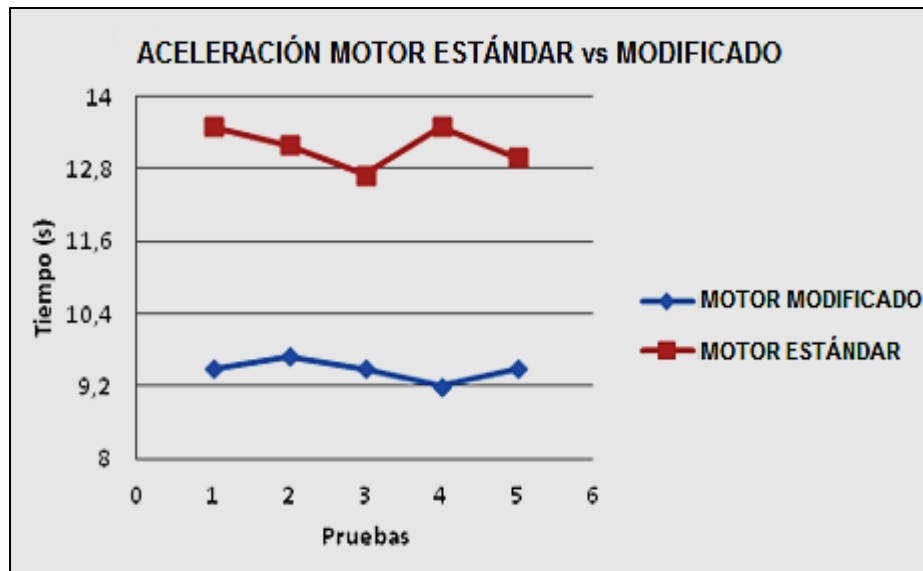
$$\hat{C} = \frac{(1.68 + 1.79 + 1.89) \text{ galones}}{3} = \mathbf{1.78 \text{ galones}}$$

La velocidad promedio en el motor preparado es la misma que la del motor estándar con el fin de realizar las pruebas a la misma velocidad en los dos motores, el consumo de combustible se ve incrementado en 0.55 galones debido a las modificaciones realizadas en el motor.

**5.5.1 Comparación de aceleración del motor estándar vs. modificado.** Con los datos obtenidos en las pruebas de aceleración realizadas tanto en el motor estándar y preparado, se realiza una gráfica para visualizar el incremento de potencia en una escala de tiempo.



Figura 94. Gráfica de aceleración motor estándar vs preparado



Fuente: Autores

- Tiempo promedio en acelerar de 0 a 100 Km/h motor estándar

$$\hat{t} = \frac{13.5 + 13.2 + 12.7 + 13.5 + 13.0}{5} = \mathbf{13.18 \text{ segundos}}$$

- Motor preparado

$$\hat{t} = \frac{9.5 + 9.7 + 9.5 + 9.2 + 9.5}{5} = \mathbf{9.48 \text{ segundos}}$$

Al comparar los tiempos en que los motores se demoran en acelerar de 0 a 100 kilómetros, se observa que en el motor modificado el tiempo reduce en comparación al del motor estándar, lo que indica que existe un aumento de potencia en el motor.

## CAPÍTULO VI

### 6. ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis es un informe de los costos directos e indirectos que influyeron en el proceso de construcción de la presente tesis, en éste también se detalla el costos de construcción total para poder obtener una utilidad al querer brindar nuestro servicio hacia los aficionados por el automovilismo.

#### 6.1 Costos directos

Tabla 19. Materiales

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Aceite motor	Galón	1	25	25
Aceite transmisión	Galón	1	20	20
Bielas		4	30	120
Bobina de encendido		1	60	60
Bomba de aceite		1	50	50
Bomba de agua		1	40	40
Bomba de combustible		1	35	35
Bujías		4	4.50	18
Cable de acelerador		1	8	8
Cables de bujías		4	8	32
Cañería de refrigerante		1	18	18
Discos de freno		2	25	50
Distribución DOHC		1	600	600
MegaSquirt programable		1	1000	1000
Muffler		1	180	180
Filtro de aceite		1	5	5
Filtro de combustible		1	30	30
Juego de segmentos		1	50	50
Kit cojinetes de bancada		1	30	30
Kit cojinetes de biela		1	30	30
Kit de embrague		1	100	100
Kit de empaques		1	90	90
Kit distribución		1	65	65
Pastillas de freno		4	7.50	30
Pernos de culata		10	3.50	35

Tabla 19. (Continuación)

Pistones		4	25	100
Pintura	Litros	1	25	25
Platinas de acero	metros	3	8.33	25
Retenes árbol de levas		2	7	14
Sensor TPS		1	50	50
Silicona		3	5	15
Sistema de escape		1	550	550
Tapa de distribución		1	45	45
Tubería de acero	metros	6	15	90
Throttle Body		4	125	500
Válvulas de admisión		8	8.75	70
Válvulas de escape		8	7.50	60
Zapatas de freno		4	9	36
<b>TOTAL</b>				<b>4301</b>

Fuente: Autores

Tabla 20. Mano de obra

DESCRIPCIÓN	Horas/Hombre	Costo horario	COSTO
Soldador	60	3	180
Rectificador	60	3	180
Ayudante	30	3	90
<b>TOTAL</b>			<b>450</b>

