

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA AUTOMOTRIZ**

**Tesis previa a la obtención  
del Título de Ingeniero  
Mecánico Automotriz.**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL  
ELECTRÓNICO PARA EL COMANDO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN  
MONO-PUNTO EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA”**

**AUTORES:**

**FREDDY GEOVANNY GUANGA PUGO**

**ADRIÁN REMIGIO JUELA FAJARDO**

**CARLOS EDUARDO SALDAÑA MÉNDEZ**

**DIRECTOR:**

**ING. NÉSTOR RIVERA**

**Cuenca- Ecuador**

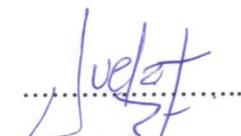
**2013**

Los conceptos desarrollados, pruebas y análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son exclusiva responsabilidad de Freddy Geovanny Guanga Pugo, Adrián Remigio Juela Fajardo, Carlos Eduardo Saldaña Méndez, y autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana el uso de la misma con fines académicos.

Cuenca, 29 de Marzo del 2013



Freddy Guanga



Adrián Juela



Carlos Saldaña

Ing. Néstor Rivera

Certifica:

Haber revisado minuciosamente todos y cada uno de los capítulos del presente informe de monografía, por lo tanto autoriza su presentación.



Ing. Néstor Rivera

## **DEDICATORIA:**

A Dios por guiarme siempre, y gracias a su Bendición durante este duro trayecto he podido complementar mis sueños y plasmar un objetivo de mi vida y quiero seguirlo haciendo siempre con su infinita bondad.

Para mis padres Celia y Manuel, que toda una vida me han demostrado que son un ejemplo a seguir y gracias a su esfuerzo diario estoy cumpliendo con un anhelo de ellos y el mío especialmente, este objetivo conseguido se lo dedico a ellos ya que todos los días han sido y serán mi fuerza de superación.

A todos mis hermanos, gracias a ellos a sus consejos y al compartir en familia han hecho de mí una persona llena de virtudes, en especial a mis hermanas que han sido el motor para que yo pueda culminar mi carrera universitaria, por su apoyo moral y económico.

También a una persona muy especial, que durante estos últimos años ha depositado toda su confianza, amor y paciencia para que yo pueda ser una mejor persona te agradezco por ser la fuerza necesaria para impulsarme a cumplir este sueño y hacerme creer en ellos, hoy te doy las gracias por estar junto a mí en los buenos y malos momentos, mi novia.

**Freddy Guanga**

## **DEDICATORIA:**

.  
Dedico el presente trabajo a mis Padres, quienes han sido apoyo incondicional y a mi Hermano ejemplo de lucha ante todas las adversidades; a ellos les debo todo el esfuerzo depositado en este proyecto.

**Carlos Saldaña**

## **DEDICATORIA:**

Este proyecto dedico a mis padres por su apoyo incondicional, a mi hermana Verónica por su ayuda en momentos difíciles.

De manera especial a mi hermana Karen que desde el cielo siempre me acompaña. Gracias a ellos he podido avanzar siempre.

**Adrián Juela**

### **AGRADECIMIENTO:**

A mi Dios y la Virgen Santísima por protegerme y librarme de muchos peligros, y poder llegar a este momento de felicidad y satisfacción te agradezco padre celestial por fortalecerme cada día con tu bendición.

Para mis padres Celia y Manuel les agradezco por darme la vida, y aprender a creer que con esfuerzo y humildad puedo lograr muchos objetivos, gracias por enseñarme desde pequeño a enfrentar los problemas y valorar cada vez el trabajo y haber pasado muchos problemas junto a ellos, pero a pesar de todo lo hemos superado juntos.

**Freddy Guanga**

### **AGRADECIMIENTO:**

Agradezco ante todo a Dios por darme la oportunidad de lograr concluir esta etapa de mi formación profesional, a mi familia; juntos siempre hemos sabido vencer todas las adversidades y momentos difíciles, a las personas que colaboraron de manera desinteresada para lograr la conclusión de este proyecto, a mis compañeros Adrián y Geovanny, y a nuestro Director Ing. Néstor Rivera por el apoyo y ayuda brindada a lo largo de la elaboración de nuestro proyecto.

**Carlos Saldaña**

### **AGRADECIMIENTO:**

Agradezco a Dios por haberme bendecido siempre en la vida, a mis padres ya que con su ejemplo he podido luchar día tras día en cada situación.

Al Ing. Néstor Rivera por dirigirnos con todos sus conocimientos y su amable forma de ser, a mis compañeros Carlos y Freddy por tener paciencia y ponerle empeño en este proyecto.

**Adrián Juela**

### **AGRADECIMIENTO GENERAL:**

Primeramente agradecemos a Dios por permitirnos concluir con este proyecto y siempre guiarnos por un buen camino.

A nuestro director de tesis Ing. Néstor Rivera por su ayuda incondicional, por saber dirigirnos con mucha seriedad, a nuestro amigo Ing. Juan Valverde por ayudarnos en ciertas circunstancias y momentos difíciles.

A cada uno de nuestros amigos que siempre nos alentaron, con palabras, bromas y sirvieron para poder avanzar.

**Carlos, Adrián, Freddy**

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDOS	PAG
Declaración.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Dedicatoria.....	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Agradecimiento.....	VII
Agradecimiento.....	VIII
Agradecimiento General.....	IX
Índice General.....	X
Índice de Figuras.....	XIX
Índice de Tablas.....	XXII

### CAPÍTULO 1

1.1 Carburador del motor G10 del vehículo Suzuki Forsa 1.....	1
1.1.1 Mezcla Aire/Combustible.....	1
1.1.2 Condiciones requeridas para la mezcla Aire/Combustible.....	1
1.1.3 Dosificación.....	2
1.1.4 Vaporización.....	3
1.1.5 Homogeneidad.....	3

1.2 Desventajas del Carburador.....	4
1.2.1 Desventajas del Sistema del Carburador en el Sistema de Alimentación. ....	5
1.3. Regímenes de Funcionamiento del Motor.....	6
1.3.1. Arranque en Frío.....	6
1.3.1.1 Efecto Wall Film.....	6
1.3.2. Ralentí.....	7
1.3.2.1. Funcionamiento del Carburador en Ralentí.....	7
1.3.2.1.1 Gráfica en Ralentí del Carburador.....	8
1.3.3. Carga Parcial.....	8
1.3.3.1. Funcionamiento del Carburador en Carga Parcial.....	8
1.3.3.1.1 Gráfica del Carburador en Funcionamiento de Carga Parcial.....	9
1.3.4. Aceleración Brusca.....	9
1.3.4.1. Funcionamiento del carburador en aceleración Brusca. ....	9
1.3.4.1.1. Gráfico del carburador en aceleración brusca. ....	10
1.3.5. Plena Carga.....	10
1.3.5.1 Funcionamiento del Carburador a Plena Carga. ....	11
1.3.5.2. Gráfico del carburador en Plena Carga. ....	12
1.4. Emisión de Gases. ....	12
1.4.1. Operación Sin Control de Emisiones. ....	12
1.4.2 Operación Con Control de Emisiones. ....	13
1.5 Emisión de Gases Contaminantes del Suzuki Forsa.....	13
1.5.1 Gases Contaminantes.....	13
1.5.2 Gases de Escape Tóxicos.....	16
1.5.3 Gases de Escape.....	16
1.5.3.1 Monóxido de Carbono.....	16

1.5.3.1.1 Causas de Valores de CO Altos.....	17
1.5.3.2 Concentración de CO en función del Régimen de Giro.....	17
1.5.3.2.1 Grafica de la señal del Monóxido de Carbono.....	18
1.5.3.3 Óxidos de Nitrógeno.....	18
1.5.3.3.1 Causas de Valores de NOx Altos.....	18
1.5.3.4 Concentración del Oxido de Nitrógeno en Función del Régimen de Giro.....	19
1.5.3.4.1 Gráfica de NOx vs RPM.....	19
1.5.3.5 Hidrocarburos no Quemados.....	20
1.5.3.5.1 Causas de Valores de HC Altos.....	21
1.5.4 Concentración de HC en función del Régimen de Giro.....	21
1.5.4.1 Gráfica HC vs RPM.....	22
1.5.5 Gases de Escape NO Tóxicos.....	23
1.5.5.1 Oxígeno.....	23
1.5.5.1.1 Causas de Valores de Oxígeno Altos.....	23
1.5.5.2 Concentración de O2 en función del régimen de GIRO.....	23
1.5.5.2.1 Gráfica de la Señal del Oxígeno.....	24
1.5.5.3 Nitrógeno.....	24
1.5.5.4 Agua.....	25
1.5.5.5 Dióxido de Carbono.....	25
1.5.5.5.1 Causas de Valores de CO2 Bajos.....	25
1.5.5.5.2 Concentración de CO2 en función del Régimen de Giro.....	25
1.5.5.6 Monoxido de Carbono Corregido .....	26
1.5.5.7 Gráfica de Lambda en función de las RPM.....	27
1.5.6 Porcentajes de las Emisiones de los Gases de Escape.....	28
1.5.7 Medición de Gases en el Vehículo.....	29

1.5.7.1 Prueba 1 con un Régimen de 1000 RPM.....	30
1.5.7.2 Prueba 2 con un Régimen de 2000 RPM.....	31
1.5.7.3 Prueba 3 con un Régimen de 3000 RPM.....	31
1.6 Gráficas de los Gases Contaminantes.....	32
1.7 Medición de la Potencia del Suzuki Forsa en el Banco Dinamométrico.....	34
1.8 Características del Vehículo.....	36
1.9 Conexión del Banco Dinamométrico al Vehículo.....	37

## **CAPÍTULO 2**

2.1 Diseño.....	38
2.1.1. Diseño de los elementos en el Tanque de Combustible.....	38
2.1.2 Diseño del paso de la Cañería de Combustible. ....	40
2.1.2.1 Diseño del pitón de entrada de combustible en el TBI. ....	41
2.1.3 Diseño del acople para montar el TBI en el múltiple de Admisión.....	43
2.1.3.1 Consideración del Diseño. ....	45
2.1.4 Diseño del acople para el sensor ECT (sensor de temperatura del refrigerante del motor). ....	45
2.1.5 Diseño para el acople del sensor IAT sensor de Admisión de Aire. ....	47
2.1.5.1 Modificación en la entrada del TBI.....	47
2.1.5.2 Admisión de Aire.....	47
2.2 Construcción del Control Electrónico del Sistema de Inyección Monopunto.....	48
2.3 Pruebas Realizadas.....	49
2.3.1 Sensor MAP.....	49
2.3.1.1 Medición de los valores del sensor MAP.....	51
2.3.1.2 Ecuación del MAP. ....	53

2.3.2 Sensor IAT.....	55
2.3.2.1 Medición de los Valores del Sensor IAT .....	55
2.3.2.2 Ecuación del IAT. ....	58
2.3.2.3 Gráficas de los Voltajes de los Sensores IAT y MAP en función de la Masa de Combustible.....	62
2.3.3 Sensor ECT: .....	62
2.3.3.1 Medición de los valores del Sensor ECT.....	64
2.3.3.2 Ecuación del ECT.....	65
2.3.4. Sensor TPS.....	66
2.3.4.1 Funcionamiento del Sensor TPS.....	68
2.3.4.2. Ecuación del Sensor TPS.....	70
2.3.5 Válvula IAC.....	70
2.3.6 Señal del borne Negativo de la BOBINA. ....	72
2.3.7. Diseño y construcción de la placa de Control Electrónico para el Sistema de Inyección Monopunto. ....	75
2.3.7.1 Función y distribución de los elementos de la unidad de Control Electrónico.....	76
2.3.7.2 Etapa de Potencia.....	78
2.3.8 Esquema del circuito de la Unidad de Control Electrónico.....	80
2.4. Conexión del Inyector.....	81
2.5 Regímenes de Funcionamiento del Motor.....	81
2.5.1 Arranque en Frío.....	81
2.5.1.1 Condiciones de Funcionamiento.....	81
2.5.1.2 Actuación.....	82
2.5.2 Ralentí.....	82
2.5.2.1 Condiciones de Funcionamiento.....	82
2.5.2.2 Actuación.....	82

2.5.3 Carga Parcial.....	82
2.5.3.1 Condiciones de Funcionamiento.....	83
2.5.3.2 Consecuencia.....	83
2.5.4 Aceleración.....	83
2.5.4.1 Condiciones de Funcionamiento.....	83
2.5.4.2 Actuación.....	83
2.5.5 Plena Carga.....	84
2.5.5.1 Condiciones de Funcionamiento.....	84
2.5.5.2 Actuación.....	84

### **CAPÍTULO 3**

3.1. Descripción General.....	86
3.2. Ventajas del Sistema de Inyección Monopunto.....	86
3.2.1. Dosificación de combustible.....	87
3.3 Análisis de las emisiones de Gases.....	87
3.3.1 Gases Contaminantes.....	87
3.4 Gases de Escape Tóxicos.....	88
3.4.1 Monóxido de Carbono.....	89
3.4.1.1 Causas de valores de Monóxido de Carbono Altos.....	89
3.4.1.2 Concentración de Monóxido de Carbono en función del régimen de giro.....	89
3.4.2 Hidrocarburos no Combustionados.....	90
3.4.2.1 Causas de valores de Hidrocarburos no Combustionados Altos.....	90
3.4.2.2 Concentración de Hidrocarburos no Combustionados en función del régimen de giro.....	91
3.4.3 Óxidos de Nitrógeno.....	92

3.4.3.1 Causas de valores de Óxidos de Nitrógeno Altos.....	92
3.4.3.2 Concentración del Óxido de Nitrógeno en función del régimen de giro.....	92
3.5 Gases de Escape no Tóxicos.....	93
3.5.1 Dióxido de Carbono.....	93
3.5.1.2 Causas de Valores de Dióxido de Carbono Bajos.....	93
3.5.1.3 Concentración de Dióxido de Carbono en Función del Régimen de Giro.....	93
3.5.2 Oxígeno.....	94
3.5.2.1 Causas de Valores de Oxígeno Altos.....	94
3.5.2.2 Concentración de Oxígeno en Función del Régimen de Giro.....	95
3.5.3 Factor Lambda.....	95
3.5.3.1 Concentración del Factor Lambda en Función del Régimen de Giro.....	96
3.6 Medición de Gases en el Vehículo.....	97
3.6.1 Prueba 1 para el Régimen de Arranque en Frío.....	97
3.6.2 Prueba 2 con un Régimen de 950 Rpm.....	98
3.6.3 Prueba 3 con un Régimen de 2000 Rpm.....	99
3.6.4 Gráficas de los Gases Contaminantes.....	100
3.7 Medición de la Potencia del Suzuki Forsa en el Banco Dinamométrico.....	100
3.8 Tensión o Voltaje de la Batería.....	102
3.9 Señal de Encendido del Motor .....	103
3.10 Consumo de Combustible con el Sistema de Inyección Monopunto.....	104
3.10.1. Consumo de Combustible.....	104
3.10.2. Consumo de Combustible en el Sistema de Inyección Monopunto.....	105
3.10.3. Ventaja de Arranque en Frío.....	106
3.10.4 Consumo Específico de Combustible. ....	106
3.10.4.1 Diagrama Característico del Consumo de Combustible. ....	106

3.10.4.2 Determinación del Consumo de Combustible con los sistemas a Carburador e Inyección. ....	107
3.10.4.3 Consumo Especifico de Combustible Correspondiente al Ralentí con el Sistema de Carburador Funcionando.....	108
3.10.4.4 Consumo Especifico de Combustible correspondiente a un numero de 2846 [rpm] con el Sistema de Carburador Funcionando. ....	109
3.10.4.5 Consumo Especifico De Combustible Correspondiente Al Ralentí Con El Sistema De Inyección Monopunto [TBI] Funcionando. ....	110
3.10.4.6 Consumo Especifico De Combustible Correspondiente A Un Número De 2750 [Rpm] Con El Sistema De Inyección Monopunto [TBI] Funcionando.....	111
3.10.4.7 Consumo Especifico De Combustible Correspondiente A Un Número De 3239 [Rpm] Con El Sistema De Inyección Monopunto [TBI] Funcionando. ....	112

## **CAPÍTULO 4**

4.1 Justificación.....	114
4.2 Contenido.....	114
4.2.1 Descripción del Proyecto.....	114
4.2.1.1 Descripción del problema.....	114
4.2.1.2 Descripción General del Sistema a Implementar.....	115
4.2.1.3 Razones que sustentan la implementación del Proyecto.....	115
4.2.2 Análisis de la situación con la disposición del Proyecto. ....	116
4.2.2.1 Vida Útil del Proyecto.....	116
4.3 Costos del Proyecto .....	116
4.3.1. Estimación de los Beneficios obtenidos con el Proyecto.....	119
4.3.1.1. Beneficios Tangibles.....	119
4.3.1.2. Beneficios Intangibles.....	119
4.3.2. Consumo de Combustible y Emisión de Gases producido por el Sistema a Carburador.....	120

4.3.2.2 Análisis de los gastos en consumo de combustible utilizando el sistema a carburador en el vehículo Suzuki Forsa. ....	120
4.4 Análisis comparativo general del sistema implementado con respecto a sistemas similares existentes en el mercado. ....	123

## ÍNDICE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1.1 GRÁFICA DEL CARBURADOR EN RALENTI.....	8
Figura 1.2 GRÁFICA DEL CARBURADOR EN CARGA PARCIAL.....	9
Figura 1.3 GRÁFICA DEL CARBURADOR EN CARGA PARCIAL.....	10
Figura 1.4 Ciclos de Altas.....	11
Figura 1.5 GRÁFICA DEL CARBURADOR EN PLENA CARGA.....	12
Figura. 1.6 Gases de Escape.....	14
Figura. 1. 7 Gases de Escape.....	16
Figura. 1.8 Gráfica CO vs RPM.....	18
Figura. 1.9 Gráfica NO vs RPM.....	20
Figura. 1.10 Gráfica de HC vs RPM.....	22
Figura. 1.11 Gráfica O2 vs RPM.....	24
Figura. 1.12 Gráfica de CO2 vs RPM.....	26
Figura. 1.13 Gráfica CO corregido vs RPM.....	27
Figura. 1.14 Gráfica de Lambda vs RPM.....	28
Figura. 1.15 Conexión de la máquina analizadora de Gases.....	29
Figura. 1.16 Máquina Analizadora de Gases.....	30
Figura. 1.17 Gráfica de los Gases Contaminantes del Vehículo Suzuki Forsa.....	32
Figura. 1.18 Gráfica de los Gases Contaminantes del Vehículo Suzuki Forsa.....	33
Figura. 1.19 Medición de la potencia indicada en KW.....	35

Figura. 1.20. Ruedas motrices sobre los tambores del Banco Dinamométrico.....	37
---	----

## **CAPÍTULO 2**

Figura. 2.1 Entrada de la bomba eléctrica en el tanque de combustible.....	39
Figura. 2.2 Tapa del tanque de combustible.....	40
Figura. 2.3 Acople de la cañería de combustible. ....	41
Figura. 2.4 Pitón de entrada de combustible en el TBI.....	42
Figura. 2.5 Pitón de entrada de combustible en el TBI.....	42
Figura. 2.6 TBI a utilizarse en el vehículo Suzuki Forsa.....	44
Figura. 2.7 Empaque para el TBI.....	44
Figura. 2.8 Acople para el TBI.....	45
Figura. 2.9 Sensor ECT acoplado .....	46
Figura. 2.10 Sensor ECT acoplado en la manguera del agua caliente.....	46
Figura. 2.11 Acople de la entrada de aire en el TBI.....	47
Figura. 2.12 Filtro Cónico.....	48
Figura. 2.13 Sensor MAP.....	50
Figura 2.14 SEÑAL DEL SENSOR MAP.....	52
Figura 2.15 SEÑAL DEL SENSOR MAP.....	54
Figura 2.16 Sensor IAT.....	56
Figura 2.17 GRÁFICA DE LOS VALORES DEL SENSOR IAT.....	58
Figura 2.18 GRÁFICA DE LOS VALORES DEL SENSOR IAT.....	59
Figura 2.19 Voltaje de los sensores IAT y MAP.....	62
Figura 2.20 Sensor ECT.....	63
Figura 2.21 GRÁFICA DE LOS VALORES DEL SENSOR ECT.....	65
Figura 2.22 Sensor TPS.....	66

Figura 2.23 Funcionamiento del Sensor TPS.....	68
Figura 2.24 Pendiente positiva del Sensor TPS.....	68
Figura 2.25 Pendiente cero del Sensor TPS.....	69
Figura 2.26 Pendiente negativa del Sensor TPS.....	70
Figura 2.27 Válvula IAC.....	71
Figura 2.28 Señal PWM de la válvula IAC.....	72
Figura 2.29 Señal del primario de la bobina. ....	75
Figura 2.30 Placa del Controlador Electrónico del Sistema de Inyección Monopunto.....	76
Figura 2.31 Regleta de la señal del primario de la bobina. ....	77
Figura 2.32 Regleta de los sensores. ....	78
Figura 2.33 Regleta de Potencia.....	79
Figura 2.34 Esquema de la unidad de control electrónico. ....	80

### **CAPÍTULO 3**

Figura. 3.1 Gases de Escape.....	88
Figura. 3.2 Gases de Escape.....	88
Figura. 3.3 Gases de Escape Monóxido de Carbono [CO] .....	90
Figura. 3.4 Gases de Escape Hidrocarburos No Combustionados [HC].....	91
Figura. 3.5 Gases de Escape del Dióxido de Carbono [CO <sub>2</sub> ].....	94
Figura. 3.6 Gases de Escape Oxígeno [O <sub>2</sub> ].....	95
Figura. 3.7 Gases de Escape Factor Lambda [ $\lambda$ ].....	96
Figura. 3.8 Gases de Escape.....	97
Figura. 3.9 Gases de Escape.....	98
Figura. 3.10 Gases de Escape.....	99
Figura. 3.11 Gráfica de los Gases Contaminantes del Vehículo Suzuki Forsa.....	100

Figura. 3.12 Medición de la potencia indicada en KW.....	101
Figura. 3.13 Medición de la potencia indicada en KW.....	102
Figura. 3.14 Diagrama Característico del Consumo de Combustible.....	107
Figura. 3.15 Medición de la potencia indicada en KW.....	108
Figura. 3.16 Medición de la potencia indicada en KW.....	109
Figura. 3.17 Medición de la potencia indicada en KW.....	110
Figura. 3.18 Medición de la potencia indicada en KW.....	111
Figura. 3.19 Medición de la potencia indicada en KW.....	112
Figura. 3.20 Comparación del Consumo de Combustible Sistema a Carburador con el Sistema TBI.....	113

## **CAPÍTULO 4**

Figura 4.1 Emisión de los Hidrocarburos no Quemados.....	125
Figura 4.2 Emisión del Monóxido de Carbono.....	125
Figura 4.3 Emisión del Dióxido de Carbono.....	126
Figura 4.4 Emisión del Oxígeno.....	126
Figura 4.5 Valores de Lambda.....	127
Figura 4.6 Potencia del Motor [Kw] .....	128
Figura 4.7 Potencia del Motor [Kw] .....	129
Bibliografía.....	131

## **ÍNDICE TABLAS**

### **CAPÍTULO 1**

Tabla 1.1 Características de la dosificación.....	3
---	---

Tabla 1.2 Composición de los Gases de Escape.....	14
Tabla 1.3 Rangos de los Gases de Escape.....	28
Tabla 1.4 Prueba de emisiones a 1000 rpm. ....	30
Tabla 1.5 Prueba de emisiones a 2000 rpm. ....	31
Tabla 1.6 Prueba de emisiones a 3000 rpm. ....	31
Tabla 1.7 Características del motor G10.....	36

## **CAPÍTULO 2**

Tabla 2.1 Valores del Flujo de Aire.....	44
Tabla 2.2 Pines del sensor MAP.....	50
Tabla 2.3 Valores Medidos del Sensor MAP.....	51
Tabla 2.4 Valores sensor MAP.....	55
Tabla 2.5 Pines del sensor IAT.....	56
Tabla 2.6 Valores del Voltaje en función de la Temperatura del sensor IAT.....	57
Tabla 2.7 Valores del Voltaje en función de la Temperatura del sensor IAT.....	59
Tabla 2.8 Voltaje del MAP.....	61
Tabla 2.9 Pines del sensor ECT.....	63
Tabla 2.10 Valores medidos del sensor ECT.....	64
Tabla 2.11 Pines del sensor TPS.....	67
Tabla 2.12 Pines del IAC.....	71
Tabla 2.13 Orden de encendido del motor G10.....	72
Tabla 2.14 Tiempo de inyección en cada uno de los parámetros.....	84
Tabla 2.15 Tiempo de inyección en los parámetros del motor.....	85

## **CAPÍTULO 3**

Tabla 3.1 Prueba del Monóxido de Carbono.....	89
Tabla 3.2 Prueba de los Hidrocarburos no Quemados.....	91
Tabla 3.3 Prueba del Oxido de Nitrógeno.....	92
Tabla 3.4 Prueba del Dióxido de Carbono [CO <sub>2</sub> ].....	93
Tabla 3.5 Prueba del Oxígeno.....	95
Tabla 3.6 Prueba del Factor Lambda.....	96
Tabla 3.7 Prueba de emisiones a 1000 rpm.....	97
Tabla 3.8 Prueba de emisiones a 2000 rpm.....	98
Tabla 3.9 Prueba de emisiones a 3000 rpm. ....	99
Tabla 3.10 Consumo de Combustible Carburador y TBI. ....	112

#### **CAPÍTULO 4**

Tabla 4.1 Vida útil de los elementos del proyecto.....	116
Tabla 4.2. Materia prima utilizada.....	117
Tabla 4.3 Comparación de consumo de combustible de los sistemas de alimentación en el vehículo.....	121
Tabla 4.4 Análisis comparativo de consumo de combustible y ahorro entre los sistemas usados.....	123
Tabla 4.5 Análisis Comparativo.....	123

## **CAPITULO 1**

“Estudio y análisis de las desventajas que presenta el uso del Sistema a Carburador en el vehículo en cuanto a consumo específico, potencia neta y emisión de gases.”

### **1.1 CARBURADOR DEL MOTOR G10 DEL VEHICULO SUZUKI FORSA 1**

El objetivo del carburador es producir la mezcla de aire-gasolina en la proporción adecuada según las condiciones de funcionamiento del motor. El funcionamiento del carburador se basa en el efecto ventury que provoca que toda corriente de aire que pasa por una canalización, genera una depresión (succión) que se aprovecha para arrastrar el combustible proporcionado por el propio carburador. La depresión creada en el carburador dependerá de la velocidad de entrada del aire que será mayor cuanto menor sea la sección de paso de las canalizaciones.

El diseño de un carburador obedece a las necesidades de eficiencia para una correcta mezcla aire/combustible. Dicha dosificación dependerá de cada una de las etapas de funcionamiento del motor.

#### **1.1.1 MEZCLA AIRE/COMBUSTIBLE**

Es la mezcla aire-gasolina que una vez introducida en las cámaras, combustiona y se expansiona aprovechándose dicha expansión para, a través de pistones y transmisión, impulsar el vehículo.

La mezcla combustible está compuesta por gasolina (combustible) y aire (comburente). La energía química de la combustión se obtiene al quemarse la mezcla. Asimismo es necesaria la presencia de aire para que esta combustión pueda llevarse a cabo. Para que la combustión se realice, es necesario que haya una correcta dosificación de aire y combustible.

#### **1.1.2 CONDICIONES REQUERIDAS PARA LA MEZCLA AIRE/COMBUSTIBLE**

El objetivo principal de la carburación consiste en la unión íntima del combustible con el comburente (aire). Para que exista una buena mezcla entre AIRE/COMBUSTIBLE y para

que brinde el máximo rendimiento deben existir tres condiciones importantes como: dosificación, vaporización, homogenización. Los cuales serán explicados a continuación.

### **1.1.3 DOSIFICACIÓN**

Se define como AFR (Air Fuel Ratio), a la proporción de aire/combustible, es decir la cantidad o proporción de la masa de aire en comparación con la masa de combustible que ingresa al motor de tal forma que para una mezcla con un AFR de 14,7 será necesario 14,7 partes de aire (esto en peso) por cada parte de combustible.

Con la proporción de mezcla 14,7:1 no se consigue aumentar la potencia del motor, sino que con esta proporción se consigue la menor cantidad de emisión de gases contaminantes. Dichos gases son: CO, NO<sub>x</sub> y HC.

La dosificación exacta de la mezcla viene determinada por la relación estequiometria  $\lambda=1$  o relación teórica que consiste en la cantidad de aire necesario para quemar una cantidad exacta de combustible. Experimentalmente se ha comprobado que la dosificación 1/14.7 (1 gr de gasolina por 14.7 gr de aire) es la que se combustiona en su totalidad.

Por consiguiente será conveniente que la mezcla combustible suministrada al motor sea de 1/14.7 ( $\lambda = 1$ ).

La dosificación de combustible se rige por el "límite de inflamabilidad", esta limitación viene cuando la dosificación de la mezcla llega a un punto que la mezcla ya no combustiona, bien por exceso de gasolina (excesivamente rica) o por defecto de gasolina (excesivamente pobre).

Dosificación mínima para ralentí AFR 13.5:1	$13.5 < AFR < 14.7$
Dosificación máxima para arranque en frío 1/10	$10 < AFR < 13.5$
Dosificación para potencia máxima 1/12,5	$12.5 < AFR < 13.5$
Dosificación para máximo rendimiento 1/15	$15 < AFR < 17$

Tabla 1.1 Características de la dosificación

Fuente: Los Autores

### 1.1.4 VAPORIZACIÓN

La facilidad para vaporizarse es una de las características principales de los combustibles empleados en los motores con carburador. La vaporización del combustible durante la carburación se consigue en dos fases:

- En la primera fase, con una eficaz pulverización de combustible a nivel del surtidor, cuando este sale en finas gotas que se mezcla rápidamente con el aire.
- En la segunda fase, durante la admisión, debido al calor cedido por los colectores y cilindro, cuando el motor trabaja a su temperatura de funcionamiento. La vaporización se completa durante la compresión de la mezcla, al absorber ésta el calor desarrollado por la transformación de la energía aportada por el volante.

### 1.1.5 HOMOGENEIDAD

La mezcla en el interior del cilindro debe ser homogénea en toda su masa gaseosa, para que la propagación de la llama sea uniforme, lo cual se consigue por la turbulencia creada a la entrada por la válvula de admisión y por la forma adecuada de la cámara de combustión.

La mezcla debe llegar en las mismas condiciones e igual cantidad a todos los cilindros para cada régimen de funcionamiento, con el fin de obtener un funcionamiento equilibrado del motor. Como el dimensionado de las válvulas y el grado de aspiración en los cilindros deben ser idénticos, la igualdad en el llenado se consigue con unos colectores de admisión

bien diseñados e igualmente equilibrados. De este modo la velocidad de la mezcla al pasar por ellos es la misma para todos los cilindros. A veces es necesario disponer varios carburadores para un llenado correcto de los cilindros, como ocurre en los motores de altas prestaciones o de muchos cilindros.

## **1.2 DESVENTAJAS DEL CARBURADOR**

Para que un carburador funcione correctamente, es necesario que el motor tenga una compresión equilibrada entre cilindros, lo que quiere decir que un motor con baja compresión o con lectura de compresión dispareja, hará que un carburador falle. .

Hay que tomar en cuenta se puede llegar a formar una posible capa de hielo en el carburador, debido a que existe una circulación de aire a altas velocidades por los conductos del colector de admisión y por el efecto venturi en el difusor del carburador, este aumento de la velocidad del aire conjuntamente con las bajas presiones y bajas temperaturas, provocan que el agua se condense y llegue a formar una capa de hielo, por lo que las dos condiciones más importantes a tener presentes en cuanto a la posible formación son: la temperatura del aire y su humedad relativa. La temperatura del aire ambiente es importante, pero no porque sea necesario que esté por debajo de 0°C o cercana al punto de congelación, puesto que si la temperatura en el carburador cae hasta 30°, se puede producir congelación incluso en un ambiente relativamente caluroso.

También se presenta como una desventaja la cantidad de combustible que proporciona para que exista una explosión adecuada con el fin de reducir al máximo el consumo de combustible.

Además, al no realizarse la mezcla de aire y gasolina en proporciones más equilibradas, la contaminación emitida por el tubo de escape aumenta significativamente.

Con este sistema de carburador no se consiguen mejores tiempos de arranque, ya que al suministrar una cantidad inexacta de combustible y a una determinada temperatura del vehículo automóvil tarda su respuesta en cuanto a potencia suministrada por el motor.

Al no permitir un flujo de aire normal aun en condiciones normales de funcionamiento, hace que el vehículo automóvil pierda potencia al tomar pendientes o en su arranque.

Las variaciones en la velocidad del motor y la demanda de carga en diferentes cantidades de aire y combustible presentan problemas complejos para el carburador, por lo tanto es necesario disponer de circuitos especiales o sistemas para hacer frente a estas situaciones.

El sistema de carburador emite altas cantidades de Hidrocarburos (HC) y Monóxido de Carbono (CO) como consecuencia de combustiones incompletas, lo que afecta de manera significativa la calidad del aire ambiente.

El sistema de carburador se registra valores  $\lambda$  menores a uno, y bajos niveles de CO<sub>2</sub> lo que significa que existe una mezcla excesivamente rica debido a un desgaste en los componentes mecánicos de regulación, dando como resultado un mayor consumo de combustible.

### **1.2.1 DESVENTAJAS DEL SISTEMA DEL CARBURADOR EN EL SISTEMA DE ALIMENTACION**

Una falla muy importante que tiene el carburador es que entrega poco combustible con respecto al requerido cuando existe la fuerza centrífuga en el vehículo incluyendo a la cuba del carburador, esta fuerza se da cuando se acelera, frena o en pendientes y bajadas y al circular por curvas.

- No controla con exactitud la dosificación del combustible en todos los regímenes
- Se desperdicia demasiado combustible
- No asegura la atomización del combustible, es decir la vaporización no es la adecuada para el combustible
- No tiene una exacta relación de mezcla aire-combustible, por lo tanto las emisiones contaminantes serán mayores, lo que significa que no es amigable al medio ambiente.
- Esta expuesto a desgastes mecánicos de elementos que forman parte del carburador.
- En el sistema de carburador la regulación de la mezcla AFR se realiza manualmente, caso contrario sucede en el sistema de inyección ya que se auto regula.

- Presentara algunos inconvenientes en los regímenes como: Arranque en Frio, Ralentí, Carga Parcial, Aceleración Brusca, y Plena Carga.

### **1.3. REGIMENES DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR**

A continuación indicaremos como el sistema de carburador funciona en cada uno de los regímenes:

#### **1.3.1. ARRANQUE EN FRIO**

Ingresa mayor cantidad de aire, mayor cantidad de combustible y las revoluciones se mantendrán en ralentí.

Cuando el motor esta frio básicamente en horas de la mañana, es decir desde que se enciende por primera vez en la mañana el vehículo, esto se da a una temperatura de aproximadamente 11°C, necesitara una fase de calentamiento la cual se realiza con un aumento de aire y combustible en la mezcla, es decir que necesitara que  $\lambda$  sea menor a uno para que las revoluciones puedan aumentar y así el motor pueda estabilizarse y no tener muchas vibraciones. Este fenómeno se da hasta que el vehículo tome su temperatura normal de funcionamiento esto es de 82°C. En el caso del sistema con carburador el ingreso de más combustible se realiza con el cebador o más conocido *starter*.

En esta fase del motor no se controlan las emisiones de gases. Una vez ya realizada la fase de calentamiento, el sistema del carburador deberá buscar una estequiometria de la mezcla.

##### **1.3.1.1 EFECTO WALL FILM**

En este régimen actúa el efecto WALL FILM, mismo que sucede cuando el aire que se encuentra a baja temperatura ingresa por el múltiple de admisión que también se encuentra a baja temperatura, originando una mala atomización de la gasolina, misma que se pega a las paredes del múltiple y en lugares donde hay curvas y aristas, de esta manera la mezcla se empobrece entonces, por esta razón se necesita de mas combustible para estabilizar la mezcla para un correcto encendido, es decir la mezcla se enriquecerá.

### **1.3.2. RALENTI**

Nos ayudara a mantener la marcha lenta, nos permite una estabilidad en el motor, en la marcha mínima. Por tanto se producirá un pequeño enriquecimiento de la mezcla. Esta acción es gracias al ciclor de bajas revoluciones en el sistema de carburador. En esta fase si se controla la emisión de gases contaminantes.

#### **1.3.2.1. FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR EN RALENTI**

En este régimen de funcionamiento la gasolina llega al carburador proveniente del depósito gracias a la acción de la bomba de combustible, llega a la entrada de combustible del carburador (1), posteriormente la gasolina pasa a la cuba del carburador (2), continuamente pasa el combustible al ciclor de bajas revoluciones (3), seguido de esto el combustible llega al tornillo que contiene la aguja de la regulación de ralentí (4), finalmente el combustible llega al difusor (5) a través del bypass situado por debajo de la mariposa de aceleración.

### 1.3.2.1.1 GRAFICA EN RALENTI DEL CARBURADOR

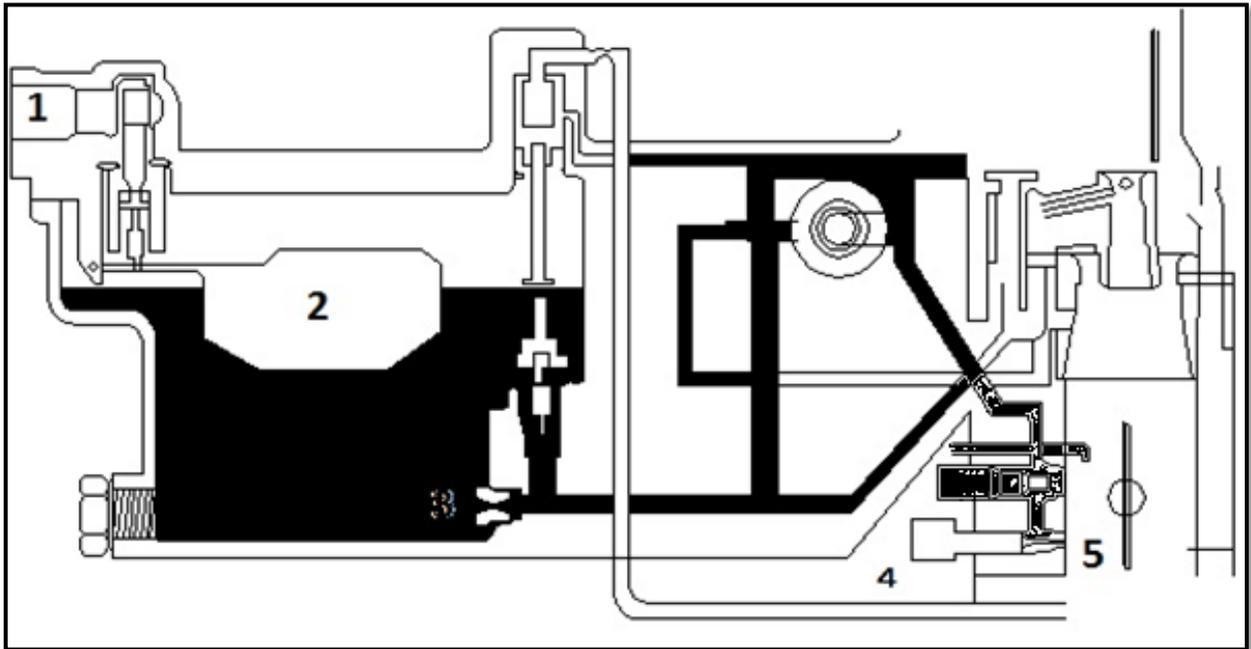


Figura 1.1 GRAFICA DEL CARBURADOR EN RALENTI

Fuente: Los Autores

### 1.3.3. CARGA PARCIAL

En este estado del motor el sistema nos debe funcionar de tal manera que la mezcla estequiométrica esté muy cercana al valor teórico que es 14,7:1.

