



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA  
TWIN CAM DOBLE ÁRBOLDE LEVAS Y 16 VÁLVULAS  
A UN MOTOR ISUZUESTÁNDAR”**

**ANGULO SANMARTÍN JOSÉ LUIS  
GUERRERO TORRES CARLOS MANUEL**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013 – 06 – 20

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**JOSÉ LUIS ANGULO SANMARTÍN**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA TWIN CAM DOBLE  
ÁRBOL DE LEVAS Y 16 VÁLVULAS A UN MOTOR ISUZU ESTÁNDAR”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis S. Choto Chariguaman  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Bolívar A. Cuaical Angulo  
ASESOR DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013 – 06 – 20

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**CARLOS MANUEL GUERRERO TORRES**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA TWIN CAM DOBLE  
ÁRBOL DE LEVAS Y 16 VÁLVULAS A UN MOTOR ISUZU ESTÁNDAR”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis S. Choto Chariguaman

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Bolívar A. Cuaical Angulo

ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JOSÉ LUIS ANGULO SANMARTÍN

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA TWIN CAM DOBLE ÁRBOL DE LEVAS Y 16 VÁLVULAS A UN MOTOR ISUZUESTÁNDAR”

**Fecha de Examinación:** 2014 – 12 – 08

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis S. Choto Chariguaman DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Bolívar A. CuaicalAngulo ASESOR DE TESIS			

\* 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. Jorge Paucar  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CARLOS MANUEL GUERRERO TORRES

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA TWIN CAM DOBLE ÁRBOL DE LEVAS Y 16 VÁLVULAS A UN MOTOR ISUZUESTÁNDAR”

**Fecha de Examinación:** 2014 – 12 – 08

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis S. Choto Chariguaman DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Bolívar A. Cuaical Angulo ASESOR			

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

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

---

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

---

Ing. Jorge Paucar  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

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

---

José Luis Angulo Sanmartín

---

Carlos Manuel Guerrero Torres

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a las personas que creen en su potencial intelectual para impulsar un proyecto de desarrollo científico-practico, en sus distintas ramas de desempeño como individuos y colectividad.

**José Luis Angulo Sanmartín**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres que confiaron en mí intelecto para desarrollar mis capacidades y obtener logros productivos para la sociedad en bienestar de todos y todas por un mundo mejor.

**Carlos Manuel Guerrero Torres**

## **AGRADECIMIENTO**

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.

Y en especial para todos los familiares, amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

**José Luis Angulo Sanmartín**

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

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

**Carlos Manuel Guerrero Torres**

## RESUMEN

La implementación del sistema de inyección electrónico programable Mega Squirt y el sistema de distribución mecánica DOHC por un sistema SOHC, tiene por objetivo poner a prueba los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación académica , complementado con desarrollo de las habilidades y destrezas en el proceso de implementación del sistema TWIN CAM programable, en un motor a carburador estándar.

El proceso inicia con la recopilación de información, principios de funcionamiento sistema de inyección electrónica TWIN CAM con la selección de piezas y materiales adecuados.

Conforme se avanza en la implementación del sistema electrónico TWIN CAM se debe ir construyendo nuevas partes que se ajusten debidamente al motor para fijar las piezas del sistema electrónico programable y mecánico TWIN CAM.

El sistema de inyección MEGASQUIRT, consta de una ECU programable a la cual se puede acceder mediante un ordenador por medio un cable serial, para realizar ajustes de dosificación, sincronización de los sensores, sistema de refrigeración y encendido.

En cuanto al sistema de accionamiento mecánico DOHC a implementarse; se ha de seleccionar una culata que coincide con la misma base de acoplamiento en el bloque de cilindros con sus conductos de fijación, lubricación y refrigeración.

Para el proceso de cambio de calibración de la ECU, se debe guardar en un ordenador o memoria en la ECU, se recomienda al usuario seguir los pasos del manual de usuario, adjunto al trabajo presentado. Por otro lado para el proceso de re-calibración de la ECU se deberá realizarse con una persona especializada en el sistema para una calibración adecuada, y poder ser guardada para un cambio posterior cuando se desee.

## **ABSTRACT**

The implementation of a programmable system of electronic injection Mega Squirt and mechanical distribution system, DOHC by a SOHC system, is aimed to test knowledge acquired during the process of academic training complemented with the development of the abilities and skills in the process of the implementing the Twin Cam programmable system, in an engine to a standard carburetor.

The process begins with the collection of information, functioning principles, Twin Cam electronic injection system with the selection of appropriate parts and materials.

As the implementation of the electronic system twin Cam is in progress, it is necessary to start building new parts adjusting properly to the engine in order to attach the parts of Twin Cam electronic, programmable and mechanical system.

Mega Squirt injection system consists of a programmable ECU which can be accessed by a computer by means of a serial cable to conduct a dosage adjustment, sensors synchronization, refrigeration and start system.

Regarding to DOHC mechanical operation system to be implemented, it is necessary to choose a cylinder head matching with the same dock into the cylinder block with its fastening, lubrication and cooling conduits.

In order to carry out the changing process of the ECU calibration, it has to be saved in a computer or memory in the ECU. It is recommended that the user follows the steps described in the user manual, attached to this study.

By the other hand, for ECU recalibration process; this will have to be performed by a well-trained person specialized in the system to ensure an appropriate calibration, since this can be saved for a future change when it is required.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>20</b>
1.1 Antecedentes.....	20
1.2 Justificación .....	2
1.2.1 <i>Justificación técnica</i> .....	2
1.2.2 <i>Justificación económica</i> .....	2
1.2.3 <i>Justificación social</i> .....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	3
<b>2. SISTEMAS DE DISTRIBUCION DEL MOTOR</b> .....	<b>4</b>
2.1 Introducción.....	4
2.2 Descripción de elementos .....	5
2.2.1 <i>Elementos interiores</i> .....	5
2.2.2 <i>Elementos exteriores</i> .....	8
2.3 Mando de árbol de levas .....	12
2.3.1 <i>Mando por piñón intermedio.</i> .....	13
2.3.2 <i>Mando por cadena.</i> .....	13
2.3.3 <i>Mando por correa dentada.</i> .....	14
2.4 Disposición de las válvulas en el cilindro .....	15
2.4.1 <i>Válvulas laterales SV.</i> .....	15
2.4.2 <i>Válvulas en cabeza.</i> .....	16
2.5 Comparación entre cámaras de combustión .....	18
2.6 Salida de los gases .....	21
2.6.1 <i>Catalizadores.</i> .....	22
2.6.2 <i>La Sonda lambda</i> .....	27
2.7 Instrucciones de montaje y desmontaje de la culata.....	29
2.7.1 <i>Montaje de la culata</i> .....	29
2.7.2 <i>Desmontaje de la culata</i> .....	30
2.8 Averías de la compresión .....	31
2.8.1 <i>Causas de una mala compresión</i> .....	31
<b>3. IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA TWIN CAM</b> .....	<b>32</b>
3.1 Definición de régimen de trabajo .....	32
3.2 Selección de la culata .....	34
3.3 Geometría de levas y su influencia a la apertura y cierre de las válvulas .....	35
3.3.1 <i>Diseño del eje de levas.</i> .....	37
3.3.2 <i>Diseño de levas.</i> .....	37
3.3.3 <i>Levas simétricas.</i> .....	40
3.3.4 <i>Levas asimétricas.</i> .....	41
3.4 Diseño de las poleas de distribución.....	42

3.5	Implementación de las barras de distribución.....	42
3.6	Ángulos de apertura y cierre de las válvulas según el diagrama de distribución .....	43
3.7	Elementos intermedios de accionamiento de las válvulas.....	44
3.8	Selección de válvulas.....	48
3.8.1	<i>Válvulas OHC</i> .....	48
3.8.2	<i>Válvulas OHV</i> .....	49
3.8.3	<i>Válvulas DOHC</i> .....	49
<b>4.</b>	<b>PROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL SISTEMA TWIN CAM.....</b>	<b>51</b>
4.1	Introducción a los controles MegaSquirt EFI.....	51
4.1.1	<i>Cómo funcionan los controles de la MegaSquirt EFI</i> .....	55
4.1.1.1	Valores de medición .....	56
4.1.1.2	Datos de calibración .....	57
4.2	Montaje de la placa principal V3.0.....	58
4.3	Esquemas y soluciones de problemas.....	64
4.3.1	<i>Cableado y sensores</i> .....	65
4.3.2	<i>Inyectores y abastecimiento de combustible</i> .....	65
4.3.3	<i>Ajustar los controladores de la MegaSquirt I Extra</i> .....	68
<b>5.</b>	<b>MONTAJE DEL SISTEMA TWIN CAM.....</b>	<b>72</b>
5.1	Montaje de la culata.....	72
5.1.1	<i>Montaje de las válvulas</i> .....	76
5.1.2	<i>Montaje de los árboles de levas</i> .....	80
5.1.3	<i>Montaje del sistema de distribución DOHC</i> .....	82
5.2	Montaje del sistema electrónico .....	82
5.2.1	<i>Montaje de la unidad electrónica de control</i> .....	82
5.2.2	<i>Montaje de la bobina de encendido</i> .....	83
5.2.3	<i>Montaje y ubicación del cableado</i> .....	84
<b>6.</b>	<b>PRUEBAS Y ENSAYOS.....</b>	<b>86</b>
6.1	Puesta a punto de la distribución .....	86
6.2	Pruebas de torque y potencia en el dinamómetro .....	90
6.3	Fallas comunes de la distribución.....	96
6.4	Informe de costos reales de implementación.....	96
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>99</b>
7.1	Conclusiones.....	99
7.2	Recomendaciones .....	99

BIBLIOGRAFÍA  
ANEXOS

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1 Distribución .....	4
2 Partes de la válvula .....	5
3 Tipos de Válvulas .....	6
4 Zonas de temperatura, válvula de escape.....	6
5 Válvula con alma de sodio.....	7
6 Muelles y Montaje. ....	7
7 Guías de válvula.....	8
8 Asiento de válvula. ....	8
9 Árbol de levas .....	9
10 Perfil de leva .....	10
11 Taqué .....	11
12 Taques hidráulicos .....	11
13 Elementos de mando .....	12
14 Mando por piñón intermedio .....	13
15 Mando por cadena.....	13
16 Mando por correa dentada .....	14
17 Válvulas laterales .....	15
18 Válvulas Laterales SV .....	15
19 Válvulas en cabeza funcionamiento .....	16
20 Árbol de levas en culata.....	16
21 Distribución DOHC .....	17
22 Cámara de combustión cilíndrica .....	19
23 Cámara de combustión en tina.....	19
24 Cámara de combustión en cuña .....	20
25 Cámara de combustión Hemisférica .....	20
26 Colector de escape .....	21
27 Tubos de escape optimizados .....	22
28 Catalizador.....	22
29 Estructura interna del catalizador .....	23
30 Monolito.....	23
31 Componentes del catalizador .....	24

32	Proceso de catálisis .....	26
33	Proceso Químico del Catalizador .....	26
34	Sonda lambda.....	27
35	Funcionamiento del Sensor de Oxígeno .....	28
36	Esquema de trabajo .....	28
37	Curva de Potencia y Torque.....	32
38	Curva potencia y torque .....	33
39	Grafica característica potencia y torque.....	34
40	Partes de la leva .....	35
41	Curva de desempeño de la leva.....	36
42	Tipos de levas .....	36
43	Eje de levas .....	37
44	Diseño del eje de levas.....	38
45	Levas Simétricas .....	41
46	Levas Asimétricas .....	41
47	Diagrama de válvulas.....	43
48	Componentes de las válvulas .....	44
49	Asiento y guías de válvulas .....	45
50	Asiento de válvula .....	46
51	Muelles.....	46
52	Taqué hidráulico .....	47
53	Funcionamiento del taqué hidráulico.....	47
54	Distribución OHC .....	48
55	Distribución OHV .....	49
56	Distribución DOHC .....	49
57	Mapa de la MegaSquirt.....	51
58	Procesador de 8 MHz.....	52
59	Inyector .....	57
60	Inyector desactivado .....	58
61	Inyector Activo .....	58
62	Placa principal de componentes.....	60
63	Cableado externo con una placa principal V3.0 .....	65
64	Configuración – sonda lambda .....	69
65	Fueling algoritmo.....	69

66	Configuración de los cilindros .....	70
67	Rueda fónica .....	70
68	Sensor Hall.....	71
69	Decodificador de señal.....	71
70	Montaje del empaque de la culata.....	72
71	Orden para el ajuste de pernos de la Culata.....	73
72	Demostración de ajuste con torquímetro .....	73
73	Lubricación de los propulsores y orificios.....	74
74	Instalación de los propulsores.....	74
75	Ubicación correcta de las poleas.....	75
76	Montaje de la tapa válvulas sobre la culata .....	75
77	Inspección de válvulas .....	76
78	Inspección de vástago .....	77
79	Tolerancia de cuadratura.....	78
80	Montaje de los sellos de válvula.....	79
81	Montaje de las válvulas.....	79
82	Posición correcta para el montaje de los muelles .....	79
83	Instalación de las chavetas de media luna .....	80
84	Instalación de los árboles y las poleas .....	80
85	Ubicación correcta de los soportes del árbol de levas .....	81
86	Orden correcto de ajuste .....	81
87	Ubicación de ECU .....	82
88	Bobina de encendido.....	83
89	Ubicación bobina de encendido.....	84
90	Protección cableado sensores.....	84
91	Ubicación de relés y fusibles .....	85
92	Ubicación de tierras .....	85
93	Discos graduados .....	87
94	Reloj palpador.....	87
95	Ubicación de las señales de distribución .....	88
96	Comparación del disco graduado con las señales originales .....	88
97	Calado del árbol de levas .....	89
98	Marcas de la polea con relación a la culata .....	89
99	Diagrama termodinámico Otto .....	91



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Parámetros de funcionamiento.....	28
2 Ángulos de las válvulas .....	43
3 Clasificación de los colores .....	59
4 Verificación y prueba de la fuente de alimentación .....	61
5 Presión barométrica Vs. Altitud.....	63
6 Averías del sensor CKP .....	64
7 Constantes del inyector .....	66
8 Relación entre banda ancha y banda corta.....	67
9 Torque para pernos de la culata .....	73
10 Torque para pernos de las poleas de los ejes de levas .....	75
11 Holguras de las válvulas y guías.....	76
12 Espesores de las válvulas .....	77
13 Tolerancias de contacto de la válvula en la culata.....	78
14 Tolerancia del resorte de válvula .....	78
15 Torque para pernos del árbol de levas .....	81
16 Datos Técnicos del motor G13B.....	90
17 Datos del motor implementado.....	91
18 Tabla de resultados .....	96

## SIMBOLOGÍA

Símbolo	Descripción	Unidad
$\lambda$	Lambda	-
$\partial$	Ángulo de admisión o escape	°
$\Omega$	Ángulo determinado por la holgura entre el propulsor y leva	°
$d$	Diámetro del núcleo del árbol de levas	mm
$J$	Holgura entre el propulsor y la leva	mm
$P$	Presión	kPa
$V$	Volumen	Lt
$T$	Temperatura	°K
$D$	Diámetro cilindro	cm
$C$	Carrera	cm
$V_{cam}$	Volumen de la cámara de combustión	cm <sup>3</sup>
$V_h$	Volumen del cilindro	cm <sup>3</sup>
$i$	Número de cilindros	#
$z$	Número de tiempos operativos del motor	#
$n$	Número de revoluciones del motor	rpm
$m_t$	Masa teórica del aire aspirado	kg
$R$	Constante de los gases	kgcm/kg°K
$\delta_t$	Densidad teórica del aire	kg/cm <sup>3</sup>
$m_a$	Masa real del aire aspirado	kg
$n_v$	Rendimiento volumétrico	-
$n_i$	Rendimiento indicado	-
$n_m$	Rendimiento mecánico	-
$n_t$	Rendimiento térmico	-
$n_T$	Rendimiento termodinámico	-
$Q_t$	Calor entregado por ciclo y por cilindro	kcal
$\alpha$	Relación aire – combustible	-
$m_c$	Masa del combustible	kg
$H_i$	Poder calorífico inferior del combustible	kcal/kg
$N_t$	Potencia teórica	CV
$N_i$	Potencia indicada	CV
$N_e$	Potencia efectiva	CV
$\varphi$	Relación de compresión	-
$k$	Relación de calores específicos	-
$M$	Torque motriz	Nm
$P_e$	Presión media efectiva	kcal/cm <sup>3</sup>
$V_t$	Cilindrada total	cm <sup>3</sup>
$P$	Potencial térmico	kcal/cm <sup>3</sup>

## LISTA DE ABREVIACIONES

TWIN CAM	Doble árbol de levas.
DOHC	Motor con doble árbol de levas motor de combustión interna que usa un árbol de levas, ubicado en la culata.
ISUZU	Marca de fabricación japonesa.
GDI	Motores con inyección directa de combustible
SV	Tipo de distribución con válvulas laterales al motor.
OHV	Tipo de distribución de levas en el bloque y válvulas en culata.
OHC	Tipo de distribución de levas y válvulas en culata.
PMS	Punto muerto superior.
AAA	Avance de la Apertura de Admisión.
AAE	Avance de la Apertura de Escape.
RCA	Retraso del Cierre de Admisión.
RCE	Retraso del Cierre de Escape.
CRV	Cruce de válvulas.
TA	Periodo de admisión.
TE	Periodo de escape.
MHz	Es la medición de la frecuencia de un evento cíclico, que representan al número de veces por segundo que el ciclo se ha completado.
MAP	Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión.
EFI	(Electronic fuel injection) Inyección electrónica de combustible.
RPM	Revoluciones por minuto.
ECU	Unidad electrónica de control.
PROM	(Programmable read-only memory) Memoria de solo lectura programable.
REQ_FUEL	Combustible requerido.

ADC	Convertidor análogo digital.
CLT	Sensor de temperatura del refrigerante (alias CTS).
MS	MegaSquirt, utilizado en este documento para referirse al controlador <i>MegaSquirt</i> de inyección de combustible o su software embebido.
FIDLE	Fast Idle Es un dispositivo usado para controlar la velocidad de ralentí con el aire adicional suministrada por un solenoide de vacío.
CWU	Ajuste de baja temperatura.
CWH	Ajuste de alta temperatura.
TPS	Throttle position sensor. Sensor de posición del acelerador.
EGO	Exhaust Gas Oxygen Sensor de oxígeno de gases de escape.
PCB	Printed Circuit Board Placa de circuito impreso.
MSQ	Extensión de archivo utilizado para guardar <i>MegaSquirt</i> .
AFR	Air Fuel Ratio Relación de Aire Combustible.
VE	Volumetric Efficiency Eficiencia volumétrica. La cantidad real de aire que se bombea por el motor.
IN	Válvula de admisión.
EX	Válvula de escape.

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Componentes de la computadora MegaSquirt 1 extra
- B** Relación de velocidades y especificación de neumáticos
- C** Imágenes de implementación
- D** Ensayos dinamométricos
- E** Guía de usuario para cambio de calibración
- F** Parámetros para el múltiple de escape

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

Debido a los niveles elevados de contaminación que producen los motores de combustión interna dosificados a carburador en nuestro país se ha visto la necesidad de realizar un estudio para mejorar las características del motor, y así satisfacer la necesidad de obtener un consumo eficaz de combustible y mejorar el rendimiento del motor con la adaptación y el reemplazo de un sistema a carburador y un árbol de levas por un sistema TWIN CAM, el cual consiste de un sistema de doble árbol de levas, y un sistema de alimentación de combustible a inyección electrónica controlado por una unidad electrónica, el cual será muy importante e indispensable en el llenado y la evacuación de los gases productos de la combustión, haciendo más eficiente el consumo del combustible en el motor; por tanto economizando el bolsillo del usuario

Debido al avance tecnológico se obtendrá un mayor conocimiento de la electrónica por ser de las aplicaciones más usadas hoy en la actualidad para conseguir una mejor eficiencia en la utilización de gasolina como fuente de combustible; ya que, si no implementamos un proceso de control de alguna u otra manera afectará a la salud y a la economía de nuestro país.

## **1.2 Justificación**

**1.2.1 Justificación técnica.** Teniendo como recurso profesional nuestro aprendizaje adquirido en la ESPOCH, nuestro tema del proyecto nos enfoca a conseguir la especialización en el sistema de alimentación y electrónica en motores de combustión interna a gasolina, así como también un aprendizaje práctico.

En la actualidad lo que la tendencia mundial del sector automovilístico pretende es conseguir una actitud ecológica con el medio ambiente; y a fin de conseguir este objetivo, se han desarrollado nuevas y mejores formas de aprovechamiento eficiente de los combustibles fósiles en los motores de combustión interna.

**1.2.2 Justificación económica.** Se aspira conseguir un mejor desarrollo en los vehículos estándar a carburador sin desechar en su totalidad el vehículo y sus componentes para lo cual analizaremos, seleccionaremos e implementaremos un método de aprovechamiento y desarrollo más eficiente en su órgano motriz con un simultáneo consumo de combustible.

Contribuyendo en la mitigación de gases al medio ambiente al adquirir una mayor potencia y torque con un consumo similar.

**1.2.3 Justificación social.** En el proceso de la realización de este proyecto nos ayudará a obtener una mejor habilidad para relacionarnos y enfrentarnos de mejor manera frente a los acontecimientos diarios que se pueden suscitar en nuestra vida profesional.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar, seleccionar e implementar un sistema electrónico TWIN CAM con doble árbol de levas y 16 válvulas a un motor ISUZU.

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

Implementar un sistema de distribución que nos permita obtener una mejor sincronización de los elementos del motor para obtener una mejor potencia y rendimiento.

Verificar el funcionamiento óptimo del vehículo con el nuevo sistema implantado, DOHC.

Diseñar de un sistema totalmente electrónico y reemplazarlo por el sistema de distribución existente convencional para tener un mejor control en la dosificación exacta del combustible y reducir al máximo las emisiones contaminantes.



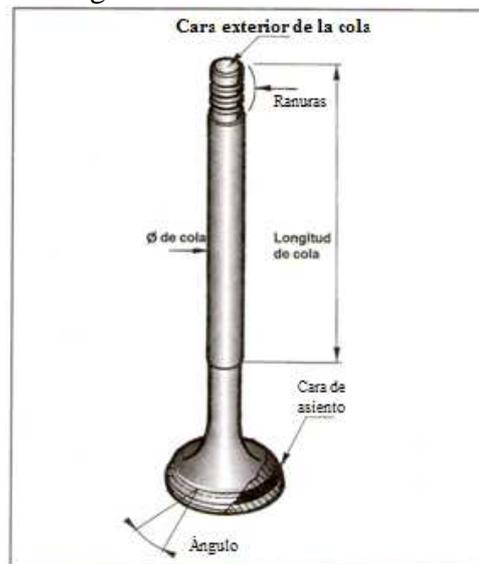
## 2.2 Descripción de Elementos

Los elementos principales de la distribución están clasificados de la siguiente manera.

### 2.2.1 Elementos Interiores

**Válvulas de admisión y escape.** Tienen la misión de abrir y cerrar los conductos de entrada de la mezcla o la salida de los gases productos de la combustión que comunican el interior de la cámara de combustión con los colectores de admisión y escape respectivamente. También han de mantener perfectamente hermética la cámara de combustión en la fase de compresión y explosión hasta el momento de abrirse la válvula de escape.

Figura 2. Partes de la válvula



Fuente: Manual Práctico del Automóvil

En cada válvula, se distinguen dos partes: cabeza y cola o vástago.

La cabeza de las válvulas se encuentra mecanizada por todo su contorno con una inclinación, la cual permite su cierre hermético sobre el asiento de la válvula.

La válvula de admisión suele tener la cabeza mayor diámetro que la de escape, para facilitar la entrada de los gases (MEGANEBY, 2014).

Figura 3. Tipos de Válvulas

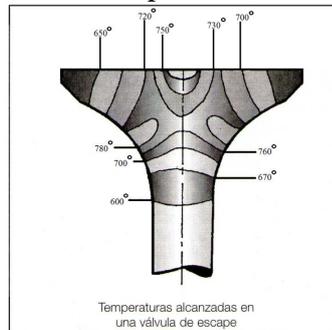


Fuente: Autores

La cola o vástago cilíndrico es la prolongación de la cabeza y es la que está deslizando dentro de una guía también disipando el calor durante la combustión, recibirá en su extremo opuesto en la cara del vástago el impulso para la apertura de la válvula.

Las temperaturas de trabajo de las válvulas son muy elevadas ya que estamos hablando de una temperatura de trabajo para las válvulas de admisión de entre 400 a 500 °C; y en las válvulas de escape que llegan a soportar temperaturas cercanas a los 1000 °C, son las que se deterioran con mayor rapidez (IVAN, 2009).