Fuente: Autores

Tabla 21. Equipos y herramientas

DESCRIPCIÓN	Horas/Máquina	Costo horario	COSTO
Soldadora	48	0	0
Rectificadora	50	3	150
Escáner automotriz	60	3	180
Multímetro automotriz	30	0	0
Herramientas de taller	400	0	0
Laptop	400	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>330</b>

Fuente: Autores

## 6.2 Costos Indirectos

Tabla 22. Costos indirectos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO
Costo ingenieril	-	254
Imprevistos	-	200
Utilidad	-	0
Documentación	-	200
<b>TOTAL</b>		<b>654</b>

Fuente: Autores

## 6.3 Costos totales

Tabla 23. Costos totales

DESCRIPCIÓN	COSTO
Costos directos	5081
Costos indirectos	654
<b>TOTAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>5735</b>

Fuente: Autores

## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

Con la modificación practicada en la distribución del vehículo se logró mejorar la eficiencia volumétrica del motor al tener cuatro válvulas en cada cilindro, esto permite que los gases de admisión y de escape tengan una mayor superficie para su circulación.

Realizada la modificación mecánica se consiguió aumentar las revoluciones de giro del motor, esto se consiguió mediante el uso de pistones y bielas más ligeros con similares características de fabricación, además se incrementó la lubricación de estos elementos para tener un correcto desempeño de los mismos.

Implementado un sistema de control electrónico programable MegaSquirt en el vehículo Corsa Wind, se ayudó a modificar los parámetros fundamentales y establecer límites de funcionamiento del motor en tiempo real.

La correcta puesta a punto, favoreció a mantener un mayor rendimiento del motor controlando una mezcla estequiométrica en todo intervalo de funcionamiento para disminuir los niveles de gases contaminantes producto de la combustión.

Al evaluar los resultados la potencia y consumo, sus valores se ven incrementados debido a las modificaciones realizadas, teniendo un incremento de potencia de un 35 % cumpliendo con los objetivos propuestos en la presente investigación.

#### 7.2 Recomendaciones

Realizar correctamente todos los cálculos necesarios antes de iniciar cualquier tipo de modificación mecánica, un cálculo deficiente podría ocasionar fallas o daños perjudiciales en el motor.

Realizar el ensamblaje de los elementos del motor adecuadamente lubricados y lo más limpio posible para evitar desgaste en los primeros minutos de funcionamiento.

Ajustar todos los pernos y tuercas del motor al par de apriete especificado y con el uso de herramientas fiables.

Controlar el límite de revoluciones del motor con el corte de la inyección para evitar que la velocidad media del pistón sea superior a 20 m/s, esto permitirá que el motor no obtenga revoluciones muy elevadas que pueden ocasionar daños irreparables.

Ubicar los diferentes sensores y actuadores correctamente en lugares que sean de fácil acceso, que no provoquen interferencia en su funcionamiento y obtengan una lectura adecuada en todos los parámetros de trabajo del motor.

Soldar el conector de la MegaSquirt con el arnés de cables de sensores y actuadores afinadamente con la ayuda del diagrama electrónico de la MegaSquirt, aislando cada una de las uniones con una cinta térmica o termo-contráible para evitar cortocircuitos y falsos contactos.

Realizar las pruebas y correcciones necesarias para calibrar correctamente las cartografías ajustables de avance al encendido y pulso de inyección con el vehículo en marcha.

## BIBLIOGRAFÍA

**CASTRO, Vicente Miguel. 1998.** *Trucaje de motores de 4 tiempos*. Barcelona : CEAC, 1998.

**CHAMPION. 2012.** *Bujías Champion*. [En línea] 30 de 06 de 2012. [Citado el: 15 de 02 de 2013.]

[http://www.etman.com.ar:444/Catalogos/CATALOGO\\_CHAMPION\\_BUJIAS.PDF](http://www.etman.com.ar:444/Catalogos/CATALOGO_CHAMPION_BUJIAS.PDF).

**DOMINGUEZ, Esteban. 2010.** *Mecánica del vehículo técnicas básicas*. Madrid : PARANINFO, 2010.

**GIL, Hermógenes. 2002.** *Manual del automovil reparación y mantenimiento*. Madrid : CULTRAL, 2002.

**GONZÁLEZ CALLEJA, David. 2012.** *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid : PARANINFO, 2012.

**GUILLIERI, Stefano. 2005.** *Preparación de motores de serie para competición*. Barcelona : CEAC, 2005.

**KINDLER, H. 1986.** *Matemática aplicada para la técnica del automovil*. s.l. : GTZ, 1986.

**MegaSquirt. 2011.** *Piratamotor*. [En línea] 18 de 07 de 2011. [Citado el: 22 de 03 de 2013.] <http://www.megamanual.com/index.html>.

**RUEDA SANTANDER, Jesús. 2006.** *Manual Técnico de Fuel Injection*. Guayaquil : DISELI editores, 2006.

**SALINAS VILLAR, Antonio. 2007.** *Electromecánica de vehículos motores*. Madrid : PARANINFO, 2007.