De igual manera debe tener un control exacto de las emisiones contaminantes.

#### 1.3.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR EN CARGA PARCIAL

En este estado de funcionamiento el combustible recorre en forma similar al parámetro de ralentí, es decir comienza por la entrada de combustible (1), pasa el combustible a la cuba (2), luego de esto el combustible pasa por el ciclón de bajas revoluciones (3), posteriormente es conducido a través de los taladros internos del carburador(6) hacia los emulsificadores(7) del difusor de bajas revoluciones, luego de esto el combustibles es enviado por los eyectores(8) hacia el difusor de bajas revoluciones(9) en donde es

pulverizado por el aire que atraviesa el venturi(9), en donde dicho aire aumenta su velocidad debido a la forma característica del venturi(9).

### 1.3.3.1.1 GRAFICA DEL CARBURADOR EN FUNCIONAMIENTO DE CARGA PARCIAL

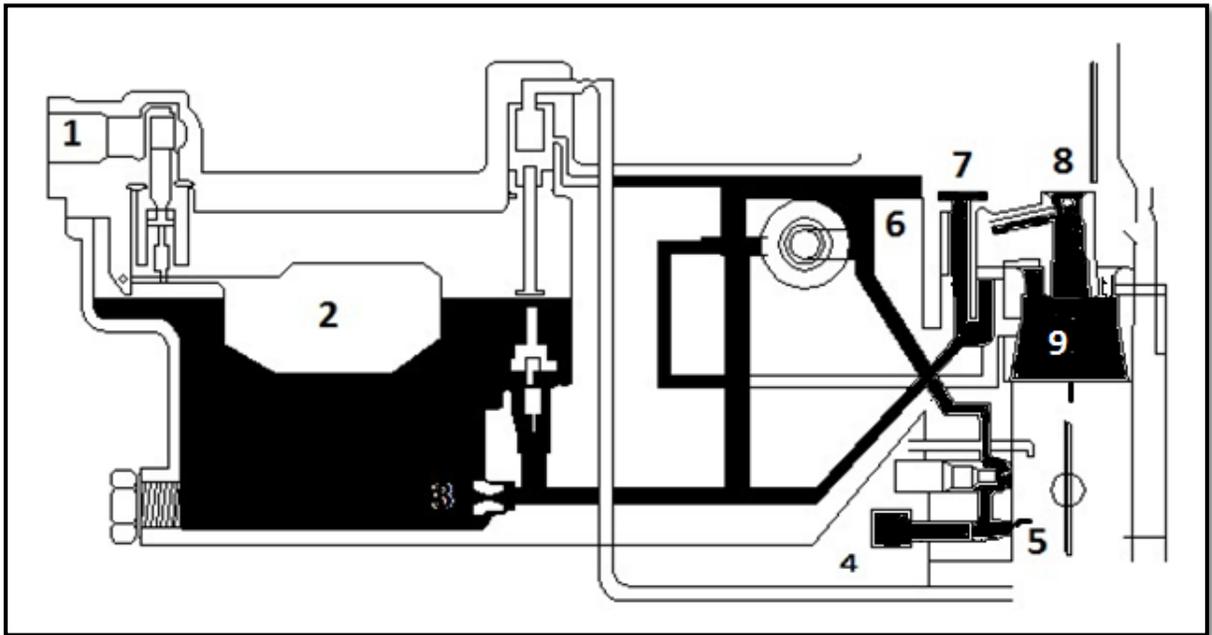


Figura 1.2 GRAFICA DEL CARBURADOR EN CARGA PARCIAL

Fuente: Los Autores

### 1.3.4. ACELERACION BRUSCA

Para esta situación del motor el sistema del carburador debe enriquecer la mezcla aire/combustible. Esta fase se da gracias a la ayuda de la bomba de pique en el carburador.

#### 1.3.4.1. FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR EN ACELERACION BRUSCA

Para este régimen de funcionamiento del motor, ya se encuentra funcionando el circuito de ralentí y a su vez el circuito de carga parcial, pero en esta situación al producirse la apertura de la mariposa de forma brusca, se acciona la bomba de aceleración (11) o bomba de pique que es la encargada de suministrar una carga de combustible adicional para el requerimiento del motor en estas condiciones. Dicho combustible es aspirado por la bomba

de aceleración desde un depósito (10) contiguo a la cuba, el embolo de la bomba de aceleración es el encargado de impulsar el combustible por su respectivo conducto (14) hacia el eyector (12) que se encuentra por sobre el conducto de salida del difusor de altas (13).

#### 1.3.4.1.1. GRAFICO DEL CARBURADOR EN ACELERACION BRUSCA

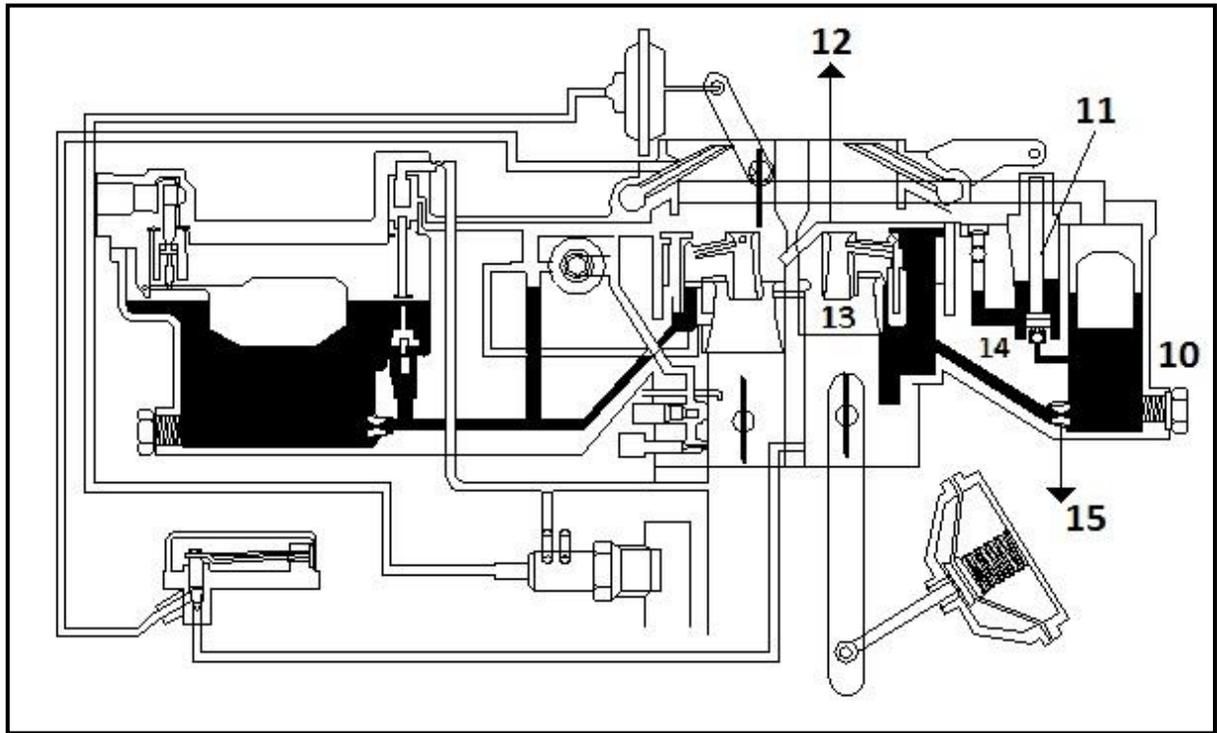


Figura 1.3 GRAFICA DEL CARBURADOR EN CARGA PARCIAL

Fuente: Los Autores

#### 1.3.5. PLENA CARGA

En esta etapa debe haber ingreso de mayor cantidad de mezcla, es decir en este régimen el motor debe desarrollar su máxima potencia. En esta situación hay un leve enriquecimiento de la mezcla el cual es dado por el ciclo de altas revoluciones, para el caso del sistema a carburador.

Para modificar este parámetro en el carburador podremos reemplazar sus ciclos con unos de mayor valor, en nuestro caso estos valores pueden oscilar entre 100-120. En otras

palabras los diámetros del agujero de paso de combustible para altas prestaciones es de 1 a 1,2 mm.



Figura 1.4 Ciclores de Altas

Fuente: [www.bikemontt.com](http://www.bikemontt.com)

### **1.3.5.1 FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR A PLENA CARGA.**

En estas condiciones de funcionamiento del motor, en el carburador se produce la apertura completa de la mariposa de gases principal (19), y a su vez también se produce la apertura de la mariposa secundaria (16) hasta un cierto grado, con lo cual se da un aporte extra de aire a los cilindros y por ende una mayor demanda de combustible.

El combustible es succionado desde la cuba por el ciclor de bajas revoluciones (3), y atraviesa los taladros internos (6) del carburador para desembocar en el difusor de bajas(9) revoluciones, a su vez se produce la apertura de la mariposa de aceleración secundaria (16), entonces el combustible aspirado pasa por el ciclor de altas revoluciones (15) y sus respectivos conductos (14) para dirigirse hacia los emulsificadores (18) de él difusor de altas revoluciones (13), en donde es pulverizado por la acción de aumento de la velocidad del aire de entrada, existe un dispositivo de avance de vacio (17) el cual se encarga de amortiguar el cierre brusco de la mariposa secundaria de aceleración.

### 1.3.5.2. GRAFICO DEL CARBURADOR EN PLENA CARGA.

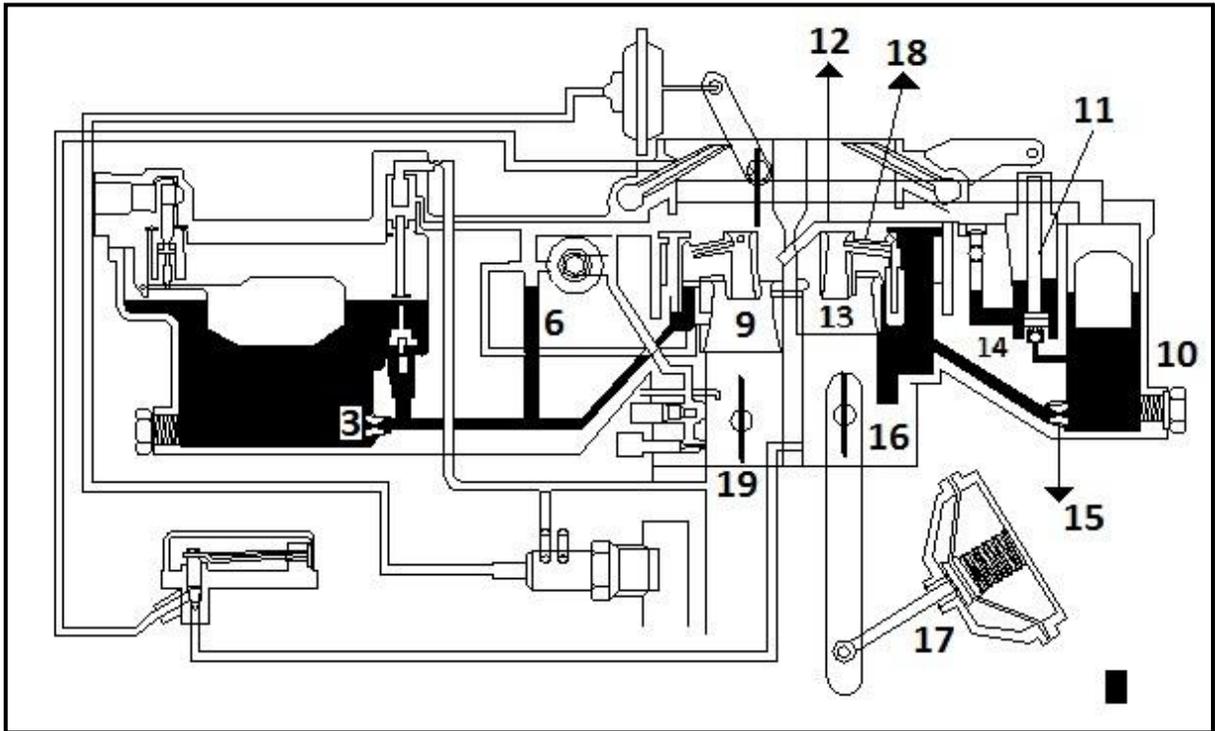


Figura 1.5 GRAFICA DEL CARBURADOR EN PLENA CARGA

Fuente: Los Autores

### 1.4. EMISION DE GASES.

A continuación indicaremos de manera breve en que parámetros o en qué función se controla las emisiones de gases contaminantes.

#### 1.4.1. OPERACIÓN SIN CONTROL DE EMISIONES.

Cuando la temperatura del motor esta en los 80°C o menor de este valor esta operación se da básicamente en el arranque en frio ya que en las mañanas por la baja temperatura el combustible se tiende a condensar, es por esta razón que necesitara una mezcla AFR rica.

- Cuando se da efecto de bomba de pique esto es debido a aceleraciones bruscas en el manejo, puede ser luego de frenar o al cambiar de marcha.

- Y por último tenemos en plena carga en esta fase no se controlan las emisiones ya que el ingreso tanto del aire como del combustible será mayor. En esta fase la mayor prioridad es que el motor entregue toda su potencia.

#### **1.4.2 OPERACIÓN CON CONTROL DE EMISIONES.**

- Cuando la temperatura del motor está por encima de los 82°C (Valor tomado de nuestro vehículo), ya que hasta este punto el motor está a plena temperatura de funcionamiento.
- En velocidad ralentí porque en esta fase el ingreso de combustible es mayor es decir hay un enriquecimiento de la mezcla para poder mantener la velocidad de carga mínima.
- En cargas parciales este parámetro es muy importante ya que aquí la relación estequiometría debe ser muy aproximada al valor teórico que es 14,7:1.

### **1.5 EMISION DE GASES CONTAMINANTES DEL SUZUKI FORSA**

#### **1.5.1 GASES CONTAMINANTES**

Uno de los objetivos de mayor prioridad en el sistema de inyección de combustible es mejorar la dosificación de la mezcla y por tanto disminuir los gases contaminantes tales como: monóxido de carbono, hidrocarburos, y óxidos de nitrógeno.

La emisión de gases tóxicos afectan al planeta contaminando el agua, la atmósfera y por lo tanto afectando a la salud humana, como por ejemplo en el caso de la capa de ozono al ingresar directamente los rayos solares están provocando cáncer de piel en las personas, la lluvia ácida que es dada por el efecto invernadero dañando los cultivos, el agua. Los gases emitidos se dan cuando se forma una reacción química, en la cámara de combustión al mezclar aire y combustible con la ayuda de la compresión que es dada cuando el pistón asciende al PMS (punto muerto superior) y por la chispa emitida por la bujía de encendido.

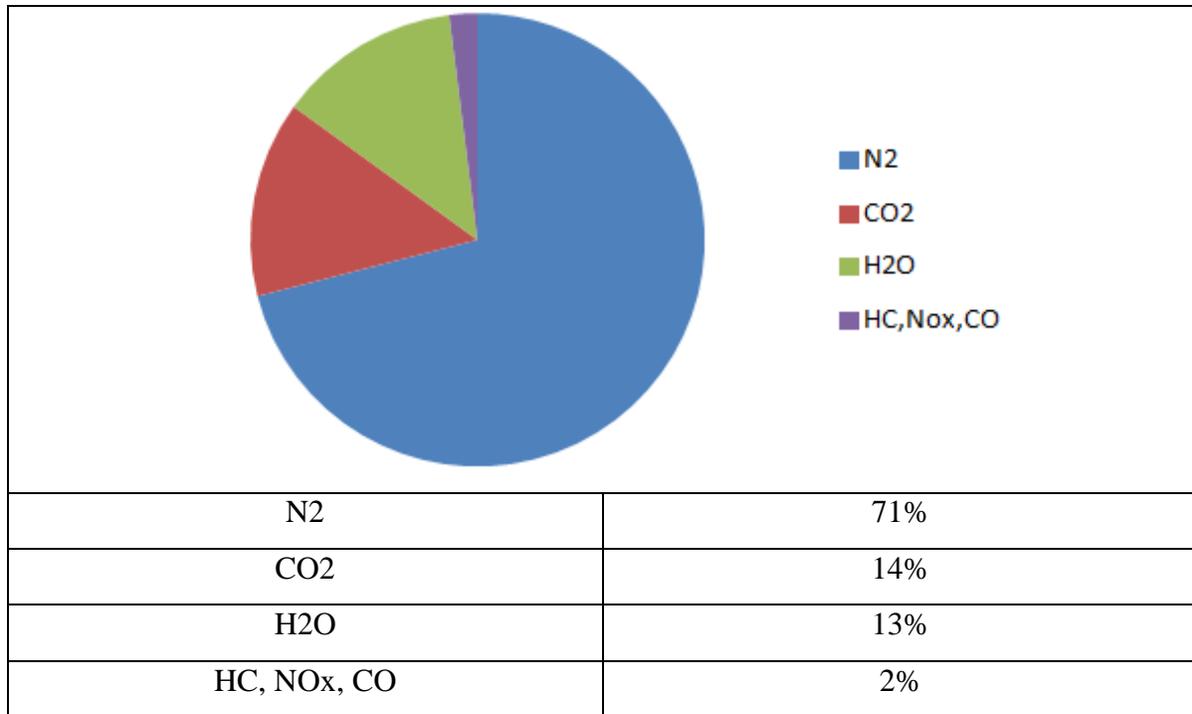


Figura. 1.6 Gases de escape

Fuente: Los Autores

A continuación indicaremos que gases se forman en la combustión, y cuál de ellos son contaminantes y cuáles no.

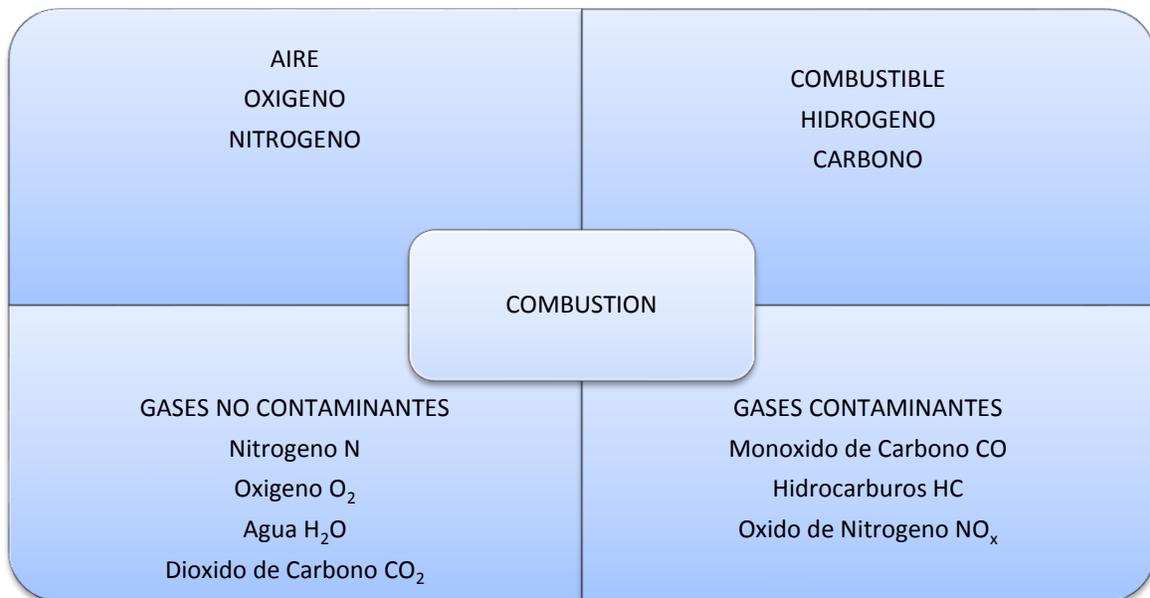


Tabla 1.2: Composición de los Gases de Escape

Fuente: Los Autores

La mezcla aire-combustible tiene la misión de ser inflamable en todos los parámetros que requiere el motor: arranque en frío, ralentí, fase de calentamiento, carga parcial, plena carga, aceleración súbita.

En el sistema de carburador los gases contaminantes se dan en mayor cantidad ya que no hay un control inteligente en cuanto a la dosificación del combustible, tenemos contaminación en cada uno de los parámetros que se explicó anteriormente. Es por esta razón que se quiere implementar un sistema de inyección mono punto para disminuir la contaminación en nuestro vehículo, con la ayuda del control electrónico. El objetivo del control electrónico es calcular el tiempo de inyección (ms) en función de los sensores que son el MAP, ECT, IAT, TPS, que se explicarán posteriormente.

La misión de los sensores es recibir la señal de magnitud física como por ejemplo: de la temperatura del aire en el caso del IAT, de la temperatura del refrigerante en el caso del ECT, de la presión del aire en el caso del MAP, la posición de la mariposa del acelerador en el caso del TPS.

Los valores que toman o sensan dichos sensores son acogidos por el control electrónico que en nuestro caso es un microcontrolador, (en inyección multipunto se utiliza una computadora automotriz con plataforma OBD II) al cual llegan todos los datos de temperatura presión y posición respectivamente, con estos valores el micro hace el cálculo del tiempo de inyección que se necesita para cada parámetro de funcionamiento.

## 1.5.2 GASES DE ESCAPE TOXICOS

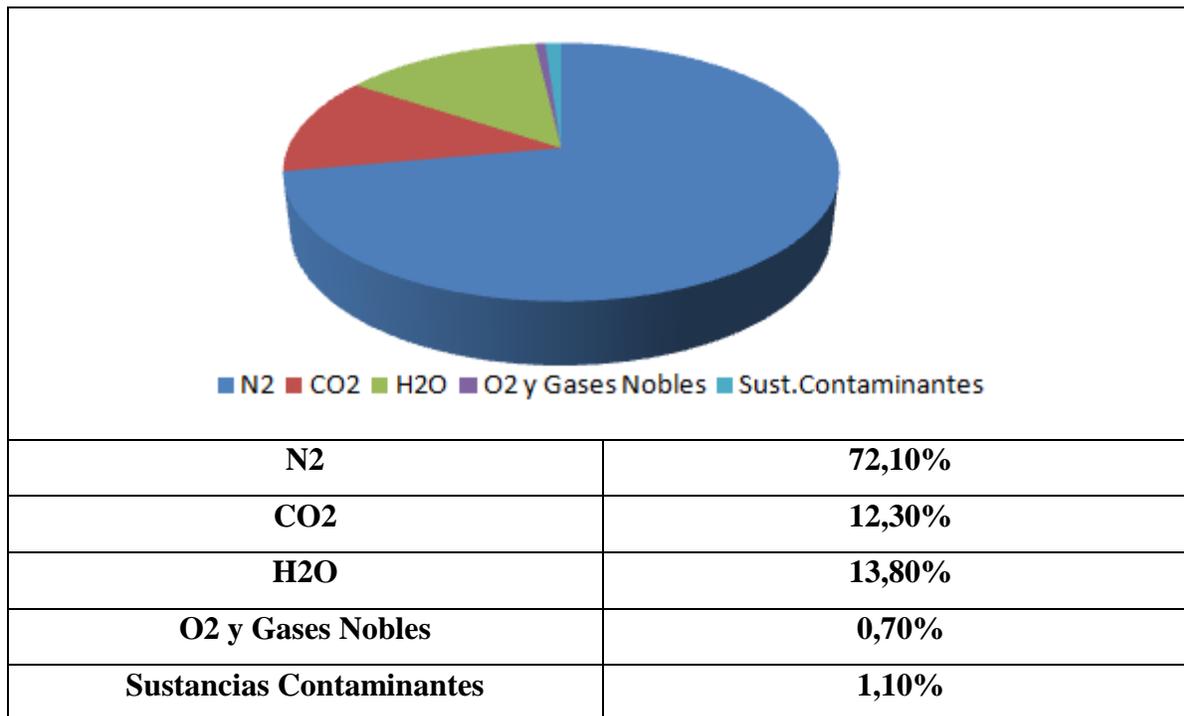


Figura.1.7 Gases de Escape

Fuente: Los Autores

## 1.5.3 GASES DE ESCAPE

### 1.5.3.1 MONOXIDO DE CARBONO

Este gas es incoloro, inodoro e insípido es muy tóxico debido a que tiene gran afinidad con la hemoglobina de la sangre, es decir los glóbulos rojos absorben CO con mayor facilidad que el oxígeno, dicho en otras palabras bloquea el transporte del oxígeno por parte de los glóbulos rojos.

Por ejemplo en un área cerrada con poca entrada de oxígeno y el vehículo encendido esto puede causar la muerte en instantes.

El monóxido de carbono CO se mide en %, y se forma durante la combustión cuando no hay suficiente oxígeno para formar dióxido de carbono, por tanto valores altos indican una mezcla rica o una combustión incompleta.

### **1.5.3.1.1 CAUSAS DE VALORES DE CO ALTOS**

- Filtro de aire, avance rápido
- Problemas en el sistema de combustible
- Una mezcla rica en combustible

### **1.5.3.2 CONCENTRACION DE CO EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO**

De igual manera para representar esta curva del monóxido de carbono en función de las revoluciones por minuto dividimos el eje de las x con los valores de RPM y con el eje de las y con los valores del monóxido de carbono que viene representado en porcentaje.

En primer lugar tenemos el régimen de 1000 rpm o cuando el vehículo está en marcha en vacío es decir que el motor produce solo la suficiente potencia para seguir funcionando, por lo tanto en este régimen se tiene una mezcla rica ya que ingresa poca cantidad de oxígeno en la admisión, en este estado del motor la máquina analizadora de gases nos da un valor de 4.07% de CO, al pasar a 2000 rpm cuando el motor tiene una relación estequiométrica con lambda aproximado a 1 nos da un valor de monóxido de carbono de 7.89% es decir que aumenta de una manera muy notable con respecto al primer valor, en la última prueba a un régimen de 3000 rpm cuando la mezcla vuelve a enriquecer porque necesita más potencia para su funcionamiento la máquina nos da un valor de 9.08% de CO. Lo cual el valor nuevamente aumenta con relación al anterior.

### 1.5.3.2.1 GRAFICA DE LA SEÑAL DEL MONOXIDO DE CARBONO

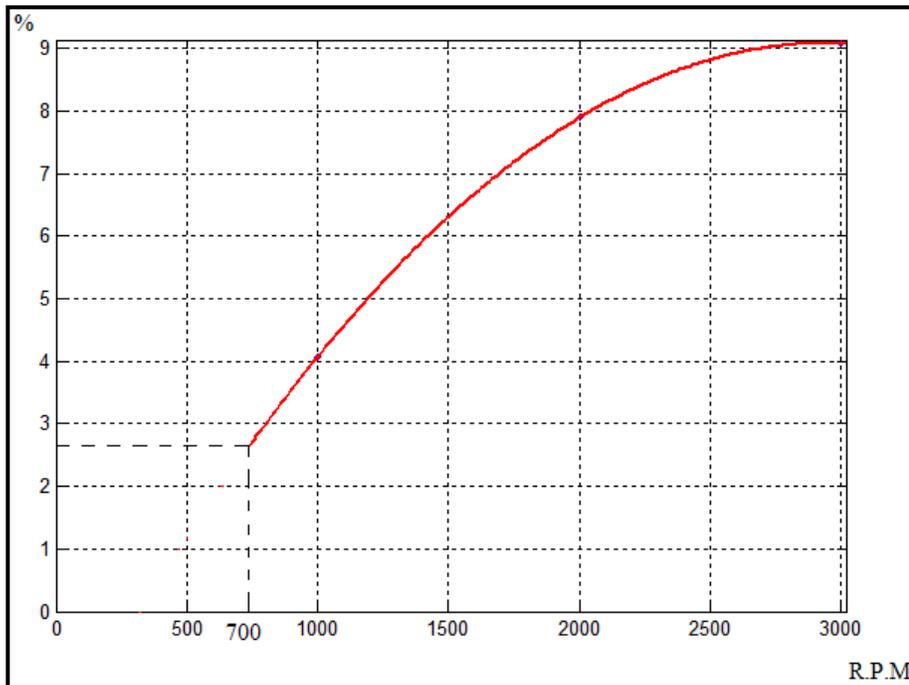


Figura. 1.8 Grafica CO vs RPM

Fuente: Los Autores.

### 1.5.3.3 OXIDOS DE NITROGENO

Este gas se da como consecuencia de la mezcla o combinación entre el oxígeno y el nitrógeno en condiciones donde la presión y la temperatura son altas.

Es de color rojizo y olor muy penetrante que origina irritación en los órganos respiratorios y afectan directamente llegando a destruir los tejidos pulmonares cuando se presenta en condiciones elevadas.

El óxido de nitrógeno al combinarse con el agua forman ácido en el aire provocando de esta manera la lluvia ácida que es sumamente dañina para la vida de las plantas y mata a los peces y especies que pueden comer en lagos o ríos.

#### 1.5.3.3.1 CAUSAS DE VALORES DE NO<sub>x</sub> ALTOS

- Avance incorrecto
- Alta temperatura, leve detonación

- Cámara con depósitos de carbón
- Incremento en la relación de compresión
- Relación AC extremadamente pobre

#### **1.5.3.4 CONCENTRACION DEL OXIDO DE NITROGENO EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO**

Este gas de escape básicamente se da por relaciones de aire-combustible extremadamente pobres, el NO es un gas muy nocivo para el cuerpo humano como para el medio ambiente creando así la lluvia ácida.

Otra causa del NO alto es que la cámara de combustión este con carbón.

En el gráfico 1.9 veremos cómo se comporta el Oxido de Nitrógeno en nuestro vehículo:

A 1000 rpm la máquina que analiza los gases de escape nos da un valor de 33 partes por millón, seguidamente a 2000 rpm nos da un valor de 38 ppm lo cual no indica que ha subido con 5 partes por millón en 1000 rpm, finalmente a 3000 rpm la máquina nos da un valor de 59 partes por millón.

De esta manera nos damos cuenta que el valor a incrementado notablemente, al comenzar en 1000 rpm tenemos una mezcla rica debido a que necesitamos más combustible ya que ingresa poca cantidad de aire, en las 2000 rpm el motor ya requiere de una mezcla pobre por tal razón aumenta el valor de NO y finalmente en 3000 rpm al ingresar más cantidad de oxígeno el valor de NO se eleva de una manera súbita.

##### **1.5.3.4.1 GRAFICA DE NOX VS RPM**

En un régimen de aproximadamente 1200 rpm tenemos el valor más bajo de NO que es de aproximadamente 31 partes por millón.

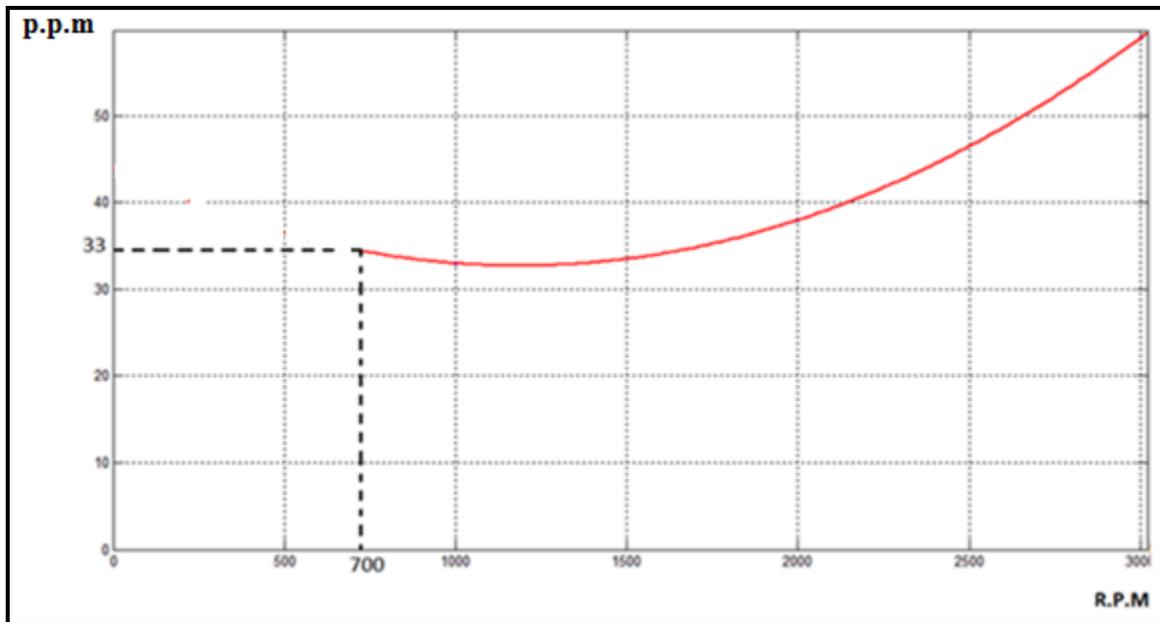


Figura. 1.9 Gráfica NO vs RPM

Fuente: Los Autores.

En el gráfico anteriormente explicado tenemos que a más revoluciones el valor del monóxido de nitrógeno también aumenta, la razón por la cual se da es porque el vehículo ya está trabajando normalmente entonces el valor de la temperatura y de la presión aumenta.

### 1.5.3.5 HIDROCARBUROS NO QUEMADOS

Cuando la mezcla aire combustible que está en el interior del motor se comprime enciende y ocurre la combustión una parte de la gasolina que es un hidrocarburo no se quema, esta parte restante de hidrocarburo sale por el tubo de escape con el resto de gases ocasionados por dicha combustión.

Los hidrocarburos que no se queman producen daños en la respiración, y cuando salen al ambiente al combinarse con el aire forman el conocido smog. Su olor es penetrante y su color, azulado

Los hidrocarburos se miden partes por millón de partes ppm, si la concentración es alta nos indica que existe mezcla rica pero si nos indica un valor pequeño nos indica que es la mezcla pobre debido a una mala combustión

### 1.5.3.5.1 CAUSAS DE VALORES DE HC ALTOS

- Combustible sin quemar
- Problemas mecánicos de válvulas o retenes.
- Paso excesivo de aceite a la cámara de combustión
- Defectos de encendido, relación AC pobre (mala combustión)
- Relación AFR RICA:

Esta relación se demuestra con la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{M}{AFR}$$

$$\lambda = \frac{14.7}{14.7}$$

$$\lambda = 1$$

Entonces tenemos que:

Cuando Lambda es igual a uno ( $\lambda = 1$ ) tenemos una mezcla estequiométrica es decir dosificada, la cual será la ideal para el funcionamiento del vehículo.

Por otro lado tenemos que cuando  $\lambda < 1$  es una mezcla rica o sea con mayor ingreso de combustible. Caso contrario tenemos que cuando  $\lambda > 1$  es una mezcla pobre con un ingreso menos de combustible.

### 1.5.4 CONCENTRACION DE HC EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO

En la gráfica 1.10 representamos las cotas tomadas de los hidrocarburos a sus respectivas revoluciones por minuto, como podemos apreciar cuando el motor esta a un régimen de 1000 rpm tenemos 253 partes por millón de hidrocarburos, seguidamente a un régimen de 2000 rpm nos da un valor de 236 partes por millón de hidrocarburos y en un valor de revoluciones de aceleración a 3000 rpm el analizador de gases nos da el valor de 313 partes por millón de hidrocarburos. Y como podemos apreciar a un régimen de 1700 rpm el valor de los hidrocarburos es el mínimo según nos indica la gráfica nos da un valor de 220 ppm aproximadamente.

En otras palabras comenzamos con un valor de 1000 rpm y al acelerar y por tanto aumentar las rpm tenemos que los HC disminuyen en su valor al máximo en 1700 rpm seguidamente al pasar a 2000 rpm el valor de HC aumenta progresivamente y finalmente en el valor de 3000 rpm tenemos el valor más alto.

#### 1.5.4.1 GRAFICA HC VS RPM

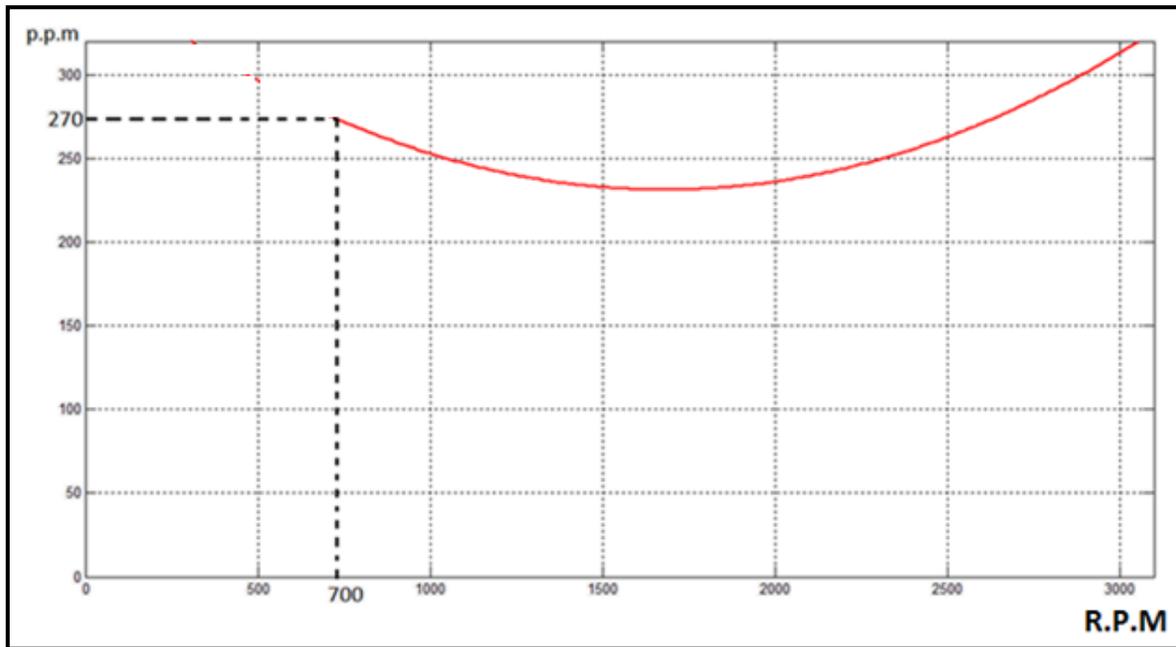


Figura. 1.10 Gráfica de HC vs RPM

Fuente: Los Autores.