Figura 4. Zonas de temperatura, válvula de escape



Fuente: Manual Práctico del Automóvil

Se las construye de con aceros aleados de gran resistencia mecánica a altas temperaturas y resistentes también a la oxidación y corrosión; las aleaciones varían según sean de admisión o escape.

En algunos casos para facilitar la refrigeración de las mismas de las construyen de vástago hueco y se rellenan con sodio para disipar mejor el calor.

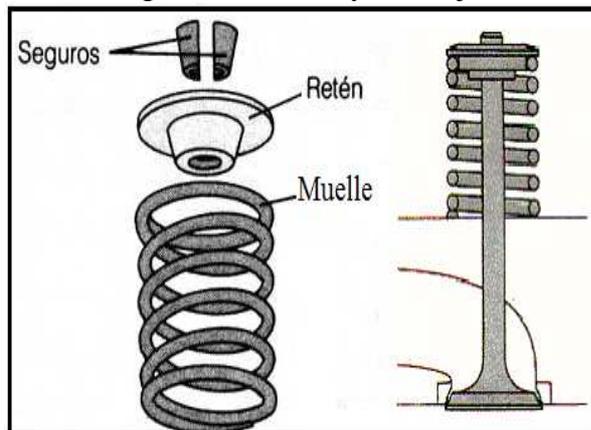
Figura 5. Válvula con alma de sodio



Fuente: Editado

**Muelles.** Las válvulas para mantenerse herméticamente cerradas sobre sus asientos se necesitan una presión ejercida sobre las mismas, cuya acción es realizada por un resorte (muelle), los cuales deben poseer la fuerza y elasticidad necesaria para evitar rebotes y mantener el contacto con los elementos de mando (IVAN, 2009).

Figura 6. Muelles y Montaje.



Fuente: <http://automecanico.com/auto2002/culat59.jpg>

Deben asegurar que la válvula cumpla con su misión de apertura y cierre. Además deben mantenerla hermética y plana sobre su asiento.

**Guías de válvula.** El motor al ser sometido a altas velocidades, el sistema de distribución es accionado por continuas ocasiones en periodos cortos. Para evitar un desgaste prematuro de los orificios practicados en la culata por efecto del movimiento lineal continuo del vástago de la válvula, se emplean unos casquillos de guiado, llamados guías de

válvula, resistentes al desgaste, los cuales se montan a presión en la culata(IVAN, 2009).

Figura 7. Guías de válvula.



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescursomec/valvula-montaje.jpg>

La guía de válvula debe evitar el rozamiento y excesiva holgura de la válvula; ha de proveer de un buen deslizamiento de la misma.

**Asientos de válvula.** Son unos anillos postizos colocados a presión sobre la culata para evitar el deterioro de ésta, por el contacto con un material duro como el de la válvula, su golpeteo, y a la corrosión debido a los gases quemados(IBARRA, 2011).

Figura 8. Asiento de válvula.



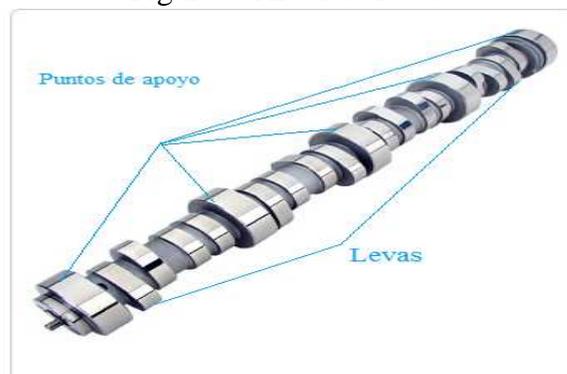
Fuente: [http://www.mahle-aftermarket.com/c1256f7900537a47/vwcontentbykey/w27bbdcv498stulen/\\$file/s10.jpg](http://www.mahle-aftermarket.com/c1256f7900537a47/vwcontentbykey/w27bbdcv498stulen/$file/s10.jpg)

El montaje de los asientos se hace a presión mediante un ajuste (frío-calor) y cuando estén deteriorados se pueden sustituir(DIESEL, 2008).

Elementos exteriores. Son el conjunto de mecanismos que sirven de mando para sincronizar el giro del cigüeñal y la apertura de las válvulas. Estos elementos son: árbol de levas, elementos de mando, empujadores o taqués y balancines. Según el sistema empleado, los motores a veces carecen de algunos de estos elementos(IVAN, 2009).

**Árbol de levas.** Es un eje que permite la apertura y cierre de las válvulas. Para realizar este proceso a dicho eje se le ha practicado una serie de levas a lo largo del mismo, estas levas son las que se encargan de regular todo el ciclo y efectuar el empuje necesario sobre las válvulas; están dotados de un número de levas igual al número de válvulas que tenga el motor por cilindro, disponen de varios puntos de apoyo que dependerá de su longitud, los cuales tienen un doble propósito al servir como punto de sujeción para el giro del eje, para evitar flexiones y vibraciones, así también como punto de anclaje en uno de sus extremos al apoyar el piñón conducido el cual es encargado de proporcionar-le el giro que recibe del cigüeñal por medio de un sistema de banda, cadena y piñones o engranajes.

Figura 9. Árbol de levas



Fuente: Autores

El material en que se lo fabrica es una aleación de hierro fundido y se fabrica de una sola pieza por el proceso de fundición en molde. Una vez mecanizados, se les somete a un tratamiento de temple para que las levas sean endurecidas superficialmente y así soportar los altos esfuerzos a que se les somete.

La velocidad de giro del árbol de levas es menor con respecto al cigüeñal, concretamente la mitad de vueltas del cigüeñal, de tal modo que el eje de levas ha de girar una vez por cada dos vueltas del cigüeñal (ciclo completo). Entonces el piñón del árbol de levas, posee el doble número de dientes que el piñón del cigüeñal.(IVAN, 2009)

**Perfil de levas.** Se le conoce como perfil de leva a la superficie que actúa sobre la válvula y su forma va a depender del movimiento que se le quiera imprimir según las necesidades específicas de cada motor.

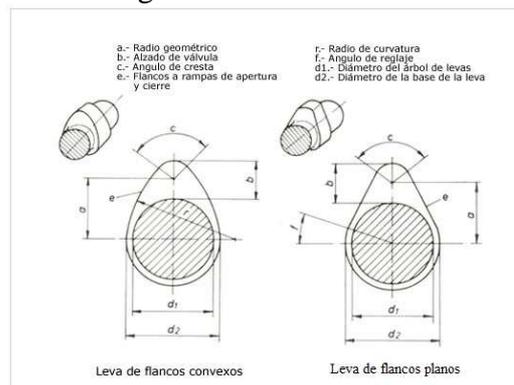
**El perfil del árbol de levas comprende:**

**Un tramo circular.** Correspondiente al periodo de cierre de la válvula que forma parte del llamado círculo base.

**Los flancos.** Que son los que producen el levantamiento y bajada de la válvula; según el tipo y finalidad de motor que se desee se tendrán en cuenta los flancos convexos y planos para aprovechar la mayor eficiencia volumétrica que se pueda conseguir (IVAN, 2009).

**La cresta.** Que es la parte donde se produce la máxima apertura de la válvula.

Figura 10. Perfil de leva



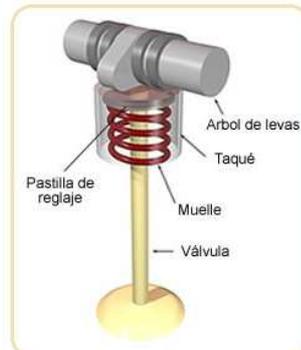
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescursomec/levas-perfil.jpg>

La diferencia entre tener el un flanco y otro radica en las aceleraciones y desaceleraciones más suaves, siendo más corto el periodo de máxima apertura en el flanco convexo, al contrario del flanco plano que sus aceleraciones son mayores y duran menos las fases de apertura y cierre, están más tiempo en posición de máxima alzada (IVAN, 2009).

**Taques.** Son elementos que se ubican entre la leva de accionamiento y la válvula. Su misión es aumentar la superficie de contacto de los mismos. Estos elementos son muy duros para soportar el empuje de las levas y vencer la resistencia de los muelles que mantienen pegadas las válvulas con su asiento (IVAN, 2009).

Para alargar su vida útil están dispuestos de tal forma q puedan girar sobre su eje de trabajo. Están permanentemente lubricados al ser abastecidos de aceite a través del sistema de lubricación del motor.

Figura 11. Taqué



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-hazlo/taque-mecanico.jpg>

**Reglajes.** Por efectos de la temperatura los elementos de la distribución se dilatan durante su funcionamiento, por lo que se les ha de proveer de una determinada holgura (separación de piezas en frío que permita su dilatación).

La holgura de los taqué son determinantes en los diagramas de distribución que determinan los fabricantes y se realizarla cuando la válvula está completamente cerrada. Una holgura excesiva en los taqués provoca que la válvula no se abra por completo, por consiguiente se tendrá una pérdida de potencia por la disminución del flujo de gases. Por el contrario si la holgura es muy pequeña provocara que la válvula esté demasiado tiempo abierta incluso no llegue a cerrar completamente, comprometiendo la compresión por ende el rendimiento del motor si no existiere la holgura necesaria, esto se llegaría a presentar cuando el motor hubiese alcanzado su temperatura máxima de funcionamiento (IVAN, 2009).

Figura 12. Taques hidráulicos



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-varios/taque-seccion.jpg>

Los taques o empujadores como se los conoce se ajustan automáticamente a los distintos regímenes de giro del motor, para conseguir esto se han de adaptar a las variaciones en la longitud del vástago de las válvulas a diferentes temperaturas. Son de silencioso funcionamiento y gran fiabilidad (IVAN, 2009).

### 2.3 Mando de árbol de levas

Para el movimiento de árbol de levas se ha ubicado un piñón al extremo del mismo y otro ubicado en el extremo del cigüeñal opuesto al volante motor, que giran solidariamente.

Figura 13. Elementos de mando

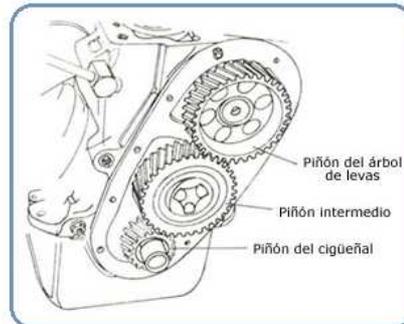


Fuen-  
te: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescursomec/distribucion-correa-dentada.jpg>

El acoplamiento entre ambos piñones se puede realizar de las siguientes maneras:

**2.3.1 Mando por piñón intermedio.** Al dotarse de dos ruedas dentadas en el cigüeñal y el árbol de levas respectivamente han de girar en sentido contrario, pero si dotamos de un tercer piñón loco, han de girar el cigüeñal y árbol de levas en el mismo sentido (IVAN, 2009).

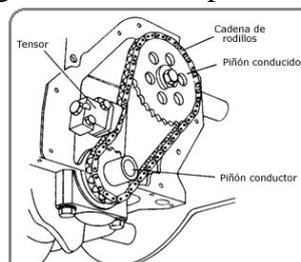
Figura 14. Mando por piñón intermedio



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescursomec/distribucion-pinon-intermedio.jpg>

**2.3.2 Mando por cadena.** Este tipo de mando utiliza cuando el cigüeñal y el árbol de levas se hallan muy distanciados entre sí. Aquí se enlazan ambos engranajes mediante una cadena.

Figura 15. Mando por cadena



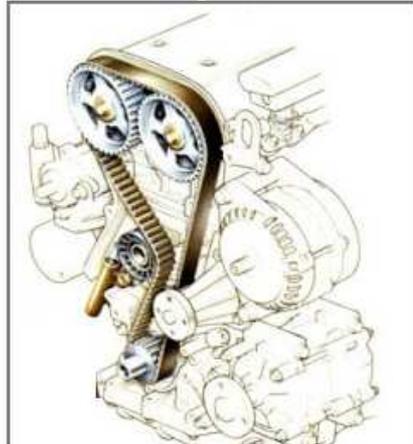
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescursomec/distribucion-pinon-intermedio.jpg>

Para el tensado de la cadena se dispone de un tensor consistente en un piñón o un patín pequeño. Su elaboración es generalmente de fibra, situado a mitad del recorrido y conectado a un muelle, que mantiene la tensión requerida (IVAN, 2009).

En este sistema se disminuye el desgaste y los ruidos, al no estar en contacto los dientes.

**2.3.3 Mando por correa dentada.** Se emplea el mismo principio que el mando por cadena, con la diferencia del uso de una correa dentada elaborada en neopreno que más silenciosa que una sincronización entre engranajes, menor peso y un costo más reducido, lo que hace más económico su sustitución; como desventaja tenemos que su vida útil es menor, necesitado de un cambio más prolongado(IVAN, 2009).

Figura 16. Mando por correa dentada



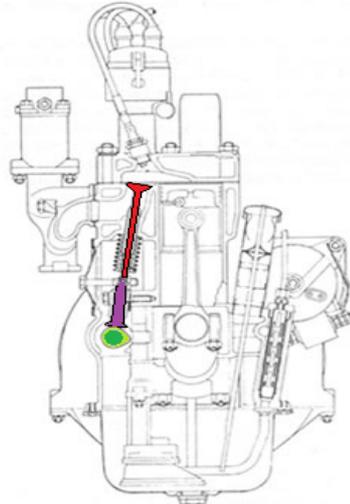
Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/-SuTDAAATK-U/UJ1rA0xJZAI/AAAAAAAAABI/PwdmpCjmGMY/s320/dis.jpg>

Actualmente es el sistema más utilizado para vehículos utilitarios. Si se rompiera ésta, el motor sufriría grandes consecuencias.

## 2.4 Disposición de las válvulas en el cilindro

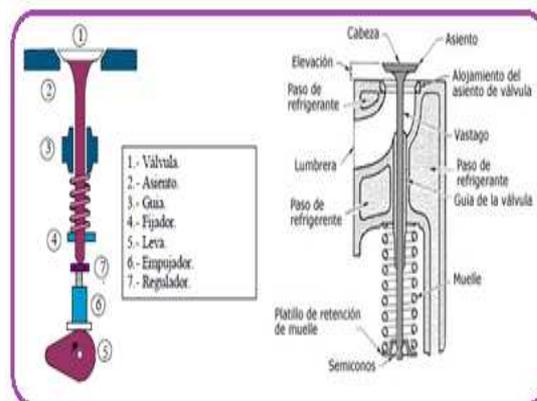
2.4.1 *Válvulas laterales SV.* Las válvulas se hallan en una posición lateral al cilindro, es decir que la válvula se encuentra alojada en el block del motor.

Figura 17. Válvulas laterales



Sistema de distribución SV  
Fuente: Editado

Figura 18. Válvulas Laterales SV



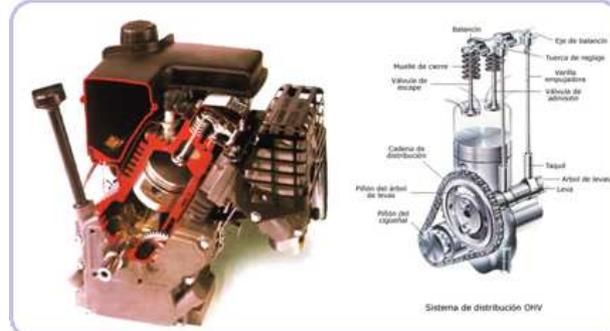
Fuente: Editado

Debido a que presentaba algunos inconvenientes como que la cámara de compresión debió ser mucho más grande que los motores actuales; por lo que no se podía obtener una relación de compresión alta y por tanto un rendimiento termodinámico alto, y el tamaño de la cabeza de las válvulas se vea limitada por la falta de espacio, se lo dejó de emplear actualmente.

## 2.4.2 Válvulas en cabeza

**Árbol de levas en el bloque (sistema OHV).** Es un sistema muy utilizado en motores de medianas y grandes cilindradas, debido a las revoluciones que alcanzan estos motores cada vez se emplean menos. Esto es como consecuencia de las fuerzas de inercia creadas en los elementos que tienen movimientos alternativos (DIESEL, 2008).

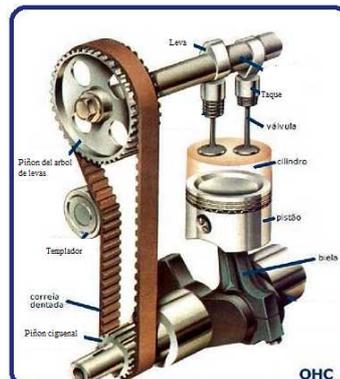
Figura 19. Válvulas en cabeza funcionamiento



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescursomec/sistema-distribucion-ohv.jpg>

**Árbol de levas en la culata (OHC).** Es el sistema más utilizado. El accionamiento de las válvulas es o bien directo o a través de algún órgano. Esto hace que lo utilicen los motores que alcanzan un elevado número de revoluciones, aunque el mando es más delicado.

Figura 20. Árbol de levas en culata



Fuente:

[http://1.bp.blogspot.com/\\_sOF0VVAZYY0/S7qj2Kkoj\\_I/AAAAAAAAALw/DY3RVL0EcjQ/s1600/materiapolia02.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_sOF0VVAZYY0/S7qj2Kkoj_I/AAAAAAAAALw/DY3RVL0EcjQ/s1600/materiapolia02.jpg)

Puede ser accionado de dos maneras:

Sistema OHC de accionamiento directo. Este sistema consta de pocos elementos. Se emplea para motores sobre revolucionados. La distribución se lo realiza por el mando por correa dentada. Utiliza cámara de compresión tipo hemisférica, empleándose con mucha frecuencia tres o cuatro válvulas por cilindro.

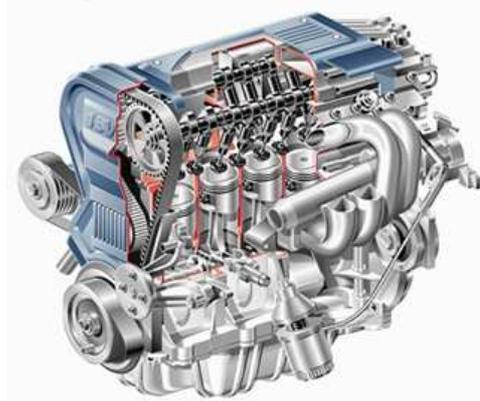
Pueden llevar uno o dos árboles de levas en la culata.

Si llevase dos árboles de levas en la culata se lo llamado sistema DOHC.

Sistema OHC de accionamiento indirecto. Este sistema prácticamente es igual que el anterior, con la diferencia de que el árbol de levas acciona un semi-balancín que permitirá la apertura de la válvula y se lo conoce como SOHC(GONZALEZ, 2013).

Sistema DOHC. Este tipo de sistema se emplea en motores con un número mayor de 4 válvulas por cilindro para aprovechar la eficiencia volumétrica en el llenado de los cilindros, en el sistema DOHC se emplea un doble árbol de levas es decir tendremos un árbol de levas para las válvulas de escape y otro para las válvulas de escape(GONZALEZ, 2013).

Figura 21 Distribución DOHC



Fuente:

[http://3.bp.blogspot.com/\\_auU5bx0VLTs/Sy6t774PIpI/AAAAAAAAAEi/wqPrpZGmoTE/s400/motores-DOHC.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_auU5bx0VLTs/Sy6t774PIpI/AAAAAAAAAEi/wqPrpZGmoTE/s400/motores-DOHC.jpg)

La mayor diferencia de este sistema TWIN CAM es que ofrece una mayor potencia que los antes mencionados, este parámetro se basa en que a un mismo tamaño y cilindrada, dichos motores presentan ese aumento de potencia.

## 2.5 Comparación entre cámaras de combustión

En los motores de ciclo Otto, existen varios tipos de cámaras de combustión que se mencionaran a continuación después de esta breve introducción de los que es la cámara de combustión.

La cámara de combustión es como su nombre lo indica, es una cavidad a forma de cámara ubicada en la culata, en la cual se realiza el proceso de combustión, donde la bujía provoca una chispa que inflama la mezcla aire combustible, que esta debe inflamarse de una manera uniforme y rápida, para conseguirlo las cámaras deben reunir unas características:

***Mínimo recorrido del frente de la llama.*** Cámara compacta con poca superficie en relación de volumen.

***Combustión rápida.*** Se consigue con una gran turbulencia y corto recorrido del frente de la llama.

***Alta turbulencia.*** Movimiento rápido de la masa gaseosa aumenta la homogeneidad de la mezcla por tanto su velocidad.

***Resistencia a la detonación.*** Evitando las partes calientes, así como las zonas de acumulación de carbonilla.

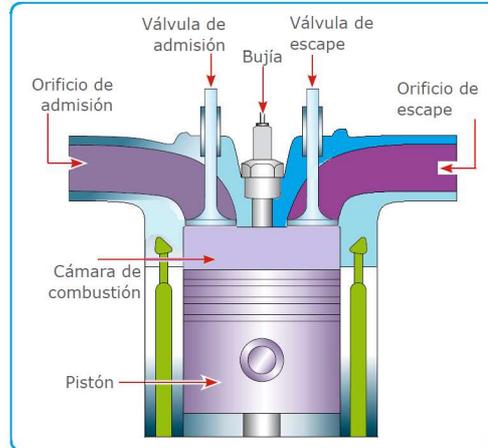
Para lograr las características mencionadas, las cámaras de combustión se las construyen de distintas formas unas más efectivas que otras; pero para saber su efectividad o performance se deberá realizar un análisis comparativo.

A continuación mencionaremos los tipos de cámaras de combustión empleadas en los motores de ciclo Otto, con el fin de ubicar las diferencias que proponen entre todas ellas.

***Cámara cilíndrica.*** Este tipo de cámara de combustión, como su nombre lo dice es de una forma cilíndrica, se podría decir es la prolongación del cilindro a la culata por así

describirla con mayor exactitud, es una de las cámaras de combustión mayormente utilizadas debido a su bajo costo, el inconveniente es que no ofrece un buen flujo de gases.

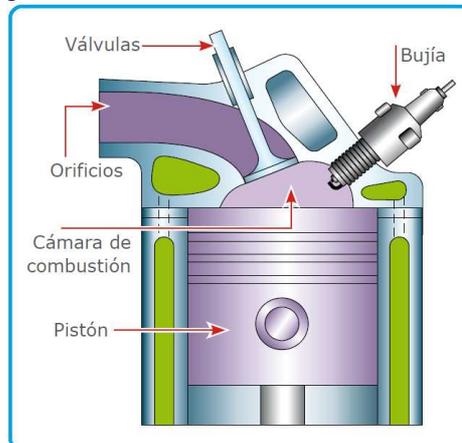
Figura 22. Cámara de combustión cilíndrica



Fuente:  
<http://www.tutallermecanico.com.mx/Templates/basic/Images/estudiantes/4004/4004.pdf>

**Cámara de tina o bañera.** La forma de esta cámara de combustión es forma de una tina invertida, con las válvulas en la parte inferior.

Figura 23. Cámara de combustión en tina



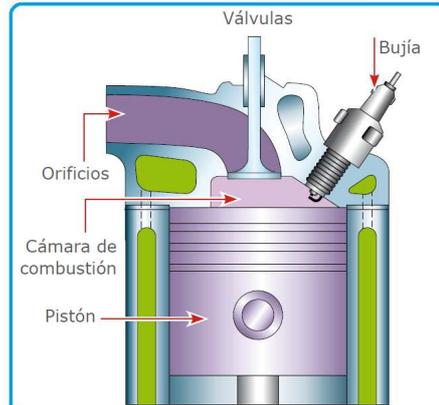
Fuente:  
<http://www.tutallermecanico.com.mx/Templates/basic/Images/estudiantes/4004/4004.pdf>

Al poder disponer de las válvulas en una sola hilera, su mecanismo de accionamiento se vuelve muy sencillo. La forma ovalada y disposición de la cámara, permite controlar la turbulencia excesiva; y las paredes lisas por donde sube el pistón hasta el PMS, hacen

que se produzcan la turbulencia necesaria del aire para que el aire mezcla se homogenice lo más posible(AUTOMMOTRIZ, 2014).

**Cámara en cuña.** Es una cámara reducida, por lo que se tiene un corto recorrido de llama (que va desde la bujía hasta el punto más distante de la cámara) permite reducir el riesgo de autoencendido(AUTOMMOTRIZ, 2014).