En la curva de hidrocarburos con los valores ideales o con menores emisiones nos da de la siguiente manera: comenzamos a un régimen de 1000 rpm y cuando lambda es igual a 1 ( $\lambda=1$ ) tenemos el menor valor de hidrocarburos no quemados y progresivamente aumenta a 2000rpm y a 3000 rpm con la diferencia que el ultimo valor tomado no se eleva demasiado como en nuestra imagen.

## **1.5.5 GASES DE ESCAPE NO TOXICOS**

### **1.5.5.1 OXIGENO**

Este gas forma parte del aire en una porción del 21%, [v/v] como es sabido es imprescindible para la combustión, pero lamentablemente la combustión nunca es perfecta por esta razón hay un sobrante de oxígeno en el escape en una concentración del 0,6% este valor varia con relación a la riqueza de la mezcla.

#### **1.5.5.1.1 CAUSAS DE VALORES DE OXIGENO ALTOS**

- Chispa defectuosa
- Relación AFR muy pobre
- Escape roto
- Combustión incompleta

#### **1.5.5.2 CONCENTRACION DE O<sub>2</sub> EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO**

El oxígeno es esencial para la combustión pero debido a ciertos errores la combustión nunca es completa es por tal motivo que siempre habrá escape de oxígeno en pequeñas cantidades aproximadamente un 0.6%.

Para saber qué cantidades de oxígeno estamos emanando explicaremos la siguiente grafica:

Tenemos representado las revoluciones por minuto que el motor del vehículo nos brinda para comenzar tenemos a un régimen de 1000 rpm en este momento el vehículo está en la fase de carga en vacío y nos da un valor de 1.24% de oxígeno, en seguida con un valor de 2000 rpm momento en que el motor tiene una relación estequiométrica con  $\lambda$  aproximado a 1 tenemos un valor de oxígeno de 0.25%, y finalmente cuando estamos a un valor de 3000 rpm la máquina que analiza los gases de escape nos da un valor de O igual a 0.31% es decir sube un poco con respecto al anterior debido a que; a mayor aceleración como es en el caso de 3000 rpm que es un régimen en el que el vehículo está dando una potencia considerable entra mayor cantidad de aire y por consiguiente de oxígeno al tratar de aumentar su relación aire-combustible.

### 1.5.5.2.1 GRAFICA DE LA SEÑAL DEL OXIGENO

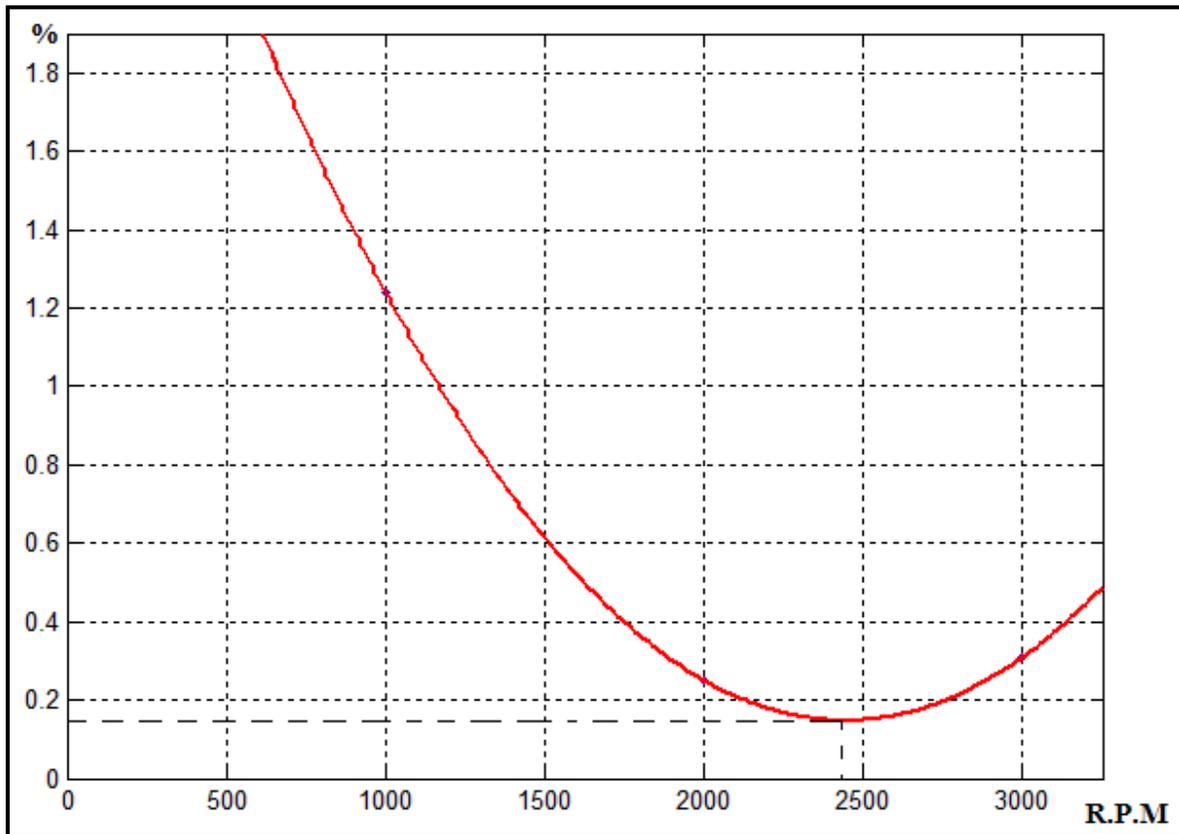


Figura. 1.11 Gráfica O2 vs RPM

Fuente: Los Autores.

### 1.5.5.3 NITROGENO

Este es un gas inerte porque no interviene en la combustión ya que es parte del aire que respiramos. Este gas ingresa como parte de la mezcla a bajas Temperaturas, y debido al calor que absorbe tras la combustión de la mezcla, el mismo sale a altas Temperaturas.

Es el más concentrado en el aire con un porcentaje del 78% y aparte de esto es inerte es decir que no se combina con nada, de esta manera de la misma forma que ingresa a la combustión sale por el múltiple de escape a excepción de pequeñas cantidades que forman los óxidos de nitrógeno.

#### **1.5.5.4 AGUA**

El agua es una sustancia que se la puede calificar como inofensiva en los gases de escape, en muchas ocasiones el agua se condensa por el tubo de escape a medida que el gas pierde temperatura, de esta manera se produce el conocido goteo del escape en los vehículos.

La cantidad de agua en vapor o estado líquido que se produce durante el proceso de la combustión se encuentra en alrededor del 13%.

#### **1.5.5.5 DIOXIDO DE CARBONO**

El dióxido de carbono es formado hasta cuando nosotros respiramos y al exhalar expulsamos CO<sub>2</sub> de igual manera sucede en la combustión del vehículo se produce dióxido de carbono.

Este gas es común por lo que las plantas lo usan para absorber el carbono del aire, las plantas devuelven oxígeno y retienen el carbono. Pero cantidades exageradas de CO<sub>2</sub> puede crear el efecto invernadero.

##### **1.5.5.5.1 CAUSAS DE VALORES DE CO<sub>2</sub> BAJOS**

- Relación AFR muy rica.
- Combustión defectuosa.

##### **1.5.5.5.2 CONCENTRACION DE CO<sub>2</sub> EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO**

Para analizar los valores de esta curva hemos tomado las revoluciones del motor de 1000 a 3000 rpm, para el caso del dióxido de carbono (eje y) los valores vienen dados en (%) porcentaje, en primera instancia para 1000 rpm tenemos un valor de 11.33% es decir un valor alto seguidamente a 2000 rpm la máquina nos da un valor de 9.82% de CO<sub>2</sub> lo cual disminuye con respecto al primer valor, como ultimo a 3000 rpm la maquina analizadora de gases nos da un valor de 9.19 de dióxido de carbono.

Cuando el valor de CO<sub>2</sub> aumenta, los valores de los gases de CO y HC disminuirán. Ya que al aumentar el dióxido de carbono ya no necesitara la ayuda del monóxido de carbono para

hacer la combustión de igual manera no existirá una cantidad considerable de hidrocarburos no quemados ya que al haber CO<sub>2</sub> la mezcla se realizara correctamente.

El punto más bajo de emisión de CO<sub>2</sub> es en un régimen de 3000 rpm como podemos apreciar en la figura 1.12 ya que la curva esta en asíntota con el eje de las RPM.

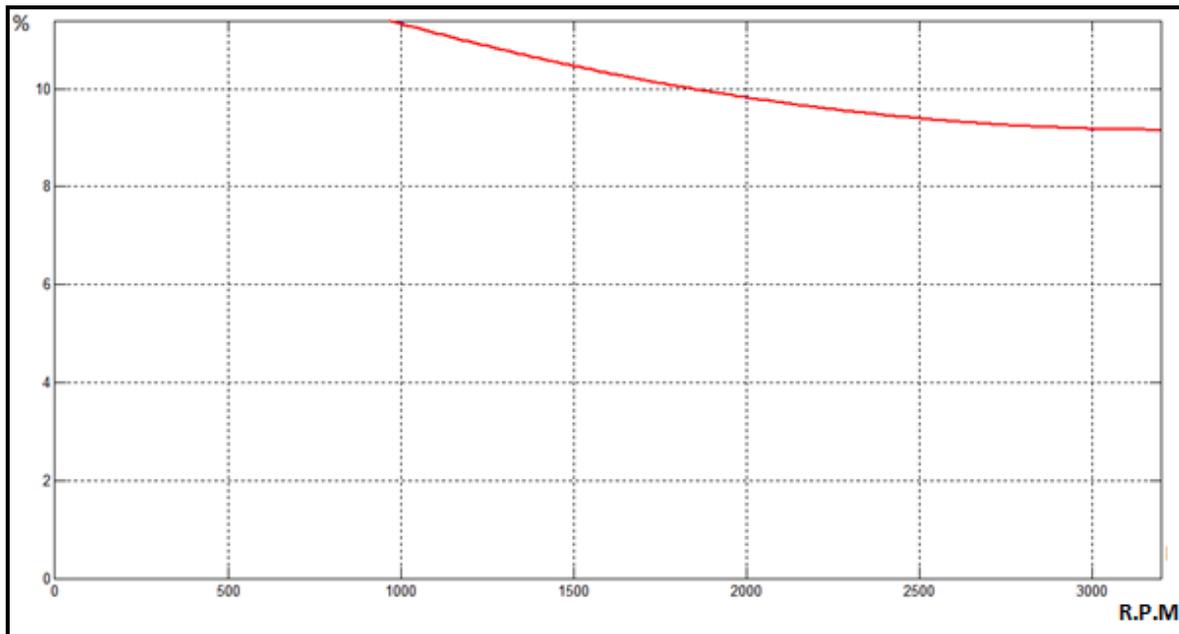


Figura. 1.12 Gráfica de CO<sub>2</sub> vs RPM

Fuente: Los Autores.

#### 1.5.5.6 MONOXIDO DE CARBONO CORREGIDO

El monóxido de carbono corregido es la concentración de CO calculada a partir de la concentración de CO medida, que correspondería a los productos de combustión exentos de aire.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [http://www.medioambientecantabria.com/documentos\\_contenidos/11811\\_1.3.pdf](http://www.medioambientecantabria.com/documentos_contenidos/11811_1.3.pdf)

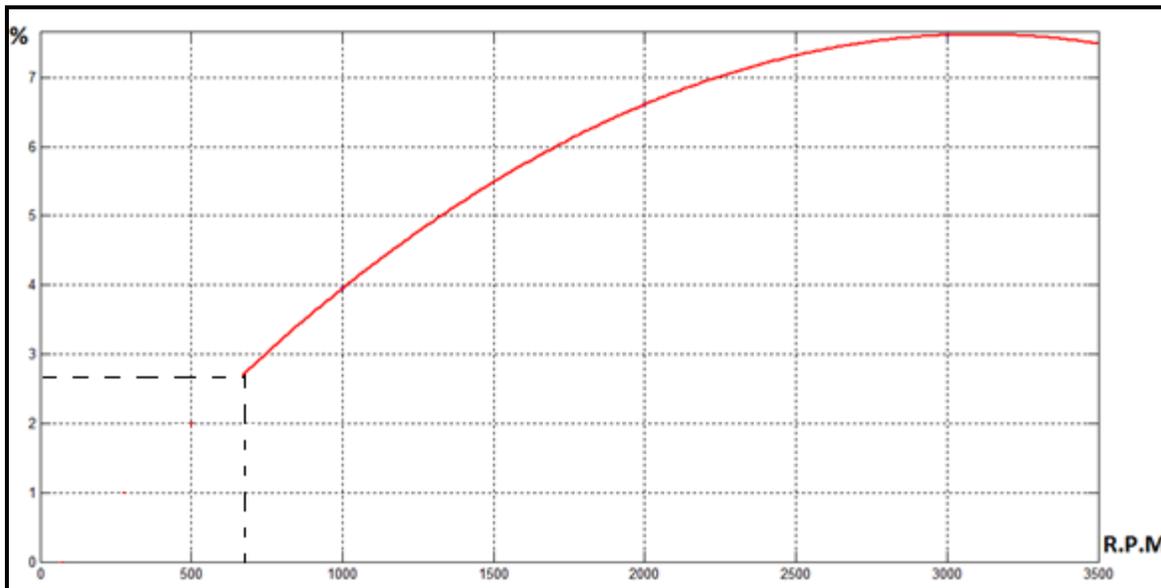


Figura. 1.13 Gráfica CO corregido vs RPM

Fuente: Los Autores.

### 1.5.5.7 GRÁFICA DE LAMBDA EN FUNCIÓN DE LAS RPM

El factor Lambda está definido como el cociente entre el aire que realmente entra al motor y el aire teórico para la mezcla estequiometrica.

Cuando lambda es igual a 1 el motor cumple con las expectativas de alcanzar los mínimos valores de contaminaciones de CO y  $H_xC_y$  producidas por la combustión.

Cuando el motor esta a un régimen de 1000 rpm en donde necesitamos de una mezcla rica ya que no entra suficiente oxígeno a la admisión la máquina analizador de gases nos da un valor de 0.926 que es muy aproximado a 1, a continuación a 2000 rpm la maquina nos brinda un valor de lambda igual a 0.796 y finalmente a un régimen de 3000 rpm nos dan valor de lambda igual a 0.756 para este último caso la mezcla enriquece pero en este caso entra mayor cantidad de oxígeno a la admisión.

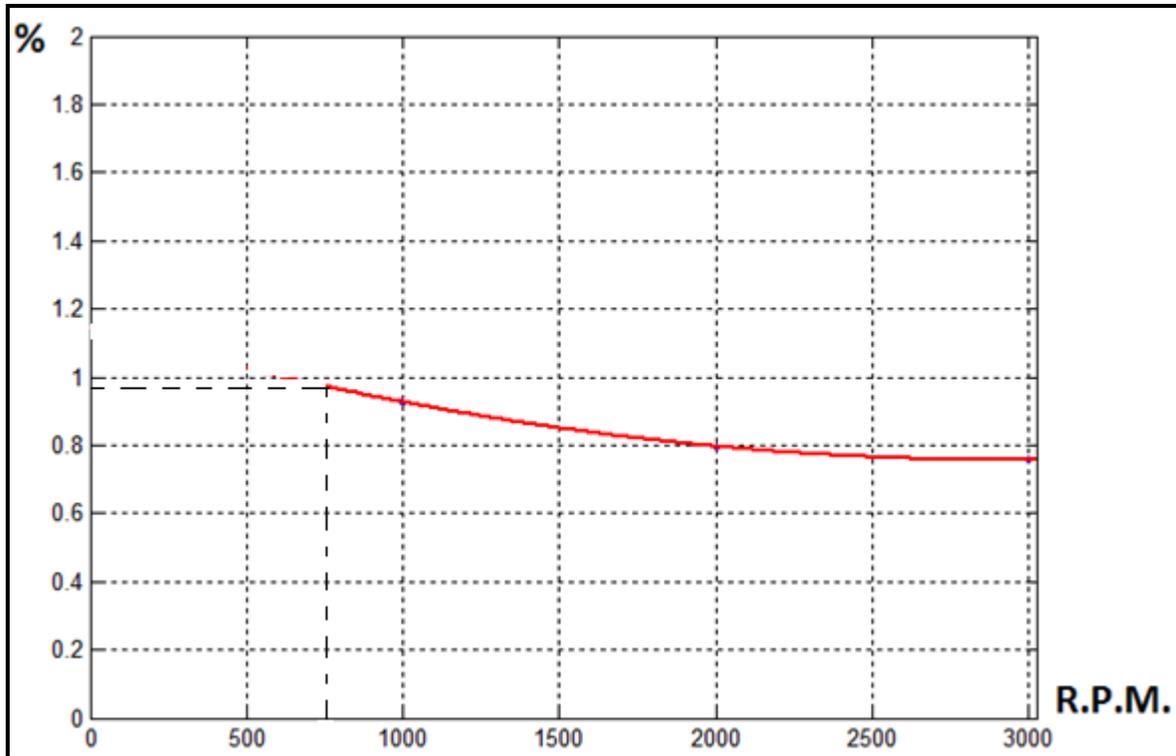


Figura. 1.14 Gráfica de Lambda vs RPM

Fuente: Los Autores

### 1.5.6 PORCENTAJES DE LAS EMISIONES DE LOS GASES DE ESCAPE

TIPO 0 OK	Unidades	Límites	TIPO 1	Unidades	Límites
CO	%	4.5	CO	%	5.5
HC	Ppm	700	HC	Ppm	900

Tabla 1.3 Rangos de los Gases de Escape

Fuente: /www.enteratecuador.com/archivos/22496

### 1.5.7 MEDICION DE GASES EN EL VEHICULO

A continuación se realiza el detalle del procedimiento y los parámetros a tener en cuenta para realizar la medición mediante el analizador de gases de escape.

1. Como primer paso se debe poner en marcha el motor y dejar que este permanezca encendido durante un determinado período de tiempo, esto lo realizamos con el objetivo de que el motor alcance su temperatura normal de funcionamiento.
2. También se debe verificar la temperatura del aceite lubricante del motor.
3. Como siguiente paso a seguir se debe acerar y calibrar el equipo de medición para que los valores obtenidos sean lo más exacto posibles.
4. Antes de comenzar a realizar las correspondientes mediciones se debe comprobar que no exista ninguna presencia de fugas de líquido refrigerante, ni de aceite en el motor ya que esto afectaría en gran medida los datos en la medición a realizar.
5. Una vez comprobado que no existen fugas ni defectos se procede a realizar la medición con el manejo correcto del equipo.

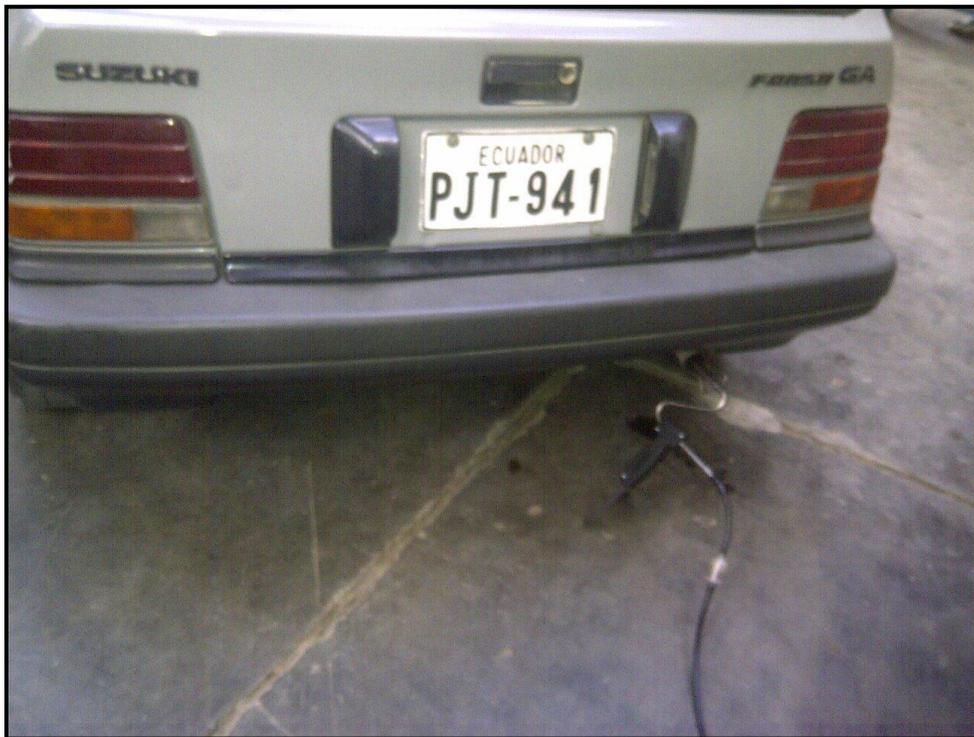


Figura. 1.15 Conexión de la maquina analizadora de gases

Fuente: Los Autores

Realizada la conexión podemos comenzar a medir los gases de escape de nuestro vehículo los cuales tenemos a continuación por cada uno de sus regímenes.

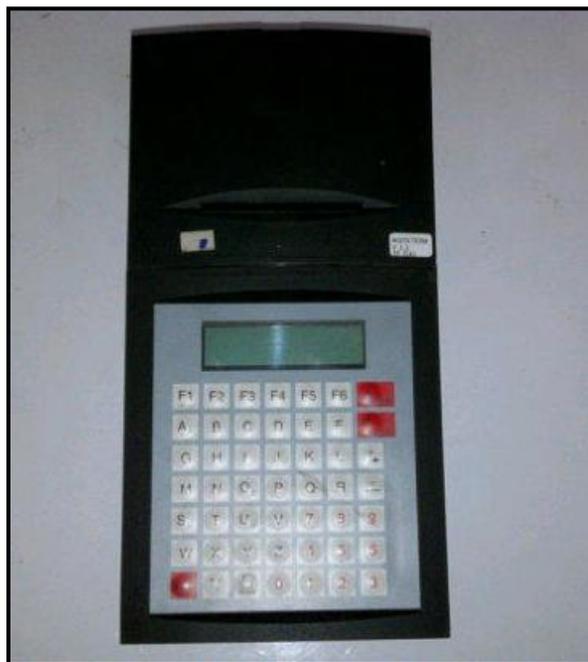


Figura. 1.16 Máquina Analizadora de Gases

Fuente: Los Autores

#### 1.5.7.1 PRUEBA 1 A UN REGIMEN DE 1000 RPM

<b>REGIMEN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR</b>
<b>HC</b>	<b>ppm</b>	<b>253</b>
<b>CO</b>	<b>%</b>	<b>4.07</b>
<b>CO2</b>	<b>%</b>	<b>11.33</b>
<b>O2</b>	<b>%</b>	<b>1.24</b>
<b>CO corregido</b>	<b>% Vol.</b>	<b>3.95</b>
<b>Lambda</b>	<b>Adimensional</b>	<b>0.926</b>
<b>NO</b>	<b>ppm</b>	<b>33</b>

Tabla 1.4 Prueba de emisiones a 1000 rpm.

Fuente: Los Autores

### 1.5.7.2 PRUEBA 2 A UN REGIMEN DE 2000 RPM

<b>REGIMEN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR</b>
<b>HC</b>	<b>ppm</b>	<b>236</b>
<b>CO</b>	<b>%</b>	<b>7.89</b>
<b>CO2</b>	<b>%</b>	<b>9.82</b>
<b>O2</b>	<b>%</b>	<b>0.25</b>
<b>CO corregido</b>	<b>% Vol.</b>	<b>6.61</b>
<b>Lambda</b>	<b>Adimensional</b>	<b>0.796</b>
<b>NO</b>	<b>ppm</b>	<b>38</b>

Tabla 1.5 Prueba de emisiones a 2000 rpm.

Fuente: Los Autores

### 1.5.7.3 PRUEBA 3 A UN REGIMEN DE 3000 RPM

<b>REGIMEN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR</b>
<b>HC</b>	<b>ppm</b>	<b>313</b>
<b>CO</b>	<b>%</b>	<b>9.08</b>
<b>CO2</b>	<b>%</b>	<b>9.19</b>
<b>O2</b>	<b>%</b>	<b>0.31</b>
<b>CO corregido</b>	<b>% Vol.</b>	<b>7.61</b>
<b>Lambda</b>	<b>Adimensional</b>	<b>0.756</b>
<b>NO</b>	<b>ppm</b>	<b>59</b>

Tabla 1.6 Prueba de emisiones a 3000 rpm.

Fuente: Los Autores

## 1.6 GRAFICAS DE LOS GASES CONTAMINANTES

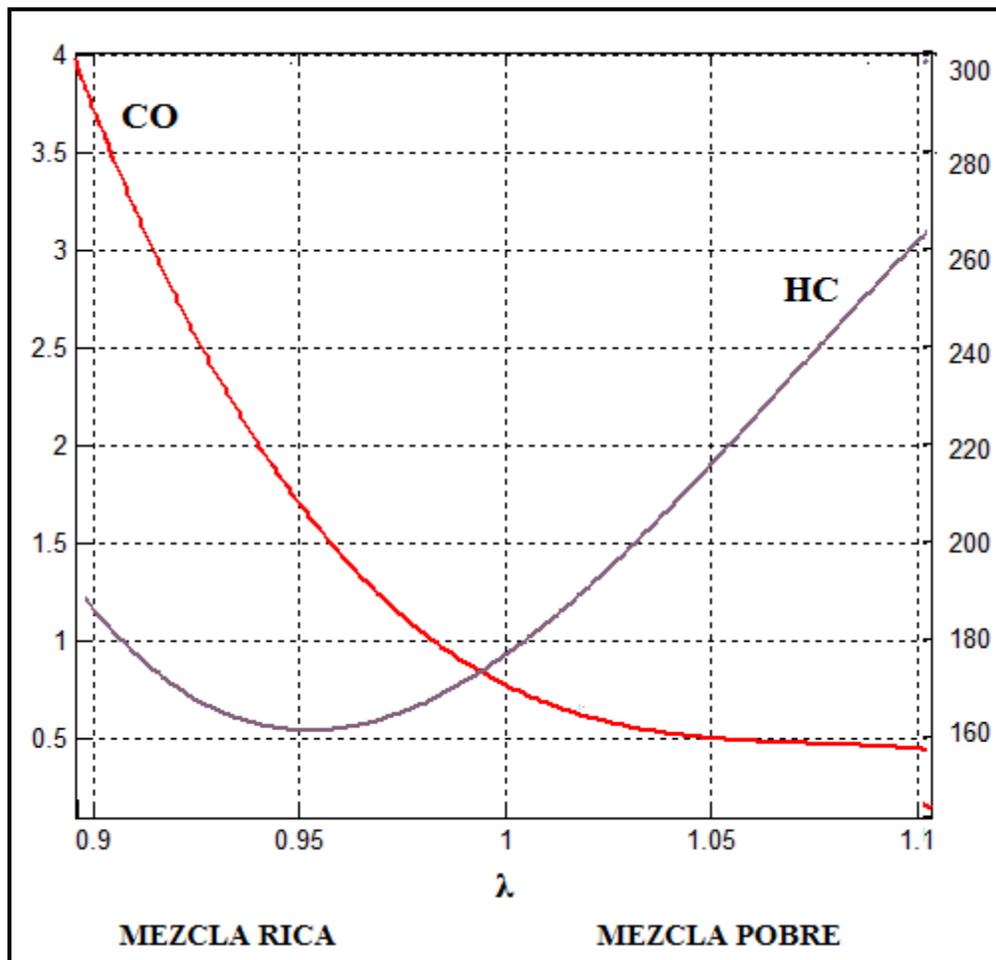


Figura. 1.17 Gráfica de los Gases Contaminantes del Vehículo Suzuki Forsa

Fuente: Los Autores

A continuación indicaremos la curva ideal de Hidrocarburos.:

Como podemos observar la curva de la figura 1.17 la cantidad menor hidrocarburos no quemados se da cuando existe una mezcla AFR ligeramente rica.

Y en la curva de Monóxido de Carbono no se observa un punto mínimo de concentración de dicho gas, pero se puede apreciar que el CO disminuye cuando la mezcla AFR también empobrece.

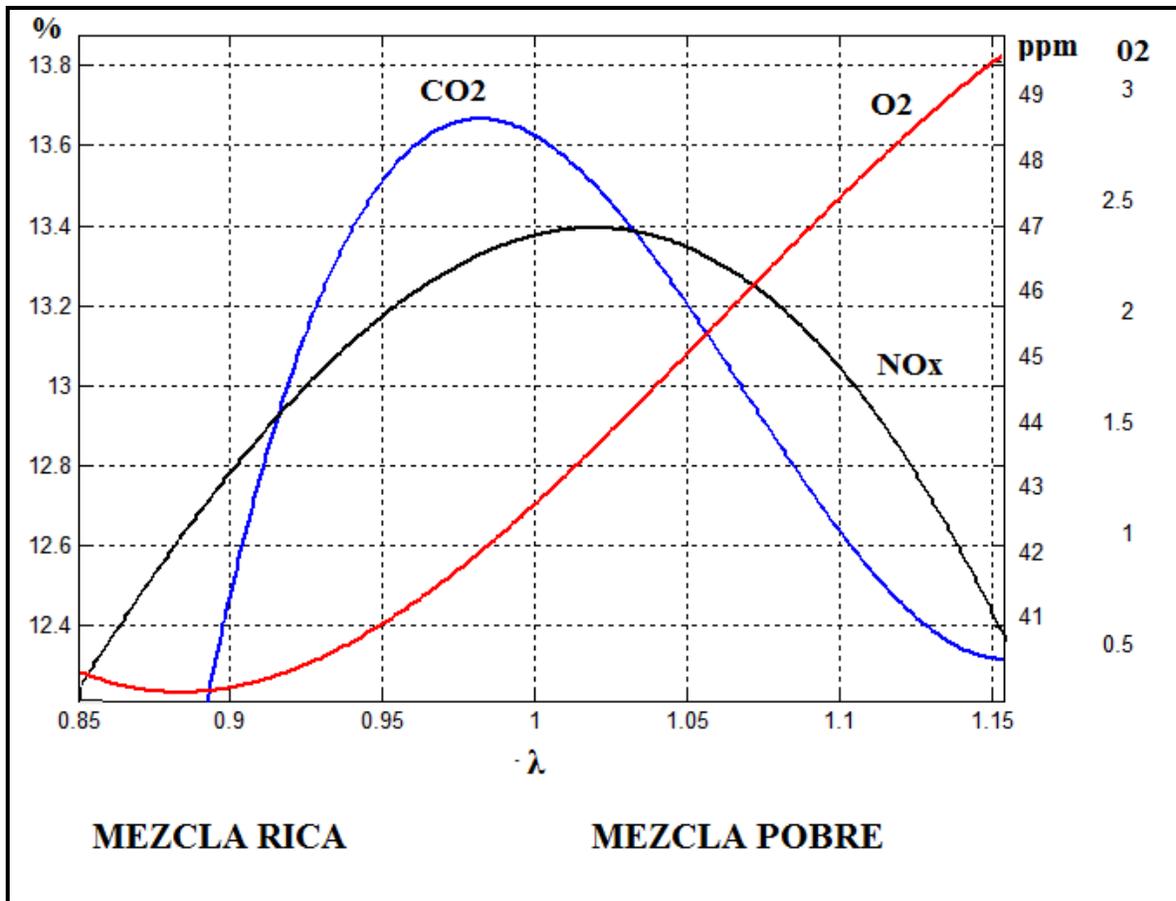


Figura. 1.18 Gráfica de los Gases Contaminantes del Vehículo Suzuki Forsa

Fuente: Los Autores

Cuando tenemos mezcla rica estamos en el momento en el que el vehículo está a un régimen de 1000 rpm dado que no ingresa mucho aire a la admisión por tanto se necesita dicha mezcla, cuando estamos a 2000 rpm tenemos un  $\lambda$  aproximado a 1 por lo que se tiene una mezcla estequiométrica y al pasar a las 3000 rpm el vehículo adopta una mezcla ligeramente pobre.

Como ya se había dicho cuando estamos a un régimen de 1000 rpm el valor comienza alto al pasar por las 2000 rpm el valor de los HC disminuye notablemente y vuelve a ascender al llegar a las 3000 rpm o cuando la mezcla empobrece. En conclusión para tener un valor bajo de hidrocarburos no quemados debemos llevar el vehículo a un valor muy aproximado a  $\lambda$  igual a 1.

## **1.7 MEDICION DE LA POTENCIA DEL SUZUKI FORSA EN EL BANCO DINAMOMETRICO**

La medición de la potencia en condiciones estándar del vehículo sin modificarlo fue tomada en el banco dinamométrico de la *Universidad Politécnica Salesiana* de la sede Cuenca.

“Este sistema de ensayo consta de cuatro rodillos que trabajan en conjunto con un freno hidráulico el cual acciona sobre los rodillos que están asociados a las ruedas motrices del vehículo, con lo cual se le puede dar una carga constante, la que es medida por una celda de carga.

Consta de cuatro rodillos sobre los cuales se colocan las ruedas motrices del automóvil, solidariamente y vinculados los rodillos giran con un momento de inercia conocido. Existe un sensor que toma la velocidad de giro de los rodillos y envía en forma sistemática una información de velocidad a la computadora.

La computadora memoriza esta información. Luego hará el cálculo de las diferencias de velocidad que fue recibiendo, y con la base de tiempo que fueron enviadas puede calcular la aceleración instantánea, con este momento de inercia del sistema rodillo-volante, puede hacer cálculos de potencia y torque en el cigüeñal y en la rueda impulsora.”<sup>2</sup>

Con la ayuda del banco dinamométrico de la Universidad la potencia que genera el motor del Suzuki Forsa 1 con motor G10 antes de ser modificado es la siguiente:

---

<sup>2</sup> <http://www.horacioresio.com/b-a-dinamometrico.htm>

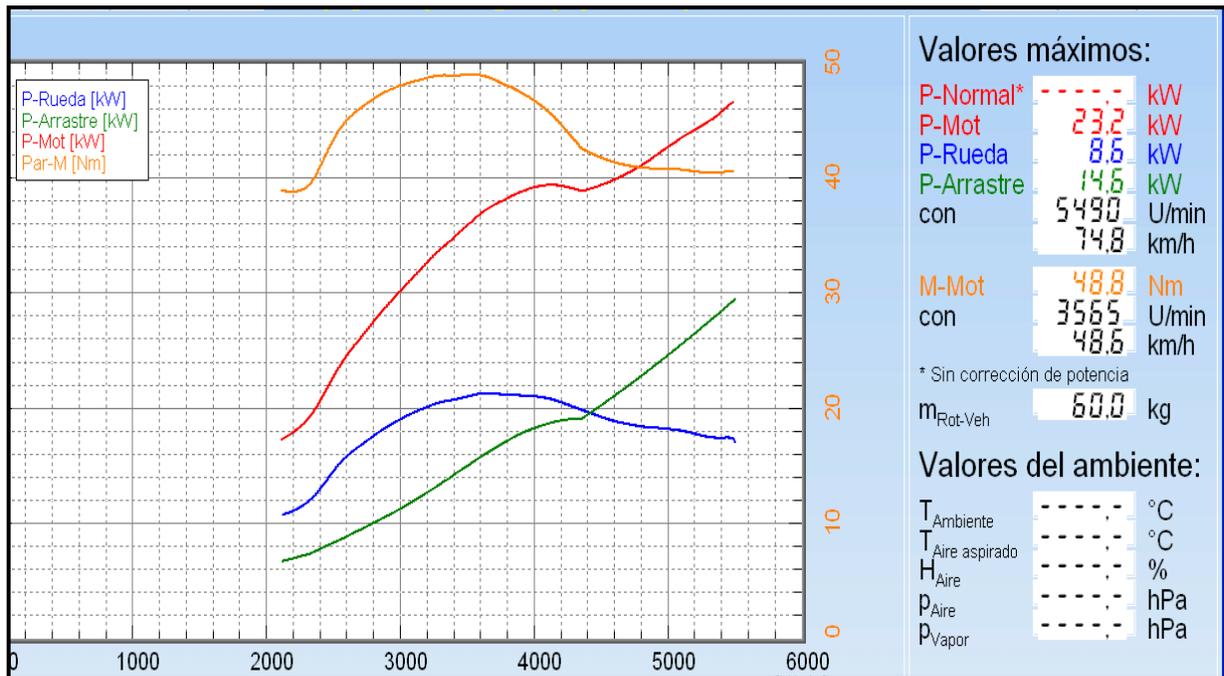


Figura. 1.19 Medición de la potencia iniciada en KW

Fuente: Banco Dinamométrico U.P.S sede El Vecino

Al observar la figura 1.19 la potencia que desarrolla el motor antes de sustituir el sistema de alimentación de combustible es de 23.3 KW. A comparación del valor que nos indica el manual que es de 35.81 KW vemos que es una gran diferencia este factor se da ya que nuestra prueba se hizo a 4000 rpm, y en la del manual esta especificada a 5100 rpm y en condiciones a nivel del mar.

Como podemos observar en la figura la potencia que se entrega al neumático es de 8.6 KW esto se debe a que existen muchas resistencias mecánicas debido a la fricción de los engranes en la caja de cambios.

Seguidamente la maquina nos da la potencia de arrastre que es de 14.6 KW es decir la potencia que se pierde en el trayecto del motor a las ruedas por factores como la fricción.

## 1.8 CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

<b>TIPO</b>	<b>SOHC 3 cilindros en línea/ cuatro tiempos</b>
<b>MATERIAL</b>	<b>Aluminio bloque/cabezote/admisión</b>
<b>PESO</b>	<b>60.1 Kg (134.5 lbs.) / completamente armado</b>
<b>CILINDRADA</b>	<b>993cc (61in<sup>3</sup>)</b>
<b>DIAMETRO x CARRERA</b>	<b>74x77(mm) / 2.91x3.03(in)</b>
<b>RELACION DE COMPRESION</b>	<b>9.5:1</b>
<b>POTENCIA</b>	<b>48 Hp @ 5100 rpm</b>
<b>TORQUE</b>	<b>57 lb-ft @ 3200 rpm</b>
<b>CARBURADOR</b>	<b>AISAN descendente doble cuerpo</b>
<b>CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE</b>	<b>8.3 Galones</b>
<b>TIPO DE COMBUSTIBLE</b>	<b>Gasolina Extra 82 Octanos</b>
<b>SISTEMA DE ESCAPE</b>	<b>Simple</b>
<b>SISTEMA DE ENCENDIDO</b>	<b>Electrónico</b>
<b>BUJIAS</b>	<b>NGK BPR6ES</b>
<b>ORDEN DE ENCENDIDO</b>	<b>1-3-2</b>
<b>SISTEMA DE REFRIGERACION</b>	<b>Circulación forzada de agua por bomba</b>
<b>CAPACIDAD REFRIGERANTE</b>	<b>4.1 litros</b>
<b>SISTEMA DE LUBRICACION</b>	<b>Bomba de rotor</b>
<b>CAPACIDAD DE LUBRICANTE</b>	<b>3.5 litros</b>
<b>LUBRICANTE</b>	<b>10W40</b>
<b>PRESION DE ACEITE</b>	<b>42 – 54 psi @ 3000 rpm</b>
<b>ALTERNADOR</b>	<b>55 amp</b>
<b>BATERIA</b>	<b>400 cca</b>
<b>CAMPO DE REVOLUCIONES</b>	<b>800 – 5700 rpm</b>

Tabla 1.7 Características del motor G10

Fuente: HAYNES, Automotive Repair Manual Chevrolet Sprint & Geo Metro

## 1.9 CONEXIÓN DE EL BANCO DINAMOMETRICO AL VEHICULO

Para conectar la maquina al vehículo es necesario que las ruedas motrices estén sobre los tambores del banco dinamométrico.