Figura 24. Cámara de combustión en cuña

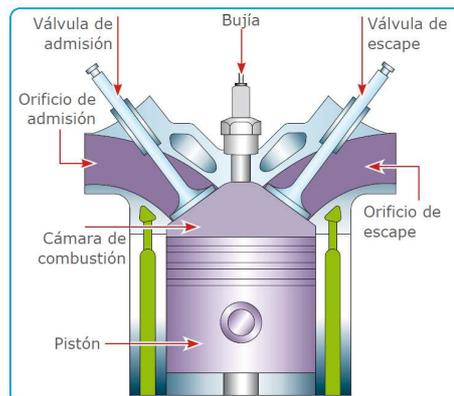


Fuente:

<http://www.tutallermecanico.com.mx/Templates/basic/Images/estudiantes/4004/4004.pdf>

**Cámara Hemisférica.** También conocida como la cara Twin Cam, este tipo de cámara es la que más se acerca a la forma ideal, se dispone de las válvulas en cada lado de la cámara y la bujía en el centro de la misma(AUTOMMOTRIZ, 2014).

Figura 25. Cámara de combustión Hemisférica



Fuente:

<http://www.tutallermecanico.com.mx/Templates/basic/Images/estudiantes/4004/4004.pdf>

El diseño de esta cámara favorece en gran manera al flujo volumétrico de los gases en su llenado y evacuación, ya que al momento del cruce de válvulas por la disposición de las mismas, los gases de admisión reemplazan a los combustionados con una gran facilidad.

Facilitando la combustión ya que acorta la llama desde la bujía a la cabeza del pistón.

Este tipo de cámara es muy empleada en la actualidad, ya que permite utilizar válvulas de mayor sección o bien situar más válvulas para la admisión y escape(AUTOMMOTRIZ, 2014).

## 2.6 Salida de los gases

Los sistemas de escape o tubos de escape vienen dispuestos de distintas maneras y se los fabrica de tubos en fundición de hierro o acero, con estructura per-lítica; que presentan características de resistencia a las altas temperaturas.

En los vehículos comerciales de no tan altas prestaciones, se encuentran instalados colectores de escape de una sola pieza en fundición.

Figura 26. Colector de escape

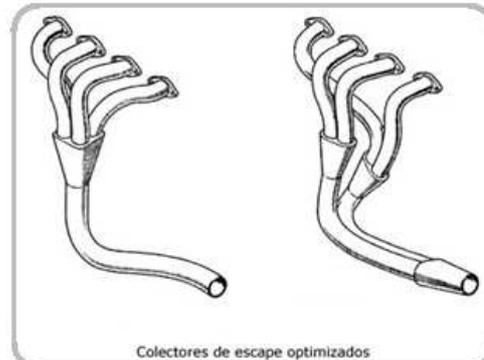


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagescursomec/colector-escape.jpg>

Para conseguir optimizar el desarrollo del motor en vehículos se toma muy en cuenta la salida de los gases al interior de la culata. Los gases al interior del cilindro deben ser evacuados a la mayor rapidez posible, para conseguirlo los gases deben comportarse en forma de flujo laminar para no producir contrapresiones y su salida inmediata, permi-

tiendo e incluso arrastrando la entrada de gases de admisión para un nuevo ciclo de trabajo. Para conseguir esto los tubos de escape son diseñados de tal forma que ayuden a facilitar este proceso.

Figura 27. Tubos de escape optimizados

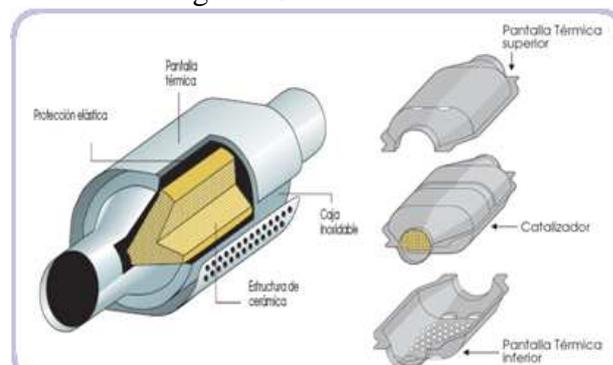


Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/imagescursomec/colector-escape-optimizado.jpg>

**2.6.1 Catalizadores.** Es un componente encargado de mitigar las emisiones o residuos de la combustión al interior de la cámara de combustión al medio ambiente, a dicho proceso se le conoce como catálisis, a continuación profundizaremos de mejor manera en el proceso que realiza el catalizador.

Dicho elemento se encuentra instalado a la salida de los gases de escape, debido a que requiere una alta temperatura para su funcionamiento, de la cual se estaría hablando de entre los 400 a 700°C.

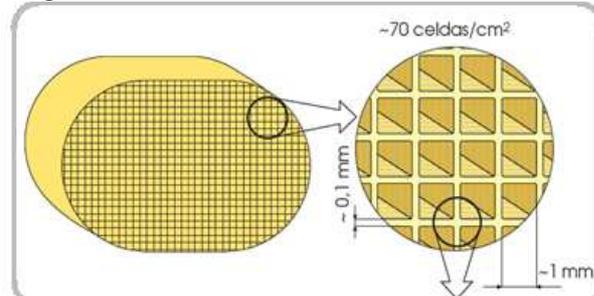
Figura 28. Catalizador



Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/-qsL1x-u4N-g/UWFVUJvdGyI/AAAAAAAAABew/UX6yzh7w7-U/s320/catalizador+5.jpg>

El catalizador consiste de un recipiente de acero inoxidable, con una carcasa metálica antitérmica e inoxidable, la misma que impide la propagación de calor al vehículo. Al interior del recipiente encontramos unos paneles cerámicos llamado monolito de forma ovalada.

Figura 29. Estructura interna del catalizador



Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/-lkEyNxKEd6o/UWFVpJlgTYI/AAAAAAAAABfA/hrh6-7XUAZw/s320/catalizador+7.jpg>

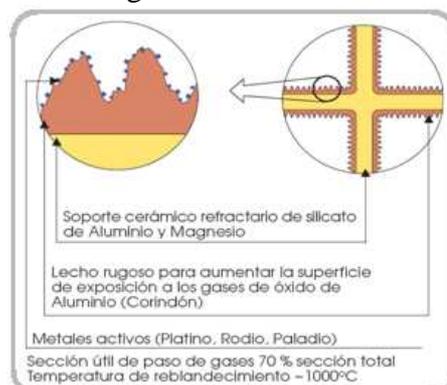
Se encuentra formado por metales nobles como:

**Paladio y platino.** Que intervienen en el proceso de oxidación de los hidrocarburos no quemados o parcialmente quemados y monóxido de carbono, a dióxido de carbono y vapor de agua, de los residuos liberados a la atmósfera productos de la combustión.

**Rodio.** El cual interviene en el proceso de reducción de los óxidos de nitrógeno, a nitrógeno molecular y oxígeno, de los gases productos de la combustión.

Los residuos de la combustión al entrar en contacto con estos elementos ubicado en la superficie de la cerámica, serán transformados parcialmente en elementos no contaminantes.

Figura 30. Monolito

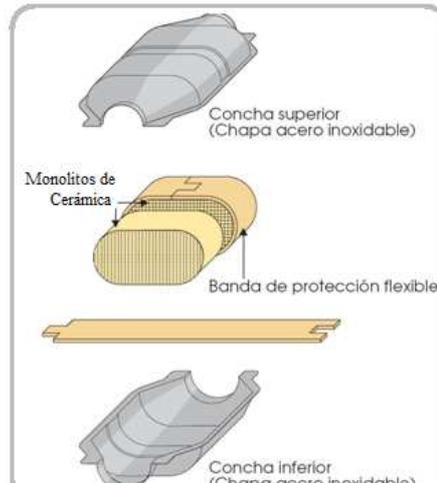


Fuente:

<http://1.bp.blogspot.com/lkEyNxKEd6o/UWFVpJlgTYI/AAAAAAAAABfA/hrh67XUAZw/s320/catalizador+7.jpg>

También se ha de mencionar que internamente el monolito se encuentra conformado por una tela metálica que evita los daños del monolito por vibraciones, y de una banda de aislante cerámico que evita las pérdidas de calor en periodos cortos del motor apagado.

Figura 31. Componentes del catalizador



Fuente: [http://1.bp.blogspot.com/-](http://1.bp.blogspot.com/-w3C1wZcpfcE/UWFVfXDP46I/AAAAAAAAABe4/DdDxU4gFC0A/s320/catalizador+6.jpg)

[w3C1wZcpfcE/UWFVfXDP46I/AAAAAAAAABe4/DdDxU4gFC0A/s320/catalizador+6.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-w3C1wZcpfcE/UWFVfXDP46I/AAAAAAAAABe4/DdDxU4gFC0A/s320/catalizador+6.jpg)

**Gases emitidos por la combustión.** Los gases emitidos por un motor de gasolina son de dos tipos: inofensivos y contaminantes.

Los inofensivos son, nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrógeno.

**El Nitrógeno.** Es un gas inerte que se encuentra en nuestro aire en un 79%.

**El Oxígeno.** Es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra en el aire en un 21%, la cantidad en que el mismo se encuentre al interior del motor determinará si la mezcla es rica o pobre, con respecto a la cantidad de gasolina que es inyectada.

El vapor de agua se produce mediante la oxidación del Hidrógeno.

***El dióxido de carbono.*** Se dice que la concentración de este compuesto a la salida del escape determina cuan buena es la combustión, sin embargo se ha de tener en cuenta que el incremento de este gas en la atmósfera produce el efecto invernadero.

***El plomo.*** Como componente de la gasolina afectaba al monolito, y fue sustituido como aditivo antidetonante en la gasolina para eliminar sus emisiones. Este elemento origina una reacción química que afecta al monolito fusionando sus orificios y evitando el flujo normal. Además afecta al sensor que se emplee para medir la concentración de estos elementos los gases de escape (VILLALOBOS, 2014).

Los contaminantes están formados, por el monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno.

***El monóxido de carbono.*** Al exponerse a este gas por tiempos largos y altas concentraciones puede provocar trastornos irreversibles a la hemoglobina en la sangre; debido a esto no se debe superar su concentración de monóxido de carbono al 0,3 % en volumen porque resulta mortal (AUTOSMOTOS, 2011).

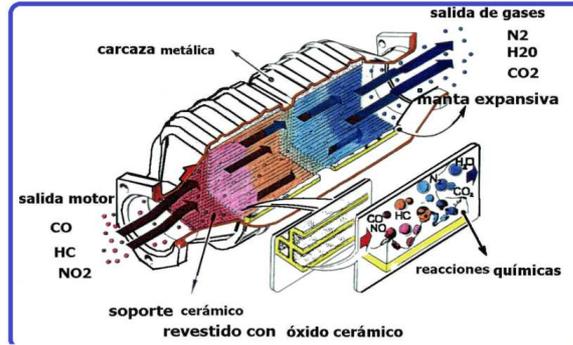
Este gas es un indicativo de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

***Los hidrocarburos.*** Se produce por las reacciones intermedias del proceso de combustión (AUTOSMOTOS, 2011).

***Los óxidos de nitrógeno.*** No sólo irritan la mucosa sino que en combinación con los hidrocarburos y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos.

Los procesos de oxidación y reducción que realiza el catalizador a su interior para mitigar los efectos de una contaminación medio ambiental se los muestra a continuación en el gráfico (AUTOSMOTOS, 2011).

Figura 32. Proceso de catálisis

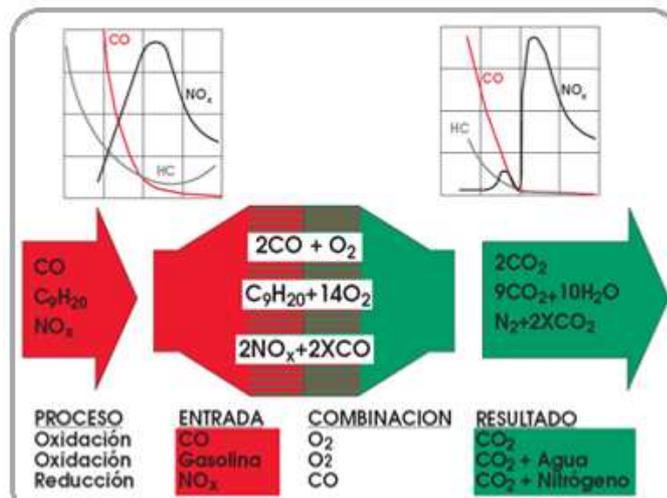


Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/catali1.gif>

En el mundo automotriz se utiliza dos tipos de catalizadores como fin debido al funcionamiento hidrocarburífero al que están diseñados los motores de combustión, entonces se dice se utilizan catalizadores de dos y tres vías. Pero por fines a este trabajo se hablará del catalizador de tres vías.

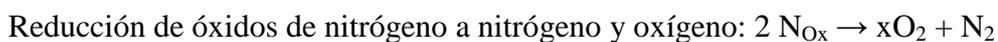
**Catalizador de tres vías.** Se los denomina de esta forma porque actúan eliminando los tres contaminantes principales en el mismo compartimento mediante acciones de oxidación y reducción, transformando a los mismos en compuestos no tóxicos: nitrógeno, agua y dióxido de carbono (AUTOSMOTOS, 2011).

Figura 33. Proceso Químico del Catalizador



Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/images-emisiones/esquema-catalizador-procesos.jpg>

En un catalizador de triple vía ocurren tres reacciones simultáneas:



Oxidación de monóxido de carbono a dióxido de carbono:  $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$

Oxidación de hidrocarburos no o parcialmente quemados a dióxido de carbono y agua:  
 $\text{C}_x\text{H}_{2x+2} + [(3x+1)/2] \text{O}_2 \rightarrow x\text{CO}_2 + (x+1) \text{H}_2\text{O}$ .

Estos catalizadores pertenecen a los motores de ciclo Otto ya que la proporción de NOx es mucho menor que en los diésel, al no trabajar con exceso de oxígeno.

**2.6.2 La Sonda lambda.** Es un sensor que detecta la concentración de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) en los gases de escape, valor por el cual se determina si la mezcla tiene una proporción de aire/gasolina es la correcta (14,7 a 1), valor estequiométrico, con un coeficiente de aire de  $\lambda=1$ .

Figura 34. Sonda lambda

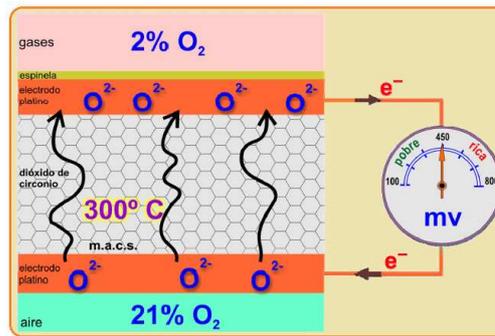


Fuente: [http://www.serveisintegralsdelmotor.com/wp-content/uploads/2012/12/sonda\\_lambda.jpg](http://www.serveisintegralsdelmotor.com/wp-content/uploads/2012/12/sonda_lambda.jpg)

Es un sensor pasivo, que genera una tensión en micro voltios ( $mV$ ), al comparar la concentración de  $\text{O}_2$  en los gases de escape con la concentración de oxígeno que hay en el aire de la atmósfera, para ello dispone de un electrodo de platino en contacto con los gases del escape y un segundo electrodo también de platino en contacto con el oxígeno del aire.

Entre ambos electrodos se dispone de un cuerpo cerámico, dióxido de circonio  $\text{ZrO}_2$ , que hace la función de electrolito sólido por el cual se desplazan los iones de oxígeno entre los electrodos de platino debido a su concentración. La tensión generada por la sonda lambda está comprendida entre los 100 y 800 micro voltios, según varían la concentración de oxígeno en los gases de escape.

Figura 35. Funcionamiento del Sensor de Oxígeno

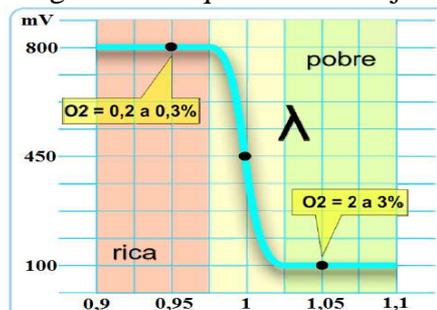


Fuente: Editado

$$\lambda = \frac{\text{Peso real del aire consumido por Kg de gasolina}}{\text{Peso teórico del aire que debería consumir por Kg de gasolina}} = \frac{x}{14,7}$$

La distinta concentración de oxígeno entre los electrodos, 21% de oxígeno en el electrodo exterior por un 0,5% de oxígeno en el electrodo interior, hace que aparezca una diferencia de potencial entre los electrodos de la sonda lambda, siempre que el electrolito sólido se encuentre a una temperatura superior a los 300 °C, para que sea conductor de iones.

Figura 36. Esquema de trabajo



Fuente: Editado

Así para los distintos regímenes de funcionamiento de lambda se muestra en la siguiente tabla lo que sucede en cada régimen de trabajo del motor.

Tabla 1. Parámetros de funcionamiento

CASOS SEGÚN MEZCLA REAL			
X	AIRE	MEZCLA	□
<14,7	Falta	Rica	<1
=14,7	Equilibrio	Estequiometrica	=1

>14,7	Exceso	Pobre	>1
-------	--------	-------	----

Fuente: Editado

Esta sonda se ubica a la salida de los gases de escape, y va conectada a la computadora central.

Si la computadora a bordo trabaja con los datos de esta sonda se dice que el motor estara trabajando en un ciclo abierto ya que se encontrara corrigiendo el tiempo de inyeccion acorde a los datos recibidos de esta sonda.

Si la centralita se encuentra trabajando con los datos preprogramados en la misma, por un posible fallo del sensor o mal funcionamiento del mismo, se dice que se encuentra trabajando en un ciclo abierto.

## **2.7 Instrucciones de montaje y desmontaje de la culata**

**2.7.1 Montaje de la culata.** Los planos de la junta asi como los orificios de los pernos y del bloque motor deben estar limpios. En la culata y bloque motor de aleaciones ligeras no se debe rascarse nunca los planos de junta. Si retuvieran suciedad, hay que utilizar un decapante quimico.

- Comprobar la presencia y la colocacion correcta de los casquillos de centrado en el bloque motor.
- Colocar una junta de culata nueva y comprobar que la posicion del cilindro numero uno sea exactamente en el PMS.
- Colocar la culata con cuidado.
- Limpiar los tornillos de la culata y aceitarlos con aceite de motor limpio.
- Efectuar las mismas operaciones con las arandelas.
- Montar las arandelas y los tornillos y aproximarlos a mano.
- Apretar cada tornillo en el orden indicado y con el par prescrito.
- En relación a los tornillos, hemos de tener en cuenta cada vez mas la sustitucion sistematica de los mismos en cada desmontaje de la culata. El motivo es la

deformación plástica que experimentan como consecuencia de los altos pares de apriete a que son sometidos.

- En relación con el apriete, hemos de hacerlo siguiendo escrupulosamente las indicaciones del manual y tener en cuenta que puede ser:
- Con llave dinamométrica, ajustando previamente el valor que corresponda en newton metro (Nm), en kilogramo metro (kgm), etc.
- Con apriete angular, siguiendo el proceso de guiro en grados.
- E los motores con doble árbol de levas se debe efectuar la operación de la siguiente forma:
- Limpiar correctamente los árboles de levas y y colocar los balancines respetando su posición de origen.
- Lubricar los apoyos de los árboles de levas con aceite de motor limpio. Colocarlos en la culata teniendo cuidado de dejar hacia arriba los chaveteros.
- Untar con pasta sellante la superficie en contacto con la culata de los apoyos uno y seis.

### **2.7.2** *Desmontaje de la culata*

- Retirar los cables de bujías y el distribuidor de encendido.
- Desenchufar los conectores unidos a la culata y al colector de admisión.
- Desempalmar de la culata las mangueras de líquido refrigerante y los de calefacción.
- Sacar la caja del termostato.
- Desmontar el colector de admisión.
- Desacoplar el tubo descendente de escape del colector.
- Desmontar el colector de escape.
- Aflojar progresivamente los tornillos de fijación del conjunto de balancines.
- Desmontar en bloque el conjunto de balancines y apoyos del árbol de levas.
- Retirar el árbol de levas.
- Sujetar la rueda dentada del árbol de levas y aflojar su tornillo de fijación.
- Sacar la rueda dentada del árbol de levas y recuperar la chaveta de media luna.
- Aflojar progresivamente los tornillos de la culata en orden inverso al apriete.
- Separar la culata del bloque motor y sacar con su junta.

## Culata de doble árbol de levas

- Sujetar los árboles de levas con una llave plana y aflojar los pernos de fijación de las ruedas dentadas.
- Retirar las ruedas dentadas de los árboles de levas y recuperar sus chavetas de media luna.
- Inmovilizar los árboles de levas introduciendo mandriles de calado por los orificios efectuados en las tapas del cojinete número uno.
- Aflojar los tornillos de reglaje del juego de válvulas.
- Aflojar progresivamente los tornillos de fijación de las tapas del cojinete de los árboles de levas.
- Desmontar las tapas del cojinete marcando su posición.
- Retirar los árboles de levas junto con los balancines.
- Aflojar progresivamente los pernos de la culata en orden inverso al de apriete.
- Separar la culata del bloque motor.

## 2.8 Averías de la compresión

### 2.8.1 Causas de una mala compresión

- Una de las fallas en la compresión en un motor recién reparado es que las válvulas no se hallan bien asentadas, con esto nos referimos a la cara con ángulo de la válvula y al asiento de la válvula.
- Otra de las causas de una mala compresión se suele presentar por el desgaste de los cilindros del motor debido a su tiempo de trabajo, ya que cada motor de combustión interna cumple con un periodo de funcionamiento.
- Y por último una causa más de una mala compresión se suele presentar debido a que la junta de la culata se ha soplado.

## CAPÍTULO III

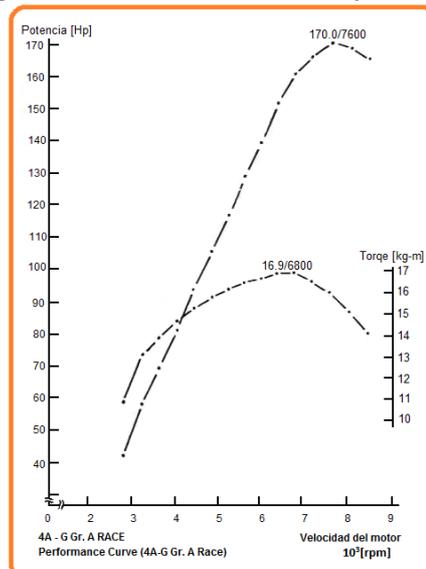
### 3. IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA TWIN CAM

Debido que el presente trabajo es un proyecto innovador, que lo ha llevado realizando desde ya tiempo dentro del campo automotriz en nuestro país de una forma por así decirlo artesanal, con este trabajo se pretende establecer una base científica, y así tener una referencia científica en que apoyarse el momento de aplicarlo en el campo laboral.

#### 3.1 Definición de régimen de trabajo

Para los fabricantes de motores de combustión interna el definir parámetros de desempeño, en función de las prestaciones en las que se va aplicar determinado motor, se vuelve necesario para determinar el trabajo que ese motor ha de desarrollar. Es así que los motores se los clasificadistintamente acorde a la potencia y torque máximos que pueden desarrollar a determinadas revoluciones. Entonces se define a cada motor por su potencia y par motor que desarrolla con determinado consumo específico de cada uno de ellos (GUEVARA, 2014).

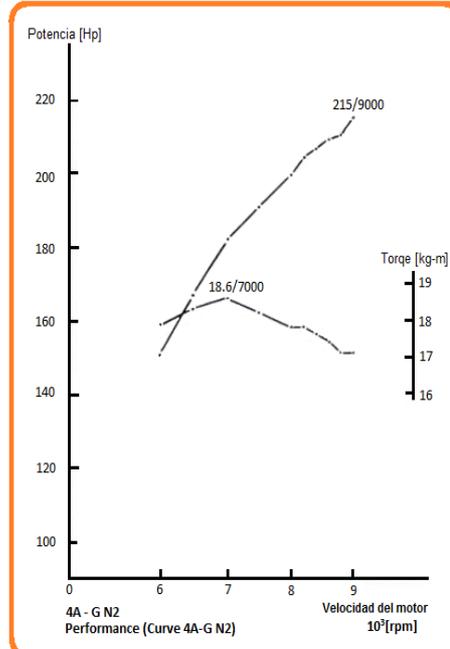
Figura 37. Curva de Potencia y Torque



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/67211480/arbol-de-levas>

Acorde a las curva características de cada motor se identifica las revoluciones máxima y mínima de trabajo. El estado de trabajo en ralentí se define como las mínimas revoluciones a las que puede trabajar determinado motor sin presentar problema alguno, tomando encuentra sus elementos de carga.

Figura 38. Curva potencia y torque



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/67211480/arbol-de-levas>

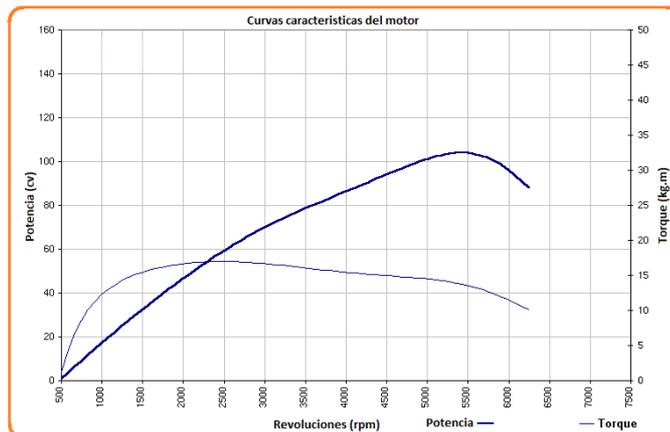
En cambio las máximas revoluciones que determinado motor pueda desempeñar dependerá de distintos factores de diseño entre los cuales la mayor restricción es la compresión de los resortes de las válvulas. Ya que a un determinado número de revoluciones el aire que ingrese al motor será insuficiente y no se podrá avanzar; por otra parte tenemos la restricción de los materiales que se ha de emplear para la construcción de sus distintas partes, siendo así que la limitación se encuentra en el material, debido a sus resistencias mecánicas y dinámicas; las cuales restringen el diseño y determina los parámetros a construir cada motor de acuerdo a sus criterios específicos de desempeño (GUEVARA, 2014).

Las curvas de desempeño crecerán progresivamente hasta llegar a un punto donde decrecerán mostrando la restricción del motor, principalmente por deficiencia en el rendimiento volumétrico para continuar en el desarrollo de potencia.

El par máximo se hallara a un menor número de revoluciones al que se hallan la potencia.

Es así que la elasticidad del motor se conoce en la intersección de las curvas de torque y potencia máximas.

Figura 39. Grafica característica potencia y torque



Fuente: Edición

El régimen de trabajo de un motor es si no entonces el número de vueltas que da un motor por unidad de tiempo para desarrollar su potencia y torque máximo. En general a lo que llamamos revoluciones por minuto. Cuantas más vueltas de por minuto, más capacidad tendrá, también para realizar un trabajo.

Un motor muy potente ha de tener, o bien un elevado par de giro (es decir mucho trabajo en cada vuelta) o bien un elevado régimen de trabajo (capacidad de girar muy rápido), o bien ambas cosas. Por el contrario, si solo puede girar lentamente y con poca fuerza, será un motor de baja potencia(GUEVARA, 2014).

### 3.2 Selección de la culata

Para seleccionar la culata se ha de tomar en cuenta, el régimen y tipo de trabajo e inclusive la potencia que se desea obtener.

Además estos parámetros por motivos de implementación en este trabajo se ha seleccionado la culata de un motor ya fuera de servicio pero que se ajusta a los requerimientos del propietario del vehículo a realizarse la implementación, para la selección misma

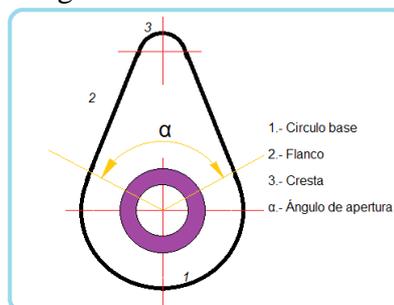
de la culata se tomó en cuenta que coincidan los orificios de lubricación y refrigeración con el block del motor a implementarse.

### 3.3 Geometría de levas y su influencia a la apertura y cierre de las válvulas

La geometría de las levas regula el tiempo y la velocidad de la apertura y cierre de las válvulas, además la altura del levantamiento, lo que influirá directamente en la potencia y torque que podrá desarrollar el motor. El diagrama de distribución se lo determina está en función de la geometría de la leva. Entonces decimos que si deseamos mejorar la performance de un motor, es decir: potencia, torque y velocidad de giro, nos veremos obligados a modificar el perfil de las levas (GUEVARA, 2014).

En la figura continua mostramos el contorno de la superficie de trabajo de la leva, las mismas tienen practicado un tramo semicircular denominado círculo base, que corresponde al periodo de cierre de las válvulas, dos tramos curvilíneos o rectilíneos tangenciales a los mismos, que corresponden con los periodos de avance y retraso al cierre de las válvulas denominados flancos y un segundo semicírculo denominado cresta, que corresponde con la fase de máxima apertura. (GUEVARA, 2014)

Figura 40. Partes de la leva



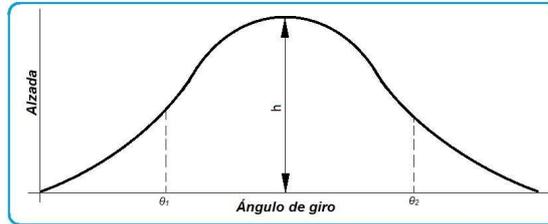
Fuente: Editado

Siendo así, la distancia entre el círculo base y el punto más separado de la cresta, determinará la alzada de la leva. El levantamiento de la válvula correspondiente al perfil descrito en el gráfico anterior, se muestra en el siguiente gráfico:

El perfil de los flancos determinan la zona de aceleración en el momento de apertura de la válvula y de desaceleración en el momento de cierre, y el perfil de la cresta, que el

grafico indica en su parte superior que corresponde a la desaceleración durante la apertura de la válvula y la aceleración durante el cierre.

Figura 41. Curva de desempeño de la leva

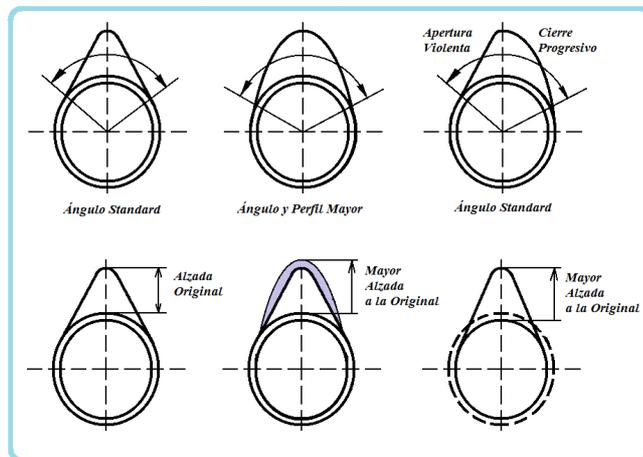


Fuente: Editado

Así también las crestas de las levas pueden ser modificadas en su forma, teniendo levas más puntiagudas, redondeadas, o mixtas; según el diseño y el desempeño que se desee obtener.

En las levas que son más redondeadas se tiene un desplazamiento más armónico es decir una aceleración suave, al contrario que si son más puntiagudas se obtendrá un ataque más agresivo en el accionamiento de las válvulas y una mayor aceleración en el motor.

Figura 42. Tipos de levas



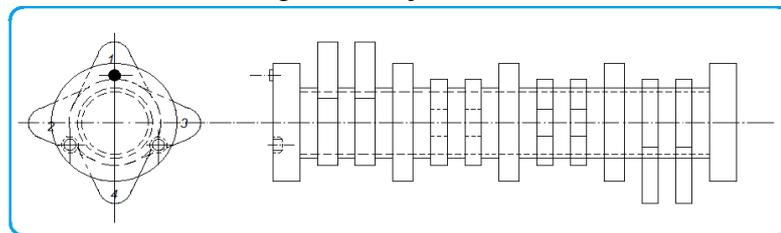
Fuente: Editado

Con el fin de generar motores de mayor potencia, se han combinado estas dos formas de modificación en los perfiles de levas, haciendo un levantamiento progresivo y un cierre violento, o un levantamiento violento y un cierre progresivo como lo indica en la figura anterior.

A más de la variación en las crestas, también podemos modificarla altura de las levas que influyen en el ángulo de ataque por parte de la leva, logrando con ello un mayor llenado del cilindro en lo que se refiere a las válvulas de admisión, y una mayor evacuación de los gases quemados en el caso de las válvulas de escape; con lo que se consigue mejorar la potencia del motor, además de su régimen de giro.

**3.3.1 Diseño del eje de levas.** El diseño del eje de levas es un factor importante que toman los fabricantes de motores y sus parámetros de longitud del eje, es igual a la longitud de los apoyos de cada extremo, con la ubicación precisa de cada leva por cada una de las válvulas, sus apoyos después de cada conjunto de levas evita que la fuerza del trabajo realizado deforme el eje de levas e incluso las vibraciones del mismo se reduzcan al mínimo, ya que es un eje de alma hueca. Las levas serán ubicadas al orden de admisión o escape según corresponda de cada cilindro debido a que en nuestro proyecto empleamos dos árboles de levas, es decir uno para las válvulas de admisión y uno para las de escape.

Figura 43. Eje de levas



Fuente: Editado

**3.3.2 Cálculo de levas.** Para el cálculo de las levas tomaremos en cuenta el método gráfico de las tangentes, que permite trazar el perfil de la leva acorde a valores preestablecidos.

1.  $\partial = DA/2$  (Ángulo de la admisión o escape correspondientes al árbol de levas).
2.  $\Omega =$  (Ángulo determinado por la holgura entre el botador y la leva).
3.  $d =$  Diámetro del núcleo del árbol de levas.
4.  $J =$  Holgura entre el botador y la leva.
5.  $HE =$  Alzada.

$$g = d + 2J \quad (1)$$

$$i = HE + J \quad (2)$$

$$\Omega = \cos^{-1} d/g \quad (3)$$

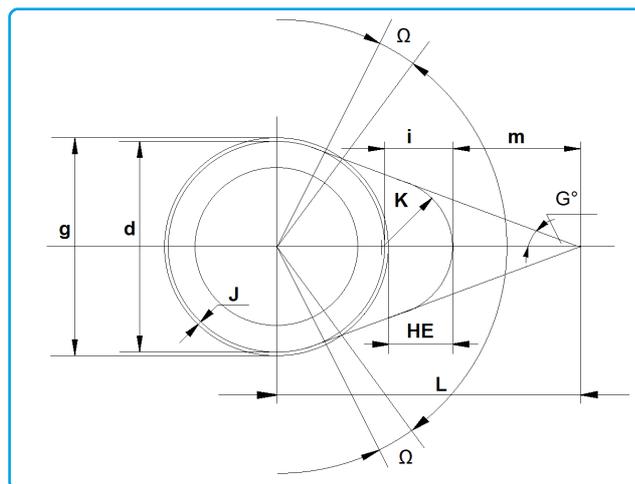
$$L = \frac{d/2}{\cos\left(\frac{\partial}{2} + \Omega\right)} \quad (4)$$

$$m = L - \left(\frac{d}{2} + i\right) \quad (5)$$

$$K = \frac{m * \sin G}{1 - \sin G} \quad (6)$$

$$G = 90 - \left(\frac{\partial}{2} + \Omega\right) \quad (7)$$

Figura 44. Diseño del eje de levas



Fuente: Diseño de Motores para Competición

Parámetros:

$$AAA = 30^\circ$$

$$RCA = 60^\circ$$

$$HE = 7,56 \text{ mm}$$

$$J = 0,45 \text{ mm}$$

$$D = 26 \text{ mm}$$

$$DA = (AAA + 180^\circ + RCA) \quad (8)$$

$$DA = 30^\circ + 180^\circ + 60^\circ$$

$$DA = 270^\circ$$

$$\vartheta = \frac{270^\circ}{2}$$

$$\vartheta = 135^\circ$$

$$g = 26 + (2 * 0,45)$$

$$g = 26,9 \text{ mm}$$

$$i = 7,56 + 0,45$$

$$i = 8,01 \text{ mm}$$

$$\cos \Omega = \frac{26}{26,9}$$

$$\Omega = 14,86^\circ$$

$$L = \frac{26/2}{\cos\left(\frac{135}{2} + 14,86\right)}$$

$$L = 97,78^\circ$$

$$G = 90 - \left(\frac{135}{2} + 14,86\right)$$

$$G = 7,64^\circ$$

$$m = 97,87 - \left(\frac{26}{2} + 8,15\right)$$

$$m = 76,63mm$$

$$K = \frac{76,63 * \sin 7,64^\circ}{1 - \sin 7,64^\circ}$$

$$K = 11,75mm$$

**3.3.3 Levas simétricas.** Las levas que poseen un trazado con un mismo patrón en ambos flancos, haciendo que el movimiento del empujador sea armónico por lo que también se las denomina “levas de perfil armónico”.

En estas levas, la acción de las partes de los flancos es sobre el empujador y por ende a la válvula, proporcionando un movimiento de aceleración constante positiva, mientras que la cresta de la leva proporciona un movimiento de aceleración negativa. La velocidad máxima que alcanza la válvula en su apertura y cierre se producen en los puntos de alcance entre los flancos con la cresta, ver figura 45.

Porque a regímenes bajos de rotación del motor, las levas simétricas o de perfil armónico dan resultados muy satisfactorios, que a más de eso, su facilidad de cálculo y diseño, han sido muy utilizadas en los motores de combustión interna.

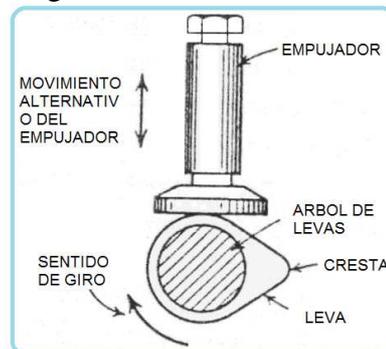
Para poder resolver estos problemas se han diseñado perfiles de levas probados como el de las levas simétricas o de perfil armónico, también levas asimétricas, e incluso para gran desempeño las levas polinómicas.

También se incluyen factores como la velocidad de deslizamiento y de rodadura entre la leva y el empujador, que causan también complicaciones a la hora de diseñar el perfil de la leva que de satisfacción a altos regímenes de giro del motor.

**3.3.4 Levas asimétricas.** Son aquellas levas que su perfil en los flancos y cresta de la misma no son simétricas con respecto a la línea central del lóbulo como se muestra en la figura. La razón de que algunas levas cuenten con esta forma, está en lograr un flanco de apertura que eleve rápidamente, y un flanco de cierre que lleve lentamente la válvula al reposo(*GUEVARA, 2014*).

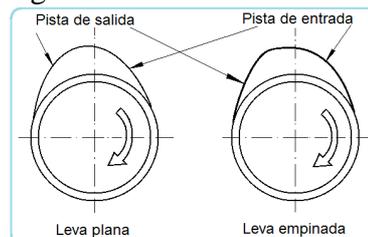
A fin de obtener un movimiento más controlado de las válvulas y una dinámica de las mismas que satisfaga las necesidades de paso más rápido de los gases, de las mismas que satisfaga las necesidades de paso más rápido de los gases, se han construido levas con un perfil asimétrico.

Figura 45. Levas Simétricas



Fuente: Edición

Figura 46. Levas Asimétricas



Fuente: [www.aficionadosalamecanica.net](http://www.aficionadosalamecanica.net)

El empleo de estas levas en motores de competencia, beneficia considerablemente la respiración de los motores, ya que permiten un cierre rápido de las válvulas con la menor pérdida de carga en el cilindro a través del escape en los momentos de cruce; que para dichos motores son de valor muy elevado de traslape. Las válvulas asimétricas permiten la instalación de resortes más blandos con lo que se ve beneficiado el accionamiento de las válvulas y una menor pérdida potencia en la zona de distribución.

### **3.4 Diseño de las poleas de distribución**

Para el diseño de las poleas de la distribución hablaremos, sobre su disposición, debido a que los mismos fabricante las elaboran, e incluso existen empresas que se dedican a fabricarlas, por lo que estableceremos los parámetros que se han de tomar en cuenta para realizar el presente proyecto y así de ser necesario construirlas si se llegara a presentar la necesidad.

Para los piñones de la distribución entre los de los ejes de levas de admisión y escape son del mismo diámetro y número de dientes, y en cuanto al piñón del cigüeñal diremos que es de la mitad del diámetro y número de dientes de los piñones anteriormente mencionados, debido a que en las dos vueltas del piñón del cigüeñal los piñones de cada árbol de levas habrá dado una cumpliendo con cada ciclo de admisión y escape respectivamente.

Ya que en el presente proyecto, por motivos del sistema de encendido que se empleó, se requirió de la implementación de una rueda fónica de 60-2 para la lectura de la posición del cigüeñal. Lo que se quiere decir con lo de 60-2, es que la rueda que costa de 60 diente dos son uno solo (se conoce también como dos dientes perdidos) y así se aprecia la lectura del cigüeñal cuando el pistón del cilindro número 1 se encuentra en el PMS para producir la ignición en el cilindro.

En cuanto a las poleas de la distribución de los accesorios tan solo se requiere que las mismas se hallen bien alineadas con respecto a la polea del cigüeñal.

### **3.5 Implementación de las barras de distribución**

En cuanto a la implementación de las barras de levas para nuestro proyecto no se realizó mayores cambios debido a que la misma culata ya nos llegó con las barras de levas en perfecto estado y sin inconvenientes, por lo que se procedió a montar la montar los mismos después de haberlos pulido he inspeccionado minuciosamente.

### 3.6 Ángulos de apertura y cierre de las válvulas según el diagrama de distribución

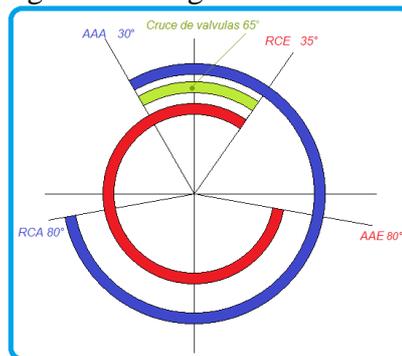
Al conocer los datos acerca de los adelantos y retrasos de apertura y cierre de las válvulas, se procedió a construir gráficamente los ángulos de apertura y cierre de las válvulas. Y es así que dichos datos los presentamos a continuación:

Tabla 2. Ángulos de las válvulas  
Ángulos de las válvulas

	Admisión	Escape
Avance a la apertura	30	80
Retraso al cierre	80	35

Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

Figura 47. Diagrama de válvulas



Fuente: Autores

Es entonces que por el presente diagrama tenemos los siguientes resultados:

Cruce de válvulas:

$$CRV = AAA + RCE \quad (9)$$

$$CRV = 30^\circ + 35^\circ$$

$$CRV = 65^\circ$$

Periodo de admisión:

$$TA = AAA + 180^\circ + RCA \quad (10)$$

$$TA = 30^\circ + 180^\circ + 80^\circ$$

$$TA = 290^\circ$$

Periodo de escape:

$$TE = AAE + 180^\circ + RCE \quad (11)$$

$$TE = 80^\circ + 180^\circ + 35^\circ$$

$$TE = 295^\circ$$

Al sumar los  $180^\circ$  a los periodos de admisión y escape es debido a que el cigüeñal habrá dado media vuelta para completar cada ciclo.

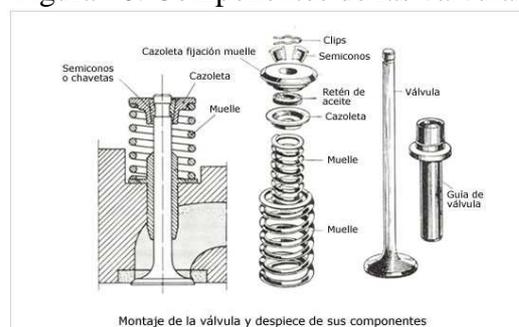
Entonces decimos que el eje de levas simétrico, que lleva en la culata es de  $290^\circ$  y  $295^\circ$  de admisión y escape correspondientes.

### 3.7 Elementos intermedios de accionamiento de las válvulas

Al hablar de un ciclo de cuatro tiempos comprende dos revoluciones del cigüeñal y la válvulas tan solo son accionadas en este ciclo más que una vez, esto quiere decir que el árbol de levas debe girar con la mitad del número de vueltas del cigüeñal; la rueda del árbol de levas deberá poseer el doble de número de dientes en comparación con la rueda del cigüeñal.

En los motores de combustión interna de cuatro tiempos se encuentran al menos una válvula de escape y una de admisión. Los diámetros del asiento de las válvulas y la carrera de la válvula tienen que ser de magnitud tal que la resistencia opuesta a la corriente de los gases frescos como la de los gases inflamados sea la menor posible.

Figura 48. Componentes de las válvulas



Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/imagescursomec/valvula-montaje.jpg>

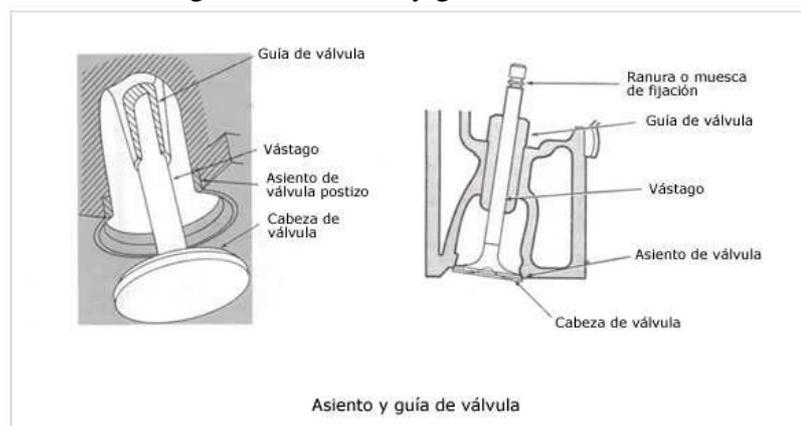
Debido a la elevada presión de los gases inflamados al abrirse la válvula de escape, el vaciado rápido de los gases del cilindro se consigue en las válvulas de escape de diámetro pequeño. Para mejorar el rendimiento de los motores se les incorpora dos válvulas de escape y admisión.

Las válvulas están sometidas exigencias extremadamente altas. Por los que se dice que en promedio se levantan 3000 veces por minuto y son impulsadas de nuevo a su asiento por sus muelles; lo cual deriva en el vástago y en su extremo estén sometidas a desgaste.

El calentamiento irregular y la deformación del disco de válvula, los restos de la combustión del aceite y de combustible en los asientos de válvula, sobre todo en las válvulas de escape, conducen fácilmente a fallos de hermeticidad, influyen en la vida útil de las válvulas.

En las culatas de aleación de aluminio, las guías de válvulas son montadas a presión, además son de aleación de cobre fundido o hierro fundido especial. La obturación del vástago de la válvula impide que el aceite del motor penetre en la cámara de combustión por la guía y a lo largo del vástago de la válvula.

Figura 49. Asiento y guías de válvulas



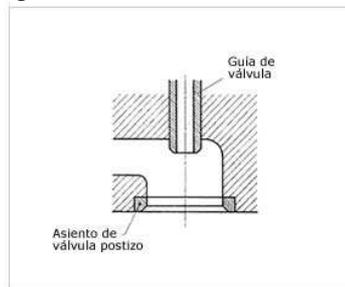
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

Las consecuencias de su desgaste o mal funcionamiento serian un mayor consumo de aceite y depósitos de carbonilla.

Los asientos de válvulas también se encuentran en la culata; y normalmente se tornean o fresan en el material de la misma; sin embargo en las culatas de aleación de aluminio se

las insertan a presión por contracción de anillo, se hallan fabricados de aleación de cobre y estaño, de acero de alta aleación de cromo-manganeso, y también de metal duro, con el fin de aumentar la resistencia del asiento de la válvula.

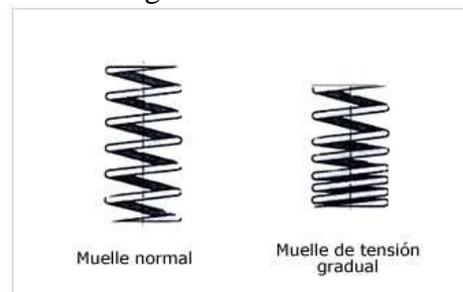
Figura 50. Asiento de válvula



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

Los resortes de válvula tienen como propósito mantener cerradas las válvulas. Tienen que ser lo suficientemente fuertes para que el cierre de las válvulas se lo realice rápidamente y se eviten ampliamente los ruidos de válvulas. Si fuesen demasiado fuertes, aumentaría el desgaste del platillo y el asiento de la culata. Como resortes de válvulas se emplean los de tipo helicoidal.