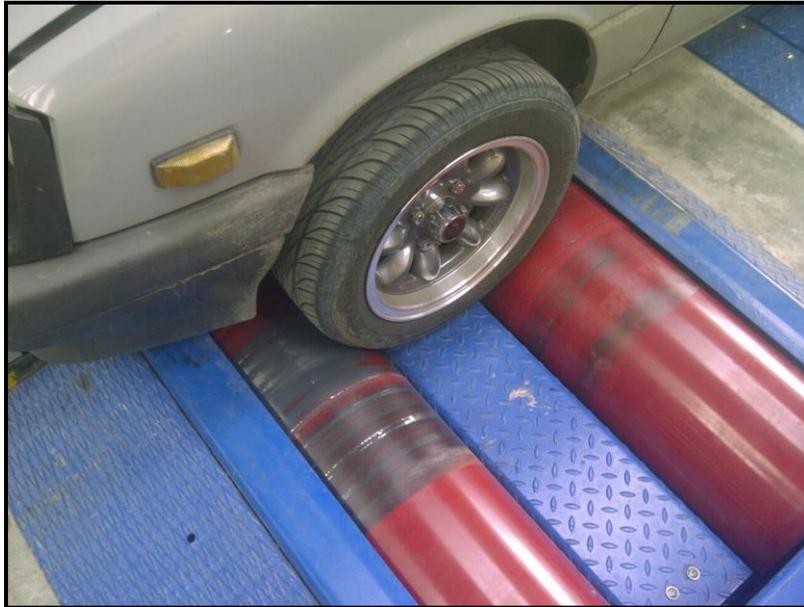


Figura. 1.20 Ruedas motrices sobre los tambores del Banco Dinamométrico

Fuente: Los Autores

Como en nuestro vehículo las ruedas motrices son las delanteras tenemos en la grafica representado la posición en el banco dinamométrico para su respectiva prueba de potencia.

Como siguiente paso es conectar la sonda de temperatura en el agujero donde está ubicada la varilla de medición del aceite.

## **CAPITULO 2:**

“Diseño, construcción y aplicación del sistema de control electrónico para el sistema de inyección mono-punto”

### **2.1 DISEÑO**

El controlador electrónico, para el sistema de inyección de gasolina monopunto ha sido diseñado y construido para trabajar en todas las condiciones de funcionamiento que se presentan en un motor de combustión interna, ha sido también diseñado y construido con la finalidad de facilitar y determinar los parámetros de funcionamiento en cuanto al sistema de inyección electrónica de combustible monopunto, relacionado con: sensores, actuadores y subsistemas adicionales.

También para realizar el diseño y construcción del sistema de inyección monopunto es necesario diseñar y modificar algunos elementos que forman parte del sistema de alimentación.

#### **2.1.1. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS EN EL TANQUE DE COMBUSTIBLE.**

La electrobomba es conocida como la “bomba de combustible” es activada y desactivada por un relé, cuando se suministra corriente, el motor de la bomba empieza a funcionar y también lo hacen las paletas. Esto produce una diferencia de presión entre ambos lados de las paletas debido a que hay varias ranuras en su superficie, el combustible es aspirado por el orificio de admisión, y a medida que aumenta la presión se suministra por el orificio de salida.

La bomba de combustible, también tiene una válvula de presión máxima para evitar una excesiva presión de suministro de combustible y una válvula de retención que mantiene una cierta presión en la tubería de alimentación de combustible aunque se pare la bomba de combustible la presión en un sistema monopunto es de 0.6 a 1.2 bar.

El sistema de inyección precisa de ingreso de combustible a una presión superior a la de el sistema carburador, razón por la cual necesitamos diseñar en el tanque de combustible un

espacio para acoplar una bomba eléctrica que envíe el combustible a la presión necesaria hacia el cuerpo de inyección TBI.

Para poder adaptar la bomba eléctrica de combustible al tanque, en primer lugar tenemos que mecanizar un orificio con un diámetro de 9 cm en el tanque de combustible, para que podamos construir la tapa que será montada sobre este orificio, la cual va a estar provista de: agujeros para tornillos de sujeción, conductos para salida y retorno de combustible, y principalmente un brazo de sujeción para la bomba que la mantendrá firme en posición vertical para que la bomba pueda aspirar el combustible.

Por seguridad, los vapores que se generan en el tanque, provocan una acción irregular; A modo de poder tener una presión óptima dentro del tanque de combustible y también para lograr un cerrado hermético del mismo se procedió a colocar un empaque entre la tapa y el tanque de combustible.

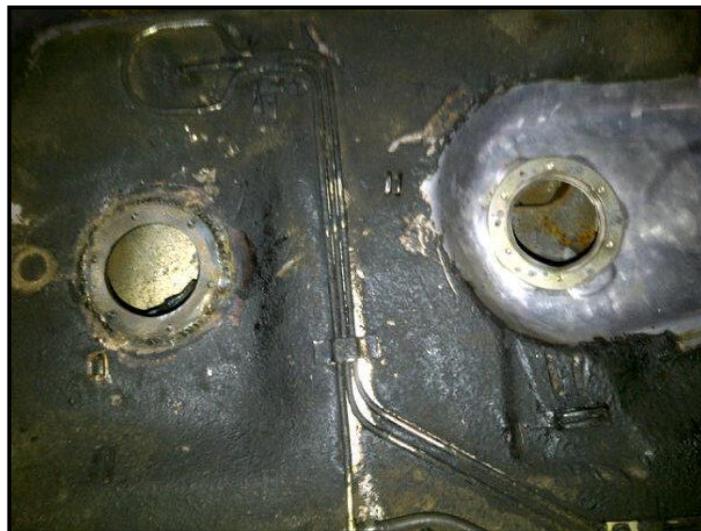


Figura. 2.1. Entrada de la bomba eléctrica en el tanque de combustible

Fuente: Los Autores

Se realizó un segundo orificio en el tanque de combustible para poder montar la bomba eléctrica debido a que en el orificio original contiene las cañerías de succión y retorno de combustible del carburador, por este motivo no existía espacio suficiente para la adaptación de la bomba eléctrica.

La bomba eléctrica se acopla mediante un brazo, que se sujeta mediante soldadura a la tapa del tanque de combustible, dicho acople se encuentra asegurado fijamente mediante una brida, colocada entre el brazo de la tapa y la bomba eléctrica.

Finalmente en la parte externa de la tapa están ubicadas la cañerías de salida y retorno de combustible, los mismos que son de cañería de cobre y cuidadosamente doblados para que puedan quedar a la altura de la tapa y de esta manera poder ahorrar espacio para el momento de colocar en su lugar el tanque de combustible y así evitar un funcionamiento irregular de la bomba de combustible.

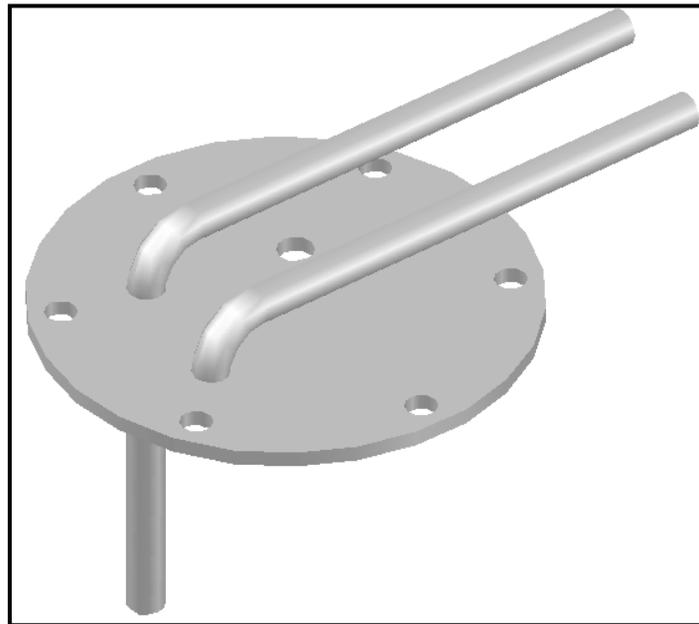


Figura. 2.2. Tapa del tanque de combustible

Fuente: Los Autores

### **2.1.2 DISEÑO DEL PASO DE LA CAÑERÍA DE COMBUSTIBLE.**

Para el diseño del paso del combustible desde su respectivo deposito, hasta la entrada del cuerpo de inyección monopunto TBI, es necesario montar una cañería que está ubicada en la tapa del tanque de combustible con la ayuda de unas bridas industriales para que estas sujeten de la mejor manera a la cañería y así evitar una fuga de combustible que puede afectar a la presión generada por la bomba, la cañería es conducida por debajo del vehículo, similar a las cañerías que contiene el sistema original del carburador, hasta llegar al cofre

en donde será acoplado un filtro de gasolina y luego de esto a su entrada de combustible del TBI, algo similar necesitara para el retorno del combustible.



Figura. 2.3. Acople de la cañería de combustible.

Fuente: Los Autores

#### **2.1.2.1 DISEÑO DEL PITON DE ENTRADA DE COMBUSTIBLE EN EL TBI.**

El cuerpo de inyección que hemos seleccionado (TBI), no dispone de un acople adecuado para el ingreso de combustible, para ello hemos acoplado una placa la cual contiene una cañería a pitón para el ingreso de combustible proveniente desde la bomba en el tanque de combustible hacia el TBI. Dicho acople está constituido de un material resistente a la corrosión, y a la presión generada por la bomba, como lo es el bronce, además dicho material es de fácil maniobrabilidad.

Por otra parte, se debe asegurar que no exista ninguna clase de fugas de combustible, para esto se colocó un “O”ring y se mecanizó un acanalado en la cañería de ingreso de combustible, para garantizar la estanqueidad del sistema.

Dichos elementos son presentados en la siguiente figura.



Figura. 2.4 Pitón de entrada de combustible en el T.B.I

Fuente: Los Autores



Figura. 2.5 Pitón de entrada de combustible en el T.B.I

Fuente: Los Autores

### **2.1.3 DISEÑO DEL ACOPLE PARA MONTAR EL T.B.I EN EL MULTIPLE DE ADMISION.**

Para nuestro vehículo hemos seleccionado un TBI de un vehículo Chevrolet Vitara y la base del cuerpo de inyección no coincide con el múltiple de admisión del vehículo Suzuki Forsa por lo tanto no se puede acoplar directamente.

Se ha diseñado una placa de aluminio laminado, la misma que será la unión entre el cuerpo de inyección (TBI) y el colector de admisión, dicha placa posee un espesor de dos centímetros, y contiene seis orificios para asegurar su sujeción, dos de estos orificios sujetan al TBI directamente con el colector de admisión mediante unos pernos tipo esparrago, otros dos están destinados a la sujeción de la placa con el colector de admisión mediante dos pernos tipo Allen cuya cabeza queda unos cinco milímetros por debajo del borde de la placa ya que en la misma se ha practicado un chaflanado, finalmente los dos orificios restantes son destinados a sujetar el TBI contra la placa de aluminio mediante dos pernos de tipo esparrago.

Al quedar la placa de aluminio interpuesta entre el colector de admisión y el cuerpo de inyección se tiene que construir dos empaques o juntas, uno de ellos entre el colector de admisión y la placa de aluminio, y el restante entre la placa de aluminio y el TBI, estos empaques son de garropac.

Se selecciono el cuerpo de inyección de un vehículo Chevrolet Vitara, debido a que este cumple con algunas de las características que requerimos para la implementación en nuestro vehículo, como por ejemplo; el flujo de entrada de aire hacia el colector. Para analizar el caudal de aire que entra por el T.B.I necesitamos de un anemómetro que es el instrumento para medir el caudal del aire que ingresa en mph (millas por hora).

Se comprueba el ingreso del aire con el carburador puesto y luego con el T.B.I para comprobar que el T.B.I posee mayor ingreso de aire.

Para la medición del ingreso de aire tomamos como referencia el aire que ingresa en la manguera del filtro tanto con el carburador como con el T.B.I puesto, en una pequeña ranura colocamos el anemómetro y se observa el valor que nos da en diferentes regímenes del motor: ralentí, 1500 rpm, 2000 rpm, 3500 rpm.

A continuación se indica la tabla con los valores obtenidos del flujo de aire:

	RALENTI	1500 RPM	2000 RPM	3500 RPM
CARBURADOR	7.56 Km/h	13.67 Km/h	19.47 Km/h	27.51 Km/h
T.B.I	3.7 Km/h	12.23 Km/h	16.89 Km/h	33.79 Km/h

Tabla 2.1 Valores del Flujo de Aire

Fuente: Los Autores



Figura. 2.6 T.B.I a utilizarse en el vehículo Suzuki Forsa

Fuente: Los Autores

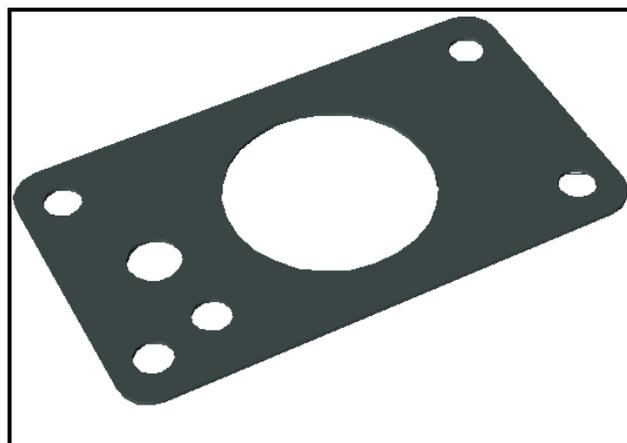


Figura. 2.7 Empaque para el TBI

Fuente: Los Autores

### 2.1.3.1 CONSIDERACIÓN PARA EL DISEÑO.

Para diseñar esta platina mediante la cual se acoplara el T.B.I sobre el múltiple de admisión se tomo en cuenta algunos parámetros tales como:

- El espacio, ya que la entrada del T.B.I. es más larga que la entrada del carburador, debido a esto es necesario diseñar esta platina para que el TBI acople de manera perfecta sobre el colector de admisión.
- Material, adecuado para la construcción de dicha placa, es el aluminio laminado, mismo que gracias a sus características como peso reducido y sus propiedades anticorrosivas no presenta efectos negativos en su uso, además no está sometido a temperaturas elevadas, el espesor seleccionado para dicho elemento es de dos centímetros.

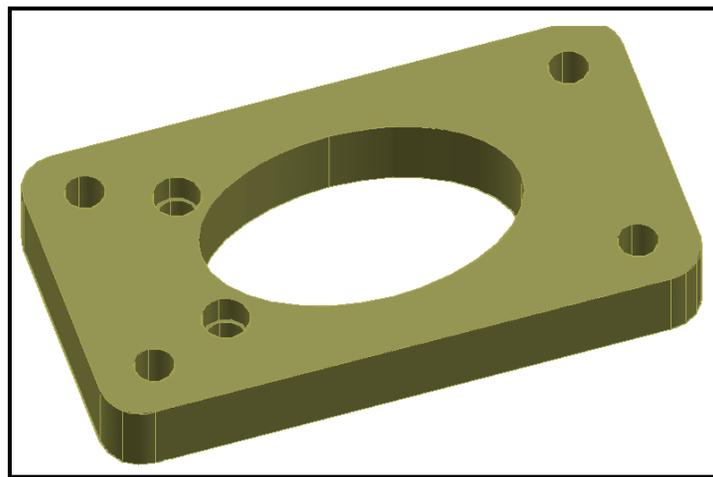


Figura. 2.8 Acople para el T.B.I.

Fuente: Los Autores

### 2.1.4 DISEÑO DEL ACOPLA PARA EL SENSOR ECT (SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR).

Para nuestro sistema de inyección necesitamos conocer el valor de la temperatura del refrigerante, razón por la cual construimos un acople de una tubería tipo “T” en bronce ya que este material resiste la corrosión y las altas temperaturas del liquido refrigerante, hemos realizado dicho modelo en “T” ya que consta de la entrada, salida de agua, y en un conducto adicional ira montado el sensor de temperatura de refrigerante ECT.

Este acople es ubicado en la manguera que sale el agua caliente del motor ya que el sensor necesita captar valores de alta temperatura. La manguera está ubicada entre la entrada del radiador y la salida del termostato.

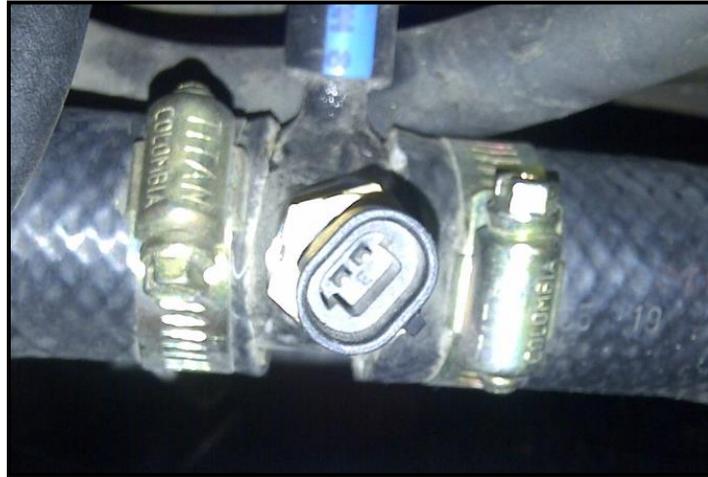


Figura. 2.9 Sensor E.C.T. acoplado

Fuente: Los Autores

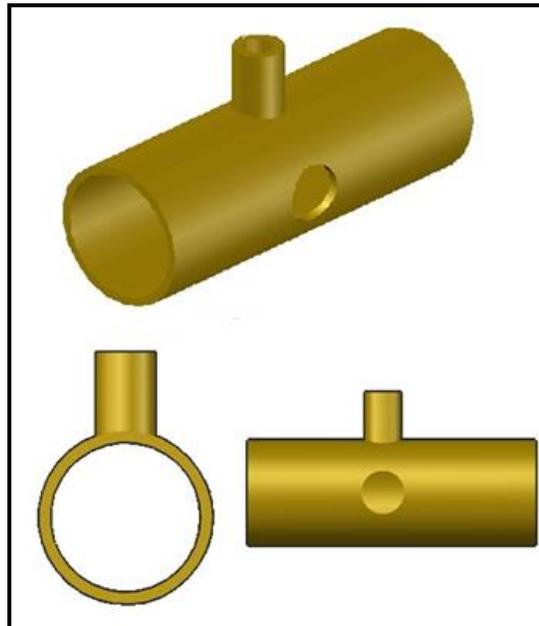


Figura. 2.10 Sensor E.C.T acoplado en la manguera del agua caliente.

Fuente: Los Autores

### **2.1.5 DISEÑO PARA EL ACOUPLE DEL SENSOR IAT SENSOR DE ADMISION DE AIRE.**

En el cuerpo de inyección utilizado no se dispone de el espacio suficiente para la inserción del sensor IAT por este motivo se han realizado modificaciones en la estructura de la entrada de aire hacia el cuerpo de inyección.

El sensor IAT que se ha utilizado para este sistema de inyección es el aquel con el que viene equipados los vehículos que utilizan el sistema de inyección MULTEC DELPHI de Opel.

#### **2.1.5.1 MODIFICACION EN LA ENTRADA DEL TBI**

En el cuerpo de aceleración a inyección TBI tuvimos que construir una platina que nos ayude a lograr una altura adecuada desde borde de la entrada de aire, para que de esta manera podamos colocar correctamente la manguera de aire que proviene del filtro, en la misma manguera esta contenido el sensor IAT.



Figura. 2.11. Acople de la entrada de aire en el T.B.I

Fuente: Los Autores

#### **2.1.5.2 ADMISION DE AIRE**

Para la admisión de aire se ha colocado un filtro de aire tipo cónico, seguido de este está ubicado el sensor IAT y finalmente esta un tubo de aluminio que esta acoplado a la entrada de aire del TBI. Para poder acoplar el conducto que posee el sensor IAT con la manguera

que llega al TBI se ha construido un acople con un tubo de polivinil (PVC) por brindar buenas propiedades de aislamiento sobre un amplio rango de temperaturas, todas las uniones están aseguradas con bridas o abrazaderas industriales para optimizar su unión.



Figura. 2.12 Filtro Cónico

Fuente: Los Autores

## **2.2 CONSTRUCCION DEL CONTROL ELECTRONICO DEL SISTEMA DE INYECCION MONOPUNTO.**

Un Controlador Electrónico es la unidad que regula al motor. Esto se trata de un complejo sistema electrónico compuesto por sensores y actuadores, en el mismo que los sensores informan a la unidad central y ésta envía la orden necesaria a los actuadores para transformar dicha información inicial.

La función de los sensores es de convertir magnitudes físicas en magnitudes eléctricas. Así por ejemplo sensan diversos parámetros sobre el funcionamiento del vehículo (tales como las revoluciones del motor, temperatura de los sistemas, señal de la posición del acelerador, etc.). Estos sensores actúan como puente hasta el sistema central o ECU y transforman dichas magnitudes físicas en electrónicas.

Por su lado, los actuadores serían los elementos que son dirigidos a su vez por la ECU y son los encargados de convertir las señales eléctricas recibidas en magnitudes mecánicas.

Para la construcción del circuito del control electrónico es necesario almacenar algunos componentes electrónicos que los aclararemos en seguida, necesitamos programar el PIC18F4550 y posterior a esto tenemos que simular el circuito en el software PROTEUS.

La construcción del circuito en un primer plano se realizara en un protoboard o baceta para que de esta manera lo podamos probar en el vehículo y una vez funcionando pasamos a construir el control electrónico en una placa.

Y con la ayuda de unos transistores lm341 Mosfet pueda salir el pulso de inyección en 12 voltios hacia el inyector.

Cabe recalcar que para obtener el pulso exacto de inyección se necesita del momento en que la señal del borne negativo de la bobina obtiene su pico más alto que es de aproximadamente 80 voltios, seguidamente con la ayuda de un filtro este voltaje disminuye hasta unos 25 voltios.

El controlador electrónico dispone de una bornera especial para la salida del pulso de la válvula IAC que nos permitirá corregir el flujo de aire cuando el motor este funcionando en marcha lenta o ralenti.

## **2.3 PRUEBAS REALIZADAS**

Para el proyecto impuesto es necesario tomar valores de dichos parámetros de sensores como: MAP, IAT, ECT. Para tomar estos valores es necesario el uso de un Scanner Automotriz el cual nos dará los valores.

### **2.3.1 SENSOR MAP:**

EL sensor de Presión Absoluta del Múltiple (Mainfold Absolute Pressure), obtiene información sobre los cambios de la presión absoluta, en el interior del colector de admisión, enviando una señal al Controlador Electrónico para que pueda gestionar el tiempo de inyección y ajustar la mezcla de aire combustible en los diferentes parámetros de carga del motor para que este funcione a óptimas condiciones.

Este sensor tiene un comportamiento directamente proporcional es decir que cuando el valor del voltaje aumenta los valores de presión aumentaran. Y por ende el tiempo de inyección también aumentara.

El sensor MAP que hemos implementado para el proceso de control electrónico para la inyección monopunto de un motor G10 de un vehículo Suzuki Forsa es de la marca GM (General Motors).



Figura. 2.13 Sensor MAP

Fuente: Los Autores

El sensor MAP, se encuentra ubicado en el habitáculo del vehículo, con la ayuda de una manguera se conecta a la toma de vacío del TBI que se encuentra por debajo de la mariposa de aceleración.

Pines del sensor	Descripción
1	Alimentación 5V
2	Señal del sensor
3	Masa

Tabla 2.2 Pines del sensor MAP

Fuente: Los Autores

A continuación indicaremos los valores obtenidos y la grafica que nos ayudan a visualizar estos valores de mejor manera.

### 2.3.1.1 MEDICIÓN DE LOS VALORES DEL SENSOR MAP

Para tomar los valores del sensor M.A.P necesitamos de la ayuda de un vehículo que ya tenga incorporado este sensor y a su vez este se encuentre en correcto funcionamiento, en nuestro caso tomamos los valores del vehículo Chevrolet Corsa Wind ya que este vehículo posee los valores de presión similar al Suzuki Forsa.

Voltaje(V)	Presión (Bar)	Tiempo de Inyección(ms)
1.7	0.4	1.8
1	0.3	1
1.4	0.2	1.5
0.5	0.3	0.6
1.1	0.4	1
1.8	0.3	1.8
1.2	0.3	1.2
3.4	0.7	1.1
0.7	0.2	4.3
0.4	0.2	0.7
1.6	0.4	0.4
1.5	0.4	1.7
2.9	0.6	3.2
2.6	0.6	3.5
2	0.5	2.3
2.1	0.5	2.3
2.2	0.5	2.3
2.3	0.5	2.3
2.5	0.6	2.6
3.1	0.7	2.9
3.3	0.7	3.2

Tabla 2.3 Valores Medidos del Sensor M.A.P

Fuente: Los Autores

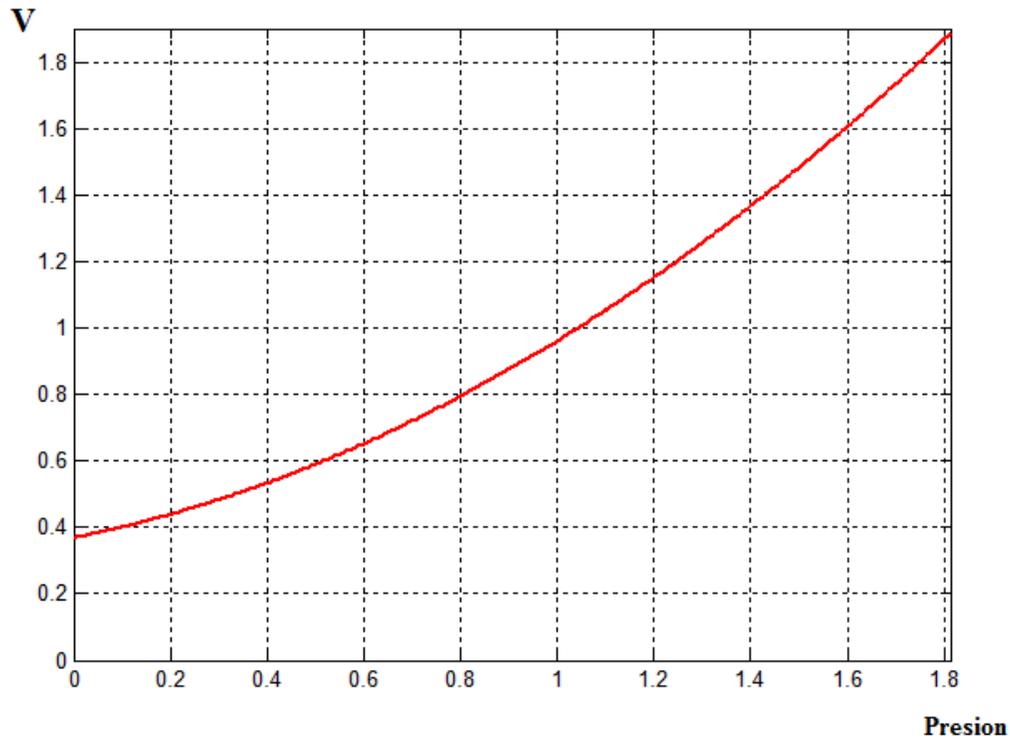


Figura 2.14 SEÑAL DEL SENSOR MAP

Fuente: Los Autores

Para justificar la cantidad de la masa de aire y la masa de combustible que necesitamos para una combustión eficiente es necesario comprobar calculando estos valores con la ayuda de la Ley de los Gases Ideales.

A continuación la formula:

$$PV = nRT$$

En donde n será igual a:

$$N = nm$$

A continuación detallaremos cada una de las siglas de la formula:

P: presión absoluta, este dato se obtiene de la ecuación que nos brinda el sensor MAP

V: volumen, este volumen es de cada uno de los cilindros del vehículo de motor G10

n: Moles del gas

R: constante universal de los gases ideales

T: temperatura absoluta, esta temperatura obtenemos del ambiente lo cual sensa el IAT.

N: masa molar

m: masa a calcular

Despejando la ecuación para obtener la forma de calcular la masa del aire tenemos que:

$$m = \frac{PV}{RTn}$$

Y para poder obtener la masa de combustible que ingresa a la mezcla A/C tenemos que la masa del aire se divide para la constante que se utiliza para una dosificación eficiente que en nuestro caso es 14.7.

$$m = \frac{14.7 PV}{RTn}$$

Como dato del vehículo tenemos que el volumen de cada cilindro será de: 331 centímetro cúbicos que nos da a un equivalente de 0.000331 metros cúbicos.

La constante R es igual a 8.314 J/K\*mol

La masa molar es igual a 28 moles/Kg

### **2.3.1.2 ECUACION DEL MAP.**

Despejando los valores en la ecuación de la masa del aire y con la función de la presión del aire que obtenemos del propio sensor, y editado con la ayuda del software Matlab tenemos que:

$$f(x) = p1*x + p2$$

$$p1 = \quad 6e-005 (5.364e-005, 6.636e-005)$$

$$p_2 = -0.76 \quad (-1.091, -0.4293)$$

Reemplazando en valores del sistema nos queda de la siguiente manera:

$$P(V_{MAP}) = 0.000005 * V_{MAP} - 0.76 \text{ [Pa]}$$

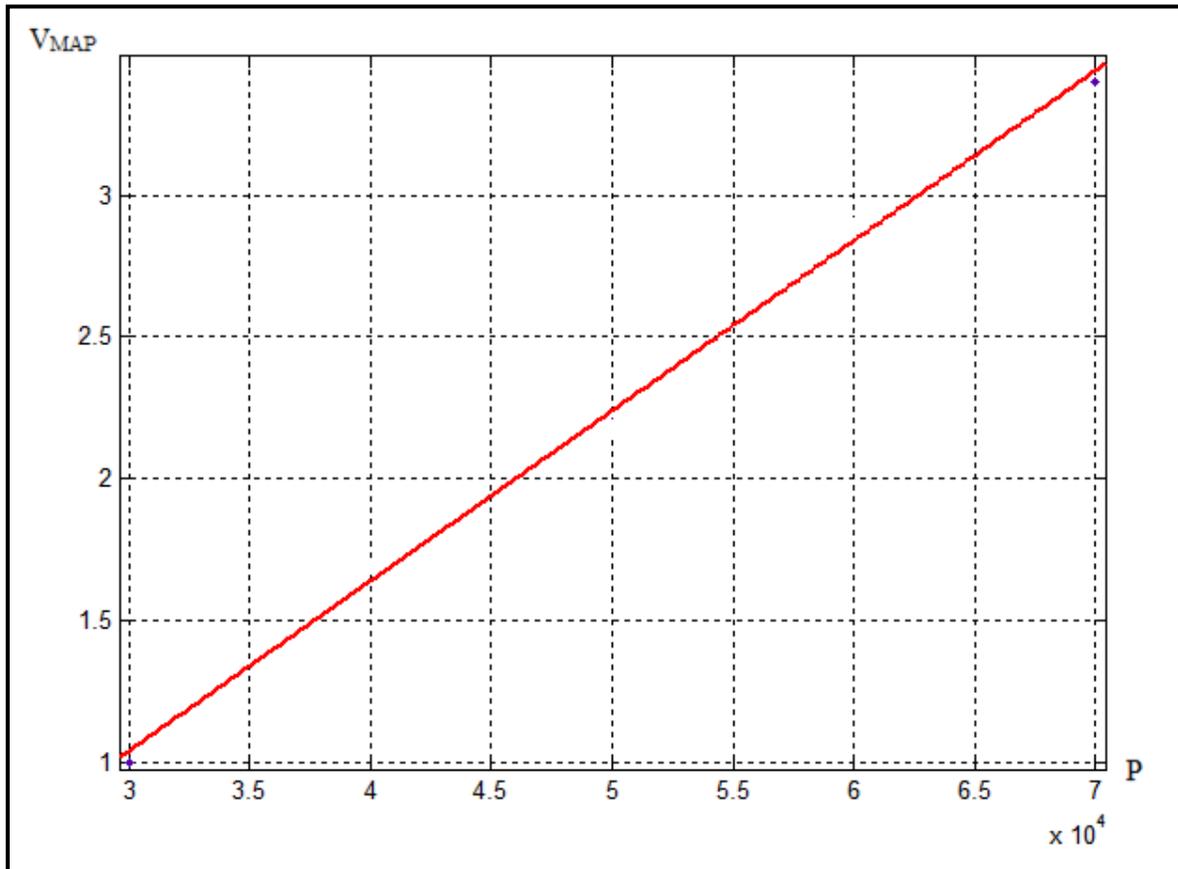


Figura 2.15: SEÑAL DEL SENSOR MAP

Fuente: Los Autores

Con la función obtenida tomamos como referencia 5 puntos para nuestro calculo.

Voltaje	Presión
1	30000
1.7	40000
2.2	50000
2.9	60000
3.4	70000

Tabla 2.4 Valores sensor MAP

Fuente: Los Autores

### **2.3.2 SENSOR IAT:**

Este sensor toma valores de la temperatura del aire y con la ayuda de un multímetro tomamos los valores de las resistencias por cada parámetro de temperatura. En la cual tomamos los datos con el vehículo en reposo para obtener una temperatura baja la misma q nos dará una resistencia considerablemente alta.

A continuación esperamos que transcurra un momento con el vehículo encendido hasta que aumente su temperatura, luego de unos cinco minutos tomamos los valores con el Scanner y lógicamente la temperatura aumenta y de manera análoga en este sensor la resistencia disminuye es decir que los valores son inversamente proporcionales, ya que mientras la temperatura es alta la resistencia es baja y viceversa.

#### **2.3.2.1 MEDICIÓN DE LOS VALORES DEL SENSOR IAT**

El sensor IAT tiene como principio de funcionamiento un termistor de contacto, construido con elementos resistivos dependientes de la temperatura (NTC), se necesitará de un partidor de tensión para que pueda transformar en voltaje la variación de la resistencia por la temperatura.

El sensor IAT debe medir o sensar la temperatura del aire, porque cuando esta a una temperatura baja las moléculas de aire podrían estar condensadas y en este caso ingresaría mayor cantidad de moléculas de oxígeno a la mezcla Aire Combustible o caso contrario cuando este altas temperaturas habrá una cantidad menor de moléculas, de la misma forma es muy importante para saber la cantidad de masa de aire que se utiliza para mezcla Aire

Combustible, ya que la ecuación que demuestra dicha masa depende de la temperatura del aire.



Figura 2.16 Sensor IAT

Fuente: Los Autores

El sensor de temperatura del aire está localizado en el intake junto al filtro de aire, para que la temperatura del aire que ingresa en el circuito sea detectado de manera precisa y eficiente y a su vez pueda captar algún cambio de temperatura.

Pines del sensor	Descripción
1	Señal del sensor
2	Masa

Tabla 2.5 Pines del sensor IAT

Fuente: Los Autores

Para analizar los valores del sensor IAT fue necesario utilizar una secadora de cabello la cual nos va a suministrar aire en temperaturas bajas y altas, para que de esta manera podamos obtener variaciones de voltaje y de resistencia.

Estos valores son obtenidos con la misión de dar parámetros a la programación del control electrónico del sistema de inyección monopunto. Mediante el cual se determina una función

la que nos ayudara finalmente a obtener el tiempo de inyección. El sensor IAT es de tipo NTC (coeficiente negativo de temperatura)

A continuación se detalla los valores obtenidos en la medición de los valores de voltaje del sensor IAT en función de la temperatura.

Voltaje (V)	Temperatura (°C)
3.49	35
3.35	38
3.61	41
2.90	43
2.83	47
2.75	52
2.58	58
2.34	66
2.45	69
2.27	72
1.85	80
1.60	85
3.50	34
3.52	33
3.55	31
3.59	30

Tabla 2.6 Valores del Voltaje en función de la Temperatura del sensor IAT

Fuente: Los Autores

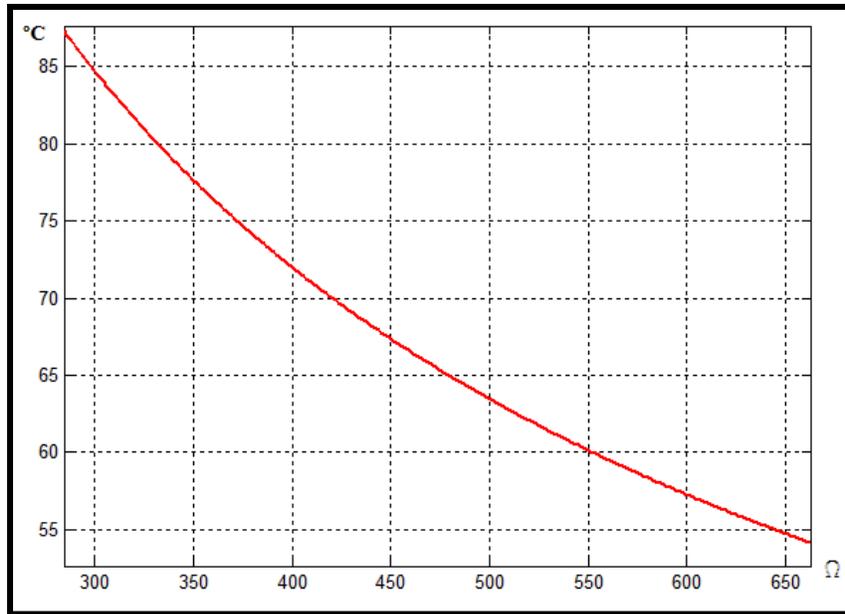


Figura 2.17 GRAFICA DE LOS VALORES DEL SENSOR IAT

Fuente: Los Autores

### 2.3.2.2 ECUACION DEL IAT.

Para obtener los valores de la temperatura del aire, tomamos de referencia los valores que sensa el IAT según el voltaje que nos da.

$$f(x) = a \cdot x^b$$

Esta misma ecuación reemplazamos con los valores que se ocupan en el proyecto.

$$T(V_{IAT}) = 46 \cdot V_{IAT}^{-0.7303}$$

$$a = 46 \quad (-4.983, 96.98)$$

$$b = -0.7307 \quad (-1.016, -0.4459)$$

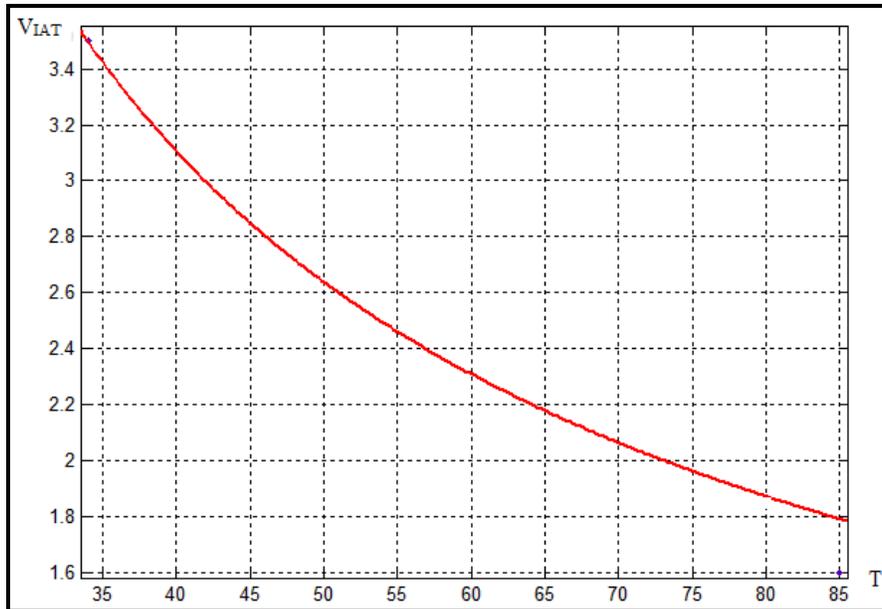


Figura 2.18 GRAFICA DE LOS VALORES DEL SENSOR IAT

Fuente: Los Autores

Con la función obtenida tomamos como referencia 5 puntos para nuestro calculo.

Voltaje	Temperatura
1.60	85
1.85	80
2.27	72
2.90	43
3.50	34

Tabla 2.7 Valores del Voltaje en función de la Temperatura del sensor IAT

Fuente: Los Autores

Teniendo la ecuación de la temperatura de esta manera:

$$f(x) = a \cdot x^b$$

Colocamos en nuestra ecuación y tendremos que:

$$m = \frac{PV}{RTn}$$

$$m = \frac{0.000331 * (p1 * V_{MAP} + p2)}{(8.314)(28)(a * V_{IAT}^b)}$$

$$m = \frac{0.000331p1 * V_{MAP} + 0.000331p2}{(8.314)(28)(a * V_{IAT}^b)}$$

Como tenemos los valores de las constantes a y b, reemplazamos y tenemos que:

$$m = \frac{0.000331p1 * V_{MAP} + 0.000331p2}{(8.314)(28)(46 * V_{IAT}^{-0.7307})}$$

En la ecuación del sensor MAP tenemos los valores de las constantes p1 y p2 entonces reemplazando nos quedaría lo siguiente.

$$m = \frac{0.000331(6) * V_{MAP} + 0.000331(-0.76)}{(8.314)(28)(46 * V_{IAT}^{-0.7307})}$$

Resolviendo nos queda:

$$m = \frac{0.001986 * V_{MAP} + 0.00025156}{232.792 (46 * V_{IAT}^{-0.7307})}$$

En esta ecuación tenemos dos variables  $V_{MAP}$  y  $V_{IAT}$  estos dos valores obtenemos de los sensores, el primero es el voltaje del MAP y el segundo la temperatura a la cual está trabajando el sensor IAT.

Para poder resolver la ecuación le damos valores a la variable  $V_{IAT}$  tomando temperaturas según ciertos parámetros y nos quedaría:

Para este caso tomamos el valor de temperatura de 34°C que es la que se tiene al inicio de funcionamiento del motor.

$$m = \frac{0.001986 * V_{MAP} + 0.00025156}{232.792 ( 46 * (34 + 273)_{IAT}^{-0.7307} )}$$

$$m = \frac{0.001986V_{MAP} + 0.00025156}{232.792 ( 46 * (307)^{-0.7307} )}$$

$$m = \frac{0.001986V_{MAP} + 0.00025156}{163.07}$$

Con los siguientes valores de voltajes podemos reemplazar la variable  $V_{MAP}$  y tendremos que:

$V_{MAP}$	$V_{IAT}$	$T_{IAT}$	m/comb [mg]
1	3.50	34	0.019
1.7	2.90	43	0.023
2.2	2.27	72	0.031
2.9	1.85	80	0.041
3.4	1.60	85	0.049

Tabla 2.8 Voltaje del MAP

Fuente: Los Autores

### 2.3.2.3 GRAFICA DE LA MASA DE COMBUSTIBLE EN FUNCIÓN DE EL SENSOR MAP Y DEL SENSOR IAT

En la siguiente figura se observa cómo actúan la masa de combustible en función del sensor MAP y el sensor IAT, por ejemplo tomando valores tanto del IAT como del MAP en este caso 3 voltios del IAT y 3 voltios del MAP, cruzamos una línea imaginaria y a donde llegue dicha línea tenemos el valor de la masa de combustible que se da en este punto, en este caso es de 0.021 aproximadamente.

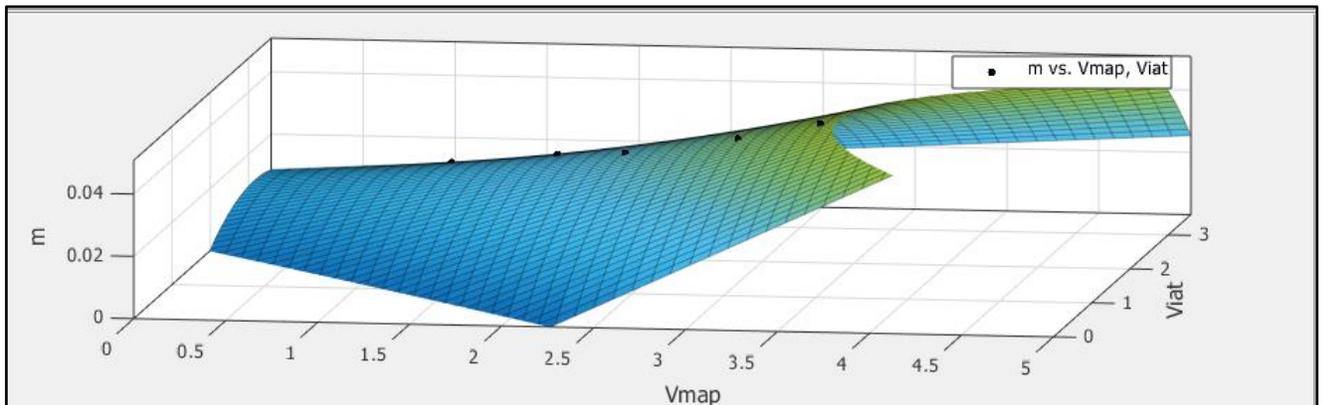


Figura 2.19 Voltaje de los sensores IAT y MAP

Fuente: Los Autores

### 2.3.3 SENSOR ECT:

El sensor de temperatura del refrigerante ECT (Engine Coolant Temperature) es el encargado de enviar la señal al controlador electrónico de la temperatura del refrigerante del motor, con la misión pueda enriquecer la mezcla aire combustible cuando el motor este a bajas temperaturas o a su vez pueda empobrecer la mezcla aire combustible cuando el motor haya alcanzado su temperatura de funcionamiento.



Figura 2.20 Sensor ECT

Fuente: Los Autores

La temperatura del refrigerante es una magnitud que se mide con la ayuda del sensor ECT ya que el motor no funciona a una sola temperatura sino que varía según el régimen o los parámetros del motor por ejemplo el motor en las mañanas estará a una temperatura sumamente baja y deberá vencer alguna resistencias de sus partes móviles y aparte de esto una cantidad del combustible inyectado se condensa en la paredes del múltiple de admisión, por lo que se deberá inyectar una cantidad mayor de combustible hasta que el motor alcance la temperatura de funcionamiento ideal que es aproximadamente a 82°C, y cuando este llegue a su temperatura optima el controlador electrónico deberá ir disminuyendo paulatinamente el tiempo de inyección para un funcionamiento eficiente del sistema, a todo este fenómeno se lo conoce con el nombre de WALL FILM .

Pines del sensor	Descripción
1	Señal del sensor
2	Masa

Tabla 2.9 Pines del sensor ECT

Fuente: Los Autores

El sensor ECT toma o sensa valores de temperatura del refrigerante del motor y este manda una señal al comando electrónico para que de esta manera ayude en la corrección del tiempo de inyección. Para tomar estos valores también hemos recurrido al uso del Scanner Automotriz, esta prueba la realizamos en el vehículo CHEVROLET SPARK ya que este vehículo tiene características similares a nuestro vehículo como por ejemplo la cilindrada

por tal motivo el tiempo de inyección de este vehículo tiene que ser similar al nuestro. El sensor ECT es de tipo NTC (coeficiente negativo de temperatura)

Al igual que el sensor IAT los valores de temperatura y tiempo de inyección son inversamente proporcionales es decir que si el refrigerante esta a baja temperatura el Control Electrónico necesariamente tendrá que aumentar el tiempo de inyección, caso contrario si la temperatura del refrigerante aumenta el tiempo de inyección deberá ser corregido de manera que se disminuya dicho valor.

### 2.3.3.1 MEDICIÓN DE LOS VALORES DEL SENSOR ECT

Para analizar los valores del sensor ECT es necesario que el sensor ya este acoplado en el vehículo, el cual está montado en la manguera de la salida de agua caliente del termostato hacia el radiador. Las pruebas a realizarse se dieron en distintos parámetros como por ejemplo: Motor Frio, otra prueba luego de cinco minutos de funcionamiento y así sucesivamente en intervalos de tiempo hasta que el motor llegue a su máxima temperatura.

Para obtener los valores de voltaje fue necesario utilizar un multímetro, y para los valores de temperatura utilizamos un pirómetro a una distancia de un metro del objetivo a medir en este caso la manguera en donde fluye refrigerante caliente.

Dichos valores de voltaje y temperatura obtenida son necesarios para la programación y determinación de los parámetros de corrección y funcionamiento del controlador electrónico del sistema de inyección monopunto.

Voltaje (V)	Temperatura (°C)
2.18	65
2.15	55
1.80	70
1.44	70
1.21	78
1	80

Tabla 2.10 Valores medidos del sensor ECT

Fuente: Los Autores

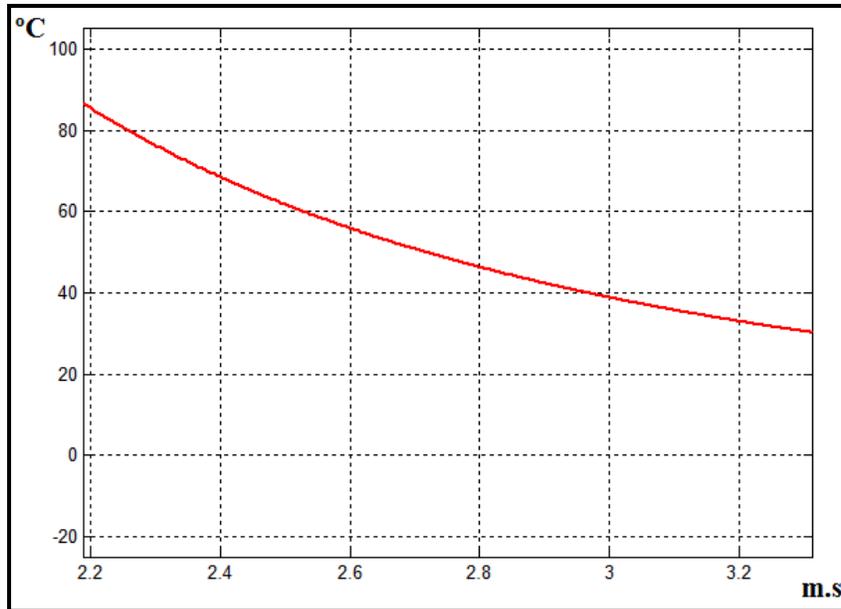


Figura 2.21 GRAFICA DE LOS VALORES DEL SENSOR ECT

Fuente: Los Autores

### 2.3.3.2 ECUACION DEL ECT

Como se conoce el sensor ECT toma valores de la temperatura y este se comunica con el controlador electrónico para que de esta manera ayude con la corrección del tiempo de inyección. Es decir que tiene una misión diferente a la de los sensores IAT Y MAP ya que estos están destinados a sensar valores para enriquecer o empobrecer la mezcla según las condiciones de funcionamiento del motor.

Entonces para un correcto funcionamiento del sistema de inyección monopunto tendremos una ecuación de la siguiente manera:

$$T_{INY} = K \frac{0.001986V_{MAP} + 0.00025156}{232.792 (46 * V_{IAT}^{-0.7307})} + K * V_{ECT}$$

De una manera más resumida tenemos que el tiempo de inyección es igual a:

$$T_{INY} = K * V_{MAP} + K * V_{IAT} + K * V_{ECT}$$

Para poder saber la ecuación la ecuación del tiempo de inyección del sensor ECT tenemos que:

$$T_{INY} = K * m_{comb}$$

Para poder resolver y encontrar la constante K, damos valores a la masa de combustible para una temperatura de 34°C que es de 0.931 mg.

$$T_{INY} = K(0.931)$$

En las pruebas que se ha obtenido el tiempo de inyección que el sistema funciona correctamente es de 1.5 ms tenemos que:

$$1.5ms = K(0.931)$$

Despejando la constante tendremos que:

$$K = \frac{1.5}{0.931}$$

$$K = 1.61$$

#### 2.3.4. SENSOR TPS

Este sensor registra la posición de la mariposa del acelerador enviando la información al Controlador electrónico.



Figura 2.22 Sensor TPS

Fuente: Los Autores

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

El principio de funcionamiento del sensor TPS se basa en la variación de la resistencia llegando a funcionar como un potenciómetro; entonces cuando el sensor abre completamente la mariposa el controlador electrónico enviará un enriquecimiento en la mezcla A/C, caso contrario cuando el sensor deje de ser accionado por el pedal de aceleración se procederá al corte de suministro de combustible.

A medida que la válvula de aceleración se abre, la tensión de la señal eléctrica aumenta. El controlador electrónico utiliza esta señal para determinar si el motor se encuentra en ralentí, con la mariposa en posición media o con la mariposa totalmente abierta; para la corrección de la mezcla aire/combustible, para la corrección del incremento de potencia y para el corte de combustible.

El sensor TPS está ubicado en el propio cuerpo de aceleración TBI en la parte de la mariposa de estrangulación, casi siempre está unido a la aleta de aceleración gracias a una prolongación del eje. Entonces al momento de accionar el pedal del acelerador se pone en movimiento la aleta de aceleración y por ende el sensor TPS que nos dará valores dependiendo de la posición del pedal.

Pines del sensor	Descripción
1	Alimentación 5V
2	Señal del sensor
3	Masa

Tabla 2.11 Pines del sensor TPS

Fuente: Los Autores

### 2.3.4.1 FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR TPS

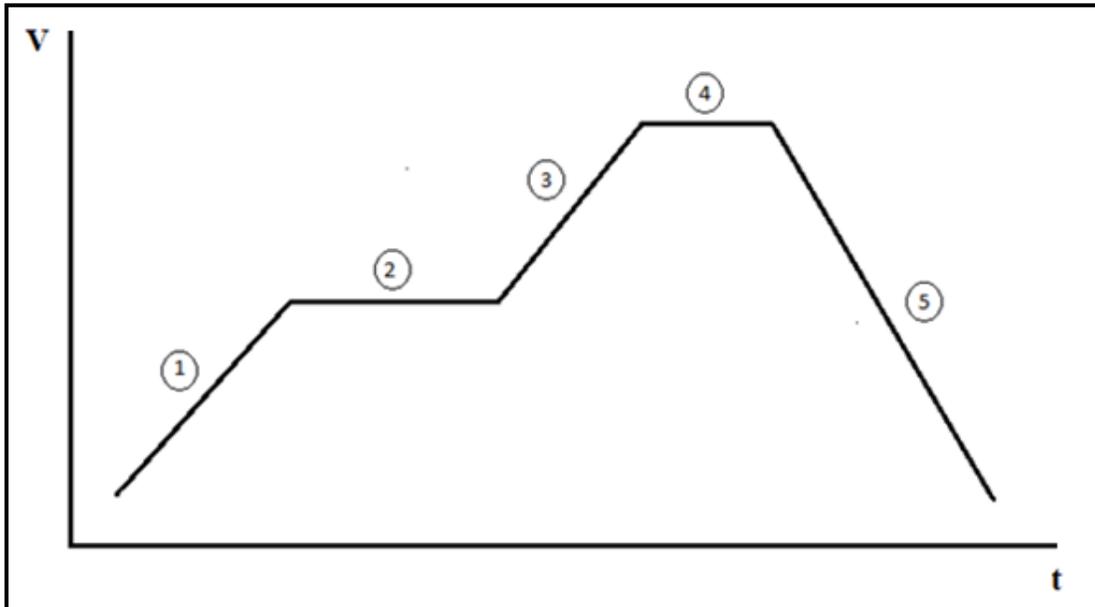


Figura 2.23 Funcionamiento del Sensor TPS

Fuente: Los Autores

- 1) Cuando el motor se encuentra en ralentí y se actúa sobre el pedal del acelerador, se obtiene la pendiente graficada en el estado (1), en esta situación se eleva el voltaje en el sensor TPS y durante el momento en el que se presenta dicha pendiente el controlador electrónico debe enviar un incremento del tiempo de inyección para de esta manera enriquecer la mezcla aire combustible en el colector de admisión.

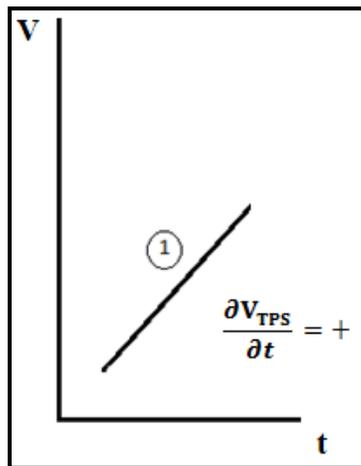


Figura 2.24 Pendiente positiva del Sensor TPS

Fuente: Los Autores

- 2) Si se continua con la aceleración de manera constante el voltaje en el sensor TPS permanecerá con el mismo valor y la pendiente producida durante la subida de voltaje del estado (1), se convertirá en una recta (2) en la cual se estabiliza el voltaje, al presentarse esta recta el enriquecimiento de la mezcla se anula y el tiempo de inyección es reducido nuevamente y es controlado en su mayoría por el sensor MAP.

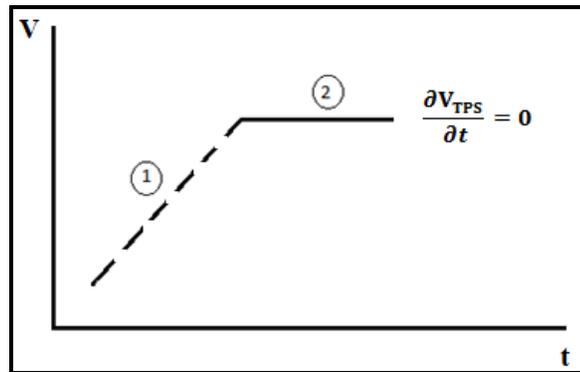


Figura 2.25 Pendiente cero del Sensor TPS

Fuente: Los Autores

- 3) Al producirse nuevamente un incremento del voltaje del sensor TPS se genera nuevamente una pendiente (3), al detectarse dicha pendiente por parte del controlador se produce el enriquecimiento de la mezcla es decir el incremento del tiempo de inyección momentáneo durante el instante que aparece dicha pendiente, al estabilizarse el voltaje la pendiente cesa.
- 4) Al dejar de accionar el pedal de acelerador, el voltaje en el sensor TPS vuelve a su valor más bajo pasando de la recta (4), y se presenta la pendiente negativa (5), en este estado el controlador electrónico detecta dicha pendiente pero no se produce ningún incremento en el tiempo de inyección, pues en este estado el tiempo de inyección es gobernado en su mayoría por el sensor MAP.

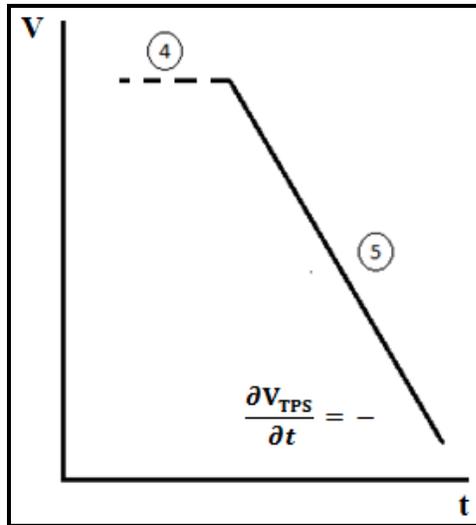


Figura 2.26 Pendiente negativa del Sensor TPS

Fuente: Los Autores

### 2.3.4.2. ECUACION DEL SENSOR TPS

Entonces para un correcto funcionamiento del sistema de inyección monopunto tendremos una ecuación de la siguiente manera:

$$T_{INY} = K \frac{0.001986V_{MAP} + 0.00025156}{232.792 (46 * V_{IAT}^{-0.7307})} + K * V_{ECT} + K * \left(\frac{\partial V_{TPS}}{\partial t}\right)$$

De una manera más resumida tenemos que el tiempo de inyección es igual a:

$$T_{INY} = K * V_{MAP} + K * V_{IAT} + K * V_{ECT} + K * \frac{\partial V_{TPS}}{\partial t}$$

En sensor TPS solamente enviara enriquecimiento de combustible, cuando se tenga una aceleración brusca.

### 2.3.5 VÁLVULA IAC

La válvula IAC se encarga de suministrar o proporcionar una cantidad adicional de aire para el funcionamiento del motor en marcha lenta o ralentí. Es necesario del IAC (Idle Air Control) ya que la mariposa del cuerpo de aceleración suministra poco aire en la marcha

lenta es por esta razón que se acude a dicha válvula para que proporcione el resto del aire por un conducto.



Figura 2.27 Válvula IAC

Fuente: Los Autores

El IAC está ubicado en el propio cuerpo de aceleración junto a la mariposa de estrangulación para que pueda su conducto enviar el aire necesario para su funcionamiento eficiente.

Pines del IAC	Descripción
1	Pulso IAC
2	Pulso IAC

Tabla 2.12 Pines del IAC

Fuente: Los Autores

El trabajo del IAC está directamente en función del sensor TPS ya que cuando el sensor TPS este desactivado y con un voltaje de aproximadamente 0 voltios, indica que el motor está en marcha lenta o ralenti y por esta razón se activa el IAC dando un incremento de aire por medio de la señal PWM que es la que indica el ancho de pulso. Caso contrario cuando el TPS tenga un voltaje aproximado de 5 voltios es cuando se activa la aceleración, en este momento la válvula IAC dejara de funcionar.

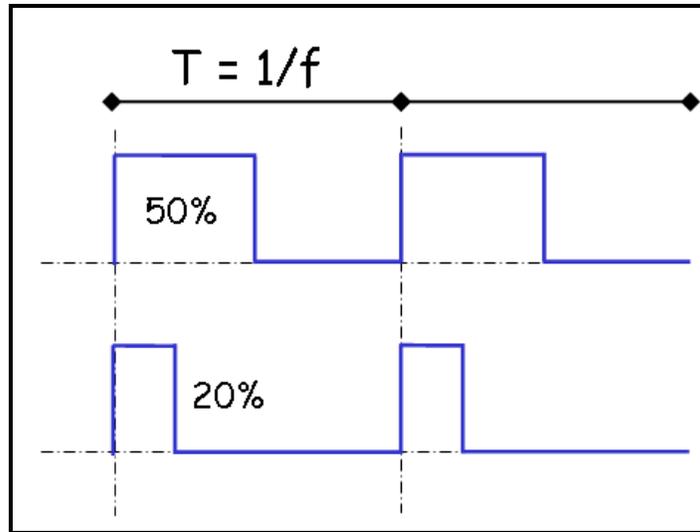


Figura 2.28 Señal PWM de la válvula IAC  
 Fuente: [www.vandelogt.nl/images/pwm\\_signal](http://www.vandelogt.nl/images/pwm_signal).

### 2.3.6 SEÑAL DEL BORNE NEGATIVO DE LA BOBINA.

Con la ayuda de un osciloscopio conectamos al primario de la bobina y se obtendrá el oscilograma que nos permite visualizar la tensión y se puede comprobar cómo se está produciendo el salto de la chispa.

A continuación se indica la grafica en la que se produce el salto de la chispa para un vehículo con el motor de tres pistones, se explicara en qué estado de funcionamiento se encuentra, los cuales pueden ser: admisión, compresión, explosión y escape.

CILINDROS	180 GRADOS	180 GRADOS	180 GRADOS	180 GRADOS
1	EXPLOSION	ESCAPE	ADMISION	COMPRESION
2	ESCAPE	ADMISION	COMPRESION	EXPLOSION
3	COMPRESION	EXPLOSION	ESCAPE	ADMISION

Tabla 2.13 Orden de encendido del motor G10

Fuente: Los Autores

En esta tabla se describe el ciclo de funcionamiento del motor de 3 cilindros, se puede apreciar que cuando el cilindro numero 1 se encuentra en fase de Explosión, el cilindro numero 2 se encuentra en el ciclo de escape, pero se debe notar que en este motor, cada etapa de trabajo se encuentra desfasado un cierto Angulo de giro del cigüeñal, así el ángulo de desfase que existe entre el salto de chispa del cilindro 1 con respecto al cilindro 3 es de  $240^\circ$ , y entre el salto de chispa del cilindro 3 y el cilindro 2 es de  $240^\circ$  respectivamente, sumando estos tres valores se completa un ciclo de trabajo que se lleva a cabo en  $720^\circ$  grados de giro del cigüeñal.

De tal forma que esta tabla nos ayuda a comprender de una mejor manera la sincronización entre la fase de explosión y la señal de la onda tomada del primario de la bobina de encendido(Negativo), que hay que tomar en cuenta para que se realice el inicio de la inyección, es decir la apertura del actuador(válvula de inyección).

Este proceso se da cuando el transistor entra en conmutación y abre el circuito primario, en este momento se produce un incremento de la tensión que se representa con una línea vertical hacia arriba, en el punto más alto es cuando se produce la chispa eléctrica de encendido.

Luego del salto de la chispa, la tensión cae hasta que alcanza el valor de encendido, en ciertos casos la energía acumulada en la bobina no es suficiente para seguir haciendo saltar la chispa, en estos momentos entra en función la zona de amortiguamiento. La energía que se da en la zona de amortiguamiento es la energía residual en forma de autoinducción en la bobina. Al finalizar esta zona el circuito primario permanece en 12 voltios.

Cuando el transistor se satura y cierra el circuito, la tensión desciende hasta los 0 voltios, ya que la caída de tensión se produce en el primario de la bobina. La saturación del transistor produce unas oscilaciones en el secundario por el comienzo de carga de la bobina.

En el instante que se interrumpe el flujo de corriente sobre el arrollamiento primario, se induce fuerza electromotriz tanto sobre el arrollamiento primario como del secundario de la bobina, la fuerza electromotriz inducida depende de la variación de flujo y la velocidad con la que se produzca la variación de flujo.

Entonces para el funcionamiento de nuestro sistema monopunto la señal que nos brinda el negativo de la bobina se toma de forma analógica para que por medio de la ayuda del micro controlador pueda convertirse en una señal digital y de esta forma pueda comandar el tiempo en el que se abre el inyector, en otras palabras se controlará el tiempo de inyección en las diferentes condiciones de trabajo del motor tales como: arranque en frío, ralentí, carga parcial, plena carga, aceleración súbita, desaceleración.

Este proceso se da cuando el transistor entra en conmutación y abre el circuito primario, en este momento se produce un incremento de la tensión que se representa con una línea vertical hacia arriba, en el punto más alto es cuando se produce la chispa eléctrica de encendido.

Luego del salto de la chispa, la tensión cae hasta que alcanza el valor de encendido, en ciertos casos la energía acumulada en la bobina no es suficiente para seguir haciendo saltar la chispa, en estos momentos entra en función la zona de amortiguamiento. La energía que se da en la zona de amortiguamiento es la energía residual en forma de autoinducción en la bobina. Al finalizar esta zona el circuito primario permanece en 12 voltios.

Cuando el transistor se satura y cierra el circuito, la tensión desciende hasta los 0 voltios, ya que la caída de tensión se produce en el primario de la bobina. La saturación del transistor produce unas oscilaciones en el secundario por el comienzo de carga de la bobina.

En el instante que se interrumpe el flujo de corriente sobre el arrollamiento primario, se induce fuerza electromotriz tanto sobre el arrollamiento primario como del secundario de la bobina, la fuerza electromotriz inducida depende de la variación de flujo y la velocidad con la que se produzca la variación de flujo.

Entonces para el funcionamiento de nuestro sistema monopunto la señal que nos brinda el negativo de la bobina se toma de forma analógica para que por medio de la ayuda del micro controlador pueda convertirse en una señal digital y de esta forma pueda comandar el tiempo en el que se abre el inyector, en otras palabras se controlara el tiempo de inyección en las diferentes condiciones de trabajo del motor tales como: arranque en frío, ralentí, carga parcial, plena carga, aceleración súbita, desaceleración.

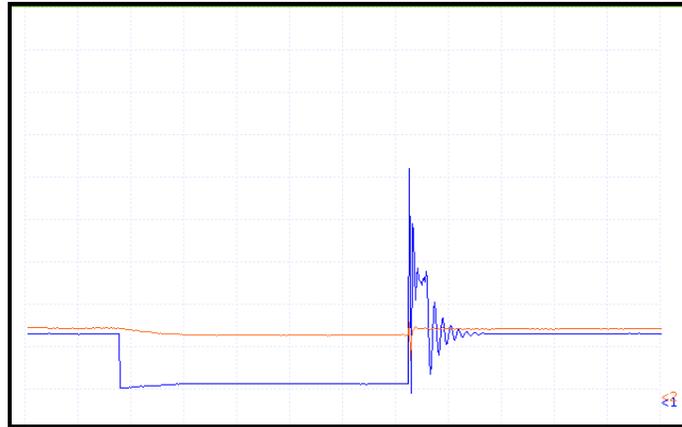


Figura 2.29 Señal del primario de la bobina.

Fuente: Los Autores

### **2.3.7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA DE CONTROL ELECTRÓNICO PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO.**

Como primer paso para la construcción del controlador electrónico se realizó el diseño y simulaciones respectivas en el software (Proteus), mediante este programa se verifica el funcionamiento de todos los elementos.

Tras realizar la simulación en el software, se procedió al armado sobre un protoboard, y se realizaron las respectivas pruebas con el sistema conectado con los sensores y el TBI, y en esta etapa se determinaron la existencia de errores y su respectiva corrección.

Luego de verificar que todo el sistema funciona correctamente en el protoboard, se procedió al diseño sobre la placa, en la cual se montaran todos los elementos que conforman el controlador de manera definitiva, se verifico que el espacio sea distribuido de manera uniforme para cada elemento que conforma el controlador como son las entradas de las señales provenientes desde los sensores con su respectiva alimentación si es que la poseen y su derivación a masa, también por otra parte se ha designado otra región para la recepción de la señal que proviene desde la bobina del primario, misma que la usamos para la sincronización de la apertura del inyector.

En otro espacio se ha designado la ubicación de la salida de la parte de potencia, que comanda la apertura del inyector y el control de la electroválvula del actuador de ralentí

(IAC), así como otro espacio el cual está destinado a la alimentación de 12 Voltios que se toman directamente desde la batería esta con su respectiva derivación a masa (-).

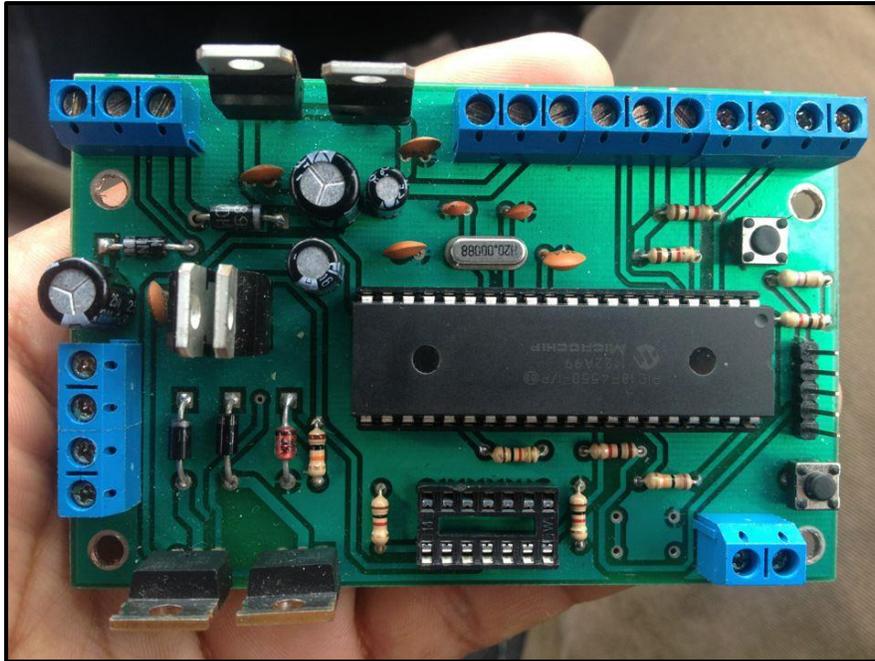


Figura 2.30 Placa del Controlador Electrónico del Sistema de Inyección Monopunto

Fuente: Los Autores

### **2.3.7.1 FUNCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO.**

En el circuito que se visualiza en la figura 2,17 tenemos las entradas de los sensores los cuales deberán ser alimentados por una fuente de 5 voltios que se diseña con un regulador de tensión 7805 que nos da 5 voltios de corriente continua seguido de esto se arma con dos condensadores que filtran perturbaciones en el circuito.

Posee dos transistores de tipo Mosfet que son utilizados para amplificar la señal electrónica, estos comandaran la salida de la señal del inyector y de la bobina del control de ralentí del IAC.

En esta regleta, que se la ha dispuesto con 2 terminales en los cuales el primero de ellos (1) corresponde a la señal que se la ha tomado desde el primario de la bobina de encendido con el propósito de sincronizar la apertura del inyector, es decir el comienzo de la inyección con el salto de chispa de la bujía.

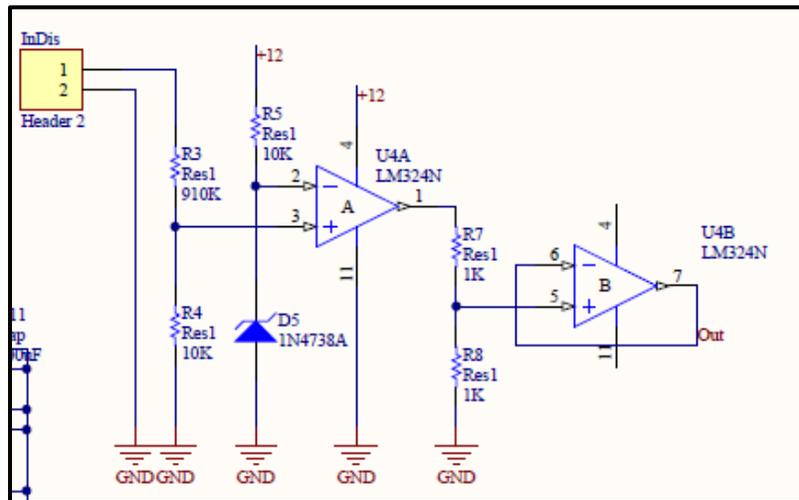


Figura 2.31 Regleta de la señal del primario de la bobina.

Fuente: Los Autores

Se ha dispuesto en una sola regleta la parte que corresponde a la conexión de los sensores, con su respectiva alimentación de voltaje (5V), así como su respectiva derivación a masa y en algunos de ellos como lo son el sensor TPS y MAP su respectivo terminal de señal emitida

La distribución de elementos conforme a cada número asignado es la siguiente:

- 1, 3, 7,10 Son la conexión a masa de cada sensor
- 2 Es la señal emitida por el sensor ECT
- 4 Es la señal emitida por el sensor IAT
- 6 Es la señal emitida por el sensor MAP
- 9 Es la señal emitida por el sensor TPS
- 5 Es la alimentación con 5 Voltios hacia el sensor MAP
- 8 Es la alimentación con 5 Voltios hacia el sensor TPS

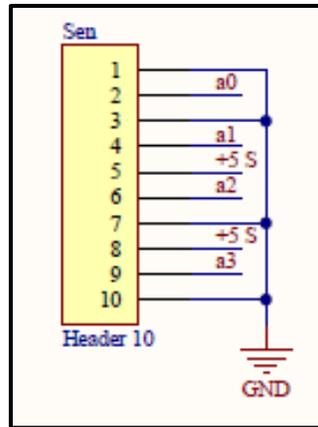


Figura 2.32 Regleta de los sensores.

Fuente: Los Autores

### 2.3.7.2 ETAPA DE POTENCIA

Para esta zona de la placa del controlador se ha dispuesto a la etapa de potencia que es la encargada de enviar el voltaje de alimentación hacia los actuadores, voltaje que es controlado por el PIC y que es el encargado de controlar el funcionamiento de los actuadores como son el IAC y el inyector de combustible.

El terminal (1) corresponde a alimentación de +12Voltios desde la batería.

El terminal (2) corresponde a la alimentación positiva hacia la bobina del inyector, con la cual se comandara su apertura.

El terminal (3), está destinado a la alimentación positiva de la bobina del IAC, con este voltaje se comandara la apertura de la válvula de entrada de aire adicional para la marcha en ralentí.