Figura 51. Muelles



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

Los taques hidráulicos ofrecen la ventaja de conseguir una distribución sin juego, esto se debe a la adaptación de los mismos en todo momento a la dilatación del vástago de la válvula; con lo cual se logra minimizar el ruido provocado por los mismos sobre todo en frío. El taqué está compuesto por una válvula de bola con resorte y resorte compensador de juego.

El accionamiento del taqué se lo consigue con la presión del aceite del motor.

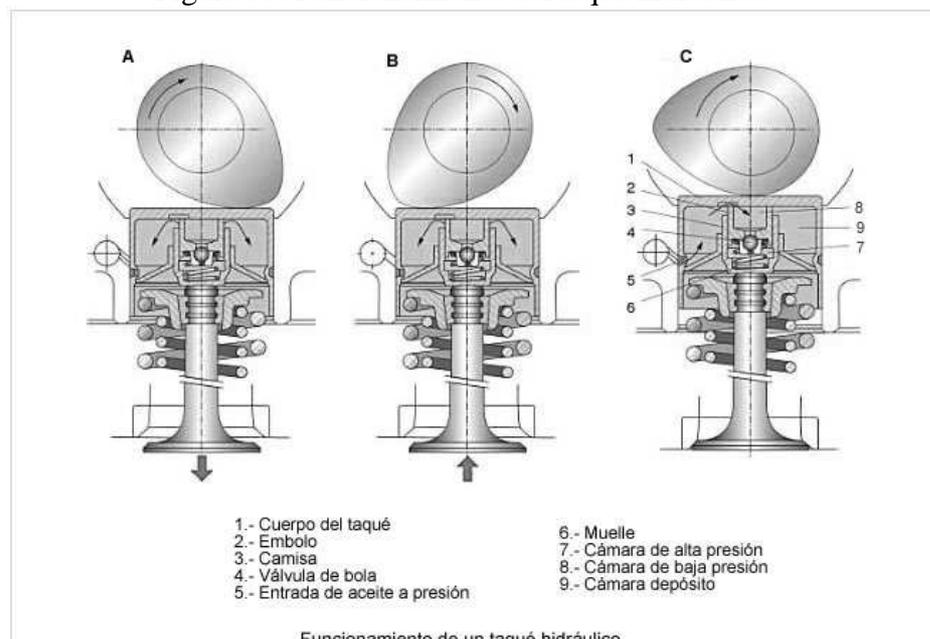
En la etapa de accionamiento o de ataque de la leva cuando la misma empuja al taqué, el mismo que se halla cargado con aceite cierra sus cámaras y empuja la válvula como un cuerpo rígido provocando su apertura, con la dilatación del vástago de la válvula si la posee o no.

Figura 52. Taqué hidráulico



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

Figura 53. Funcionamiento del taqué hidráulico



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

Al empezar a descender la leva continua accionando el taqué hasta el cierre total de la válvula, en esta posición una pequeña cantidad de aceite escapa de entre la camisa y el embolo del taqué. Y finalmente cuando la leva, ya no acciona al taqué el mecanismo del mismo permite entrar pequeñas cantidades de aceite compensando así las fugas internas y pérdidas por dilatación u expansión de la válvula.

Los árboles de levas giran sobre los cojinetes de fricción, que tienen la forma de soporte colocados en la culata.

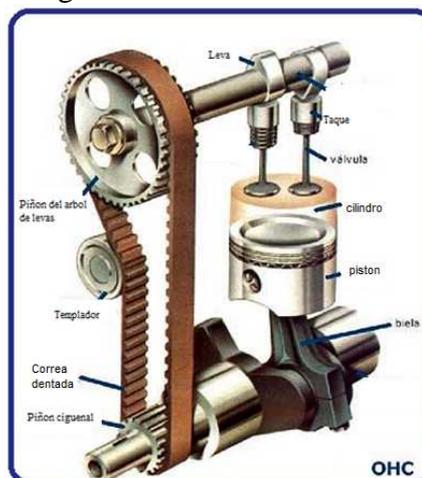
El accionamiento del árbol de levas lo realiza el cigüeñal, a través de ruedas y correa dentada con la ayuda de un templador, que mantiene tensada la correa dentada y así los grados precisos en la distribución.

### 3.8 Selección de válvulas

Para la selección de válvulas se habla sobre la disposición de las mismas en los motores de combustión interna.

**3.8.1 Válvulas OHC.** La disposición de las válvulas sobre cabeza por accionamiento por un único árbol de levas y propulsores limita la posibilidad de aumentar el número de válvulas al interior del cilindro y por lo cual su eficiencia volumétrica, ya que al tan solo poder disponer de un único árbol de levas, debemos en el mismo disponer de las válvulas de admisión y escape en una misma fila limitando la posibilidad de aumentar el número de válvulas.

Figura 54. Distribución OHC

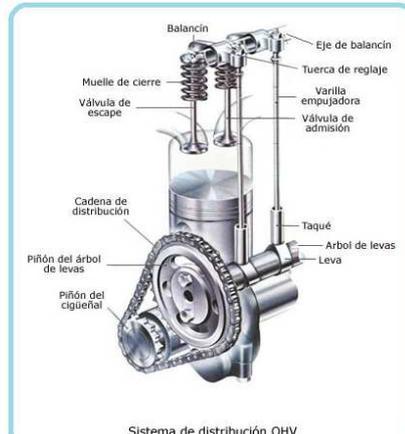


Fuente:

[http://1.bp.blogspot.com/\\_sOF0VVAZYY0/S7qj2Kkoj\\_I/AAAAAAAAALw/DY3RVL0EcjQ/s1600/materiapolia02.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_sOF0VVAZYY0/S7qj2Kkoj_I/AAAAAAAAALw/DY3RVL0EcjQ/s1600/materiapolia02.jpg)

**3.8.2 Válvulas OHV.** Es tipo de configuración para la disposición de las válvulas presenta el mismo inconveniente que la configuración de las válvulas OHC, y lo que es más aun los elementos para el accionamiento de las mismas son más numerosos por lo cual nos representara pérdidas por fricción.

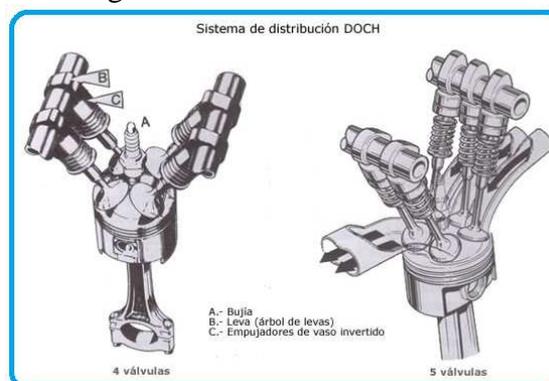
Figura 55. Distribución OHV



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

**3.8.3 Válvulas DOHC.** La configuración de las válvulas de este tipo nos dice que poseemos dos ejes de levas en el cual uno de ellos es empleado para las válvulas de escape y el otro para las válvulas de admisión. Al tener esta configuración de las levas obtenemos la ventaja de poder aumentar el número de válvulas dentro del cilindro lo cual no representa una mayor eficiencia volumétrica. Además accionamiento de las levas sobre la cabeza de las válvulas se las realiza mediante taques hidráulicos, lo cual significa que tenemos un mínimo de pérdidas por fricción al emplear un mínimo de elementos para su accionamiento.

Figura 56. Distribución DOHC



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion>

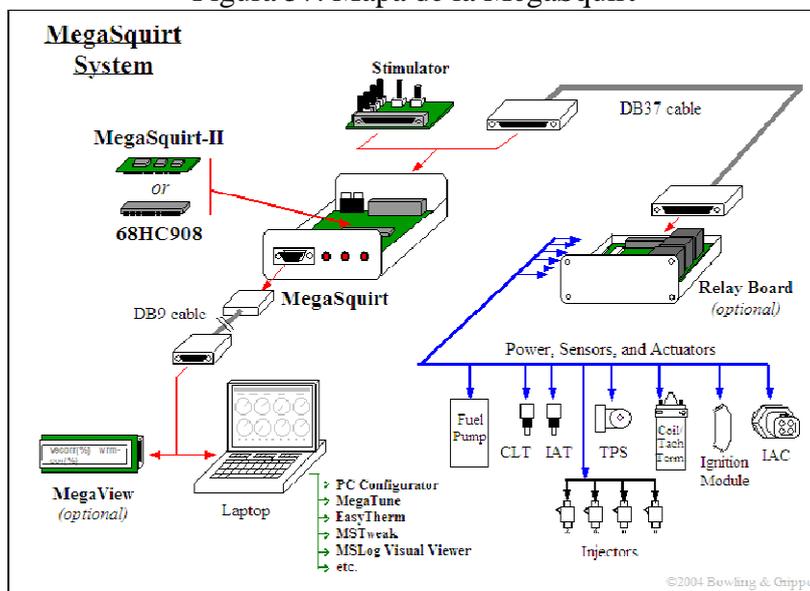
## CAPÍTULO IV

### 4. PROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL SISTEMA TWIN CAM.

#### 4.1 Introducción a los controles MegaSquirt EFI

MegaSquirt es una familia de controladores experimental de inyección electrónica de combustible y encendido por chispa para motores de combustión interna.

Figura 57. Mapa de la MegaSquirt



Fuente: <http://www.megamanual.com/system.gif>

**Características de la MegaSquirt.** El controlador de MegaSquirt-I Extra utiliza un procesador de 8 MHz para el cálculo de combustible y control de ancho de pulso del inyector y un sensor MAP para proporcionar un control electrónico del combustible. Además fue desarrollado el software de host (basado en Windows) que permite el ajuste en tiempo real de los parámetros de control (BOWLING, y otros, 2014).

La codificación de programación viene grabada en la ECU a partir de un lenguaje de alto nivel, tales como C. La ECU puede proporcionar cálculos de combustible en tiempo real

de hasta 16.000 RPM. Además, el código ensamblado para la MegaSquirt está disponible en el sitio web para cualquier persona que lo desee ver (BOWLING, y otros, 2014).

Figura 58 Procesador de 8 MHz



Fuente: <http://www.msextra.com/doc/ms1extra/pix/ms1chip.gif>

El procesador puede ser recargado unas 10.000 veces con otro código de control con una interfaz de programación sencilla, sin necesidad de hardware adicional y tiene una duración de retención de 20 años.

Para cargar las configuraciones y su programación se utiliza diferentes programas de acuerdo a su equipo de calibración.

- *TunerStudioMS*. Para el ajuste y el registro de datos del controlador MegaSquirt con un ordenador de escritorio o portátil (BOWLING, y otros, 2014).
- *MegaTune*. Para el ajuste y el registro de datos del MegaSquirt Controlador EFI con un ordenador portátil con Windows 95/Me/XP/Vista/7 (BOWLING, y otros, 2014).

#### **Además hardware para *MegaSquirt* como:**

- *MegaStimulator*. Para poner a prueba su completa MegaSquirt antes de ser instalada (BOWLING, y otros, 2014).
- *MegaView*. Para proporcionar una presentación especial para la MegaSquirt (BOWLING, y otros, 2014).

La mejor característica de MegaSquirt, es que se puede construir uno mismo, está disponible para nosotros desde el ensamble del controlador, y toda la información sobre el diseño hasta ser capaz de solucionar el tablero si surge un problema, y en casi todos los casos reparar la unidad por uno mismo.

***El desarrollo de la ECU (controladores EFI).*** La ECU MegaSquirt se produjo debido a la necesidad de tener un auto que fuera de inyección de combustible electrónico a bajo costo por muchas personas que antes era a carburador.

La filosofía de la MegaSquirt es: proporcionar un controlador para los inyectores de combustible que se puedan adaptar a cualquier aplicación, sin tener que escribir un código de programación o entender los detalles de los controles del motor por medio de la publicación de los esquemas, software, algoritmos, a todo el mundo para mejorar el potencial de MegaSquirt como proyecto educativo. Esto no es una unidad comercial, pero si una unidad experimental dirigido a las personas que quieren aprender acerca de los sistemas de control de inyección de combustible electrónica (BOWLING, y otros, 2014).

***La MegaSquirt utiliza sensores estándar como:***

- Temperatura del refrigerante.
- Sensor CKP.
- Temperatura del aire en el múltiple de admisión.
- Posición del acelerador.
- Sensor de oxígeno.
- Tipo del sistema de encendido existente.

***Controlador MegaSquirt.*** Es un controlador de inyección de combustible electrónico universal que se puede utilizar para trabajar en cualquier tipo de encendido del motor de combustión interna, con las partes externas adecuadas. Sin embargo, el éxito de la instalación depende de uno mismo con el fin de hacer que el controlador de la ECU funcione en su automotor (BOWLING, y otros, 2014).

***Para esto es necesario tener:***

- Herramientas y habilidad para montar y probar un circuito electrónico impreso.
- Partes adicionales para adaptarse a su instalación, incluyendo:
- Sensores de temperatura del refrigerante y del aire.
- Sensor CKP.

- Sensor de oxígeno y el tapón es muy recomendable (ya sea de banda corta o de banda ancha).
- Cableado y varios conectores para los sensores, inyectores, etc.
- Inyectores y tapones / colector.
- Cuerpo de mariposa.
- La bomba de combustible de alta presión.
- Línea de alimentación y línea de retorno con su respectivo regulador de presión de combustible.
- Herramientas de corte para terminales de los conectores y los LED.
- El conocimiento y las habilidades para instalar todos los sensores y el cableado necesario.
- El conocimiento y la experiencia para poder instalar o adaptar un sistema completo de combustible a alta presión en el vehículo.
- Windows 95 (o mejor) ordenador portátil con un puerto de serie para configurar y ajustar el controlador MegaSquirt EFI.
- Aptitud mecánica suficiente para saber lo que debe hacer para el funcionamiento del motor.

***Lo que no es necesario***

- **Conocimientos de programación.** El software de lenguaje de ensamblaje ya está escrito y cargado, y la interfaz de sintonía es a través de una sencilla aplicación de windows. También se puede concebir, escribir y grabar su propio código si se desea.
- **Quemador de PROM** para hacer cambios de afinación. Una conexión de puerto serie permite el ajuste de todos los parámetros de ajuste. Las actualizaciones de software están en marcha y se puede cargar a través de la conexión en serie también.
- **Habilidades electrónicas avanzadas.** Si se puede soldar y seguir las instrucciones, o están dispuestos a aprender, usted debería ser capaz de montar con éxito una MegaSquirt.

- **Una computadora portátil avanzada.** De hecho, un equipo más nuevo a menudo no tienen el puerto serie que se necesita para comunicarse con el controlador MegaSquirt EFI.

***Como podemos comprar un Controlador MegaSquirt.*** Podemos comprar los kits completos de la MegaSquirt en los distribuidores que aceptan diversas formas de pago. Estos distribuidores han sido esenciales para el crecimiento y el apoyo dentro de la comunidad de la ECU. Asegúrese de revisar el foro de Productos y Servicios en [www.msefi.com](http://www.msefi.com) para obtener información sobre la reputación y el servicio de determinados distribuidores antes de ordenar.

**4.1.1 *Cómo funcionan los controles de la MegaSquirt EFI.*** Trabaja con un hardware para inyectar la cantidad correcta de combustible en el motor por medio de dispositivos esenciales como:

- *CPU y la sección de reloj.* Para la ejecución de los cálculos.
- *Sección de comunicaciones en serie.* Para permitir que el software de calibración pueda leer y escribir parámetros al Controlador MegaSquirt.
- *La sección de abastecimiento eléctrico.* Útil para abastecer constantemente una alimentación 5V a todos los circuitos existentes.
- *Elementos de entrada preinstalados.* Tales como condensadores, resistencias, diodos, sensor MAP y el opto-oscilador para la señal de encendido.
- *La sección de salidas.* Para impulsar los inyectores, relés, bomba de combustible, bobina de encendido y Leds.
- Otras partes integradas como: los conectores para los sensores y actuadores y cables para la instalación del sistema electrónico.

***Para calcular la cantidad de combustible inyectado por la MegaSquirt depende de componentes como:***

- *La cantidad de aire aspirado a su temperatura, presión y volumen* (parte fundamental para el correcto funcionamiento de la MegaSquirt).
- *Datos de medición:* Como la presión y temperatura en el múltiple de admisión y las revoluciones del motor, todos estos datos se tomara de los sensores instalados en nuestro automotor.
- *Datos de calibración:* Es el combustible requerido, eficiencia volumétrica, tiempo de inyección, etc. Estos datos como son de entrada se los configura con el respectivo programa.

**4.1.1.1 Valores de medición.** La MegaSquirt tiene sensores de temperatura de aire y de refrigerante los cuales funcionan los dos funcionan con el mismo principio, conocidos como sensores de temperatura de tipo (NTC). Este sensor trabaja mediante una resistencia variable y está diseñado para funcionar desde los 100000 ohmios -40°F (-4,44°C) a los 185 ohmios 210°F (98,89°C).

El sensor MAP informa a la computadora MegaSquirt de la presión atmosférica antes de encender el motor, la presión atmosférica depende de la altura sobre el nivel del mar que se encuentre el vehículo, la cual se ajusta automáticamente para realizar las autocorrecciones. Funciona con una alimentación de (0-5) voltios y está conectada estratégicamente en un lugar donde pueda medir la presión de cada cilindro de forma adecuada (BOWLING, y otros, 2014).

El sensor de oxígeno (EGO). Este sensor nos informa si la cantidad de combustible inyectado es la correcta, midiendo la cantidad de oxígeno expulsada producto de los gases quemados dentro de la cámara de combustión. Trabaja en un rango de (0-1) voltios para un sensor de banda corta y un rango de (0-5) voltios para un sensor de banda ancha, puede calcular exactamente una relación aire/combustible desde (10:1) a (20:1). Voltajes bajos se interpreta como mezclas pobres, mientras que los voltajes altos significan mezclas ricas (BOWLING, y otros, 2014).

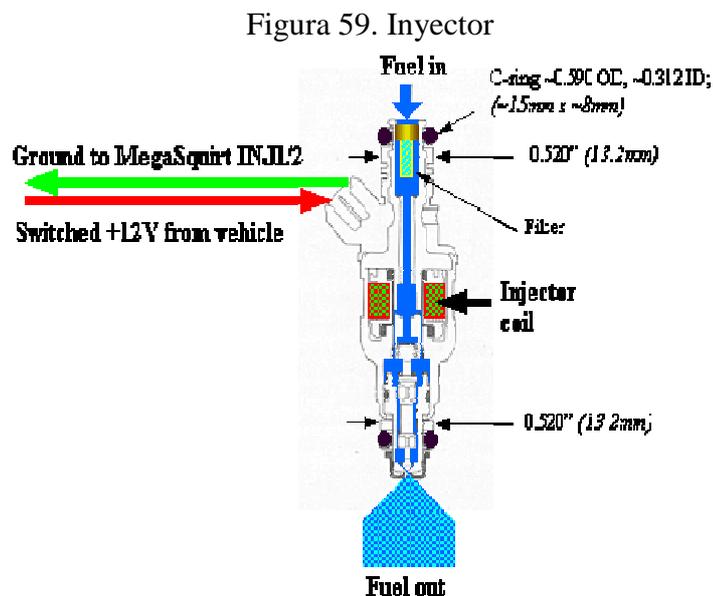
En nuestro caso usamos un sensor de banda ancha conocido como “wideband sensor” por motivos de exactitud en tiempo real en el momento de la calibración con el software.

**4.1.1.2 Datos de calibración.** La eficiencia volumétrica es la relación entre la presión dentro del cilindro y la presión en el múltiple de admisión.

La computadora “MegaSquirt” siempre maneja estos parámetros para poder calcular el ancho de pulso en el tiempo de inyección del combustible por lo tanto:

- Ancho de pulso largo significa mayor combustible o mezcla rica.
- Ancho de pulso corto significa menor combustible o mezcla pobre.

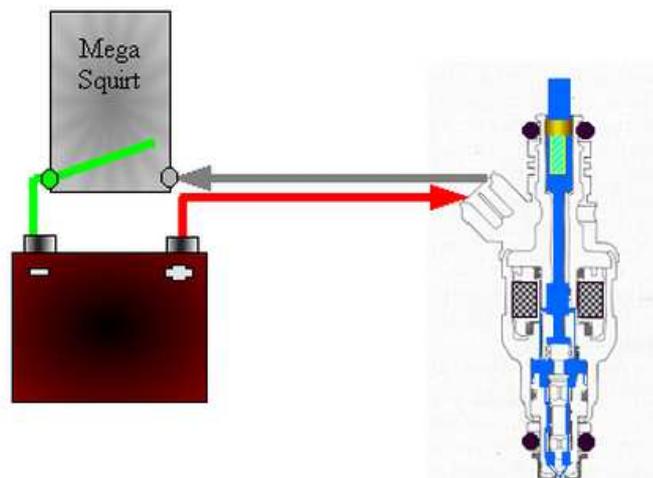
**El Combustible requerido (REQ\_FUEL).** Es el tiempo en milisegundos (ms) que la MegaSquirt debe inyectar para entregar la cantidad de combustible ideal (14,7 relación aire / combustible de la gasolina) al 100% de la eficiencia volumétrica, a una presión absoluta del múltiple (MAP) y una temperatura ambiente durante un ciclo de trabajo completo (BOWLING, y otros, 2014).



Fuente: <http://www.megamanual.com/v22manual/injector.gif>

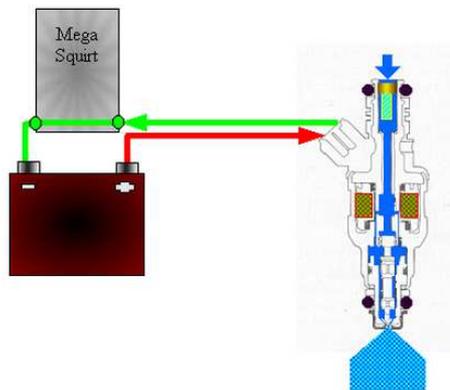
"MegaSquirt" realiza la apertura y cierre de los inyectores por tierra como se observa en las siguientes figuras.

Figura 60. Inyector desactivado



Fuente: [http://www.megamanual.com/v22manual/inj\\_ani.gif](http://www.megamanual.com/v22manual/inj_ani.gif)

Figura 61. Inyector Activo



Fuente: [http://www.megamanual.com/v22manual/inj\\_ani.gif](http://www.megamanual.com/v22manual/inj_ani.gif)

#### 4.2 Montaje de la placa principal V3.0.

**Guía de montaje de la ECU placa principal Versión V3.0.** Hay un gran número de designaciones crípticas en la construcción de una ECU. Muchos de ellos tienen la forma de una letra mayúscula seguida de un número de uno o dos dígitos. Estos indican los componentes que están instalados en la placa principal. MegaSquirtly son específicos para cada PCB. Así que R9 significa resistencia (R) número 9. Tenga en cuenta que la placa principal tiene un R9, al igual que la estimulación, y ellos son diferentes. A continuación podemos ver algunos ejemplos:

**D1** = diodo 1

**C1** = condensador 1

**R1** = resistencia 1

**U1** = IC (chip) 1

**L1** = inductor 1

**F1** = fusible 1

**P1** = conector 1

**Q1 o T1**= transistor 1,etc.

También hay una serie de lugares de puente X (X1, X2, etc.) Estos suelen especificar una ubicación en el tablero para soldar un puente, si nos fijamos en la tabla con todos los componentes instalados debería haber un X1, X2, etc. todavía visibles. También pueden tener otras denominaciones, como JS4 o JS1.

Tabla 3. Clasificación de los colores

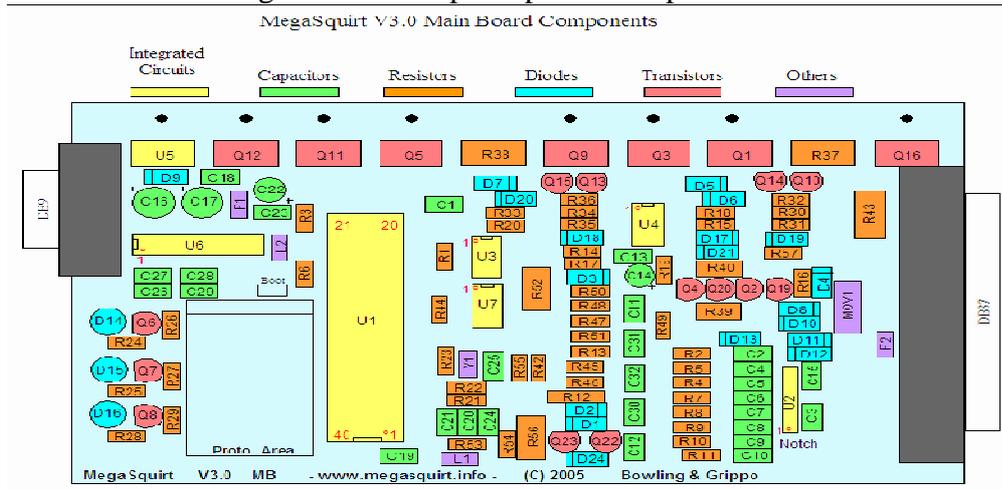
Componentes básicos	Retorno Activo	Sensor de encendido Disparador	Bobina de encendido Disparador	Alto conductor actual	Limitación de corriente	Enchufes	Repuestos	Cables
---------------------	----------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------	-------------------------	----------	-----------	--------

Fuente: <http://www.megamanual.com/v3.0manual>

Tenga en cuenta que algunos de los componentes necesarios para los circuitos opcionales se incluyen en componentes básicos, los mismos componentes utilizados en el montaje básico. "Repuestos" significa que estos son componentes básicos que usted puede conseguir en tiendas electrónicas en caso de un fallo en el montaje del mismo.

En el conjunto de instrucciones que son tablas, indican algunos de los esquemas estándar para identificar resistencias y condensadores, y así como la manera de encontrar el 'positivo' que lleva en los componentes polarizados. Recuerde que también puede emplear un multímetro para medir resistencias, y algunos se pueden identificar en la orientación de los diodos. Por último, se puede utilizar las etiquetas de los componentes que vienen para poder identificarlos de que componente es específicamente.

Figura 62. Placa principal de componentes



Fuente: <http://www.megamanual.com/ms2/v3components.gif>

Para la construcción de un Controlador MegaSquirt, se necesita lo siguiente:

- UnaplacaMegaSquirt.
- Un multímetro digital.
- Un cable serial DB-9 recto Es necesario un conector hembra en un extremo y un conectormacho en el otro extremo. También puede ser necesario un adaptador USB a serial si el equipo no tiene un puerto serial
- Un PC con Windows XP/Vista/7 para la optimización.
- Programa **TunerStudio** para la configuración de la computadora MegaSquirt.
- Programa **MegaStimulator** para que los controles y varias tareas, sean mucho más fáciles.
- Herramientas electrónicas generales para el montaje de la computadora (destornilladores, alicates, soldador, etc.).

Ahora vamos a realizar una inspección y pruebas para verificar que la MegaSquirt funcione correctamente.

Estas pruebas son:

- Verificación y Prueba de la fuente de alimentación.
- Prueba de comunicación en serie.
- Pruebas de la sección de entrada.
- Pruebas de la sección de salida.

## Verificación y prueba de la fuente de alimentación

- Instalar una batería en el simulador de placas MegaSquirt.
- Conectarla en el conector del simulador en el tablero de la MegaSquirt.
- A continuación, utilizando un *multímetro* digital en DC.
  - Comprobar si hay 5 voltios en el zócalo del procesador de 40 pines que se instaló.
  - Debe haber 5 voltios entre los pines 19 (tierra) y 20 (5v), también debe haber 5 en el pin 1 y 31 y el potencial de tierra en los pines 2 y 32.
  - Se debe obtener un voltaje entre 4.9 a 5.1 voltios en cada caso.

Tabla 4. Verificación y prueba de la fuente de alimentación

Pines	Pines		
	2	19	32
1 (5 voltios)	5 voltios		
20 (5 voltios)		5 voltios	
31 (5 voltios)			5 voltios

Fuente: <http://www.megamanual.com/v22manual>

**Nota:** Si no pasa las pruebas revisar todos los pasos de ensamblaje de esta sección

### *Pruebas de Comunicación en Serie.*

- Usando un ohmímetro, verifique que el cable de serie DB-9 es realmente un paso y no un módem nulo. Todos los conectores DB tienen los números de patas moldeadas en el aislamiento de plástico alrededor de los orificios de pasador en ambos extremos macho y hembra. Los números son muy pequeños y es posible que necesite una linterna y una lupa para verlos de mejor manera. Compruebe que el pin 1 en un extremo está conectado al pin 1 en el otro extremo, a continuación, hacer lo mismo cheque por los pines 2, 3, 5 y 9.

Los pines 1, 2, 3, 5, y 9 son los únicos pines conectados en la placa.

Las funciones de los pines DB9 son:

- **Pin 1** - VCC (5 voltios)
  - **Pin 2** - Tx (OUT)
  - **Pin 3** - Rx (IN)
  - **Pin 5** - planta
  - **Pin 9** -5 voltios (fuente de alimentación del dispositivo Bluetooth)
- Conecte el cable serial al ordenador, pero no a la MegaSquirt. Utilice una pinza o algo similar para puentear los pines 2 y 3 en el extremo suelto del cable. Esto proporciona un circuito de bucle invertido para comprobar el funcionamiento de su equipo y el cable sin la participación de la MegaSquirt.

***Pruebas de la sección de entrada.*** Tenga en cuenta que los procesadores 68HC908 ya tienen el código cargado. Únicamente se debe instalar MegaTune o TunerStudio con todos los ajustes por defecto.

Tenga en cuenta que si las rpm no están por encima de cero, no se conseguirá una lectura del sensor de oxígeno. El muestreo del sensor de oxígeno está vinculado con el momento de entrada del tacómetro, así que si no hay tacómetro el sensor de oxígeno quedará en un valor inicial. Una vez que tenga una señal de velocidad del sensor de oxígeno responderá correctamente.

Sin embargo si no se tiene una señal de velocidad todavía se puede comprobar que el controlador de la MegaSquirt está respondiendo al sensor de oxígeno.

Para hacer esta comprobación se debe hacer lo siguiente:

- Con el controlador MegaSquirt alimentado, anote el valor que nos da el sensor de oxígeno.
- Desconectar la alimentación del controlador MegaSquirt.
- Gire el control del sensor de oxígeno en el simulador a una posición diferente.

- Gire el potenciómetro del controlador de MegaSquirt.
- Se debe observar un valor diferente del sensor en el software de calibración.

Usted debe comprobar que el software de calibración muestra aproximadamente la presión barométrica correcta cuando no se aplica vacío. A continuación se muestra un gráfico de las presiones barométricas "normales" para diferentes alturas sobre el nivel del mar. En general están dentro de 4 o 5 *KPa* de los valores por debajo de su altitud.

Tabla 5. Presión barométrica Vs. Altitud

Elevación sobre el Nivel del Mar		Presión atmosférica
Pies	Medidores	kilo pascales ( <i>kPa</i> )
0	0	101.33
500	150	99.5
1000	300	97.6
1500	450	95.9
2000	600	94.2
2500	760	92.5
3000	920	90.8
3500	1070	89.2
4000	1200	87.5
4500	1400	85.9
5000	1500	84.3
6000	1800	81.2

Fuente: <http://www.megamanual.com/v22manual>

Si el sensor MAP lee baja y no responde al vacío o presión, lo más probable es al revés. Compruebe que esté conectado de la forma adecuada.

Tenga en cuenta que la MegaSquirt es un sistema de inyección semi-secuencial, se conecta la mitad de los inyectores con el controlador para un conductor (pines 32 y 33), la otra mitad al otro conductor (34 y 35). Se puede conectar en cualquier orden. Para facilitar la resolución de problemas, teniendo cada banco un controlador independiente. La ventaja de hacerlo así es que hace más fácil la solución de problemas (BOWLING, y otros, 2014).

Todas las instalaciones de MegaSquirt deben tener una entrada para determinar la velocidad del motor. Esta señal llega a través del pin 24 del DB37. Un sensor Hall debe ser conectado al pin 24 de entrada y el otro a tierra en el pin 7(BOWLING, y otros, 2014).

Los principales motivos de pines número 8, 9, 10, 11 y 18 pasan a un lugar en el bloque del motor. No conecte a tierra en localizaciones separadas físicamente, y no se debe usar un solo cable.

En su lugar pasar los cables separados todo el camino hasta el punto de tierra.

El pin 36 es una salida, que se utiliza para controlar un módulo de encendido, o controlar una bobina directamente.

#### 4.3 Esquemas y soluciones de problemas.

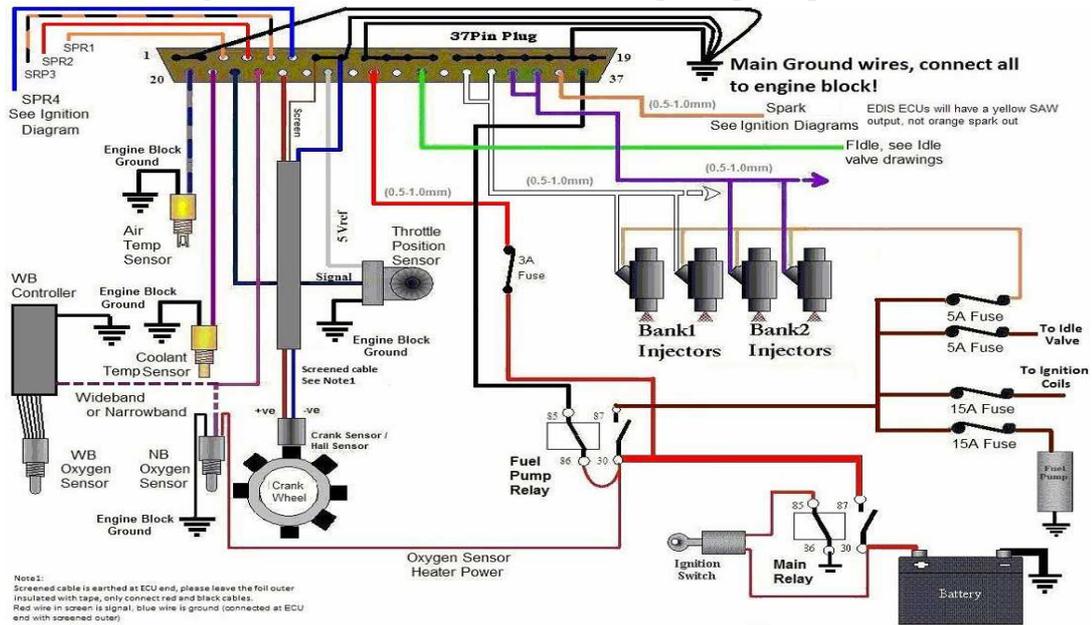
Tabla 6. Averías del sensor CKP

Problema	Causas	Soluciones
Sensor CKP	No tiene señal de rpm de la ECU	Comprobar puente de XG1 a XG2
	Entrada del sensor ruidoso	Conectar la tierra desde el sensor a una de la ranuras de los puentes en el conector DB37

Fuente: <http://www.megamanual.com/v22manual>

### 4.3.1 Cableado y sensores

Figura 63. Cableado externo con una placa principal V3.0



Fuente: <http://msextra.com/doc/general/pix/mslv3-external.png>

### 4.3.2 Inyectores y abastecimiento de combustible

**Inyectores.** Son los actuadores que se van a activar cuando la MegaSquirt lo ordene de acuerdo a los parámetros preestablecidos y datos que envíen los sensores correspondientes, para ello se necesita saber: tiempo de inyección, control de los inyectores, control del PWM e información del sensor de oxígeno

*Los inyectores se clasifican en:*

**Inyectores de baja impedancia.** Son inyectores que trabajan con una resistencia menor a 4 ohmios y su corriente para el funcionamiento debe ser limitada por el pulso de amplitud modulada para evitar que se sobre calienten los inyectores (BOWLING, y otros, 2014).

**Inyectores de alta impedancia.** Funcionan con una resistencia mayor a 10 ohmios y pueden funcionar normalmente con 12 voltios sin necesidad de limitar su corriente (BOWLING, y otros, 2014).

Para nuestro caso utilizamos inyectores de baja impedancia debido a que no necesita un caudal grande de combustible para el encendido en frío y por qué es un motor pequeño de 4 cilindros.

Ahora se establece los siguientes parámetros para los pulsos de amplitud modulada (PWM) de la siguiente manera.

Tabla 7. Constantes del inyector

Control del PWM		
PWM Current Limit (%)	75%	Límite de corriente
PWM Time Threshold (ms)	1 milisegundo	Tiempo umbral

Fuente: Autores

**Tiempo de inyección.** Es el tiempo necesario para que el inyector pase de un estado cerrado a un estado abierto al aplicarle una señal de voltaje, el tiempo de inyección para nuestros inyectores es de 1 milisegundo (BOWLING, y otros, 2014).

#### **Información del sensor de oxígeno**

Las únicas diferencias entre los sensores de oxígeno de banda corta y del de banda ancha en el controlador de la MegaSquirt es la gráfica en forma de pendiente y el punto de calibración.

El número total del intervalo permitido se fija con el sensor de oxígeno +/- el límite en (%). El tiempo entre los intervalos está relacionado directamente con los eventos de encendido por cada intervalo. Entonces la MegaSquirt espera este número de eventos para realizar su debido ajuste con el software (BOWLING, y otros, 2014).

- Si el sensor de oxígeno informa una mezcla pobre la MegaSquirt aumentará la cantidad de combustible inyectado en el cilindro, debido al paso del sensor de oxígeno.
- Si el sensor de oxígeno informa una mezcla rica, la ECU disminuirá la cantidad de combustible inyectado en el cilindro, debido al paso del sensor de oxígeno.

- Por lo tanto si el sensor llego a su límite requerido la MegaSquirt ya no realizara ninguna corrección.

Debemos tomar en consideración que con el sensor real, las características son las siguientes:

Tabla 8. Relación entre banda ancha y banda corta

Voltajes de mezcla	Banda Corta	Banda Ancha
Voltaje ideal	0.450 voltios	2.500 voltios
Voltaje Rico	> 0.450	<2.500
Voltaje Pobre	<0.450	> 2.500

Fuente: <http://www.megamanual.com/v22manual>

**Encendido inicial o de entrada.** Una señal es tomada desde el terminal negativo de la bobina. Idealmente, hay un pico alto de voltaje cada vez que un cilindro se enciende, entonces es cuando la MegaSquirt inyecta combustible en los múltiplos pares de estas señales.

La cronología de los sucesos de inyección depende de los datos que se ha establecido anteriormente en el software de calibración y para esto es necesario conocer: el número de inyecciones por ciclo del motor, apertura del inyector y número de cilindros.

**Numero de inyecciones por ciclo del motor.-** El número de inyecciones para este tipo de implementación es de 2 inyecciones por ciclo del motor, es decir se activarán dos inyectores en el cilindro 1 y 4 y luego se activarán los dos siguientes para los cilindros 2 y 3.

**Apertura del inyector.-** La apertura de los inyectores será de forma alternada de dos en dos.

**Numero de cilindros.-** En nuestro caso es un motor de 4 cilindros.

### 4.3.3 *Ajuste los controladores de la MegaSquirt I Extra*

**Modo de ruedas Genéricas.** Permite el uso de una rueda fónica de múltiples dientes tales como (36-1) o(60-2).

La chispa perdida se utiliza en gran cantidad en motores de 4 tiempos y es donde un par de cilindros se disparan juntos, un cilindro está en la carrera de compresión y el otro en la carrera de escape. Los 2 cilindros que se activan son la pareja que se mueven juntos y son, por tanto, uno frente al otro en el orden de encendido. Por tanto, esta configuración tiene múltiples bobinas, generalmente de 2 para un motor de 4 cilindros, 4 para uno de 8 cilindros, etc. No tiene un distribuidor, ya que las bujías de los cilindros se conectan directamente a las bobinas.

**Archivos MSQ.** Son archivos que MegaTune genera cuando se guarda la configuración. Estos pueden ser abiertos por MegaTune u otro software de calibración para la ECU programable y mantener todos los datos que se almacenan dentro de la ECU, específico para la configuración.

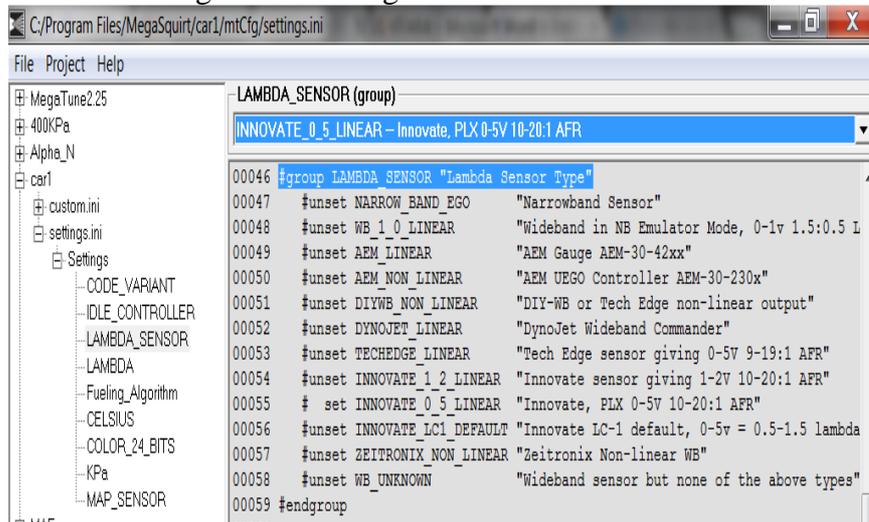
**Los Sensores Lambda:** Los sensores estándar de los automóviles modernos, son lambdas de banda corta los que dan una salida de 0-1V. Estos son normalmente de 1, 2, 3 o 4 cables. Los sensores de 3 y 4 cables generalmente tienen un calentador en ellos y estos son recomendados ya que dependen totalmente del calor de los gases de escape para conseguir la temperatura óptima de operación. La tensión de 0,5V representa una relación aire/combustible de 14,7: 1 cualquier valor inferior o mayor que 0,5V representa una mezcla pobre o rica (BOWLING, y otros, 2014).

Una sonda lambda de banda ancha puede interpretar con exactitud la relación aire-combustible dentro de un rango de entre 10:1 a 20:1. Estos por lo general tienen un rango de salida de voltaje de 0-5V y algunos se deben programar para dar una salida de línea recta con respecto a la relación antes mencionada. Por lo que puede ser para 0V una relación aire/combustible de 10:01 y 5V para una relación aire/combustible de 20:01, de modo que una salida de 2,5 V sería una relación aire/combustible de 15:01 etc (BOWLING, y otros, 2014).

Para que el software MegaTune pueda distinguir entre un sensor de banda corta o banda ancha se deberá utilizar el Configurador dentro MegaTune de la siguiente manera.

### CAR1 – Settings.ini – configuración – sonda lambda

Figura 64. Configuración – sonda lambda



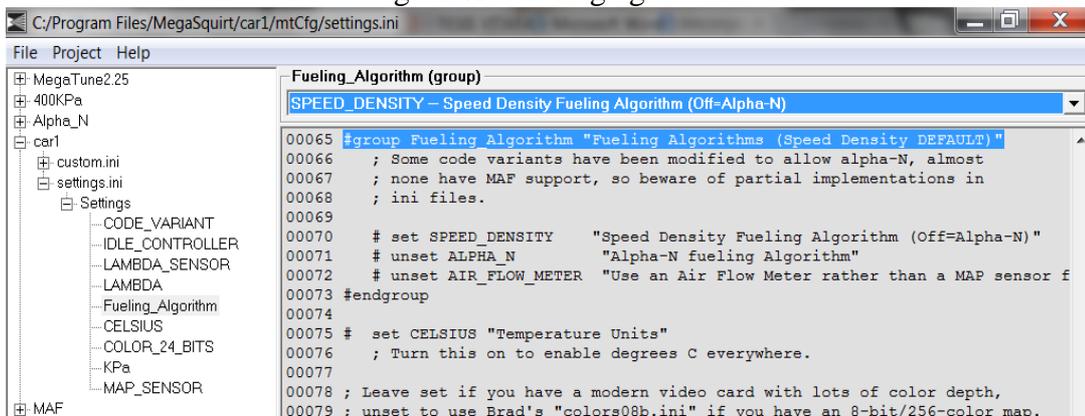
Fuente: Autores

### Configuración de SPEED DENSITY

A continuación, seleccione:

### CAR1 – Settings.ini – Configuración –Fueling Algoritmo

Figura 65. Fuelingalgoritmo

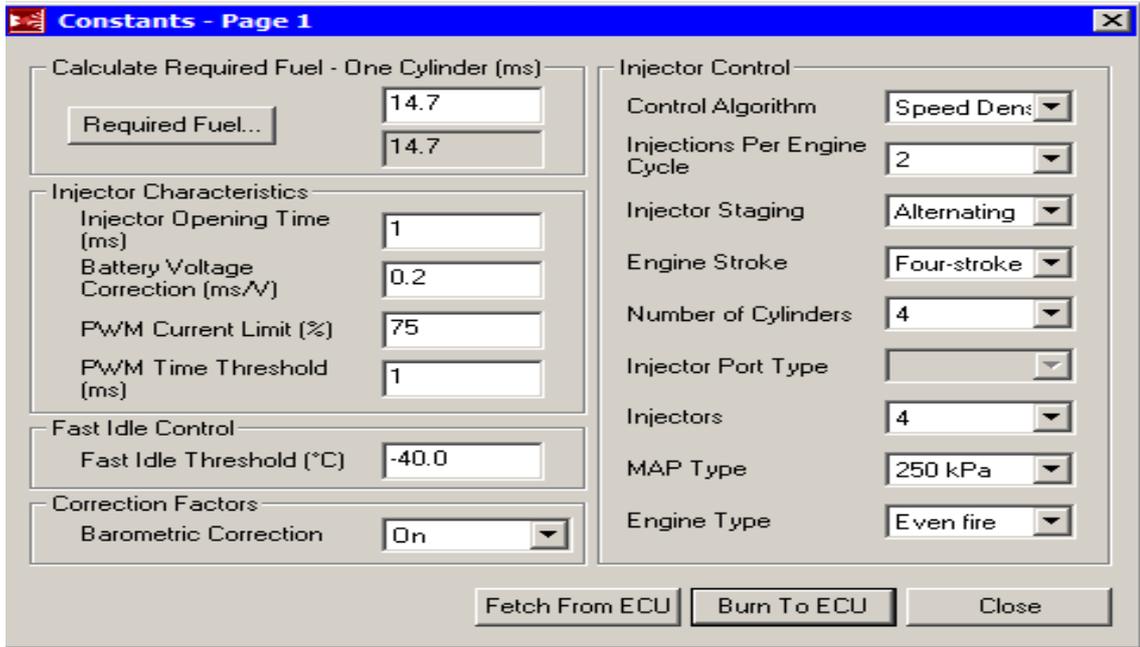


Fuente: Autores

## Configuración del número de cilindros:

Configuración de 4 cilindros

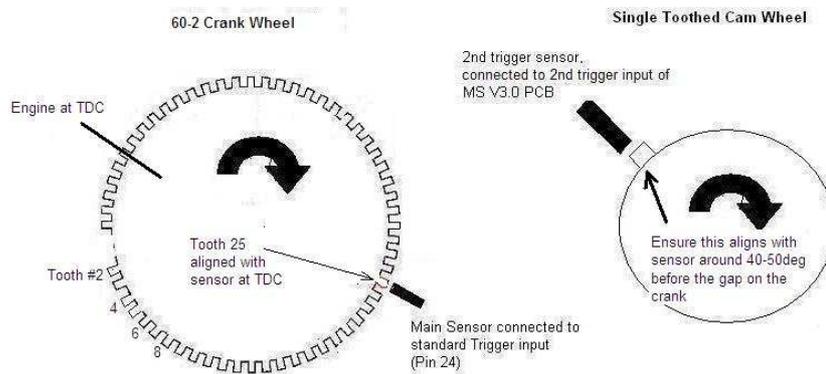
Figura 66. Configuración de los cilindros



Fuente: Autores

**Configuración de la señal de arranque con rueda fónica (60-2).** Se utiliza una señal de manivela con los dientes que faltan, el diente uno será el primer diente después del espacio sin dientes por ejemplo 60-2, el primer diente será el diente número 2.