Por último, el terminal (4)

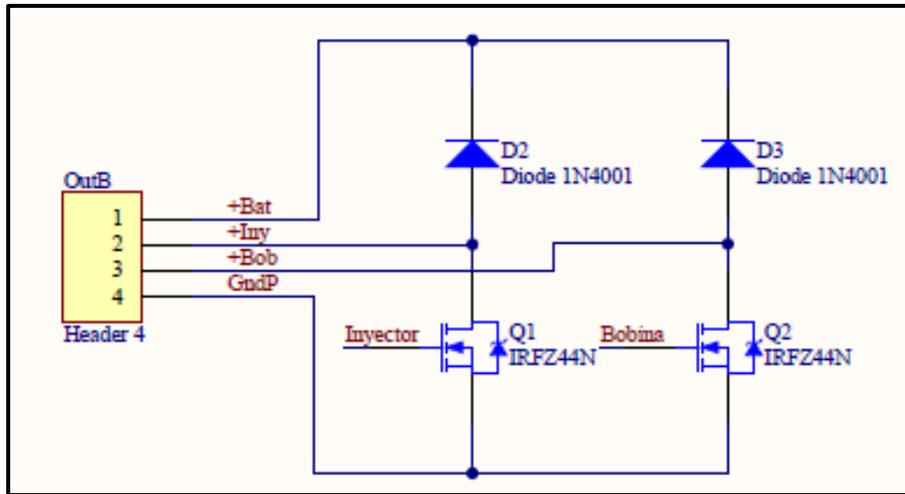


Figura 2.33 Regleta de Potencia

Fuente: Los Autores

## 2.3.8 ESQUEMA DEL CIRCUITO DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRONICO

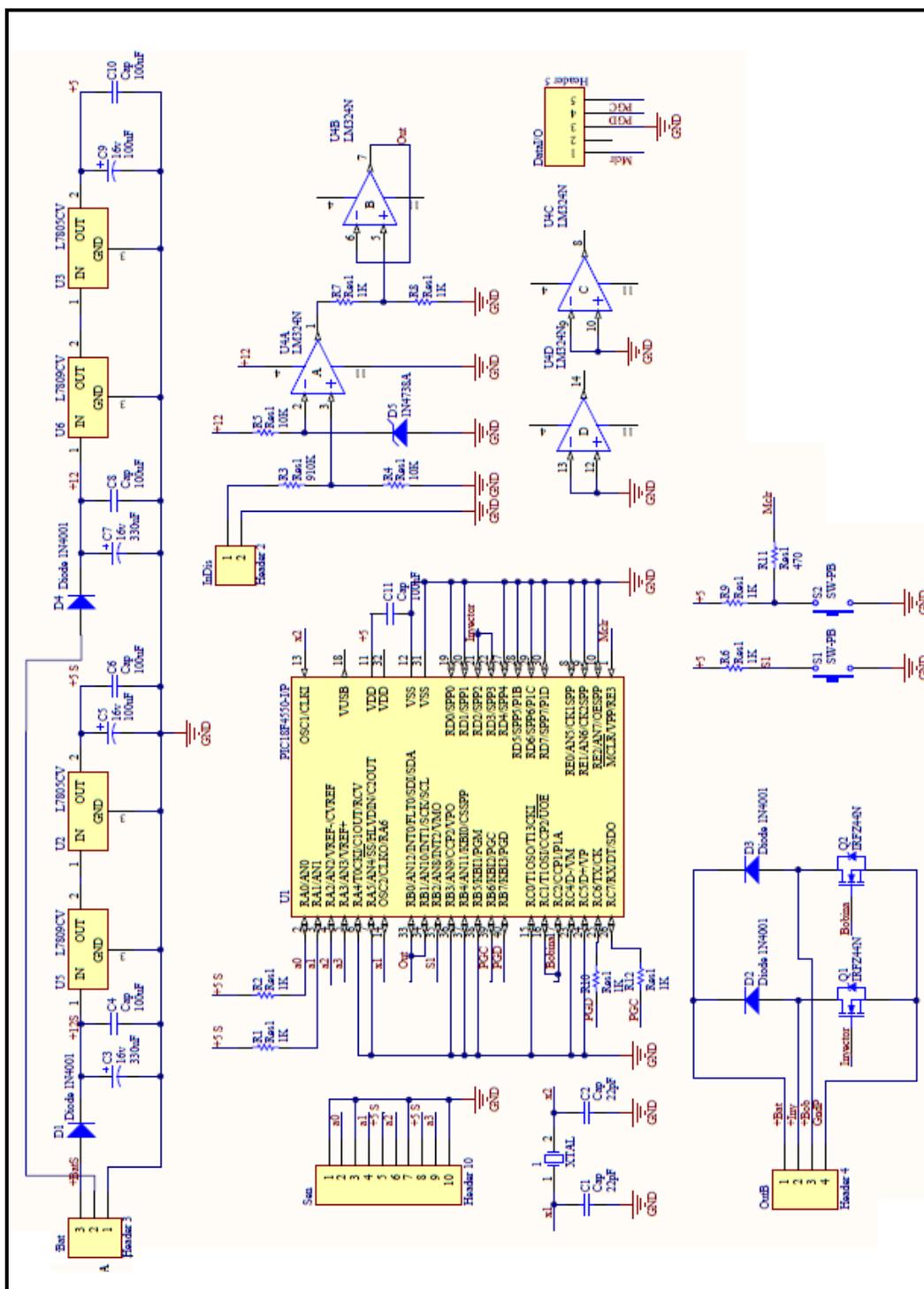


Figura 2.34 Esquema de la unidad de control electrónico.

Fuente: Los Autores

## **2.4. CONEXIÓN DEL INYECTOR**

El inyector está conectado en uno de sus contactos a la tensión de la batería que es 12 voltios aproximadamente y este está expuesto a una presión constante de combustible que en el caso de inyección a monopunto es de 1 bar. En esta situación el inyector permanece cerrado, el circuito se activa cuando el control electrónico lo activa con negativo.

Como el inyector está dotado de una presión constante y conectado a positivo, cada vez que el control electrónico envía masa, el inyector se abre un determinado tiempo (tiempo de inyección) y de esta manera permite el paso de combustible al colector y por ende al motor, para cerrar el inyector se lo hace retirando masa es decir el negativo y con la ayuda de un resorte instalado en el interior del inyector cierra la aguja contra el cierre estanco del mismo.

Como ya se explico anteriormente el tiempo de inyección es el tiempo que permanece abierto el inyector, se representa con las iniciales (ti), en algunos textos el **ti** es conocido como ciclo útil, este tiempo de inyección es medido en milisegundos ( $1\text{ms}=0,001\text{ seg}$ ) y en ocasiones se representa en porcentaje (%).

## **2.5 REGIMENES DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR**

### **2.5.1 ARRANQUE EN FRIO**

Para el arranque en frío el motor necesita un mayor ingreso de aire combustible y las revoluciones deben oscilar entre 850 a 950 RPM.

#### **2.5.1.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

La primera condición para considerar que es un arranque en frío, es la temperatura a la que está el refrigerante del motor.

La temperatura será tomada del sensor del refrigerante ECT y de la temperatura del aire IAT. Las mismas que tienen un rango de  $11^{\circ}\text{C}$ , es decir que si en la mañana tenemos una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  mas  $11^{\circ}\text{C}$  del rango que nos da. Podemos considerar arranque en frío hasta los  $31^{\circ}\text{C}$ .

### **2.5.1.2 ACTUACIÓN**

Por tanto para el correcto funcionamiento del sistema en arranque en frío, el control electrónico debe enviar un enriquecimiento de la mezcla aire combustible, abriendo el inyector en un periodo de tiempo más largo.

### **2.5.2 RALENTI**

Este parámetro de funcionamiento es también conocido como marcha lenta en donde, el motor solamente produce el mínimo de revoluciones por minuto para permanecer en funcionamiento sin necesidad de accionar el pedal del acelerador.

#### **2.5.2.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Para considerar que el motor esta en ralentí debe cumplir con el requerimiento de que el sensor TPS debe dar un voltaje menos a 1 voltio es decir que no debe estar encendido el sensor, por tanto el pedal del acelerador no estará accionado.

#### **2.5.2.2 ACTUACIÓN.**

Como consecuencia de este de parámetro de funcionamiento, la válvula IAC que es la que ayuda con la corrección de la mezcla se enciende permitiendo paso de aire hacia la mezcla.

Esta válvula se activa ya que en la programación del control electrónico tiene la condición de: si el TPS es menor a 1 voltio la válvula IAC se enciende, caso contrario si es mayor a 1 voltio el TPS el IAC se desactivará.

En otras palabras al momento de accionar el pedal de acelerador automáticamente se desactiva la válvula IAC.

### **2.5.3 CARGA PARCIAL**

Este parámetro del motor debe funcionar de manera que la mezcla estequiometrica este muy cercana al valor técnico de 14,7:1.

### **2.5.3.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Para reconocer que el motor está funcionando en el parámetro de carga parcial el sensor TPS debe dar un valor mayor a 1 voltio.

### **2.5.3.2 CONSECUENCIA**

Se acelera para alcanzar la temperatura ideal de funcionamiento más rápido y tener una menor emisión de gases contaminantes.

El sensor IAC se apaga debido que el voltaje del sensor TPS aumenta de 1 voltio debido a que el pedal del acelerador es accionado.

En este parámetro entra en funcionamiento el sensor MAP ya que este sensor tiene un comportamiento directamente proporcional es decir que cuando el valor del voltaje aumenta los valores de tiempo de inyección y presión también aumentaran.

Y también el sensor IAT debido que la temperatura del aire que ingresa a la mezcla varia.

### **2.5.4 ACELERACION**

En este parámetro del motor el controlador electrónico debe enriquecer la mezcla aire combustible debido a que se requiere mayor potencia.

#### **2.5.4.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

En este parámetro el aire ingresa a mayor velocidad que el combustible por tanto se requiere un ingreso de mayor cantidad de combustible para que no empobrezca la mezcla aire combustible.

El sensor TPS nos da un valor mayor a 1 voltio para considerar este parámetro, entra en funcionamiento el sensor MAP ya que necesitamos una mayor presión de la masa de aire en la mezcla aire combustible y del sensor IAT.

#### **2.5.4.2 ACTUACION:**

En esta condición de funcionamiento del motor los sensores que actúan son: el TPS, MAP y el IAT.

## 2.5.5 PLENA CARGA

En este parámetro de funcionamiento existe una mayor cantidad de mezcla en los cilindros, debido a que el motor desarrolla su máxima potencia. Por tanto hay un leve enriquecimiento de la mezcla aire combustible lo cual debe darse por el sensor TPS.

### 2.5.5.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

El sensor TPS debe indicar un voltaje que oscile entre 4 voltios a 4.5 voltios, estos nos indica que está en su rendimiento máximo.

### 2.5.5.2 ACTUACIÓN.

Para regular la mezcla de aire combustible entran en funcionamiento los sensores IAT y MAP, en este parámetro se necesita un enriquecimiento adicional para aumentar la potencia del motor

A continuación indicaremos el tiempo de inyección que se utiliza para cada uno de los parámetros de funcionamiento del motor:

MOTOR FRIO	10°	850 RPM	5.2 ms
MOTOR FRIO	50°	850 RPM	3.8 ms
MOTOR CALIENTE	80°	850 RPM	2.5 ms
MOTOR RALENTI	80°	850 RPM	2.5 ms
MOTOR MEDIA CARGA	80°	1500 RPM	2.2 ms
MOTOR MEDIA CARGA	80°	2500 RPM	2.2 ms
MOTOR PLENA CARGA	80°	4500 RPM	2.2 ms
MOTOR PLENA CARGA	80°	4500 RPM	8-20ms
MOTOR ACELRACION	80°	4500 RPM	8-20 ms

Tabla 2.14 Tiempo de inyección en cada uno de los parámetros.

Fuente: Los Autores

Una explicación más concreta del tiempo de inyección en función a los parámetros del motor es la siguiente en donde nos indica cuando aumenta o disminuye el tiempo de inyección.

BAJAS TEMPERATURAS	Incremento del Tiempo de Inyección
RALENTI	Pequeño Incremento del Tiempo de Inyección
CARGAS PARCIALES	Estabilidad del Tiempo de Inyección, En función del MAP y IAT
ACELERACION	Incremento del Tiempo de Inyección
PLENA CARGA	Incrementar el Tiempo de Inyección todo lo necesario para obtener el mayor rendimiento del motor.

Tabla 2.15 Tiempo de inyección en los parámetros del motor

Fuente: Los Autores

## **CAPITULO 3**

“Análisis de potencia, gases y consumo del sistema de control electrónico de inyección mono-punto aplicada al vehículo SUZUKI FORSA.”

### **SISTEMA DE INYECCION MONOPUNTO**

#### **3.1. DESCRIPCION GENERAL.**

La denominación “inyección monopunto” corresponde a los conceptos de “Throttle-Body Injection (TBI). El sistema de INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE del tipo monopunto suministra combustible al colector y desde aquí va hacia los cilindros para realizar la mezcla de aire/combustible dosificada en forma óptima para las diferentes condiciones de funcionamiento.

Este tipo de inyección se denomina sistema monopunto por dos características, las cuales se indica a continuación:

- Se denomina sistema de inyección monopunto ya que el combustible es inyectado en el colector de forma indirecta a través de un solo inyector ubicado en la parte central del múltiple de admisión.
- El sistema de encendido es realizado por medio de un distribuidor el cual reparte la corriente de encendido a cada una de las bujías.

#### **3.2. VENTAJAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO**

La mayor ventaja del sistema de inyección monopunto viene dado por el suministro de gasolina ya que se gestiona de forma electrónica, es decir que aportara la cantidad necesaria de gasolina en cada uno de los parámetros de funcionamiento del motor, reducirá las emisiones contaminantes ya que consume menor cantidad de combustible.

### **3.2.1. DOSIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE**

El controlador electrónico, controla y analiza las señales recibidas por parte de los sensores y por ende calcula la duración de la inyección y dosifica adecuadamente la mezcla. El controlador electrónico determina la duración de la inyección por medio del sensor MAP, sensor ECT, sensor IAT.

### **3.3 ANALISIS DE LAS EMISIONES DE GASES**

Uno de los defectos más particulares del sistema de alimentación a carburador es que no hay un control inteligente que permita una dosificación correcta de combustible.

Por tanto existe una emanación de gases contaminantes excesiva en cada uno de los parámetros de funcionamiento.

Con el sistema de inyección monopunto, el objetivo es reducir considerablemente estas emisiones ya que se dispone del controlador electrónico el mismo que capta las señales de cada uno de los sensores y envía al actuador (inyector) el tiempo exacto que se necesita para satisfacer cada parámetro de funcionamiento del motor.

#### **3.3.1 GASES CONTAMINANTES:**

La emisión de gases tóxicos afectan al planeta de gran manera como contaminación del agua, el aire, y por tanto la salud humana.

Los gases contaminantes son formados en la cámara de combustión al momento en que se forma una reacción química al mezclar el aire y combustible, más la compresión que realiza el pistón al subir del PMI al PMS y por medio de una chispa que se da por la bujía de encendido.

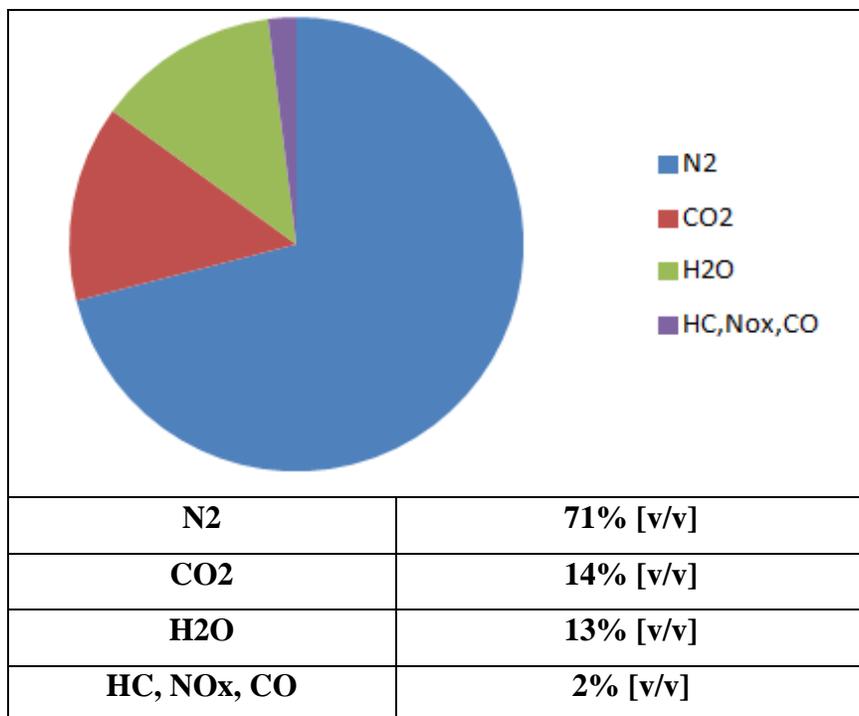


Figura 3.1 Gases de Escape

Fuente: Los Autores

### 3.4 GASES DE ESCAPE TOXICOS

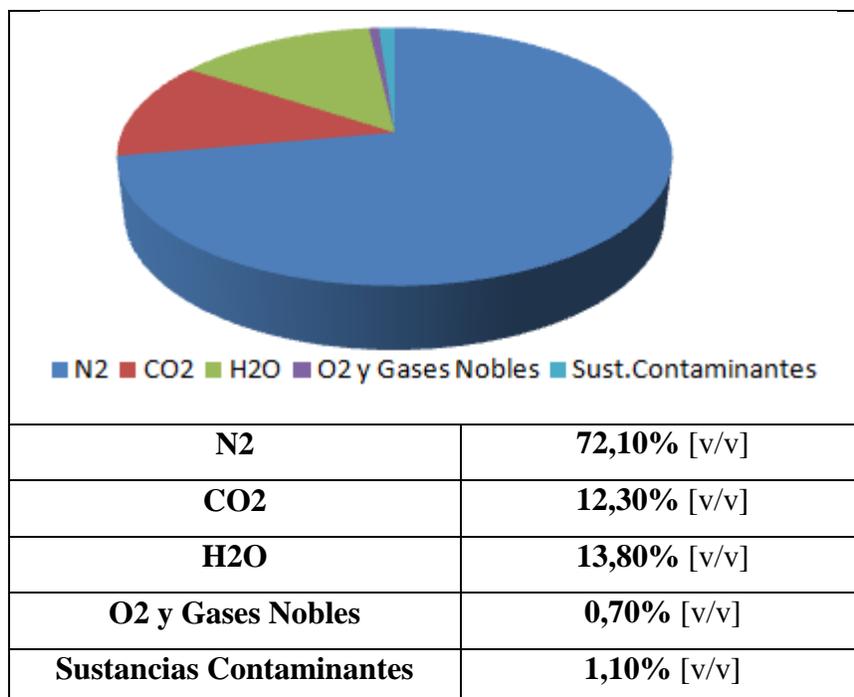


Figura 3.2 Gases de Escape

Fuente: Los Autores

### 3.4.1 MONOXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono CO se mide en %, y se forma durante la combustión cuando no hay suficiente oxígeno para formar dióxido de carbono, por tanto valores altos indican una mezcla rica o una combustión incompleta.

En el sistema de inyección monopunto se trata de contrarrestar este desperfecto con la ayuda del controlador electrónico, el mismo que suministrara la cantidad necesaria de combustible evitando una combustión con mezcla A/C rica de manera innecesaria.

#### 3.4.1.1 CAUSAS DE VALORES DE MONOXIDO DE CARBONO ALTOS

- Una mezcla rica.
- Tiempo de inyección exagerado.
- Excesiva presión de combustible.
- Problemas en el sistema de combustible.

#### 3.4.1.2 CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO

La prueba de monóxido de carbono en función de las revoluciones del motor ya se la realizo con el sistema de Carburador. Para ver los cambios efectuados lo vamos a realizar con el TBI colocado en el vehículo

En el eje de las x tenemos los valores de RPM y con el eje de las y tenemos los porcentajes del monóxido de carbono.

RPM	%	DESCRIPCION
1000	8.10	Se tiene una mezcla rica, porque ingresa poca cantidad de oxígeno.
2000	1.45	La relación estequiométrica tiene un factor lambda aproximado a 1.
3000	0.36	El motor requiere de mayor potencia, por tanto se enriquece la mezcla.

Tabla 3.1 Prueba del Monóxido de Carbono

Fuente: Los Autores

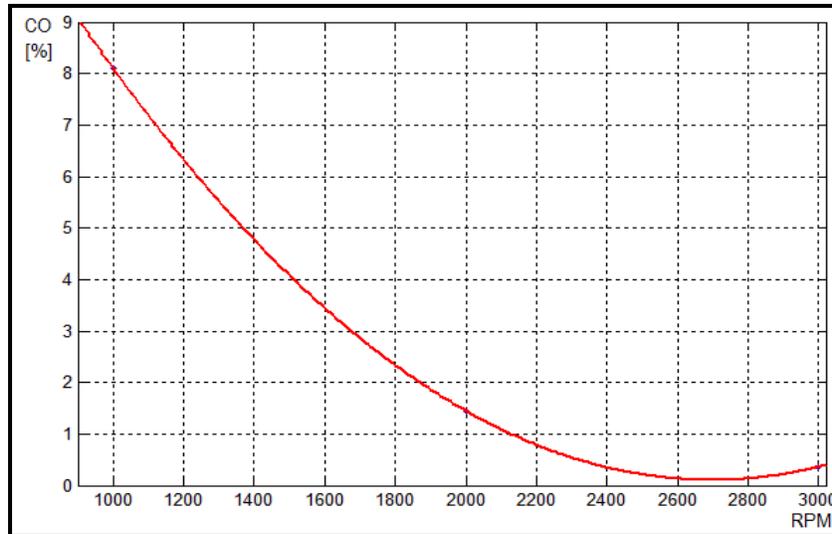


Figura 3.3 Gases de Escape Monóxido de Carbono [CO]

Fuente: Los Autores

### 3.4.2 HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS

Los hidrocarburos son formados por una mala combustión de la mezcla A/C, ya que al momento de formarse la mezcla, comprimirse en la cámara de combustión y al saltar la chispa hay una cierta parte de la gasolina que no se quema, esta parte no quemada sale por el tubo de escape junto a los otros gases contaminantes.

Este defecto se puede mejorar con el sistema de inyección monopunto ya que dispone de sensores los cuales envían señal al controlador electrónico de ciertos parámetros como temperatura del aire que ingresa a la mezcla (IAT), posición de la mariposa de aceleración (TPS), según los datos sensados el controlador enviara un tiempo de inyección al actuador. Evitando así una mezcla desigual, es decir ni muy pobre ni muy rica.

#### 3.4.2.1 CAUSAS DE VALORES DE HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS ALTOS

- Relación AFR RICA.
- Tiempo de inyección defectuoso
- Problemas mecánicos de válvulas o retenes.
- Paso excesivo de aceite a la cámara de combustión
- Defectos de encendido, relación AC pobre (mala combustión)

### 3.4.2.2 CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO

En el eje de las x tenemos los valores de las RPM del motor, mientras que en el eje de las y tenemos los valores de los hidrocarburos no quemados representado en ppm (partes por millón).

RPM	ppm	DESCRIPCION
1000	597	A este régimen de revoluciones el motor necesita una mezcla rica, por lo que tenemos una mayor cantidad de HC.
2000	220	A 2000 rpm la mezcla A/C tiende a empobrecer por lo que los HC también disminuyen.
3000	242	A 3000 rpm los valores de HC nuevamente se elevan debido a que la mezcla A/C necesariamente debe enriquecer para satisfacer el aumento de potencia del motor.

Tabla 3.2 Prueba de los Hidrocarburos no Quemados

Fuente: Los Autores

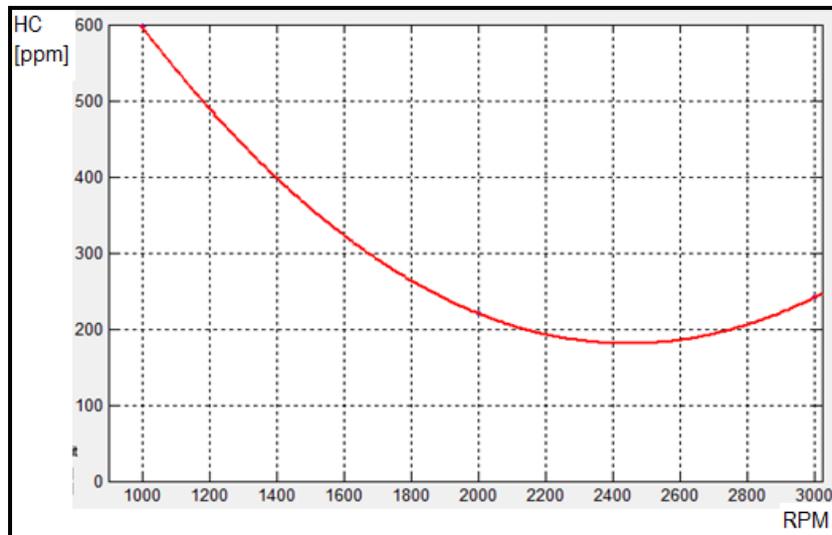


Figura 3.4 Gases de Escape Hidrocarburos No Combustionados [HC]

Fuente: Los Autores

### 3.4.3 OXIDOS DE NITROGENO

El oxido de nitrógeno se forma de la mezcla entre oxígeno y nitrógeno a consecuencia de la presión y temperatura baja. En el medio ambiente al combinarse con el agua forman ácido, provocando con esto la lluvia ácida. En el sistema de inyección monopunto se evita totalmente la mezcla pobre, que es la razón de que exista valores de NOx altos. Con la ayuda de los sensores y del controlador electrónico, para que de esta forma pueda enviar al inyector el tiempo necesario para evitar una mezcla exageradamente pobre.

#### 3.4.3.1 CAUSAS DE VALORES DE OXIDOS DE NITROGENO ALTOS

- Avance incorrecto
- Cámara con depósitos de carbón
- Alta temperatura, leve detonación
- Relación AC extremadamente pobre
- Incremento en la relación de compresión

#### 3.4.3.2 CONCENTRACION DEL OXIDO DE NITROGENO EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO

Al igual que la prueba anterior se realiza con el TBI en el vehículo para ver y analizar los cambios que se dan en comparación con el sistema a carburador.

En el eje de las x tenemos los valores de las RPM del motor, mientras que en el eje de las y tenemos los valores del oxido de nitrógeno representado en ppm (partes por millón).

RPM	ppm	DESCRIPCION
1000		En este régimen se necesita mezcla rica.
2000		La relación estequiométrica tiene un factor lambda aproximado a 1. La mezcla es ligeramente pobre
3000		A 3000 rpm se necesita una mezcla rica debido a la mayor potencia que necesita el motor.

Tabla 3.3 Prueba del oxido de Nitrógeno

Fuente: Los Autores

### 3.5 GASES DE ESCAPE NO TOXICOS

#### 3.5.1 DIOXIDO DE CARBONO

El CO<sub>2</sub> es el gas expulsado, producto de la combustión del vehículo, y no solo en la combustión sino hasta cuando respiramos se forma el dióxido de carbono, este gas es común por lo que las plantas lo usan para absorber el carbono del aire, las plantas devuelven oxígeno y retienen el carbono. Pero cantidades exageradas de CO<sub>2</sub> puede crear el efecto invernadero. Con el sistema de inyección monopunto se contrarrestara los valores excesivos del CO<sub>2</sub> permitiendo llegar a una mezcla A/C casi perfecta y evitar una combustión defectuosa.

##### 3.5.1.2 CAUSAS DE VALORES DE DIOXIDO DE CARBONO BAJOS

- Relación AFR muy rica.
- Combustión defectuosa.

##### 3.5.1.3 CONCENTRACION DE DIOXIDO DE CARBONO EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO

Cuando el valor de CO<sub>2</sub> aumenta, los valores de los gases de CO y HC disminuirán. Ya que al aumentar el dióxido de carbono ya no necesitara la ayuda del monóxido de carbono para hacer la combustión de igual manera no existirá una cantidad considerable de hidrocarburos no quemados ya que al haber CO<sub>2</sub> la mezcla se realizara correctamente.

RPM	%	DESCRIPCION
1000	9.5	El motor se encuentra en la fase de carga en vacio. Nos da un valor alto del porcentaje del CO <sub>2</sub>
2000	13.1	A 2000 rpm la mezcla A/C la relación estequiometrica tiende a ser lambda igual a 1. Disminuye un poco en comparación del primer régimen
3000	12.7	A 3000 rpm los valores del oxigeno aumentan debido a que el motor aumenta su potencia y por tanto aumenta el ingreso de oxigeno. Reduce el porcentaje del CO <sub>2</sub>

Tabla 3.4 Prueba del Dióxido de Carbono [CO<sub>2</sub>]

Fuente: Los Autores

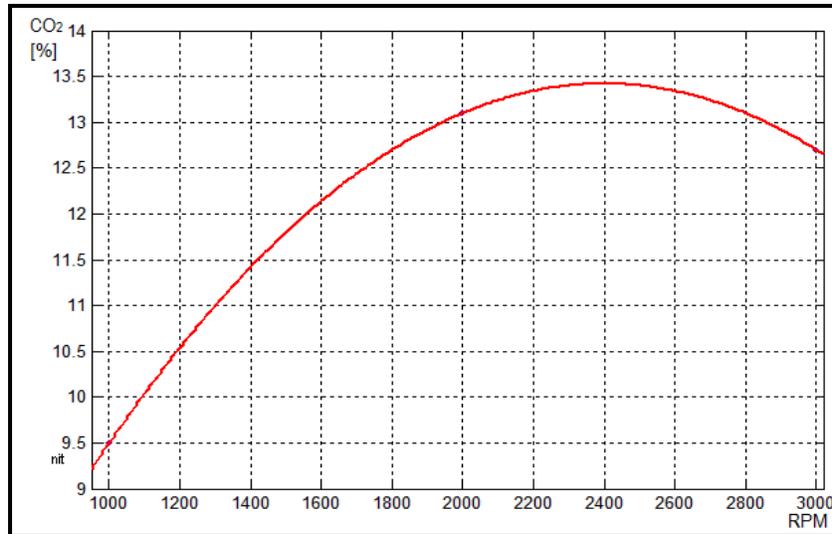


Figura 3.5 Gases de Escape del Dióxido de Carbono [CO<sub>2</sub>]

Fuente: Los Autores

### 3.5.2 OXIGENO

El oxígeno es imprescindible para la combustión, pero como ya se dijo nunca existe una combustión perfecta, por lo que siempre hay un sobrante de oxígeno con una concentración del 0.6%.

#### 3.5.2.1 CAUSAS DE VALORES DE OXIGENO ALTOS

- Escape roto
- Chispa defectuosa
- Combustión incompleta
- Relación AFR muy pobre

### 3.5.2.2 CONCENTRACION DE OXIGENO EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO

RPM	%	DESCRIPCION
1000	0.62	El motor se encuentra en la fase de carga en vacio.
2000	0.88	A 2000 rpm la mezcla A/C la relación estequiométrica tiende a ser lambda igual a 1
3000	1.33	A 3000 rpm los valores del oxigeno aumentan debido a que el motor aumenta su potencia y por tanto aumenta el ingreso de oxigeno.

Tabla 3.5 Prueba del Oxigeno

Fuente: Los Autores

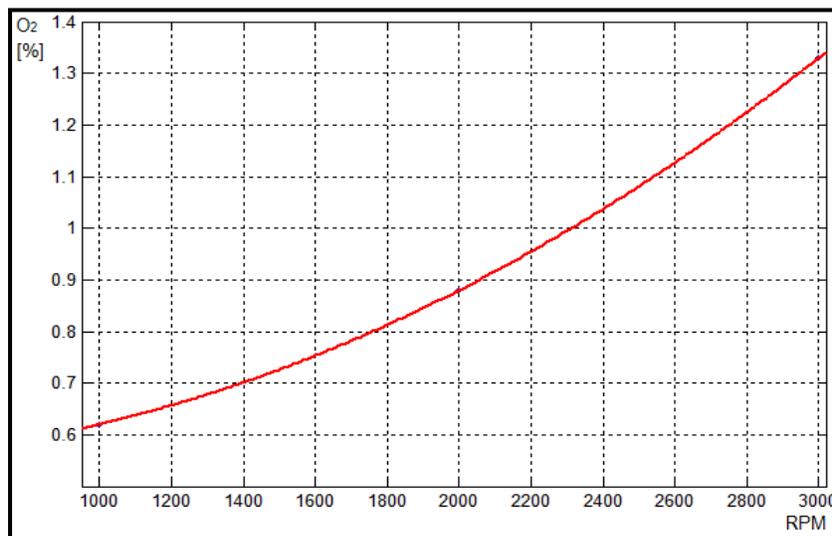


Figura 3.6 Gases de Escape Oxigeno [O<sub>2</sub>]

Fuente: Los Autores

### 3.5.3 FACTOR LAMBDA

El factor lambda comúnmente designado con la letra griega "λ" designa la proporción aire-combustible en forma de mezcla que entra al cilindro de un motor, comparada con la proporción estequiométrica de la mezcla ideal de 14:1

Cuando exista un factor lambda adecuado, se puede lograr consumos mínimos y emisiones mínimas de contaminantes, principalmente hidrocarburos y monóxido de carbono (HC y CO) pero no torque o par motor máximo. Si en otro caso tenemos 13,5: 1 se obtiene  $13,5/14,7 = 0,92$  y en este caso se llama mezcla rica; se obtiene torque o par máximo y

potencia máxima pero el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes son mayores.

### 3.5.3.1 CONCENTRACION DEL FACTOR LAMBDA EN FUNCION DEL REGIMEN DE GIRO

RPM	[kg/kg]	DESCRIPCION
1000	0.78	Con una relación de $\lambda < 1$ indica escases de aire por lo que la mezcla resulta rica en combustible
2000	0.988	Con una relación de $\lambda = 1$ se obtiene una combustión perfecta ya que el aire aspirado coincide con el teórico.
3000	1.046	Con una relación de $\lambda > 1$ indica un exceso de aire aspirado por consiguiendo una mezcla pobre.

Tabla 3.6. Prueba del Factor Lambda

Fuente: Los Autores

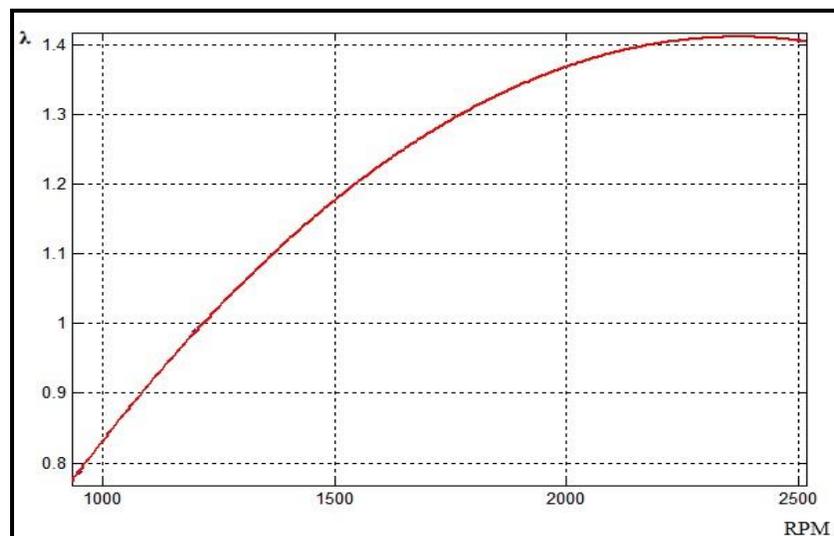


Figura 3.7 Gases de Escape Factor Lambda [ $\lambda$ ]

Fuente: Los Autores

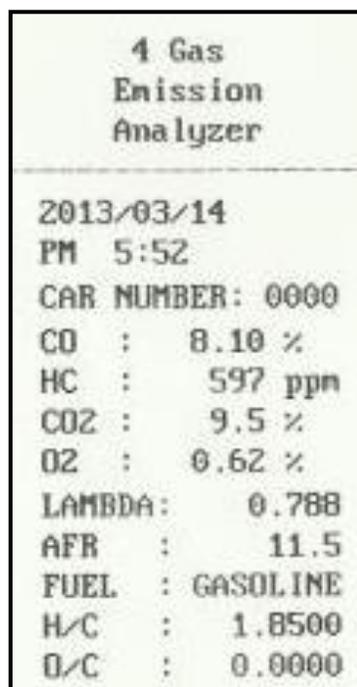
### 3.6 MEDICION DE GASES EN EL VEHICULO

#### 3.6.1 PRUEBA 1 PARA EL REGIMEN DE ARRANQUE EN FRIO

REGIMEN	VALOR	UNIDADES
HC	597	Ppm
CO	8.10	%
CO2	9.5	%
O2	0.62	%
AIR FUEL RATIO	11.5	Adimensional [kg/kg]
Lambda	0.788	Adimensional [kg/kg]

Tabla 3.7 Prueba de emisiones a 1000 rpm.

Fuente: Los Autores



4 Gas Emission Analyzer	
2013/03/14	
PM 5:52	
CAR NUMBER: 0000	
CO :	8.10 %
HC :	597 ppm
CO2 :	9.5 %
O2 :	0.62 %
LAMBDA:	0.788
AFR :	11.5
FUEL :	GASOLINE
H/C :	1.8500
O/C :	0.0000

Figura 3.8 Gases de Escape

Fuente: Los Autores

### 3.6.2 PRUEBA 2 A UN REGIMEN DE 950 RPM

REGIMEN	VALOR	UNIDADES
HC	220	ppm
CO	1.45	%
CO2	13.1	%
O2	0.88	%
AIR FUEL RATIO	14.5	Adimensional [kg/kg]
Lambda	0.988	Adimensional [kg/kg]

Tabla 3.8 Prueba de emisiones a 2000 rpm.

Fuente: Los Autores

4 Gas Emission Analyzer	
2013/03/14	
PM 6:04	
CAR NUMBER: 0000	
CO :	1.45 %
HC :	220 ppm
CO2 :	13.1 %
O2 :	0.88 %
LAMBDA:	0.988
AFR :	14.5
FUEL :	GASOLINE
H/C :	1.8500
O/C :	0.0000

Figura 3.9 Gases de Escape

Fuente: Los Autores

### 3.6.3 PRUEBA 3 A UN REGIMEN DE 2000 RPM

REGIMEN	VALOR	UNIDADES
HC	242	ppm
CO	0.36	%
CO2	12.7	%
O2	1.33	%
AIR FUEL RATIO	15.3	Adimensional [kg/kg]
Lambda	1.046	Adimensional [kg/kg]

Tabla 3.9 Prueba de emisiones a 3000 rpm.

Fuente: Los Autores

4 Gas Emission Analyzer	
2013/03/14	
PM 6:09	
CAR NUMBER: 0000	
CO :	0.36 %
HC :	242 ppm
CO2 :	12.7 %
O2 :	1.33 %
LAMBDA:	1.046
AFR :	15.3
FUEL :	GASOLINE
H/C :	1.8500
O/C :	0.0000

Figura 3.10 Gases de Escape

Fuente: Los Autores

### 3.6.4 GRAFICAS DE LOS GASES CONTAMINANTES

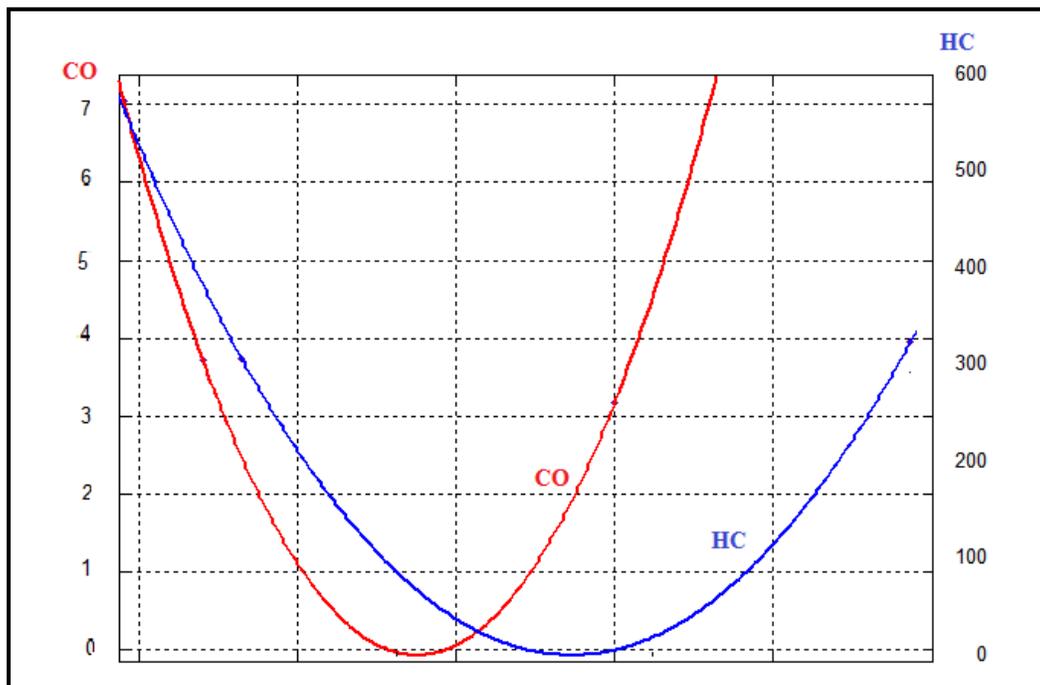


Figura 3.11 Grafica de los Gases Contaminantes del Vehículo Suzuki Forza

Fuente: Los Autores

### 3.7 MEDICION DE LA POTENCIA DEL SUZUKI FORSA EN EL BANCO DINAMOMETRICO

La medición de la potencia en condiciones estándar del vehículo sin modificarlo fue tomada en el banco dinamométrico de la *Universidad Politécnica Salesiana* de la sede Cuenca.

Este banco dinamométrico consta de cuatro rodillos sobre los cuales se colocan las ruedas motrices del automóvil, solidariamente y vinculados los rodillos giran con un momento de inercia conocido. Existe un sensor que toma la velocidad de giro de los rodillos y envía en forma sistemática una información de velocidad a la computadora.

La computadora memoriza esta información. Luego hará el cálculo de las diferencias de velocidad que fue recibiendo, y con la base de tiempo que fueron enviadas puede calcular la

aceleración instantánea, con este momento de inercia del sistema rodillo-volante, puede hacer cálculos de potencia y torque en el cigüeñal y en la rueda impulsora.”

Con la ayuda del banco dinamométrico de la Universidad la potencia que genera el motor del Suzuki Forsa 1 con motor G10 antes de ser modificado es la siguiente:

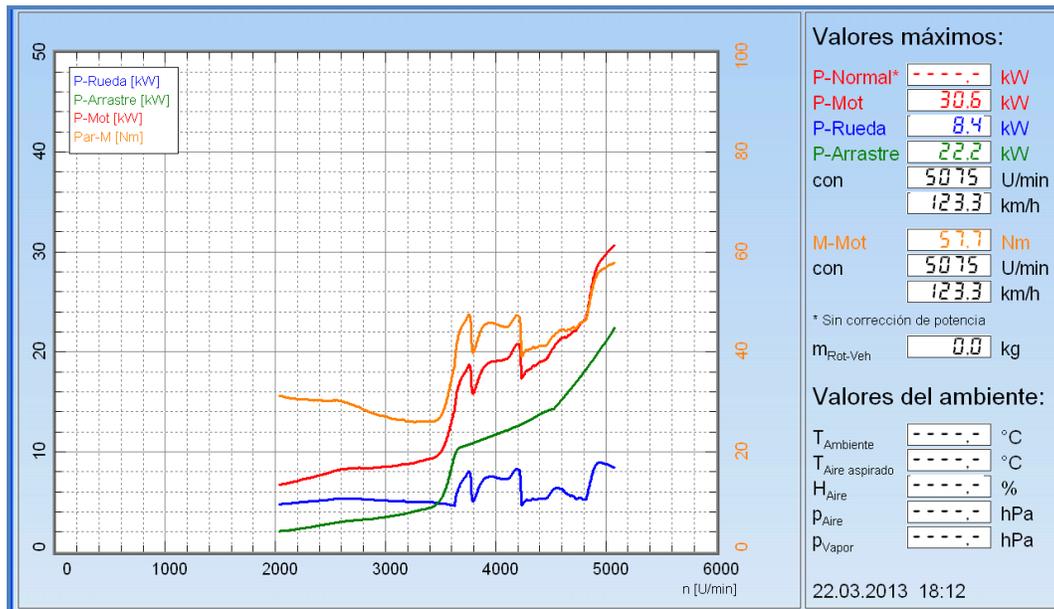


Figura 3.12 Medición de la potencia iniciada en KW

Fuente: Banco Dinamométrico U.P.S sede Cuenca

Al observar la figura 3.12 la potencia que desarrolla el motor al sustituir el sistema de alimentación de combustible es de 30.6 KW. A comparación del valor que nos indica el manual que es de 35.81 KW vemos que es una gran diferencia este factor se da ya que nuestra prueba se hizo a 4000 rpm, y en la del manual esta especificada a 5100 rpm y en condiciones a nivel del mar.

Como podemos observar en la figura la potencia que se entrega al neumático es de 8.4 KW esto se debe a que existen muchas resistencias mecánicas debido a la fricción de los engranes en la caja de cambios.

Seguidamente la maquina nos da la potencia de arrastre que es de 22.2 KW es decir la potencia que se pierde en el trayecto del motor a las ruedas por factores como la fricción.

En el rango de 3000 a 4000 rpm el vehículo presenta atrancones por defecto de la mala combustión la misma que se soluciono modificando las ecuaciones del programa del controlador electrónico.

A continuación se presenta la grafica de la potencia con las modificaciones realizadas en el sistema de inyección monopunto.

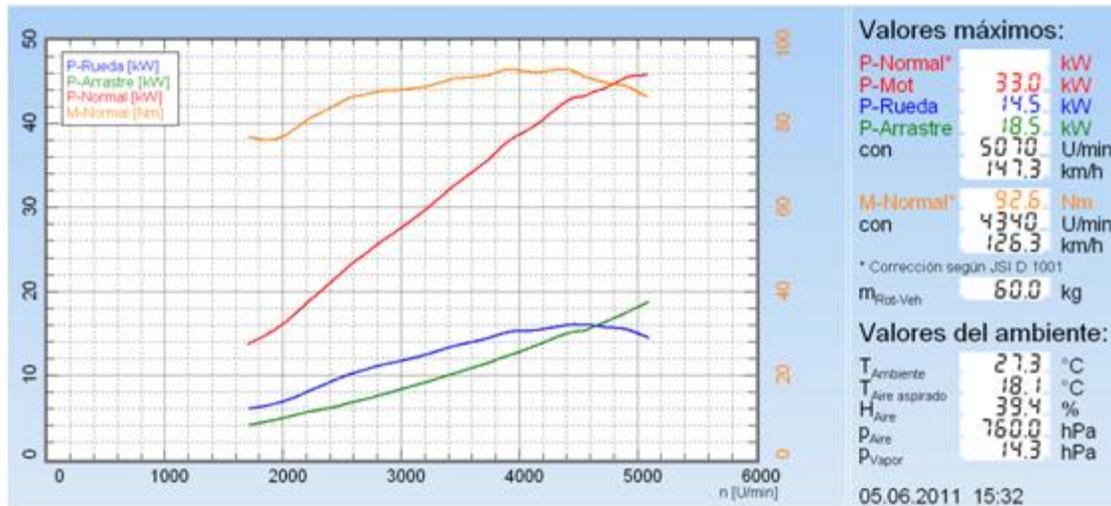


Figura 3.13 Medición de la potencia indicada en KW

Fuente: Banco Dinamométrico U.P.S sede Cuenca

En la figura 1.13 se observa que la potencia del motor es de 33 kw. A un régimen de 4340 revoluciones por minuto, en donde también se puede apreciar que tenemos 14.5 kw de potencia en la ruedas.

### 3.8 TENSIÓN O VOLTAJE DE LA BATERÍA

La Batería del vehículo, en conjunto con el Generador de Corriente (Alternador), son dos objetos que alimentan, a todos y cada uno de los sistemas eléctricos que existen en el Automóvil, uno de ellos es el Sistema de Inyección Monopunto, el Controlador Electrónico del sistema requiere de esta tensión para entrar a funcionar y alimentar del mismo modo al actuador (inyector).

Es importante conocer que si la alimentación de corriente proveniente de la batería fuera variable, se entenderá que la tensión mayor que llegaría al inyector ocasionaría un mayor

caudal de combustible inyectado y una tensión menor reduciría de la misma forma este caudal.

El Controlador Electrónico, envía señales eléctricas de cada uno de los sensores, basándose en una tensión estable proveniente de la batería, la cual no se mantiene en un valor muy exacto, debido a la variación de corriente que existe con respecto al consumo de corriente de diferentes sistemas y a la variación de las revoluciones del motor.

Como siempre existirán variaciones de la tensión de alimentación hasta el Controlador Electrónico, por lo tanto para evitar que el caudal de combustible varíe con respecto a la tensión eléctrica, el mismo dispone de un sistema de comparación y estabilización de la tensión recibida, para que toda su acción esté protegida de las variaciones externas y con ello puede enviar a sus actuador una tensión estable. Como el principal actuador que debe comandar es el inyector, la tensión estable de comando originará un caudal estable de combustible inyectado.

Cuando la Batería del vehículo es desconectada, la memoria pierde sus datos grabados, por lo tanto no se podrán "leer" con el Scanner los Códigos almacenados. Por esta razón, algunos sistemas modernos han dispuesto de baterías propias dentro de la Computadora, con el objeto de no permitir que los datos grabados puedan ser borrados.

### **3.9 SEÑAL DE ENCENDIDO DEL MOTOR**

Otra señal importante que requiere el Controlador Electrónico es la señal de encendido o de contacto (Ignición), que le envía el Interruptor de encendido y arranque (switch), cuando ha sido girado a la posición de contacto ON, esta tensión eléctrica es aquella que alista al Controlador Electrónico para entrar en funcionamiento.

Generalmente esta corriente viene del Relé principal del sistema o de un fusible de contacto, la misma corriente que puede ser la encargada de alimentar al Inyector del Sistema y a otros elementos que requieren de esta tensión.

## **3.10 CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON EL SISTEMA DE INYECCION MONOPUNTO**

### **3.10.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

El arranque en frío, las continuas aceleraciones, el continuo uso del freno, la fricción entre partes mecánicas y de rodamiento, la resistencia que ofrece el aire al avance, las condiciones ambientales y la más importante el sistema provisto de cada motor ya sea por inyección monopunto, multipunto o carburador, dan origen a un consumo de combustible y a una contaminación inútil, este tipo de consumo de combustible se expresa generalmente en litros por cada 100 km recorridos, pero en ocasiones y cada vez con más frecuencia, se expresa en km/l.

En todos los motores, el combustible gastado se transforma sólo parcialmente (aproximadamente un tercio) en energía mecánica, mediante un rendimiento que depende de la relación de compresión, del carburador o del sistema de inyección, de la forma de la cámara de explosión y del diagrama de la distribución. El resto de la energía térmica desarrollada en la combustión se expulsa en forma de calor por el motor, por el radiador y los gases de escape. La energía mecánica del motor que queda disponible se emplea a su vez en:

- Alcanzar una cierta velocidad (potencia utilizada en arrancar)
- Subir una cuesta (potencia utilizada en vencer la fuerza de la gravedad).
- Mantener una cierta velocidad (potencia utilizada en vencer la resistencia del aire y los rozamientos de los neumáticos y la transmisión).

En promedio, la potencia consumida para mover un vehículo representa aproximadamente un tercio de la energía disponible y depende, sobre todo, del peso del vehículo y de la carga que transporta. En cambio, la potencia gastada en mantener la velocidad representa más del 60% del consumo total de combustible y depende esencialmente de la forma de la carrocería y de su resistencia aerodinámica. Por este motivo, el consumo aumenta.

Para disminuir el consumo un vehículo debe tener: un buen rendimiento termodinámico del motor (entre los automóviles nuevos de fábrica no existen diferencias apreciables en este sentido), un coeficiente de resistencia reducido de la carrocería, sección frontal pequeña y poco peso.

También se pueden obtener consumos reducidos manteniendo las partes mecánicas en óptimas condiciones: instalación eléctrica eficiente, exacta regulación del distribuidor y del carburador, filtro de aire limpio, presión correcta de los neumáticos, inclinación perfecta de las ruedas, etc. Además es indispensable conducir correctamente con velocidades máximas moderadas, aceleraciones graduales con movimientos lentos del pedal y deceleraciones suaves. En definitiva hay que acercarse todo lo posible al movimiento uniforme.

Para efectuar la prueba de consumo se usan aparatos que consisten en probetas graduadas, conectadas directamente al circuito de alimentación y que se pueden introducir y sacar del circuito a voluntad; con dicho sistema se mide exactamente el combustible necesario, para recorrer un determinado trayecto de longitud conocida a velocidad constante, .

La medición del consumo de combustible tiene por objeto controlar los costos por combustible ya sea de un vehículo particular o de una empresa que posee una flota de vehículos y mantenerlos dentro de valores razonables.

### **3.10.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO**

Un sistema con TBI, ocupa igualmente un múltiple de entrada. El cuerpo del inyector se encuentra instalado en forma similar a un carburador.

Al activarse el inyector, la gasolina es rociada dentro del múltiple de entrada; allí se mezcla con el aire que ingresa por el mismo cuerpo.

El cuerpo de inyectores del TBI tiene instalado un sensor, llamado TPS de tipo potenciómetro, este sensor mide la apertura de la mariposa de aceleración, y la señal es enviada al controlador electrónico del vehículo, para que este calcule, el tiempo de las pulsaciones, que deberá tener el inyector, para mantener una mezcla correcta.

### **3.10.3. VENTAJA DE ARRANQUE EN FRÍO**

El TBI, provoca un ahorro de combustible en el arranque frío. Por carecer de un estrangulador mecánico, el motor arranca y funciona con mayor facilidad en tiempo frío. No hay componentes mecánicos que se traben en posición abierta o cerrada, dificultando los arranques o aumentando el consumo de combustible. El Controlador Electrónico y el inyector suministran la cantidad precisa de combustible que se requiere para arrancar y hacer funcionar el motor cuando está frío. No se requiere una mezcla demasiado rica para compensar ese combustible que normalmente se condensa en el múltiple y las paredes de los cilindros en tiempo frío.

Por haberse substituido los circuitos de dosificación a alta y baja velocidad por el inyector, no surge ningún problema con el funcionamiento del acelerador ni ninguna falla durante la aceleración. Esto se debe a que no hay ninguna transición del circuito de mezcla relativamente rica para una baja velocidad al circuito de mezcla débil para una alta velocidad. Más aún, el Controlador Electrónico efectúa las compensaciones necesarias para un funcionamiento a grandes alturas, así como para condiciones de avance por inercia, a fin de reducir el consumo de combustible y las emisiones del escape. Con el Controlador Electrónico, el motor recibe sólo el combustible que necesita para funcionar en cualquier condición dada.

### **3.10.4 CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE**

El consumo específico de combustible indica la masa de combustible (en gramos) que necesita un motor de combustión para ejecutar un trabajo determinado (kW·h, kilowatt-hora). Esta magnitud, por tanto, enuncia más sobre el aprovechamiento de la energía del combustible que las indicaciones l/h o l/100km.

#### **3.10.4.1 DIAGRAMA CARACTERÍSTICO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

El consumo específico de combustible se lo puede determinar mediante un banco dinamométrico en función de la presión media efectiva en el cilindro y el número de revoluciones del motor, los valores que se miden se trazan en el siguiente diagrama característico de consumo.

Los puntos en los que el consumo es igual se unen unos con otros, originándose curvas, también mediante el diagrama podemos representar en consumo específico mínimo que representa a una alta presión media efectiva [pme] en un margen de revoluciones del motor cerca de 2600 [rpm].

Del diagrama expuesto se puede observar que tiene la misma potencia para un número de revoluciones y par distintos (puntos de funcionamiento A-B). El consumo específico de combustible es distinto, sin embargo en estos puntos de funcionamiento en el punto B es menor que el punto A, siendo el numero de revoluciones menor pero mas alto el par motor, para la respectiva adaptación de este punto de funcionamiento solo se lo consigue mediante el cambio de velocidades, eligiendo una marcha alta.

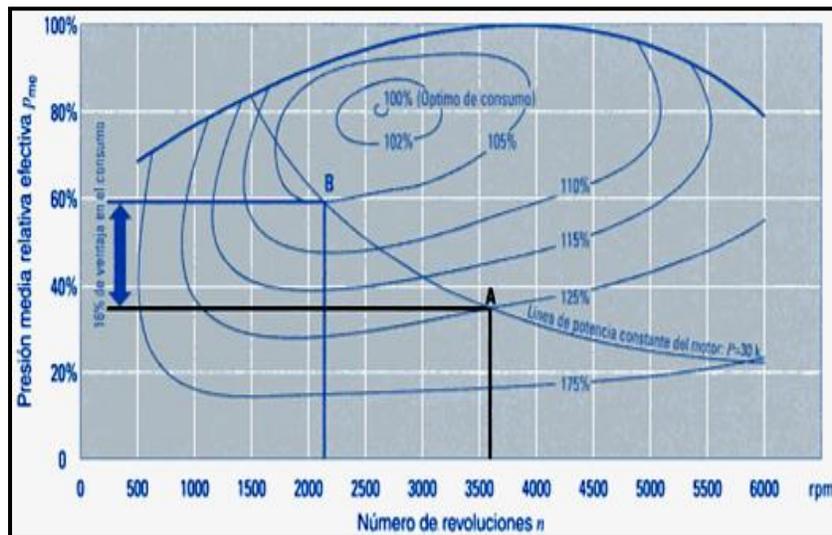


Figura 3.14 Diagrama Característico del Consumo de Combustible.

Fuente: Libro “Técnica de gases de escape para motores de gasolina”

### 3.10.4.2 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON LOS SISTEMAS A CARBURADOR E INYECCIÓN

El cálculo y análisis de los costos representados y los beneficios obtenidos se lo realiza con el propósito de determinar la factibilidad del proyecto que se planteó, para este propósito se realizó un cálculo del consumo de combustible con el sistema a carburador y el consumo de combustible con el sistema a inyección monopunto, luego tenemos que verificar cuánto

cuesta mantener el sistema a carburador con relación al consumo de combustible, este cálculo lo realizamos con la medición del consumo de combustible por galón en kilómetros recorridos por el vehículo.

Para determinar el consumo de combustible con el sistema a carburador, se realiza la medición mediante el equipo que lo utilizamos conjuntamente con el banco dinamométrico en las pruebas de medición de potencia.

### 3.10.4.3 CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE CORRESPONDIENTE AL RALENTI CON EL SISTEMA DE CARBURADOR FUNCIONANDO.

En este grafico podemos observar que en un número aproximadamente de 950 rpm y una velocidad nominal de 0 [km/h], el consumo de combustible es de 1.60 [l/h] lo que indica que con el sistema de inyección monopunto debemos disminuir el consumo tanto en el arranque en frio como en ralentí, tomando en cuenta que en el arranque en frio necesita de más combustible y menos aire.



Figura 3.15 Medición de la potencia iniciada en KW

Fuente: Banco Dinamométrico U.P.S sede Cuenca

### 3.10.4.4 CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE CORRESPONDIENTE A UN NUMERO DE 2846 [rpm] CON EL SISTEMA DE CARBURADOR FUNCIONANDO.

En el gráfico siguiente se refleja el consumo de combustible a régimen de rpm elevado en el cual se destaca un alto consumo de combustible por cada 100 [km]. Esto se da por que en el sistema de carburador cuando se da la mayor apertura de la mariposa entra mayor cantidad aire hacia los cilindros, por lo tanto la cantidad de combustible aspirado es mayor, y como esta cantidad de combustible no puede ser regulada se incrementa el consumo a un elevado número de rpm.



Figura 3.16 Medición de la potencia iniciada en KW

Fuente: Banco Dinamométrico U.P.S sede Cuenca

### 3.10.4.5 CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE CORRESPONDIENTE AL RALENTI CON EL SISTEMA DE INYECCION MONOPUNTO [TBI] FUNCIONANDO.

En el gráfico se observa que en el número aproximado de 1350 [rpm] el consumo de combustible disminuye notablemente, con lo que se logra el objetivo de consumir menor cantidad de combustible quedando un consumo de 0.94 [l/h]. Esta prueba se realizó en condiciones normales de funcionamiento.



Figura 3.17 Medición de la potencia iniciada en KW

Fuente: Banco Dinamométrico U.P.S sede Cuenca

### 3.10.4.6 CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE CORRESPONDIENTE A UN NUMERO DE 2750 [rpm] CON EL SISTEMA DE INYECCION MONOPUNTO [TBI] FUNCIONANDO.

En el siguiente grafico se puede observar que disminuye notablemente el consumo de combustible, al mismo número de rpm dado con el sistema a carburador. Esto sucede ya que con los sensores MAP, IAT, IAC, juntos envíen señales al controlador electrónico para que este inyecte la cantidad necesaria de combustible en el múltiple de admisión y regular la mezcla de una forma optima.



Figura 3.18 Medición de la potencia iniciada en KW

Fuente: Banco Dinamométrico U.P.S sede Cuenca

### 3.10.4.7 CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE CORRESPONDIENTE A UN NUMERO DE 3239 [rpm] CON EL SISTEMA DE INYECCION MONOPUNTO [TBI] FUNCIONANDO.

En el numero de 3239 rpm el consumo de combustible aumenta con respecto a lo expuesto anteriormente, la razón por lo cual aumenta el consumo de combustible es por existir un aumento de potencia y por tener la mariposa de aceleración abierta a plena carga.



Figura 3.19 Medición de la potencia iniciada en KW

Fuente: Banco Dinamométrico U.P.S sede Cuenca

CONSUMO DE COMBUSTIBLE CARBURADOR [l/h]	RPM
1.60	950
6.79	2846
CONSUMO DE COMBUSTIBLE TBI [l/h]	RPM
0.94	1350
4.96	2750
5.49	3239

Tabla 3.10 Consumo de Combustible Carburador y TBI.

Fuente: Los Autores

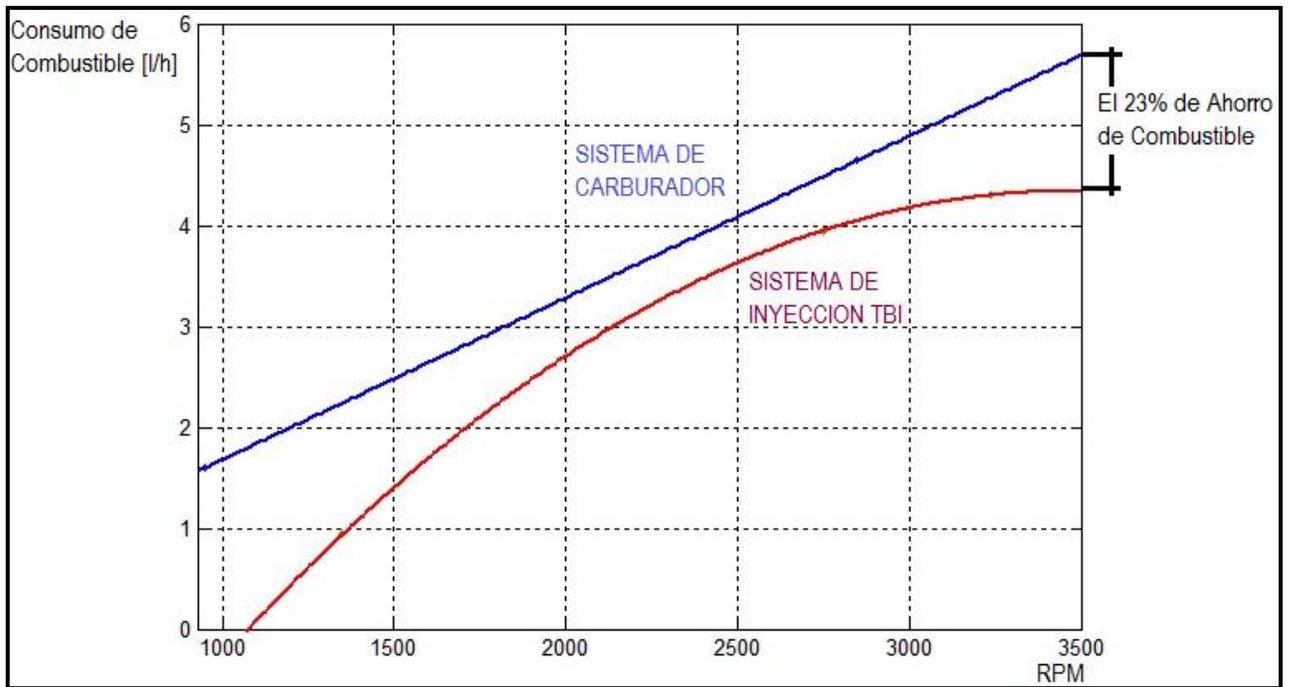


Figura 3.20 Comparación del Consumo de Combustible Sistema a Carburador con el Sistema TBI

Fuente: Los Autores

## **Capítulo IV**

### **“Análisis Costo Beneficio del Sistema Implementado”**

#### **4.1 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad es muy evidente que se ha venido incrementando el índice de contaminación ambiental por causas de las emisiones contaminantes de los vehículos, en su mayoría los que funcionan con sistemas a carburador debido a que este sistema no es tan eficiente como un sistema de inyección. Es por esta razón que vemos la necesidad de incorporar un sistema de alimentación de combustible en el vehículo, con el cual se pueda reducir de manera notable tanto el consumo de combustible como la emisión de gases contaminantes, para reducir el impacto ambiental que esto conlleva.

El desarrollo de los sistemas de inyección de combustible en los vehículos modernos y las normas y legislaciones anticontaminación han reducido en gran parte las emisiones de sustancias y gases contaminantes.

En nuestro medio todavía es muy común la circulación de gran parte de vehículos con sistemas de alimentación de combustible a carburador, es por esto que buscamos implementar en este tipo de vehículos un sistema eficiente de alimentación de combustible por medio de un control electrónico, que permita la reducción notable tanto en consumo de combustible como emisiones.

#### **4.2 CONTENIDO**

Mediante el análisis costo-beneficio se pretende obtener una medida de la factibilidad del proyecto, para esto se realiza una estimación de los costos para la implementación del sistema con una comparación de los beneficios que serán obtenidos de dicho proyecto.

##### **4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

###### **4.2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El uso de vehículos con sistemas de alimentación de combustible como lo es el carburador se sigue usando en nuestro medio en un porcentaje considerable, esta es una de las

principales causas de la contaminación, aunque se pueda controlar las emisiones en este tipo de sistemas su regulación y mantenimiento suelen ser a veces complejas debido al gran número de repuestos que contiene un kit de carburador.

Este inconveniente lo podemos controlar mediante un software con el cual controlamos el tiempo de inyección en un sistema de inyección monopunto, con esto podemos controlar el porcentaje de emisiones tan solo con la manipulación del software mediante la variación de parámetros en los sensores y actuadores.

#### **4.2.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR**

El proyecto esencialmente consiste en la construcción e implementación de un controlador electrónico, el mismo que tomara las señales de los sensores, los sensores se encargan de captar las variaciones que se presentan en el motor como son temperatura del refrigerante, temperatura del aire que ingresa en el colector de admisión, presión en el colector de admisión y posición de la mariposa de aceleración, con la recepción de estas señales provenientes de los sensores el controlador electrónico calculara el tiempo de inyección necesario para los distintos regímenes de funcionamiento del motor.

Tras realizar el cálculo del tiempo de inyección el controlador se encarga de enviar la señal de mando hacia los actuadores como lo son el inyector de combustible y por otra parte hacia la válvula IAC que se encarga de permitir el paso adicional de aire mediante un bypass para el funcionamiento del motor en ralentí.

#### **4.2.1.3 RAZONES QUE SUSTENTAN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.**

- La implementación del presente proyecto se basa principalmente en la disminución del consumo de combustible, debido a que el uso de sistema a carburador es menos eficiente que un sistema de inyección que controla la dosificación de combustible de manera electrónica.
- Otro aspecto muy importante es la emisión de agentes contaminantes y nocivos hacia el medio ambiente, con la implementación de este sistema de inyección se puede controlar el nivel de emisiones de gases y mantenerlos por debajo del límite permitido en todos los regímenes de funcionamiento del motor.

- El aumento de la potencia con un enriquecimiento de la mezcla dependiendo de las necesidades de par y potencia solicitadas por el motor.

#### 4.4.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN CON LA DISPOSICIÓN DEL PROYECTO.

##### 4.4.2.1. VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

Representa el tiempo en el cual se apreciarán los beneficios que presenta el proyecto, dichos beneficios deben ser mayores al valor que representa la implementación del proyecto en su totalidad, el mismo que es el sistema de inyección en nuestro caso.

En la siguiente tabla se representa los elementos que componen el sistema de inyección monopunto.

DESCRIPCION	Vida Útil (años)
PIC 18F4550 <sup>3</sup>	2 años 1 año de garantía
Sensor MAP	3 años
Sensor ECT	2 años
Sensor IAT	2 años
Sensor TPS	5 años
Inyector	5 años
Cuerpo Aceleración y válvula IAC	5 años

Tabla 4.1 Vida útil de los elementos del proyecto

Fuente: Los Autores

#### 4.3 COSTOS DEL PROYECTO

Tras haber realizado la implementación del sistema y la finalización del proyecto planteado, Se debe realizar un análisis de los gastos realizados para determinar el costo final del proyecto y la factibilidad de su implementación.

<sup>3</sup> <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010300>

Este análisis se lo realiza con el propósito de verificar si existe similitud con el costo de otros sistemas existentes en el mercado local y nacional.

Como primer paso se debe determinar el costo unitario que representa la implementación del sistema de inyección de combustible en el vehículo Suzuki Forza, para lo cual debemos realizar los cálculos de costos de materia prima, así como de mano de obra directa e indirecta, utilidades y así como el costo intelectual de los autores, etc.

Con estos antecedentes, podemos decir que el cálculo que será realizado por nosotros, será una obtención de Costo Científico debido a que el proyecto realizado es un proyecto investigativo.

En la siguiente tabla se muestra los costos debidamente detallados para cada elemento que fue utilizado.

<b>MATERIA PRIMA UTILIZADA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	PIC 18F45550	4	\$9.50	<b>\$38</b>
2	PICKIT2	1	\$85	<b>\$75</b>
3	Cañerías con bridas y mangueras	Varios	\$60	<b>\$60</b>
4	Bomba de Combustible, socket y prefiltro	1	\$55	<b>\$55</b>
5	Platina aluminio 6" x3/4	1	\$16,25	<b>\$16,25</b>
6	Manguera admisión de aire y filtro cónico	1	\$85	<b>\$85</b>
7	Sensor MAP	1	\$40	<b>\$40</b>
8	Sensor de Temperatura de Refrigerante	1	\$5	<b>\$5</b>
9	Sensor de Temperatura de Aire con Cañería	1	\$15	<b>\$15</b>
10	Cuerpo de Aceleración	1	\$200	<b>\$100</b>

	(TBI) con sensor TPS y Válvula IAC			
11	Inyector de Combustible	1	\$360	<b>\$360</b>
12	Sockets para Sensores y Actuadores	Varios	\$50	<b>\$50</b>
13	Empaque base carburador y base TBI	2	\$1,25	<b>\$2,50</b>
14	Relé Bomba de Combustible y Fusibles	1	\$10	<b>\$10</b>
15	Componentes Electrónicos	Varios	\$50	<b>\$50</b>
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Fabricación de la Placa	1	\$	<b>\$200</b>
2	Programación del Controlador	1	\$	<b>\$400</b>
3	Puesta a Punto del Motor	1	\$	<b>\$40</b>
4	Implementación	1	\$	<b>\$60</b>
<b>MANO DE OBRA INDIRECTA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Gasolina para pruebas	---	\$---	<b>\$30</b>
2	Tapa de tanque de combustible y Soporte para la bomba	1	\$40	<b>\$40</b>
3	Acople Sensor de Temperatura Refrigerante	1	\$30	<b>\$30</b>
4	Fabricación Platina aluminio 6"x3/4	1	\$40	<b>\$40</b>

<b>COSTO INTELECTUAL</b>				
1	- Investigaciones de campo - Análisis de Mercado - Tiempo Utilizado - Requerimientos Tecnológicos	1	\$180	<b>\$50</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$1851,75</b>

Tabla 4.2 Materia prima utilizada

Fuente: Los Autores

Luego de calcular el precio total que representa la implementación del proyecto, debemos agregarle un valor del 25% que representa la utilidad, con lo que se obtiene un valor final de \$2314,69.

#### **4.3.1. ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS OBTENIDOS CON EL PROYECTO**

Tras la comprobación de la factibilidad que representa la implementación del sistema, podemos estimar algunos de los beneficios que representa el uso del mismo los cuales se los describe a continuación:

##### **4.3.1.1. BENEFICIOS TANGIBLES:**

Con la implementación de este tipo de sistema se pretende obtener un beneficio que no será apreciable sino a mediano o largo plazo, los beneficios que se pretende obtener con este proyecto no se pueden determinar con exactitud, para ello se debe realizar el debido cálculo aproximado, con el cual se estimara su verdadero valor en unidades monetarias, con esto tendremos la idea del ahorro que se genera en cuanto al consumo de combustible en comparación con sistemas similares que funcionan en forma mecánica.

##### **4.3.1.2. BENEFICIOS INTANGIBLES:**

Este tipo de beneficio no se lo puede determinar en unidades monetarias, con este tipo de beneficios se realiza un análisis de los inconvenientes que se desea resolver con la

implementación del sistema frente a otros sistemas similares, y de igual manera los beneficios que se pretende obtener tratando de llegar a los objetivos presentes en el planteamiento del proyecto.

**1. Reducción de las emisiones de gases contaminantes**

- Reducción de emisiones de CO, NO<sub>x</sub>, HC

**2. Reducción de consumo de combustible**

- Dosificación de combustible controlada electrónicamente
- Menor costo de mantenimiento del sistema

**3. Incremento de la potencia del motor**

- Mejor desempeño del motor en todos los rangos de revoluciones

**4. Mejor Arranque en frío y fase de calentamiento**

- Dosificación exacta de combustible en función de la temperatura del motor y régimen de giro para el arranque.

**4.3.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIÓN DE GASES PRODUCIDO POR EL SISTEMA A CARBURADOR**

El consumo de combustible y la emisión de gases mediante el sistema a carburador en los vehículos prácticamente convencionales son altos, por no poder regular de una manera exacta la dosificación de combustible para realizar la mezcla estequiometría en cada una de las etapas de trabajo en las que el motor se encuentra. Una cosa distinta sucede en el sistema de inyección monopunto dado que mediante un controlador electrónico se puede dosificar el combustible necesario para iniciar la combustión en el motor, realizando esto se logra ahorrar notablemente el porcentaje de combustible y disminuir las emisiones de gases.

**4.3.2.2 ANÁLISIS DE LOS GASTOS EN CONSUMO DE COMBUSTIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA A CARBURADOR EN EL VEHÍCULO SUZUKI FORSA.**

Para realizar el cálculo del ahorro que representa la implementación del sistema es necesario la medición del consumo de combustible consumido por el motor en un régimen constante de funcionamiento con cada uno de los sistemas como los son el carburador y el

sistema monopunto, dicha medición la realizamos con el analizador de consumo de combustible y se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

	Sistema a carburador	Sistema de Inyección Monopunto
Rpm del motor[U/min]	2800	2800
Consumo [l/100km]	6.79	4.96

Tabla 4.3 Comparación de consumo de combustible de los sistemas de alimentación en el vehículo.

Fuente: Los Autores

Con estos datos podemos determinar la reducción en cuanto al consumo de combustible y el dinero que se ahorra durante un año estimando que el vehículo recorre 30000km, este dato lo obtenemos con la verificación de los cambios de aceite que se los realiza mensualmente.

Ahora es necesario determinar cuántos galones de combustible consume relativamente el vehículo en el transcurso de un año funcionando con el sistema de alimentación a carburador. Dicho cálculo lo representamos a continuación.

$$\frac{20000km}{1año} \cdot \frac{6.79l}{100km} \cdot \frac{1gal}{3.7854l} = 358,747 \frac{gal}{año}$$

El total de combustible que se consume durante un año es de 896,867 galones, esto con el uso del sistema a carburador.

También se debe calcular el valor monetario que representa este volumen de combustible consumido, este cálculo se lo realiza a continuación.

$$\frac{358,747 gal}{1 año} \cdot \frac{1,48 usd}{1 gal} = 530,95usd/año$$

Este valor es un estimado del dinero gastado en combustible con el uso del sistema en el periodo de un año.

Ahora también debemos determinar el costo del consumo de combustible con el sistema implementado en las mismas condiciones de funcionamiento y recorrido del vehículo en el transcurso de un año.

Tenemos el valor obtenido tras la medición en el banco dinamométrico, el cual lo usamos para determinar el volumen de combustible consumido en el transcurso de un año.

$$\frac{20000km}{1año} \cdot \frac{4.96l}{100km} \cdot \frac{1gal}{3.7854l} = 262,06 \frac{gal}{año}$$

Se observa que el consumo de combustible que se consume durante un año se reduce de manera notable con el uso del sistema implementado, esto se verifica en el cálculo del costo que representa esta cantidad de combustible.

$$\frac{262,06 gal}{1 año} \cdot \frac{1,48 usd}{1 gal} = 387,85usd/año$$

Se gasta un total de 387,85 dólares en combustible anualmente con el sistema implementado, el dinero ahorrado con respecto al uso del carburador es de 143,1 dólares en el periodo de un año.

También deseamos saber qué porcentaje de ahorro representa este valor de consumo con respecto al consumo con el carburador.

Dicho porcentaje de ahorro es del 26,95%

A continuación se muestra una tabla del análisis comparativo entre el consumo de combustible que representa el uso de cada sistema en el vehículo.

	Consumo [gal/año]	Gasto [usd/año]	Dinero Ahorrado	Porcentaje Ahorro
Carburador	358,747	530,95		
Inyección Monopunto	262,06	387,85	143,1	26,95%

Tabla 4.4 Análisis comparativo de consumo de combustible y ahorro entre los sistemas usados.