Figura 67. Rueda fónica

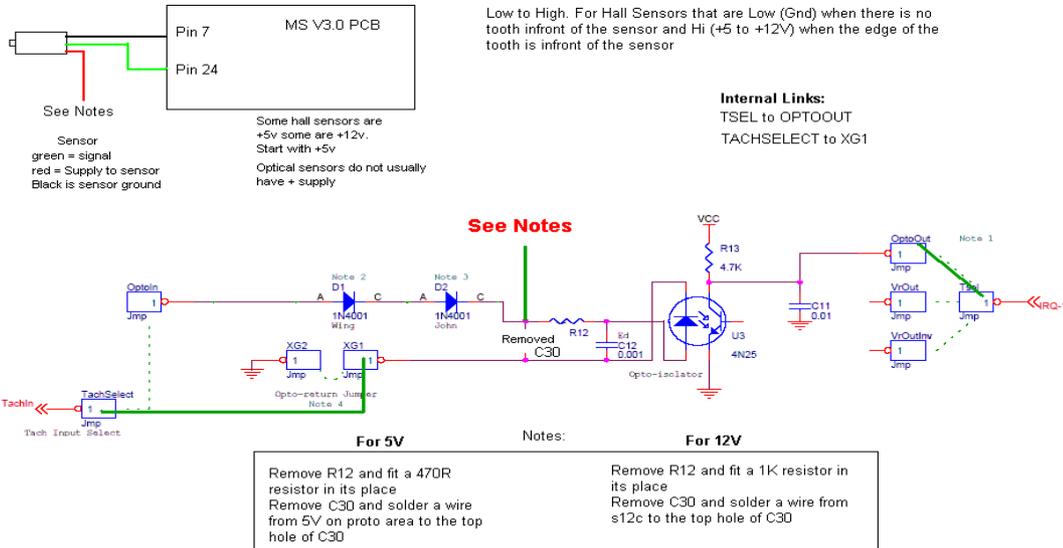


Fuente:

[http://Manual%20de%20Hardware%20MS1%20Extra%20encendido\\_files/v3input-halllohi.GIF](http://Manual%20de%20Hardware%20MS1%20Extra%20encendido_files/v3input-halllohi.GIF)

En nuestro ejemplo tenemos un motor 4cilindros y el diente 45 se alinea con el sensor en el PMS. Así que entramos en la información del programa wheeldecoder.xls para ingresar los datos correctos.

Figura 68. Sensor Hall



Fuente:

[http://Manual%20de%20Hardware%20MS1%20Extra%20encendido\\_files/v3input-halllohi.GIF](http://Manual%20de%20Hardware%20MS1%20Extra%20encendido_files/v3input-halllohi.GIF)

Figura 69. Decodificador de señal

wheeldecoder [Modo de compatibilidad] - Excel

Wheel decoder settings calculator - For wasted spark 2, 4, 6 and 8 cy four stroke engines

Enter your values in the yellow sections:

Number of teeth per crank rev	60
Number of missing teeth	2
Number of cylinders	4
Tooth number aligned with sensor at TDC	45
Crank angle when missing tooth at sensor	270

If unsure of tooth number at TDC enter angle of crank when sensor aligns with the first missing tooth  
Crank angle when missing tooth aligns with sensor: 90  
Tooth number aligned with sensor at TDC = 15

Values to be entered into Megatune:

Spark Settings  
Trigger Angle: 60 (Keep at 60deg unless Trig pos is not a whole number)

Wheel Decoder Settings

Trig pos A	38
Trig Return pos A	43
Trig pos B	5
Trig Return pos B	13
Trig pos C	0
Trig Return pos C	0
Trig pos D	0
Trig Return pos D	0
Trig pos E	0
Trig Return pos E	0
Trig pos F	0
Trig Return pos F	0

Power cycle after changes

Spark Settings

Trigger Angle = Setting + Addition  
e.g. 77+45= 122  
Trigger Angle (Deg): 90  
Trigger Angle Addition: 0

Cranks Timing  
Cranking advance Angle (see F1) (Deg): 10  
Halt Ignition: [ ]  
Spark Output Inverted (see F1): Yes  
EXPERIMENTAL: Cdsline: No  
Fixed Angle (10 = use map) (Deg): 10  
Ten Angle (Deg): 0

Fuente:

[http://Manual%20de%20Hardware%20MS1%20Extra%20encendido\\_files/wheelexcel.jpg](http://Manual%20de%20Hardware%20MS1%20Extra%20encendido_files/wheelexcel.jpg)

## CAPÍTULO V

### 5. MONTAJE DEL SISTEMA TWIN CAM

Para el montaje del sistema Twin Cam se los realizo en dos etapas, que se puede decir como etapa mecánica y electrónica.

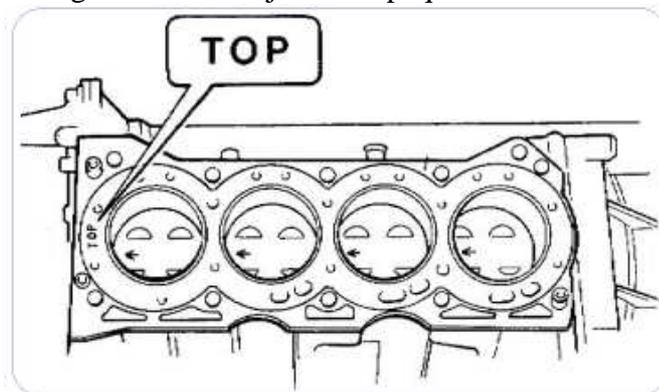
#### 5.1 Montaje de la culata

El montaje de la culata es así que podemos decir que se trata de la etapa mecánica, donde montaremos las piezas móviles con sus respectivos ajustes hasta fijar la culata al block del motor y la sincronización del cigüeñal con los ejes de levas.

Es así que al final de tener completamente ensamblada la culata la acoplaremos al block del motor por medio de cada uno de los pernos con su debido orden de ajuste para no causar la más mínima deformación de la culata y su empaque.

- Para el montaje mismo de la culata se debe montar primero el empaque de la culata verificado que los conductos de lubricación hacia la culata no se obstruyan por el empaque, una vez verificado esto colocamos el empaque como se muestra en la figura teniendo en cuenta cual es la parte superior o TOP, marca provista por el mismo empaque.

Figura 70. Montaje del empaque de la culata.



Fuente: 1989 Suzuki Swift *GTi* Shop Manual

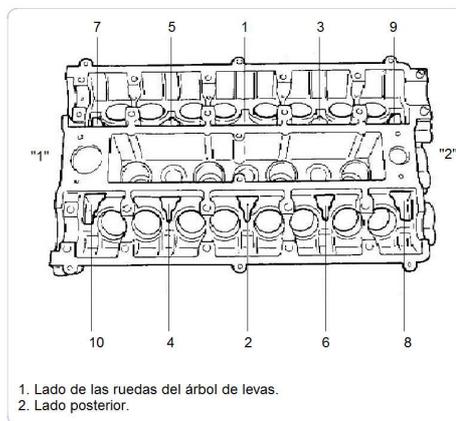
- Después de aplica aceite en los pernos de la culata ajustarlos gradualmente con un taquímetro, siguiendo la secuencia como lo indica la figura.
- Finalmente se ha de ajustar los pernos con la siguiente tabla de torque.

Tabla 9. Torque para pernos de la culata

Torque de pernos para la culata		
N-m	Kg-m	Lb-ft
65 – 70	6,5 – 7,0	47,5 – 50,5

Fuente: 1989 Suzuki Swift *GTi* Shop Manual

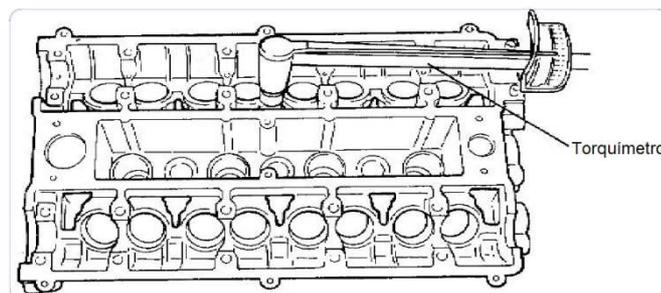
Figura 71. Orden para el ajuste de pernos de la Culata



Fuente: 1989 Suzuki Swift *GTi* Shop Manual

- Realizar ajustes con el Torquímetro en la secuencia indicada.

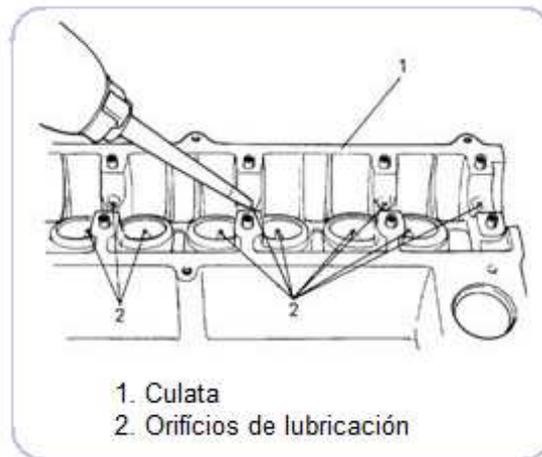
Figura 72. Demostración de ajuste con torquímetro



Fuente: 1989 Suzuki Swift *GTi* Shop Manual

- Instalar los propulsores hidráulicos y los árboles de levas de admisión y escape con sus respectivas poleas hacia la culata.
- Para instalar los propulsores a la culata se debe llenar de aceite en todos los orificios, desde luego con aceite para motor.

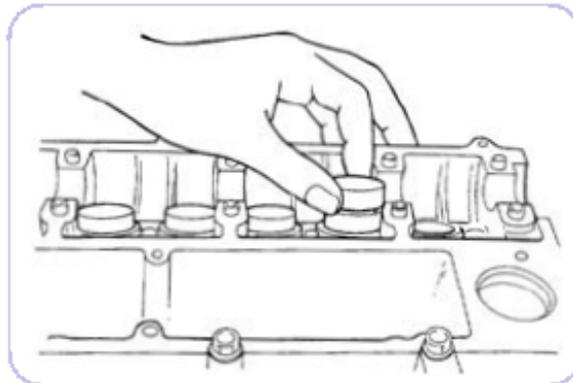
Figura 73. Lubricación de los propulsores y orificios



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

- Aplicar aceite al propulsor, a continuación instalarlo.

Figura 74. Instalación de los propulsores



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

- Instalar las poleas de los árboles de levas de admisión y escape, para cada árbol de levas después de colocar sus pines en cada uno de ellos, las poleas de admisión y escape son las mismas, pero no se las debe confundir en su reinstalación. Una nueva polea puede ser instalada para cualquier lado.

Para la polea de admisión, encajar la guía en la ranura de la polea con la marca que diga I mayúscula. Para la polea de escape proceder de la misma manera solo que en la ranura con la marca que diga E mayúscula.

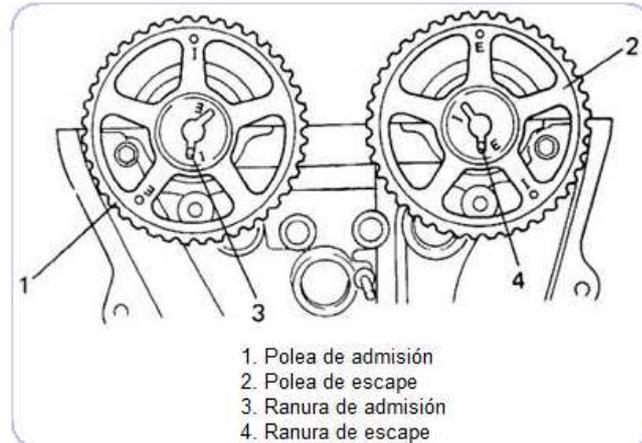
Tomar en cuenta para las poleas de admisión y escape, el ajuste de los pernos de las mismas el cual es el siguiente.

Tabla 10. Torque para pernos de las poleas de los ejes de levas

Torque para pernos de las poleas de los ejes de levas		
N-m	Kg-m	Lb-ft
56 – 64	5,6 – 6,4	41,0 – 46,0

Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

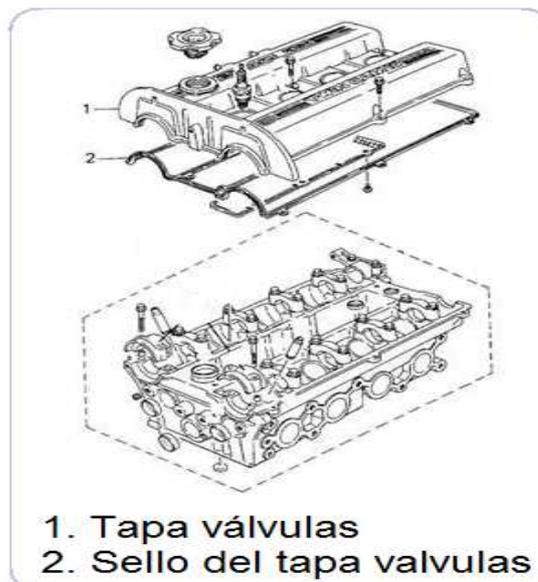
Figura 75. Ubicación correcta de las poleas



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

- Por último después de tener una inspección visual y verificar que todos los elementos de la culata estén debidamente ajustados montar la tapa válvulas sobre la culata con su empaque.

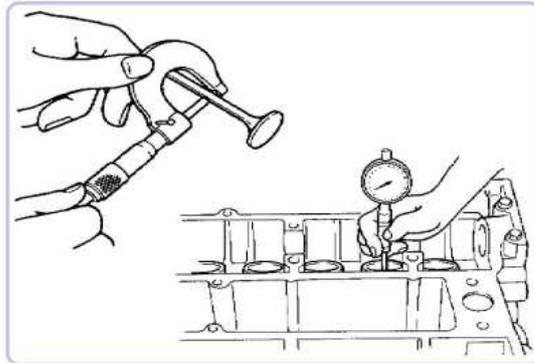
Figura 76. Montaje de la tapa válvulas sobre la culata



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

**5.1.1 Montaje de las válvula.** Previo al montaje de las válvulas se les debe realizar una inspección, con un micrómetro y un reloj *palpador*; tomar la lectura del diámetro en los vástagos de las válvulas y sus guías, para revisar la holgura de la guía y el vástago.

Figura 77. Inspección de válvulas



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

Si la holgura excede el límite reemplazar la válvula con su guía.

Tabla 11. Holguras de las válvulas y guías  
Lecturas de la holgura de las válvulas y guías

Descripción		Estándar	Límite
Diámetro del vástago de la válvula	Interno	5.464 – 5.480mm (0.2152 – 0.2157in)	
	Externo	5.450 – 5.465mm (0.2146 – 0.2151in)	
Guía de la válvula	Interno&Externo	5.500 – 5.512mm (0.2165 – 0.2170in)	
Holgura del vástago a la guía	Interno	0.020 – 0.047mm (0.0008 – 0.0018in)	0.07mm (0.0027in)
	Externo	0.035 – 0.062mm (0.0014 – 0.0024in)	0.09mm 0.0035in

Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

***Entonces procedemos al montaje de las válvulas de la siguiente manera:***

- Remover la carbonilla de la válvula.

- Revisar en cada una de las válvulas el desgaste o distorsión, en cada uno de sus lados y el vástago, reemplazarlas de ser necesario.

Espesor y medida de cada una de las válvulas. Si el espesor no está dentro de sus tolerancias, reemplace las válvulas.

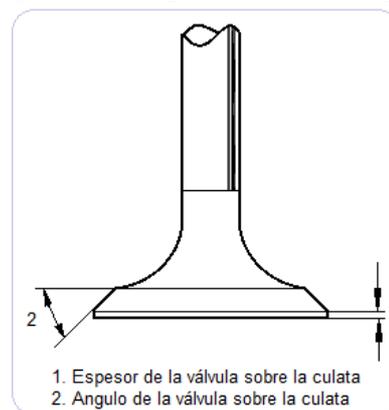
Tabla 12. Espesores de las válvulas

Espesores de la válvula		
Admisión	1.0mm (0.039in)	0.6mm (0.023in)
Escape	1.1mm (0.047in)	0.7mm (0.027in)

Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

- Inspeccionar el vástago de la válvula al final de su lado por picaduras o desgaste. Si se encontrara picaduras o desgaste, el vástago de la válvula podría ser rectificado. En caso que no se encontrara excesivo desgaste solamente limpiarlas. Cuando esta demasiado desgastado es porque el biselado se ha ido, eso quiere decir que la válvula debe ser reemplazada.

Figura 78. Inspección de vástago



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

- Asentar las válvulas sobre la culata para obtener la hermeticidad en la cara de combustión.
- Producir una superficie modelo de contacto en cada válvula con cada asiento es la manera más usual, para dar un recubrimiento uniforme se emplea una pasta roja que

se hará rotar el asiento de la válvula contra el asiento de la culata, a esto se le denomina el proceso de asentar válvulas.

Los patrones de producción en cada lado del asiento de cada válvula deben ser como un anillo continuo sin romper, o pasarse de los patrones de la tabla contigua.

Tabla 13. Tolerancias de contacto de la válvula en la culata

Tolerancias de contacto de la válvula en la culata		
Ancho del asiento estándar entre el contacto de la válvula y la culata	Admisión	1.2 – 1.5 mm (0.0512 – 0.0590in)
	Escape	

Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

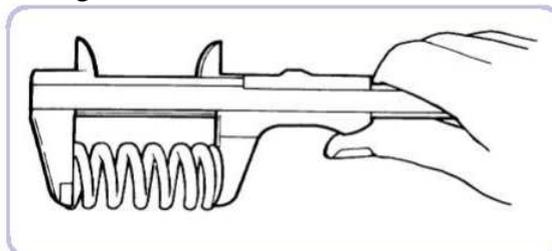
- También se ha de inspeccionar el estado de cuadratura de los muelles, en términos de holgura entre el fin de la válvula y su estructura. El muelle de la válvula es expuesto a una gran holgura y si pasara su tolerancia debe ser reemplazarlo.

Tabla 14. Tolerancia del resorte de válvula

Tolerancia de cuadratura del resorte de válvula
2.0 mm (0.079in)

Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

Figura 79. Tolerancia de cuadratura

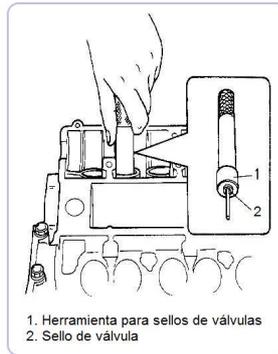


Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

Una vez verificado el estado de los elementos procedemos al montaje de las válvulas sobre la culata.

- Aplicar aceite de motor en los sellos de válvula y montarlos en las guías con la herramienta adecuada.

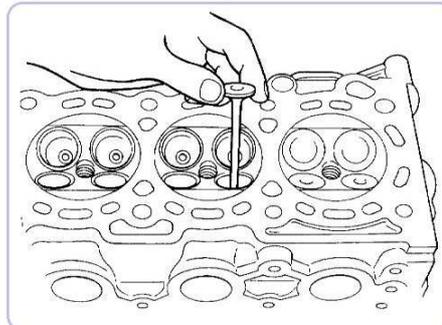
Figura 80. Montaje de los sellos de válvula



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

- Girar la culata con los sellos instalados y montar las válvulas.

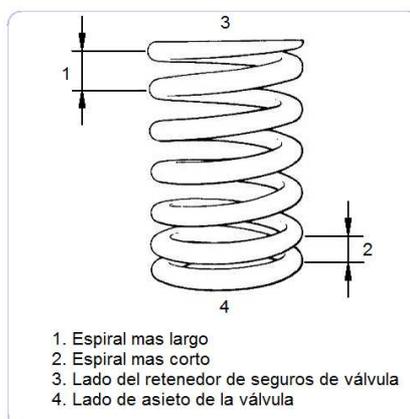
Figura 81. Montaje de las válvulas



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

- Montar los muelles de válvula y su retenedor. Cada muelle tiene en la parte superior una inclinación de igual manera en la parte inferior. Estar seguro de la posición del muelle como lo muestra la figura.

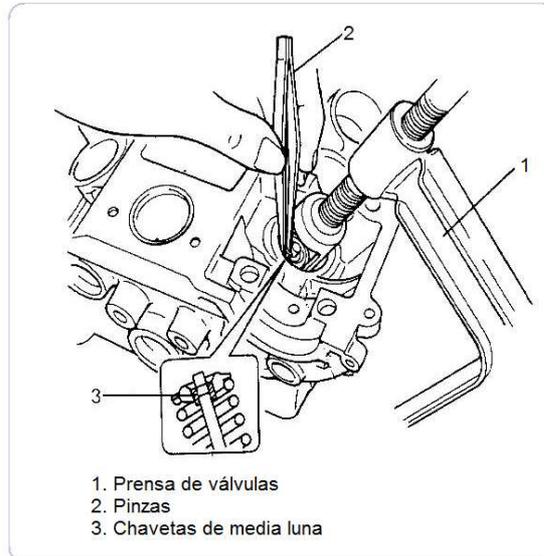
Figura 82. Posición correcta para el montaje de los muelles



Fuente: Editado

- Utilizado la prensa de válvulas, comprimiendo los muelles con su plato retenedor se podrá instalar las chavetas de media luna de las válvulas para asegurarlos muelles de las válvulas, las chavetas deben encajar dentro de la ranura provista en el vástago de la válvula.

Figura 83. Instalación de las chavetas de media luna

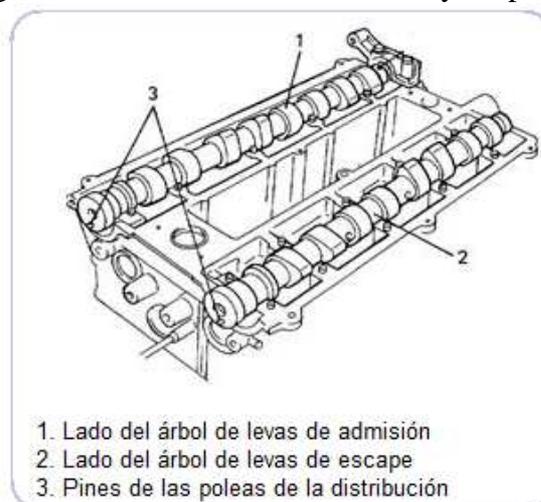


Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

### 5.1.2 Montaje de los árboles de levas

- Después de aplicar aceite de motor en todos los soportes del árbol de levas y las levas, instale los ejes de levas y las poleas sobre las marcas o soportes indicados.

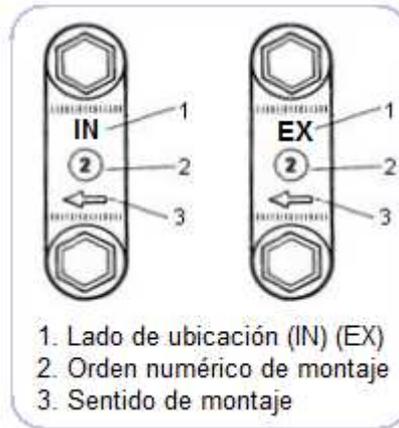
Figura 84. Instalación de los árboles y las poleas



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

- Montar los soportes del árbol de levas en la culata, con el orden y ubicación correcta, ya que los mismos vienen numerados y señalados, indicando si son de admisión (IN) o escape (EX).

Figura 85. Ubicación correcta de los soportes del árbol de levas



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

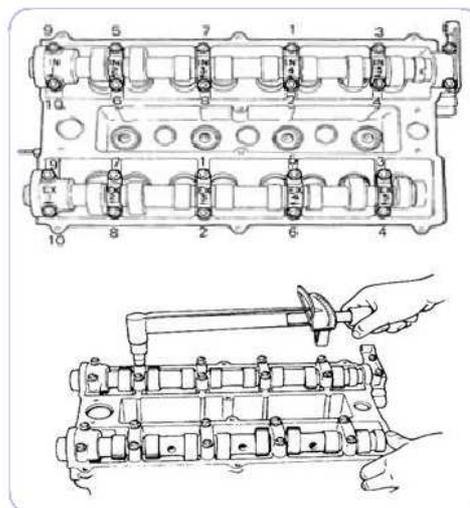
Los pernos de fijación deben ser ajustados a un torque y secuencia determinada.

Tabla 15. Torque para pernos del árbol de levas

Torque para los pernos del árbol de levas		
N-m	Kg-m	Lb-ft
9 – 12	0.9 – 1.2	7.0 – 8.5

Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

Figura 86. Orden correcto de ajuste



Fuente: 1989 Suzuki Swift **GTi** Shop Manual

### 5.1.3 Montaje del sistema de distribución DOHC

- Instalar la platina para el rodamiento de ajuste. Insertar el perno para sujetar el soporte dentro del agujero del ajustador.
- Instalar el ajustador y su platina de ajuste. Sin ajustar el templador aun. Solamente el ajuste debe ser con la mano. Revisar para estar seguro del movimiento de la platina en la dirección indicada, a veces causa movimiento en la misma dirección.
- Mover las poleas de la banda de distribución de admisión (IN) y escape (EX) a la marca en I, que indican las poleas cuando están alineadas con la marca del cobertor y márkuelos en E cuando este con la polea.

## 5.2 Montaje del sistema electrónico

**5.2.1 Montaje de la Unidad Electrónica de control.** Primero se ubica un lugar seguro y oculto para que no sea propenso a robos y de fácil acceso para realizar los respectivos ajustes de la computadora.

Figura 87. Ubicación de ECU



Fuente: Autores

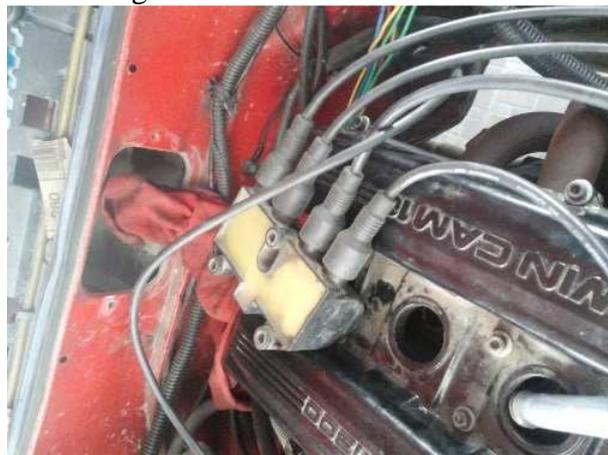
Segundo se verifica que no haya confusión entre cables de la computadora y los cables de los diferentes accesorios del automóvil para que se fácil su desarmado en caso de presentarse algún problema en el sistema.

Tercero se asegura todos los cables y la base donde va fijada la computadora para que con las vibraciones del motor no cause daños en los pines de conexión de la computadora.

Cuarto se comprueba que no haya continuidad en los pines que no debería tener continuidad para que al momento de encender el automóvil no se cortocircuite la computadora o se quemé por un cortocircuito después de que se haya armado todo el tablero de instrumentos.

**5.2.2 Montaje de la bobina de encendido.** Primerose busca un lugar que sea adecuado para la distancia de los cables de bujías y el conector de la bobina que viene desde la computadora y por otro lado que este lo más protegido y aislado del excesivo calor que produce el motor.

Figura 88. Bobina de encendido



Fuente: Autores

Segundose fija la bobina con pernos adecuados en la posición correcta.

Figura 89. Ubicación bobina de encendido



Fuente: Autores

**5.2.3 Montaje y ubicación del cableado.** Primerose mide los cables que van a los respectivos sensores, actuadores y caja de relés y fusibles, para luego cortarlos y conectar lo respectivos terminales según correspondan.

Segundose coloca protectores para las diferentes rutas de los cables para evitar que se dañen por causa de la temperatura que produce el motor.

Figura 90. Protección cableado sensores



Fuente: Autores

Tercero se ubica los relés y fusibles de todo el sistema de inyección electrónico en un lugar visible y de fácil acceso para las revisiones en caso de algún problema en el sistema.

Figura 91. Ubicación de relés y fusibles



Fuente: Autores

Cuarto se ubica todas las tierras en un solo punto de igual manera que sean de fácil acceso y que haga el mayor contacto con la tierra.

Figura 92. Ubicación de tierras



Fuente: Autores

Quintose verifica que este todo conectado correctamente para proceder al armado total del tablero y quede todo asegurado y listo para que pueda funcionar correctamente.

## CAPÍTULO VI

### 6. PRUEBAS Y ENSAYOS.

En este capítulo se evalúa el desempeño obtenido con la implementación del sistema Twin Cam a este motor.

#### 6.1 Puesta a punto de la distribución.

Para obtener un rendimiento óptimo en el motor se debe poner a punto la distribución lo más exactamente posible, es decir que las válvulas de admisión y escape se abran y cierren en el momento exacto para así cumplir con los ciclos de trabajo del motor.

Para realizar la puesta a punto se partirá del diagrama de distribución. El diagrama nos muestra la posición angular de la muñequilla del cigüeñal en el instante en que debe comenzar la apertura de la válvula de admisión y la de escape según el caso.

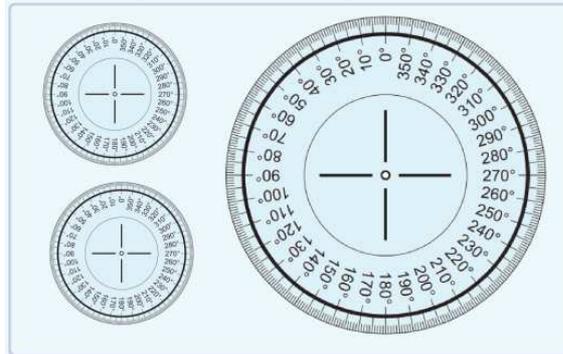
Al poseer 2 árboles de levas para las levas de admisión y escape, se habrán de poner a punto los dos ejes de levas.

En cuanto al encendido no será necesario ya que es parte de la programación electrónica de la ECU ya que se tiene un sistema de encendido DIS con la señal del CKP con sensor inductivo.

*Se debe contar con los siguientes elementos para la distribución.*

Tres discos graduados para la rueda del cigüeñal y los ejes de levas, que nos informen de los grados girados por el cigüeñal.

Figura 93. Discos graduados



Fuente: Editado

Un reloj palpador correctamente encerado para saber el PMS exacto del cigüeñal en el cilindro uno y un marcador.

Figura 94. Reloj palpador



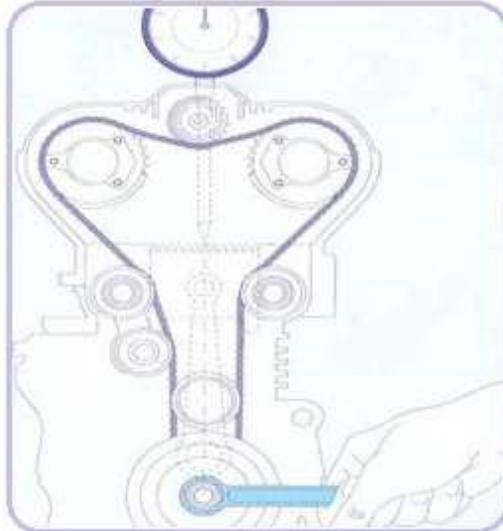
Fuente: Editado

Herramientas del taller necesarias para mover los ejes de levas y el cigüeñal.

**Procedimiento:**

- Se coloca el primer cilindro en el PMS, para ello se coloca el palpador en el orificio de la bujía, se hace girar el cigüeñal verificando que las señales suministradas por el fabricante coincidan con las respectivas poleas del cigüeñal y eje de levas.

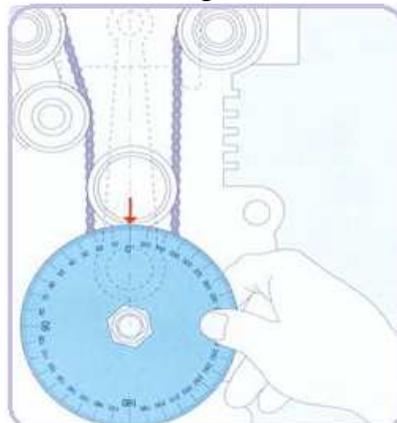
Figura 95. Ubicación de las señales de distribución



Fuente: Editado

- Montar el disco graduado en frente del cigüeñal, tal que las señales originales de la corona del fabricante coincidan con el cero del disco graduado.

Figura 96. Comparación del disco graduado con las señales originales



Fuente: Editado

- Se coloca un puntero fijo en la dirección del cero del disco para tomarlo como punto de referencia y hacer la dedición de los ángulos deseados.

Es conveniente dejar marcada la posición exacta del cilindro en el PMS para llegar a ella inmediatamente.

- Con el cilindro en el PMS y los datos del diagrama de distribución llevamos el pistón al punto exacto en el que se abre la válvula de admisión, sin olvidar el sentido de giro del normal del cigüeñal.

El disco graduado nos permite situarlo sin error.

Para calar los árboles de levas, hay que girar el cigüeñal los grados precisos hasta que el diagrama de distribución nos indique que la válvula de admisión se debe abrir.

Figura 97. Calado del árbol de levas

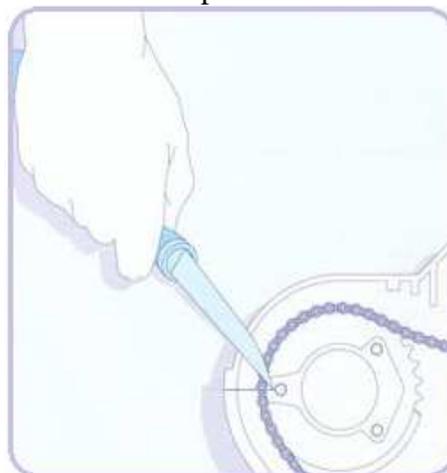


Fuente: Editado

En ese momento se debe colocar el árbol, de modo que la válvula comience a abrirse.

- Cuando ya se conoce la puesta a punto del cigüeñal con el árbol de admisión, hay que señalar exactamente su posición. La marca se la puede realizar en la polea del eje de levas con relación al plano de la culata.

Figura 98. Marcas de la polea con relación a la culata



Fuente: Editado

Seguido de esto se procede a repetir la operación para el eje de levas de escape.

- Ajustar y comprobar que los periodos de admisión y escape, así como sus puntos característicos son los correctos.

## 6.2 Pruebas de torque y potencia en el dinamómetro

El torque y la potencia son indicativos del funcionamiento del motor, se permite saber que tanta fuerza puede producir y con qué rapidez puede trabajar.

Para realizar las pruebas de torque y potencia primero se va a encontrar los valores ideales con los datos del motor para luego comparar con los resultados obtenidos en el dinamómetro.

Tabla 16 Datos Técnicos del motor G13B

Diámetro del Pistón	74mm=7,4cm
Carrera del Cilindro	75,5mm=7,55cm
Relación de compresión	10:1

Fuente: <http://www.carrosnaweb.com.br/fichadetalhe.asp?codigo=297>

### Volumen del cilindro(BONIFAZ, 1987)

$$Vh = \frac{\pi * D^2 * C}{4} \quad (12)$$

$$Vh = \frac{3,1416 * (7,4cm)^2 * 7,55cm}{4}$$

$$Vh = 324,5cm^3$$

### Volumen de la cámara(BONIFAZ, 1987)

$$Vc = \frac{Vh}{Rc} \quad (13)$$

$$Vc = \frac{324,5cm^3}{10}$$

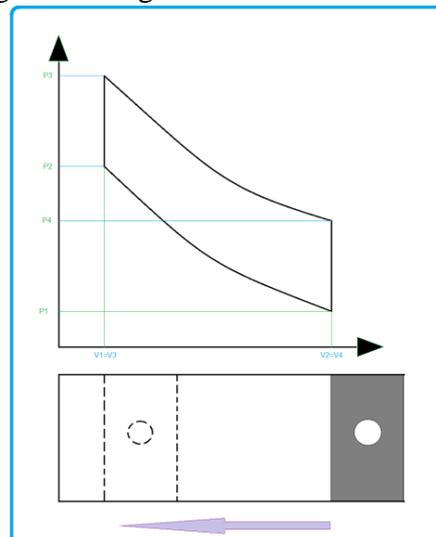
$$Vc = 32,45cm^3$$

Tabla 17 Datos del motor implementado

<b>Diámetro del cilindro</b>	<b>75mm=7,5cm</b>
<b>Carrera del cilindro</b>	90mm=9cm
<b>Volumen de la cámara</b>	32,45cm <sup>3</sup>
<b>Temperatura inicial</b>	56°C=329,15°K
<b>Constante del aire</b>	2926,9kgcm/kg°K
<b>Poder calorífico gasolina</b>	10497kcal/kg
<b>Densidad del aire (2700mSNM)</b>	9,355 × 10 <sup>-7</sup> kg/cm <sup>3</sup>
<b>Presión (2850m)</b>	0,7429 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Rendimiento mecánico</b>	0,9
<b>Número de cilindros</b>	4
<b>Ciclos de trabajo</b>	4
<b>Rendimiento termodinámico</b>	0,3
<b>Relación de calor específico del aire</b>	1,4
<b>Revoluciones del motor</b>	6400rpm
<b>Cilindrada total</b>	1590cm <sup>3</sup>

Fuente: Autores

Figura 99 Diagrama termodinámico Otto



Fuente: Autores

Volumen del cilindro(BONIFAZ, 1987)

$$Vh = \frac{\pi * D^2 * C}{4} \quad (14)$$

$$V_h = \frac{3,1416 * (7,5\text{cm})^2 * 9\text{cm}}{4}$$

$$V_h = 397,4\text{cm}^3$$

**Relación de Compresión**(BONIFAZ, 1987)

$$R_c = \frac{V_h}{V_c} \tag{15}$$

$$R_c = \frac{397,4\text{cm}^3}{32,45\text{cm}^3}$$

$$R_c = 12,2$$

**Masa teórica del aire aspirado**(BONIFAZ, 1987)

$$m_t = \frac{P_1 * V_h}{R * T_1} \tag{16}$$

$$m_t = \frac{(0,7429 \text{ kg/cm}^2)(397,4\text{cm}^3)}{(2926,9 \text{ kgcm/kg}^\circ\text{K})(329,15^\circ\text{K})}$$

$$m_t = 0,00031\text{kg}$$

**Densidad teórica del aire aspirado**(BONIFAZ, 1987)

$$\delta_t = \frac{m_t}{V_h} \tag{17}$$

$$\delta_t = \frac{0,00031\text{kg}}{397,4\text{cm}^3}$$

$$\delta_t = 7,8 \times 10^{-7} \text{ kg/cm}^3$$

**Masa real del aire aspirado**(BONIFAZ, 1987)

$$m_a = \delta_a * V_h \quad (18)$$

$$m_a = (9,355 \times 10^{-7} \text{ kg/cm}^3)(397,4\text{cm}^3)$$

$$m_a = 0,00037\text{kg}$$

**Rendimiento Volumétrico**(BONIFAZ, 1987)

$$n_v = \frac{m_a}{m_t} \quad (19)$$

$$n_v = \frac{0,00037\text{kg}}{0,00031\text{kg}}$$

$$n_v = 1,21$$

**Rendimiento térmico**(BONIFAZ, 1987)

$$n_t = 1 - \frac{1}{Rc^{k-1}} \quad (20)$$

$$n_t = 1 - \frac{1}{12,2^{1,4-1}}$$

$$n_t = 0,64$$

**Calor entregado por ciclo y por cilindro**(BONIFAZ, 1987)

$$Q_t = \frac{n_v * V_h * \delta_t}{Rc} H_i \quad (21)$$

$$Q_t = \frac{(1,21)(397,4\text{cm}^3)(7,8 \times 10^{-7} \text{ kg/cm}^3)}{12,2} (10497 \text{ kcal/kg})$$

$$Q_t = 0,32\text{Kcal}$$

**Potencia teórica**(BONIFAZ, 1987)

$$N_t = \frac{2 * i * n * Q_t * n_t}{z * 60} \quad (22)$$

$$N_t = \frac{(2)(4)(6400)(0,32)(0,64)(426,8)}{(4)(60)(75)}$$

$$N_t = 248,6CV$$

**Rendimiento indicado**(BONIFAZ, 1987)

$$n_i = \frac{n_T}{n_t} \quad (23)$$

$$n_i = \frac{0,3}{0,64}$$

$$n_i = 0,5$$

**Potencia indicada**(BONIFAZ, 1987)

$$N_i = n_i N_t \quad (24)$$

$$N_i = (0,47)(248,6)$$

$$N_i = 124,3CV$$

**Potencia efectiva**(BONIFAZ, 1987)

$$N_e = n_m * N_i \quad (25)$$

$$N_e = (0,9)(116,8)$$

$$N_e = 111,87 CV$$

**Potencial térmico de la mezcla(BONIFAZ, 1987)**

$$P = \frac{H_i}{\alpha} * \delta_t \quad (26)$$

$$P = \frac{10497 \text{ kcal/kg}}{14,7} (7,71 \times 10^{-7} \text{ kg/cm}^3)$$

$$P = 5,5065 \times 10^{-4} \text{ kcal/cm}^3$$

**Presión media efectiva(BONIFAZ, 1987)**

$$P_e = n_m * n_i * n_t * n_v * P \quad (27)$$

$$P_e = (0,9)(0,5)(0,63)(1,21)(5,5065 \times 10^{-4} \text{ kcal/cm}^3)$$

$$P_e = 1,8889 \times 10^{-4} \text{ kcal/cm}^3$$

**Calculo de torque(BONIFAZ, 1987)**

$$M = \frac{2 * P_e * Vt}{z * 2\pi} \quad (28)$$

$$M = \frac{2(1,8889 \times 10^{-4} \text{ kcal/cm}^3)(1590 \text{ cm}^3)}{(4)(2 * 3,1416)}$$

$$M = 0,02389 \text{ kcal} \left| \frac{426,94 \vec{kgm}}{1 \text{ kcal}} \right| \left| \frac{9,8 \text{ Nm}}{\text{kg}} \right|$$

$$M = 100 \text{ Nm}$$

Tabla 18 Tabla de resultados

Motor estándar		Vehículo	Motor implementado twin cam	
Datos estándar			Datos termodinámicos	
Diámetro	75 mm		Potencia/rev.	111,87 CV 6400 rpm
				86CV 5250rpm
Carrera	90mm		Torque	100Nm
Torque/rev.	125Nm 3500rpm		Datos dinamométricos	
Potencia/rev.	75 CV 5250rpm		Potencia/rev.	116,7 CV 6400 rpm
		Torque/rev.	105 Nm 3900 rpm	

Fuente: Autores

### 6.3 Fallas comunes de la distribución.

En la distribución suelen ocurrir fallos por una mala puesta a punto de la distribución en el calado de los ejes de levas provocando detonaciones ruidosas de tipo metálica y aguda que se detectan con mayor facilidad al acelerar.

En otros caso una pérdida de potencia por un desfase en la distribución.

### 6.4 Informe de costos reales de implementación.

Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Precio Total
1	Bomba de combustible externa	90	90
1	Filtro de combustible con retorno	12	12
4	Inyectores de baja impedancia (Delphi)	25	100
1	Riel de inyectores	30	30
1	Bobina de encendido	56	56
1	Juego de cables para bujías	45	45
4	Bujías inductivas	3	12
1	Sensor inductivo CKP	21	21
1	Sensor de temperatura de aire IAT	22	22
1	Sensor de temperatura del refrigerante ST	22	22
1	ECM MegaSquirt MS1-extra V3.0	1000	1000

1	Culata twin cam 16 válvulas STD G13B	1200	1200
1	Filtro de aire	50	50
1	Filtro de aceite original	8	8
1	Galón de aceite SAE 20W50	24	24
1	Rueda fónica (60 - 2)	48	48
1	Correa de distribución dentada	32	32
2	Bandas de accesorios	30	60
1	Caja de relés y fusibles	12	12
4	Cable de filamentos rojo (#14)	0,5	2
4	Cable de filamentos negro (#14)	0,5	2
4	Cable de filamentos amarillo (#14)	0,5	2
4	Cable de filamentos azul (#14)	0,5	2
4	Cable de filamentos blanco (#14)	0,5	2
20	Terminales de ojo (6mm, 8mm, 10mm)	0,1	2
20	Terminales de riel (hembra y macho)	0,2	4
4	Manguera de presión para combustible D=8mm (m)	1,8	7,2
4	Manguera de presión para combustible D=6mm (m)	1,6	6,4
4	Conectores para inyectores	12	48
1	Conector para sensor CKP	12	12
1	Conector para sensor IAT	12	12
1	Conector para sensor ST	8	8
1	Conector para la bobina de encendido	8	8
1	Conector para el electro ventilador	8	8
1	Termostato	8	8
1	Radiador de aluminio	110	110
3	Mangueras de agua para el sistema de refrigeración del motor	24	72
1	Cable serial 5x2	22	22
1	Base para el sensor CKP	10	10
1	Electro ventilador	95	95
1	Junta para heder	8	8
1	Colector de escape rápido (heder)	100	100
16	Pernos (M6 x 15mm)	0,4	6,4

2	Silicón gris de alta resistencia térmica	3,5	7
1	Base para el compresor de A/C	15	15
1	Base para bomba de dirección	12	12
2	Retenedores para árbol de levas	12,3	24,6
1	Junta para tapa de válvulas	18	18
14	Abrazaderas metálicas	0,5	7
4	Relés (12v)	6	24
6	Fusibles de distinto amperaje	15	90
3	Manguera de vacío para sensor MAP (m)	1,5	4,5
4	Pistones STD	20	80
1	Kit de rines STD	35	35
3	Pruebas dinamométricas	35	105
1	Kit de chaquetas de biela STD	13,5	13,5
1	Kit de chaquetas de bancada STD	36	36
1	Kit de medias lunas STD	5	5
1	Kit empaques G16B	26	26
Costo Total			3903,6

## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

La implementación del sistema Twin Cam ayuda al conocimiento de las bases fundamentales para realizar modificaciones ventajosas en los motores de combustión interna de los vehículos actuales.

Se implementó un sistema totalmente electrónico a un motor a carburador estándar.

Se observó grandes avances en cuanto al mejoramiento funcional del motor a carburador en el campo de la dosificación y consumo del combustible.

Se cumplió satisfactoriamente el propósito en cuanto al rendimiento y eficiencia volumétrica al implementar una culata con mayor número de válvulas de disposición DOHC.

#### 7.2 Recomendaciones

Tener conocimientos bastos en cuanto al funcionamiento del motor de combustión interna, en lo que se refiere a ciclos reales y prácticos de desempeño del motor de ciclo Otto.

Proceder con cautela al instante de instalar las fuentes de alimentación en la ECU.

Contar con los conocimientos suficientes del manejo del software MegaTune o TunerStudio MS, para la configuración de los controladores de la centralita MegaSquirt.

Disponer con todos los materiales y herramientas necesarios para proceder a la implementación del sistema electrónico Twin Cam.

## BIBLIOGRAFÍA

**AUTOMMOTRIZ, T.T.M. 2014.** Tu taller mecanico automotriz. [En línea] 07 de Enero de 2014. <http://www.tutallermecanico.com.mx/>.

**AUTOSMOTOS. 2011.** Taringa. [En línea] 2011. <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/9764041/Ecologia-Como-ayuda-el-catalizador.html>.

**BONIFAZ, Rodrigo F. Diaz. 1987.** *TERMODINÁMICA AUTOMOTRIZ*. RIOBAMBA : PEDAGOGICA FREIRE, 1987.

**BOWLING, Bruce y GRIPPO, Al. 2014.** MS-EXTRA. [En línea] 22 de Junio de 2014. [http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS\\_Extra\\_Software\\_Manual.htm#wtf](http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Software_Manual.htm#wtf).

**DIESEL, THE BLOG. 2008.** [www.blogger.com](http://www.blogger.com). [En línea] 27 de Agosto de 2008. <http://mundodiesel.blogspot.com>.

**GALVES, Remigio. 2002.** [En línea] 2002. [Citado el: 31 de Agosto de 2013.] [www.esPOCH.edu.com](http://www.esPOCH.edu.com).

**GONZALEZ, Crhistian. 2013.** [www.blogger.com](http://www.blogger.com). [En línea] 15 de Septiembre de 2013. <http://todomecanica-electronica.blogspot.com/2013/09/clasificacion-del-sistema-de.html>.

**GUEVARA, Ricardo. 2014.** Arbol de levas: slideshare. *slideshare web side*. [En línea] 24 de Julio de 2014. <http://es.slideshare.net/ricardogueto/arbol-de-levas-37326940>.

—. 2014. slideshare. *slideshare web side*. [En línea] 24 de Julio de 2014. <http://es.slideshare.net/ricardogueto/arbol-de-levas-37326940>.

**IBARRA, Luis. 2011.** [www.blogger.com](http://www.blogger.com). [En línea] 26 de Junio de 2011.

**IVAN. 2009.** MECANICA DEL AUTOMOVIL: Sistema de distribucion: *BLOGGER. BLOGGER WEB SIDE*. [En línea] 09 de Marzo de 2009. <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistema-de-distribucion.html>.

**MEGANEBOY, Dani. 2014.** Aficionados a la Mecánica. [En línea] 2014. <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>.

**PEREZ, Jhon F. 2013.** slideshare. [En línea] 08 de Octubre de 2013.  
<http://es.slideshare.net/jhonfredyperez988/cap-4-el-sistema-de-distribucion>.

**VILLALOBOS, Ramón. 2014.** Automotriz.net. [En línea] 2014.  
<http://www.automotriz.net/tecnica/catalizador.html>.

# **ANEXOS**