Fuente: Los Autores

#### 4.4 ANÁLISIS COMPARATIVO GENERAL DEL SISTEMA IMPLEMENTADO CON RESPECTO A SISTEMAS SIMILARES EXISTENTES EN EL MERCADO

En nuestro medio existen diferentes tipos de vehículos que incorporan sistemas de inyección monopunto de diferentes marcas, en los mismos vamos a obtener un análisis comparativo de las principales características y funciones que presentan estos con respecto al sistema implementado en nuestro vehículo.

<b>Sistema de Inyección Monopunto Implementado</b>	<b>Otros Sistemas del Mercado</b>
Sistema que permite variación y control del tiempo de inyección en todas las condiciones de funcionamiento del motor.	Sistema con tiempo de inyección pre programado
Permite la variación de funciones que controlan el comportamiento de los sensores, adaptando de manera más precisa la programación del tiempo de inyección.	Disponen de una ECU en la que no se puede variar ninguno de los parámetros de los sensores.

Tabla 4.5 Análisis Comparativo

Fuente: Los Autores

## **CONCLUSIONES:**

Tras finalizar con el presente proyecto hemos obtenido las siguientes conclusiones:

Con el uso del sistema de inyección monopunto se presentan notables mejoras en la alimentación de combustible en el colector de admisión, como son la atomización del combustible debido a la geometría de la válvula de inyección, también la gasificación del combustible y la homogenización de la mezcla que ingresa hacia los cilindros, con esto una combustión más completa. Esto lo verificamos con el análisis de emisión de gases que se ven notablemente reducidos, principalmente los Hidrocarburos no Combustionados (HC) y el Monóxido de Carbono (CO) en los cuales, tras el trazado de las curvas características se verifica la reducción de emisiones con el sistema implementado, para los Hidrocarburos se tiene una lectura alta con el sistema de inyección Monopunto en régimen de ralentí debido a que se produce un enriquecimiento durante la etapa de calentamiento del motor posterior a esto los valores descienden, a regímenes medios y altos los valores de emisiones producidas por hidrocarburos bajan considerablemente con respecto a los valores medidos con el uso del sistema a carburador, dichos valores son inferiores a los 240ppm y con el sistema a carburador a este régimen el valor medido se encuentra por encima de los 230ppm con pendiente positiva es decir que a regímenes superiores estos valores aumentan. Para las emisiones de Monóxido de Carbono tras realizar las pruebas a 3 regímenes de funcionamiento distintos se elaboraron las curvas características de cada sistema en donde se aprecia la disminución en la emisión del sistema Monopunto, con los datos obtenidos se observa la reducción en cada régimen medido.

Para el diseño del controlador electrónico se tomaron como datos referenciales señales de los sensores del vehículo Chevrolet Corsa Wind debido a que este cuenta con un sistema de inyección Opel Multec y los valores de presión en el colector de admisión son similar al que se maneja en el vehículo Suzuki Forsa, dichos datos nos fueron de ayuda para obtener las funciones características de cada uno de los sensores que posteriormente fueron ingresadas en la programación del microcontrolador.

Para cada etapa de funcionamiento del motor el carburador no dispone de una adaptación y control de la cantidad de combustible, en el sistema implementado el controlador diseñado regula la dosificación de combustible desde el arranque en frío proporcionando un enriquecimiento hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento.

En regímenes de funcionamiento como aceleración brusca el carburador suministra una carga de combustible adicional con el funcionamiento de la bomba de pique, en nuestro sistema de inyección se capta la variación de voltaje en el sensor TPS debido a la fuerza ejercida sobre el pedal de acelerador, dicha señal es procesada en el controlador electrónico para posteriormente producir el enriquecimiento de la cantidad de combustible en el instante preciso y en la cantidad exacta.

Las emisiones de gases contaminantes se reducen notablemente debido a la exacta dosificación de combustible para cada régimen de funcionamiento así como también la pulverización y gasificación, esto repercute en un menor desgaste de los elementos internos del motor.

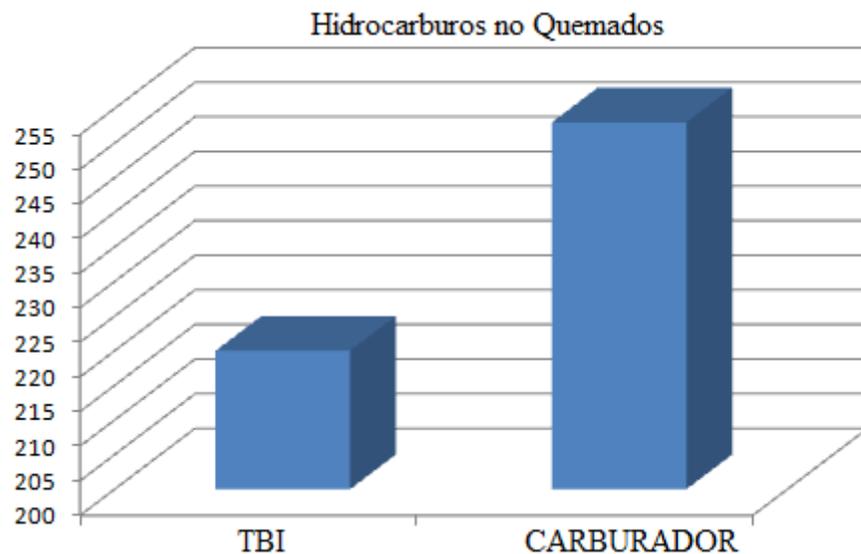


Figura 4.1 Emisión de los Hidrocarburos no Quemados

Fuente: Los Autores

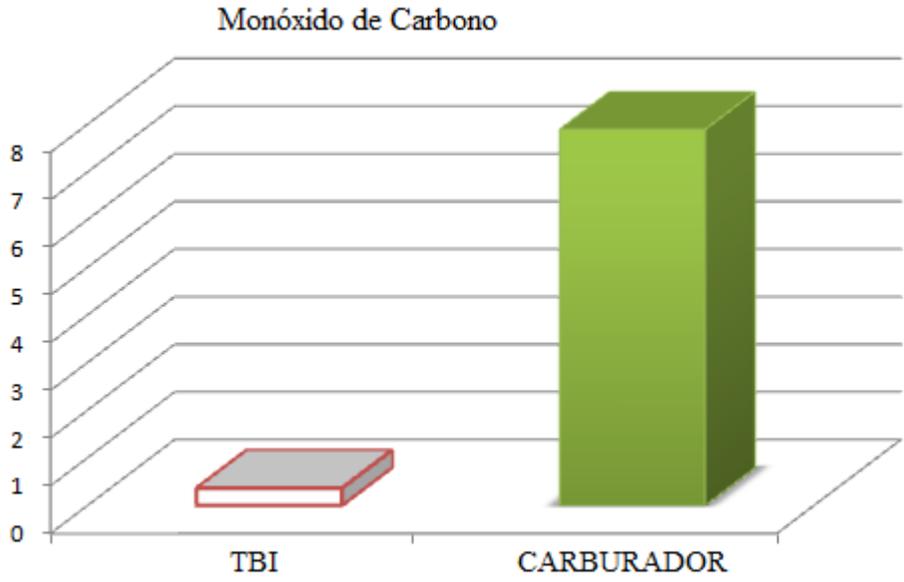


Figura 4.2 Emisión del Monóxido de Carbono  
Fuente: Los Autores

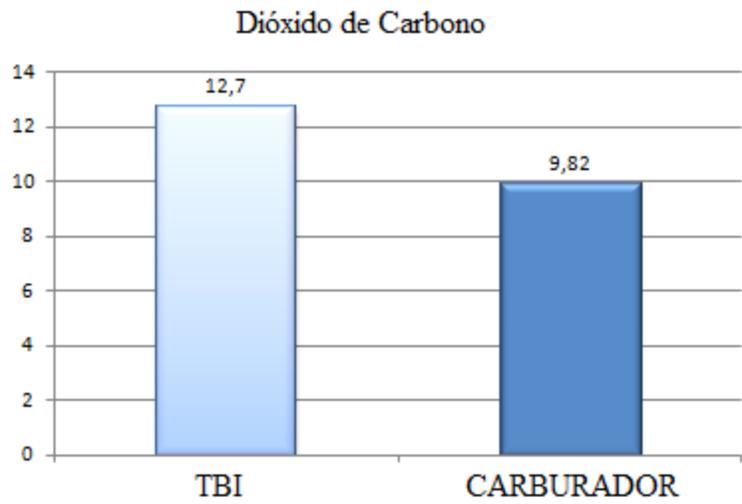


Figura 4.3 Emisión del Dióxido de Carbono  
Fuente: Los Autores

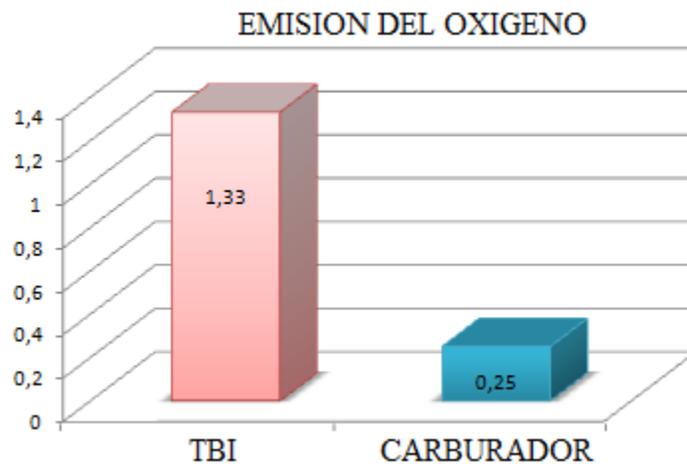


Figura 4.4 Emisión del Oxígeno

Fuente: Los Autores

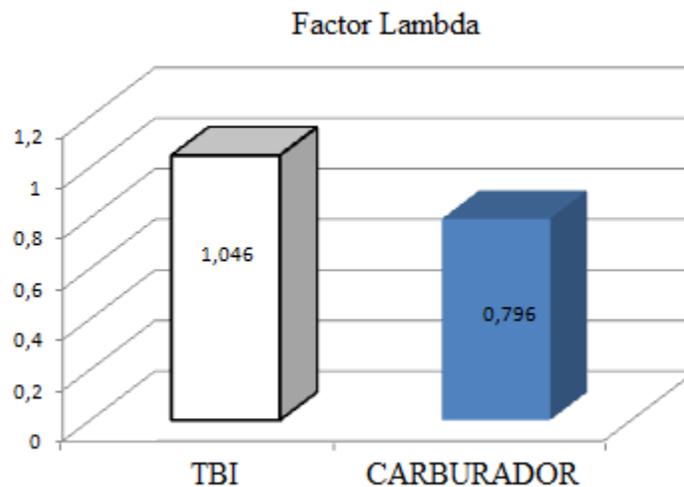


Figura 4.5 Valores de Lambda

Fuente: Los Autores

Con el sistema implementado y tras las pruebas realizadas en el banco dinamométrico se ha obtenido un aumento de potencia de aproximadamente 8kw, es decir se ha obtenido una potencia de 30.6kw, este valor se asemeja bastante a la potencia especificada por el fabricante que es de 35.81kw, el valor medido varia debido a que las condiciones de la medición difieren de las especificadas por el fabricante en nuestro caso se realizó a un régimen de 4000rpm y a más de 2000 metros sobre el nivel del mar. El aumento de potencia se da gracias a las condiciones en que ingresa la mezcla en los cilindros, puesto

que con la dosificación exacta entregada por el inyector, la atomización y gasificación producida permiten que la mezcla se combustiona en su totalidad produciendo la mayor eficiencia del ciclo de trabajo.

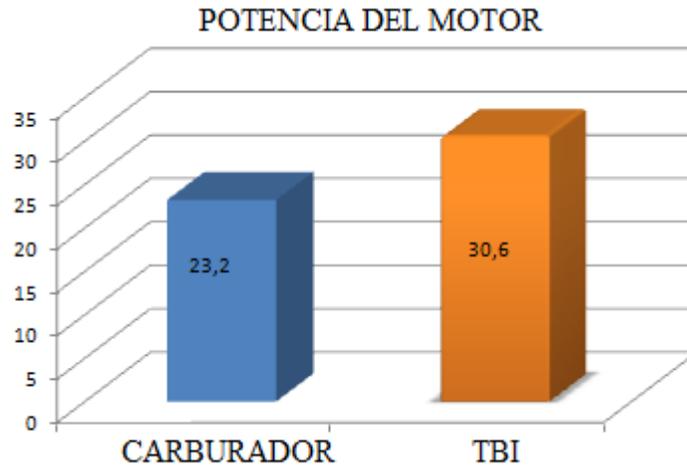


Figura 4.6 Potencia del Motor [Kw]

Fuente: Los Autores

Una de las principales características del sistema es su facilidad de montaje, ya que el cuerpo de aceleración es de similar geometría en su base al colector de admisión del vehículo, y el mecanizado de los acoples es relativamente económico.

En lo que corresponde a la comparación de consumo de combustible frente a otros sistemas, los resultados obtenidos demuestran un ahorro notable frente a un sistema a carburador, dicho sistema no es capaz de dosificar la cantidad exacta de combustible para diferentes regímenes de funcionamiento del motor, con el sistema monopunto se inyecta la cantidad necesaria en el colector de admisión para cada régimen dependiendo de los requerimientos del motor. El ahorro representado en porcentaje frente al uso del carburador es de 27%.

Por ejemplo a un régimen de 2750 revoluciones por minutos tenemos que:

Consumo con carburador es 6.79 l/h y con el sistema del TBI nos da un valor de 4.96l/h.

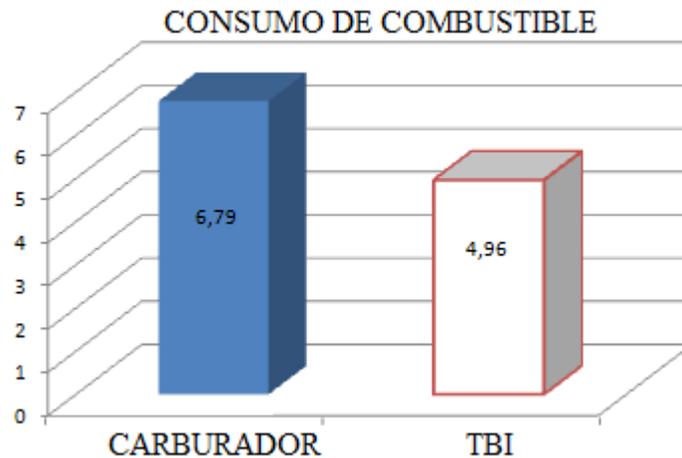


Figura 4.7 Consumo de Combustible con Carburador y TBI.

Fuente: Los Autores

También se tiene un ahorro notable en cuanto al mantenimiento del sistema, esto debido a que el sistema de Inyección Monopunto no precisa desmontaje del cuerpo de aceleración del colector de admisión, a diferencia del mantenimiento en un sistema a carburador, el cual es mucho más tedioso puesto que este necesita desmontaje del colector de admisión y desarmado del carburador para limpieza y sustitución de elementos internos que presentan desgaste y deterioro. El inyector de este sistema es de fácil desmontaje y su mantenimiento es similar a los inyectores de sistemas multipunto.

En cuanto a la comparación de costos con sistemas similares existentes en el mercado, la ventaja frente a sistemas a carburador es muy amplia en lo que se refiere a consumo de combustible, por lo tanto mayor economía. Algunos de los sistemas de inyección multipunto presentes en el mercado cuentan con un controlador electrónico, en el cual se pueden variar los parámetros de gestión del motor pero su costo de instalación es relativamente mayor con respecto a nuestro sistema.

El microcontrolador seleccionado para el comando del sistema presenta desventajas de respuesta en cuanto a velocidad de procesamiento de señales, frente a los utilizados por grandes fabricantes de vehículos.

## **RECOMENDACIONES:**

Tras culminar con el proyecto podemos citar las siguientes recomendaciones:

Para la implementación de un sistema de inyección Monopunto se debe tener en cuenta varios aspectos importantes como la ubicación de cada uno de los elementos, puesto que su adaptación es en muchas veces complicada al no disponer del espacio necesario esto representa pérdida de tiempo y recursos económicos.

Un aspecto muy importante es la selección del cuerpo de aceleración, determinar las características de funcionamiento como presión de trabajo del inyector, presión del regulador, para la selección de la bomba de alimentación adecuada, si la bomba de alimentación trabaja a una presión superior es necesaria la adaptación de una válvula de regulación que permita la derivación de parte del combustible suministrado hacia el tanque o depósito para permitir el alivio de la presión de alimentación.

La adaptación de una bomba de alimentación eléctrica requiere un mecanizado en el tanque de combustible para la ubicación de una segunda tapa, debido a que el espacio de la tapa original está ocupado por el flotador de nivel, por otra parte la bomba eléctrica necesita estar sumergida en su totalidad bajo el combustible puesto que es este mismo el que cumple la misión de refrigerarla.

Para el correcto desempeño del sistema se debe realizar un diagnóstico y puesta a punto del motor, debido a que la señal que comanda la apertura del inyector se encuentra sincronizado con el salto de chispa, fallas en el encendido conllevarían a un mal funcionamiento del motor, tiempo de inyección incorrecto y defectos que provocarían daños en el motor al momento de su puesta en marcha.

Se debe verificar la calidad de los elementos seleccionados para la implementación del controlador electrónico, así como de los sensores y actuadores utilizados, determinar sus características de funcionamiento como voltaje, temperatura, intensidad, para de esta forma prolongar la vida útil del sistema.

Para la compilación de datos que serán grabados en el microcontrolador cuando se varían los parámetros de funcionamiento y modifica el tiempo de inyección, es necesario disponer de una resistencia que simule la presencia del inyector, puesto que al realizar la compilación de datos hacia el microcontrolador se eleva la corriente del circuito lo que puede provocar que el bobinado del inyector sufra daños.

Para la obtención de las curvas características de cada uno de los sensores se deben tomara varias mediciones de los rangos de funcionamiento con los que estos trabajan, para posteriormente con la ayuda de un software realizar las respectivas interpolaciones que nos darán como resultado la obtención de la función requerida.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

### **Libros**

- [1] BOSCH ROBERT, Técnica de gases de escape para motores de gasolina, Bosch, plochingen, 2003.
- [2] ALONSO PÉREZ, JOSÉ MANUEL Técnicas del automóvil: motores, 8a. ed. Edit. Paraninfo, Madrid, 1998.
- [3] CASTRO VICENTE MIGUEL DE, Nueva enciclopedia del automóvil: El motor a gasolina, 4a. ed. Edit. CEAC, Barcelona, 1992.
- [4] CASTRO VICENTE MIGUEL DE, Inyección de gasolina: sistemas monopunto, Edit. CEAC, Barcelona, 2002.
- [5] GIL, HERMÓGENES, Sistemas de inyección de gasolina, Edit. CEAC, Barcelona, 2002
- [6] CROUSE WILLIAM H, Equipo eléctrico y electrónico del automóvil, 6a. Edi. Edit. Alfaomega grupo editor, México, 2001.
- [7] CROUSE WILLIAM H, Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración del automóvil, Edit. Marcombo, Barcelona, 1978.

### **Páginas web**

- [1] Carburador (obtenido 10 marzo 2012)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Carburador>

Carburador (obtenido 10 marzo 2012)

<http://www.tallervirtual.com/2009/01/06/funcionamiento-de-un-carburador/>

Carburador (obtenido 10 marzo 2012)

<http://automecanico.com/auto2013/indicecarb.html>

Carburador (obtenido 10 marzo 2012)

<http://www.taringa.net/posts/autos-motos/10622572/Comprobacion-y-reglajes-del-carburador.html>

Carburador (obtenido 10 marzo 2012)

<http://es.slideshare.net/CristianObregon/sistemas-de-alimentacion>

[2] Sistema de Inyección Monopunto (Obtenido 06 abril 2012)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Inyecci%C3%B3n\\_de\\_combustible](http://es.wikipedia.org/wiki/Inyecci%C3%B3n_de_combustible)

(Obtenido 06 abril 2012)

[http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion\\_monopunto](http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion_monopunto)

(Obtenido 06 abril 2012)

<http://www.emagister.com/curso-motores-combustion-interna/sistema-inyeccion-electronica-combustible>

(Obtenido 06 abril 2012)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Inyecci%C3%B3n\\_electr%C3%B3nica](http://es.wikipedia.org/wiki/Inyecci%C3%B3n_electr%C3%B3nica)

[3] Sensores (obtenido 15 abril 2012)

<http://jofrema1980.blogspot.com/2010/06/sensores-sistema-de-inyeccion.html>

(obtenido 15 abril 2012)

<http://www.fullmecanica.com/i/inyectores-de-gasolina-funcionamiento>

(obtenido 15 abril 2012)

<http://es.slideshare.net/jolupeco/sistemas-de-inyeccion-electronica-mediciones-de-sensores-y-actuadores-en-automoviles>

(obtenido 15 abril 2012)

<http://inyeccionelectronica2013.blogspot.com/2012/12/inyeccion-electronica-automotriz.html>

(obtenido 15 abril 2012)

<http://www.viva-internet.com/demos/3paginas/productos.htm>

[4] PIC (Peripheral Interface Controller) (controlador de interfaz periférico) (Obtenido 25 junio 2012)

<http://www.todopic.com.ar/>

(Obtenido 25 junio 2012)

<http://es.slideshare.net/jmmansilla68/curso-de-programacion-en-c-para-microcontroladores-pic-16-f87xx>

[5] Bomba de Combustible (Obtenido 12 julio 2012)

[http://www.howstuffinmycarworks.com/Inyeccion\\_electronica.html](http://www.howstuffinmycarworks.com/Inyeccion_electronica.html)

(Obtenido 12 julio 2012)

<http://www.fullmecanica.com/i/inyeccion-electronica-gasolina-la-bomba-de-combustible>

(Obtenido 12 julio 2012)

<http://www.automotriz.net/tecnica/bombas-gasolina-electricas.html>

## Manuales

[1] Manual de Servicio del vehículo Suzuki vitara (Obtenido 20 de octubre 2012)

[2] Revista Técnica del Automóvil “Estudio Técnico santana y Suzuki Vitara”

[3] CASTRO MIGUEL DE, Manual del carburador, 3a. ed. Edit. CEAC, Barcelona, 1994.

**A  
Z  
E  
X  
O  
S**

## MATERIALES UTILIZADOS.

CANTIDAD	DESCRIPCION	CARACTERISTICA
1	Pickit2	herramienta para el desarrollo de programación de PICs
1	Sócalo maquinado	40 pines
1	Cristal	20Mhz
1	Resonador	20Mhz
4	Capacitores	22Pf
4	Capacitores	0.1Uf
2	Capacitores	220uF 16v
2	Capacitores	100uF 6v
3	1n4007	Diodo
6	Resistencias	1k 1/4W
6	Resistencias	10k 1/4W
6	Resistencias	150k 1/4W
6	Resistencias	100k 1/4W
6	Resistencias	15k 1/4W
3	micro pulsantes	
2	Compuertas	7805
3	irfz44n	Transistor MOSFET
2	lm311	Comparador de Voltaje

2	lm339	Comparador de Voltaje
2	tl081	Amplificador Operacional
2	tl084	Amplificador Operacional
3	disipadores de calor	
	Cable trenzado de 4 hilos	Apantallado

Tabla: Listado de materiales utilizados en el proyecto de tesis.

Fuente: Los Autores

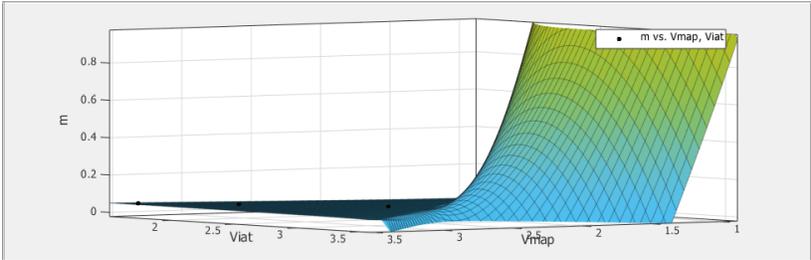


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.

Fuente: Los Autores

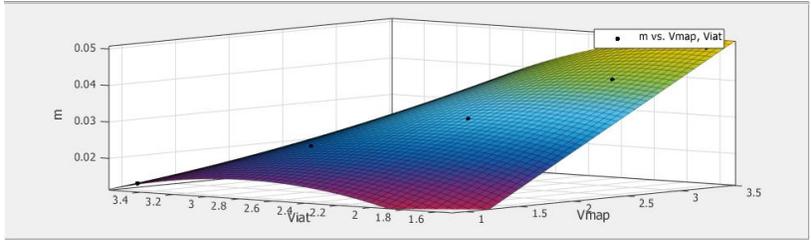


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.

Fuente: Los Autores

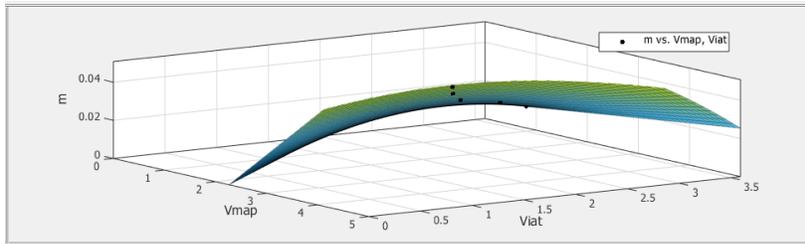


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.  
Fuente: Los Autores

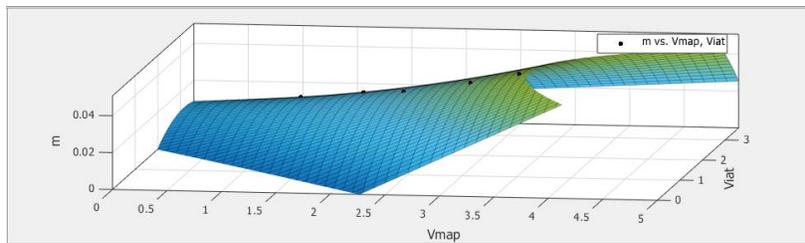


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.  
Fuente: Los Autores

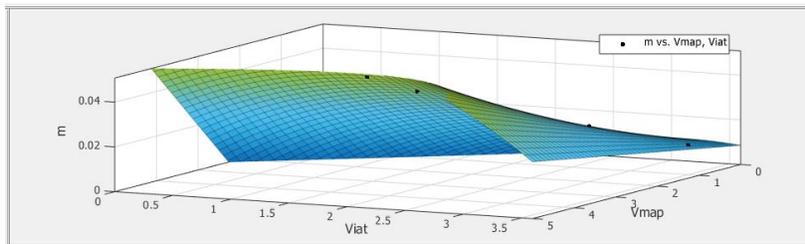


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.  
Fuente: Los Autores

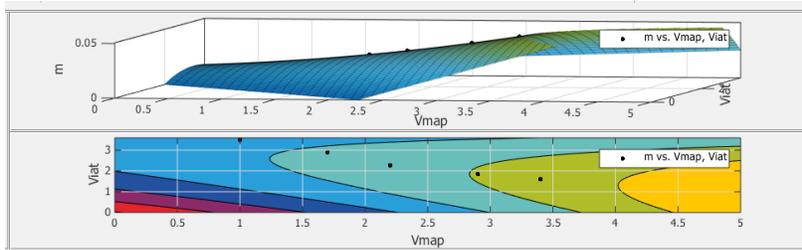


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.  
Fuente: Los Autores

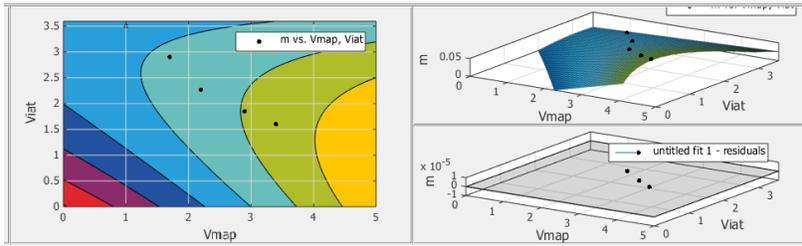


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.  
Fuente: Los Autores

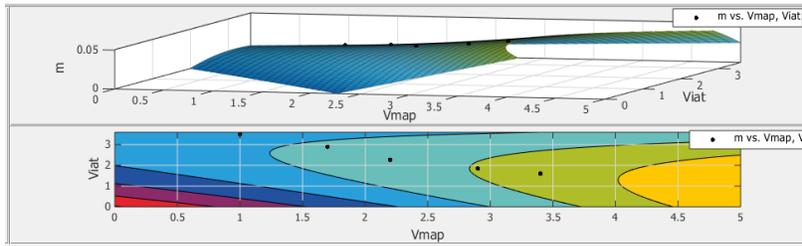


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.  
Fuente: Los Autores

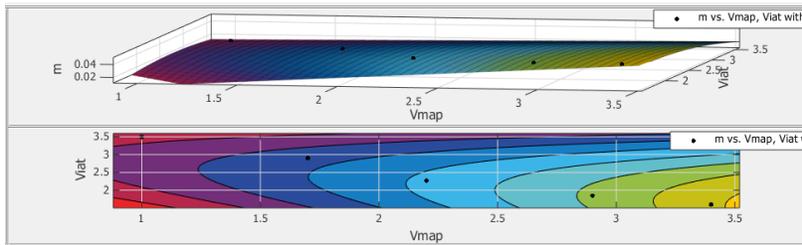


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.  
Fuente: Los Autores

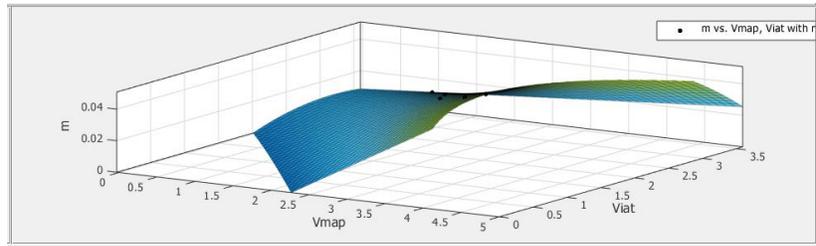


Figura: Voltaje del MAP e IAT en función de la masa de combustible.  
Fuente: Los Autores

## Líneas de Programación para el Controlador Electrónico

### ➤ MAIN.C

```
#include <main.h>

void main(){

start();

while(true){

vol_val();

//calculos

if(ralenti){//programa normal despues de 10s //ADC0 ECT //ADC1 IAT //ADC2 MAP
//ADC3 TPS

adc_sen[0]=0.0006419*adc_vol[0]*adc_vol[0]-0.01155*adc_vol[0]+0.0756;//ECT;

//adc_sen[1]=0.06*adc_vol[1];//IAT;

adc_sen[1]=0.18;

adc_sen[2]=0.495+0.09*(2.5-adc_vol[2]);//MAP

if(adc_vol[2]>=3.44)//MAP

adc_sen[2]=0.16;

else if((adc_vol[2]>=3.4)&&(adc_sen[1]<=2.23))

adc_sen[2]=0.155;

//else if((adc_vol[2]<=3.39)&&(adc_vol[2])>3.01)

//adc_sen[2]=0.35;

//else if((adc_vol[2]<=3)&&(adc_vol[2]>2.8))

//adc_sen[2]=0.38;

//else if((adc_vol[2]<=2.79)&&(adc_vol[2]>2.6))

//adc_sen[2]=0.4;

//else if((adc_vol[2]<=2.59)&&(adc_vol[2]>2.25))
```

```

//adc_sen[2]=0.425;

//else if((adc_vol[2]<=2.24)&&(adc_vol[2]>2.01))

//adc_sen[2]=0.5;

//else if((adc_vol[2]<=2)&&(adc_vol[2]>1.75))

//adc_sen[2]=0.55;

//else if((adc_vol[2]<=1.74)&&(adc_vol[2]>1.5))

//adc_sen[2]=0.65;

//else if((adc_vol[2]<=1.49)&&(adc_vol[2]>1.25))

//adc_sen[2]=0.75;

//else if((adc_vol[2]<=1.24)&&(adc_vol[2]>1))

//adc_sen[2]=1;

//else if((adc_vol[2]<=0.99)&&(adc_vol[2]>0.75))

//adc_sen[2]=1.2;

tiempo_ms=adc_sen[0]+adc_sen[1]+adc_sen[2];

//fprintf(PICkit," tmp %f",tiempo_ms);

//tiempo_ms=tiempo_ms+tiempo_tps(adc_val[3],tiempo_ms);//tiempo enriquecimiento ya
incluye TPS

//fprintf(PICkit," tmpEN %f\r\n",tiempo_ms);

else{//programa para arranque en frio //ADC0 ECT //ADC1 IAT //ADC2 MAP //ADC3
TPS

adc_sen[0]=0.0006419*adc_vol[0]*adc_vol[0]-0.01155*adc_vol[0]+0.0756;//ECT

if((adc_vol[2]>=3)&&(adc_vol[1]<4))//IAT

//adc_sen[1]=0*adc_vol[3];//TPS

adc_sen[1]=0.0455*adc_vol[1];//IAT

else if ((adc_vol[2]>=2.55)&&(adc_vol[2]<3))

adc_sen[1]=0.168*adc_vol[1];//IAT

```

```

//adc_sen[1]=1.5;
//if((adc_vol[2]>=1.5)&&(adc_vol[2]<3.7))
//adc_sen[2]=(1.25);
//adc_sen[2]=0.275+0.05*(3-adc_vol[2]);//MAP
if(adc_vol[2]>=3.43)//MAP
adc_sen[2]=0.45;
adc_vol[3]=((float)(adc_val[3]*5)/1024);
if((adc_vol[3]>=0.78)&&(adc_vol[2]<3.44))//TPS
adc_sen[3]=2;
else if((adc_vol[3]>=1)&&(adc_vol[2]<3))
adc_sen[3]=2.5;
//adc_sen[3]=3*adc_vol[3]+2;//TPS
else if((adc_vol[3]>=1.5)&&(adc_vol[2]<3.44))
adc_sen[3]=2.75;
else if((adc_vol[3]>=2)&&(adc_vol[2]<2))
adc_sen[3]=3;
//adc_sen[3]=9*adc_vol[3]+5.5;//TPS
//adc_sen[3]=2.5;
//adc_sen[3]=0.345*adc_vol[3];//TPS
//if adc_vol[3]>=0)&&(adc_vol[2]<0.5))
//adc_sen[3]=0.5;
//else if((adc_vol[3]>=0.83)&&(adc_vol[2]<0.9))
//adc_sen[3]=0.5;
//else if((adc_vol[3]>=1)&&(adc_vol[2]<2))
//adc_sen[3]=1.7;

```

```

//else if((adc_vol[3]>=2)&&(adc_vol[2]<3))
//adc_sen[3]=3.7;
//else if((adc_vol[3]>=3)&&(adc_vol[2]<4))
//adc_sen[3]=3.5;
tiempo_ms=adc_sen[0]+adc_sen[1]+adc_sen[2]+adc_sen[3];
//envio del tiempo calculado
tiempo_tmr0(tiempo_ms);//tiempo en miliSegundos
//%%%%%%%% calculos del duty cycle por TPS %%%%%%%%%
pwm_dutty((int8)(100-adc_vol[3]*200/50));
debug_PICkit();

```

### ➤ **INTERRUPT.C**

```

#include <EXT1>
void EXT1_isr(void){
output_high(iny_out);
set_timer0(tmr0);//set_timer0(65535-(int16)(t*750));//
disable_interrupts(int_ext1);
enable_interrupts(INT_TIMER0);
#include <TIMER0>
void TIMER0_isr(void){
output_low(iny_out);
clear_interrupt(int_ext1);
enable_interrupts(int_ext1);
disable_interrupts(INT_TIMER0);
#include <TIMER1>
void TIMER1_isr(void) { //pwm

```

```

if (tmr1_n<tmr1_width) output_high(bob_out);
else output_low(bob_out);
tmr1_n++;
if(tmr1_n>=400) tmr1_n=0; //50hz=400
set_timer1(65460);//65535-75=50uS
#int_TIMER2
void TIMER2_isr(void){
tmr2_n++;
if(tmr2_n>=900){ //t(S)/5.4mS
ralenti=true;
disable_interrupts(int_timer2);
#int_AD
void AD_isr(void){
adc_sum+=read_adc(ADC_READ_ONLY);
adc_i++;
if(adc_i>=64){
adc_val[adc]=(int16)(adc_sum>>6);
adc_sum=0;
adc_i=0;
adc++;
if(adc==4){
adc=0;
set_adc_channel(adc);
read_adc(ADC_START_ONLY);

```

➤ **MAIN.H**

```

#include <18F4550.h>

#device adc=10

//#include <math.h>

#fuses
HSPLL,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,USBDIV,PLL5,CPUDIV1,
NOVREGEN,NOPBADEN

#use delay(clock=48000000)

#use fast_io(B)  ##byte LATB=getenv("SFR:LATB")

#use fast_io(C)

#use fast_io(D)

#define Debug_serial 1

#ifdef Debug_serial

#use rs232(baud=9600,uart1,stream=PICKIT,parity=N,bits=8)

#endif

#define iny_out PIN_D2

#define bob_out PIN_C2

static unsigned int32 adc_sum;

static unsigned int16 adc_i;

static unsigned int8 adc;

static unsigned int16 adc_val[4];

static float      adc_vol[4];

static float      adc_sen[4];

static unsigned int16 tmr0;

static float      tiempo_ms;

//static float      tiempo_ms_1;

```

```

static unsigned int16 tmr1_n;

static unsigned int16 tmr1_width;

static unsigned int16 tmr2_n;

unsigned int1 ralenti=false;

static unsigned int16 tps_1;

#include <function.c>

#include <interrupt.c>

➤ FUNCTION.H

inline

void start (void){

    output_low(iny_out);

    setup_adc_ports(AN0_TO_AN3|VSS_VDD);

    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_64); /// $ADC\_ACQT\_2TAD$ ;tad=0.8u

    #asm

        movlw 0b10011110; right justified,Tacq=4Tad(2Tad),Fad=Fosc/64  tacq=2.45us
    movlw 0b10111110;

        iorwf 0xFC0,1; direccion de ADCON2

    #endasm

    setup_timer_0(T0_INTERNAL|T0_DIV_16); //87.4 ms overflow div16

    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);

    setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,255,16); //341 us overflow, 5.4 ms interrupt

    setup_spi(FALSE);

    setup_psp(PSP_DISABLED);

    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);

    setup_vref(FALSE);

```

```

port_b_pullups(FALSE);
set_tris_a(0xff);
set_tris_b(0xff);
set_tris_c(0b10111011);
set_tris_d(0b11111011);
set_tris_e(0xff);
set_adc_channel(adc);
read_adc(ADC_START_ONLY);
enable_interrupts(int_ad);
disable_interrupts(int_timer0);
enable_interrupts(int_timer1);
enable_interrupts(int_timer2);
disable_interrupts(int_rda);
disable_interrupts(int_ext);
enable_interrupts(int_ext1);
ext_int_edge(1,L_TO_H);
disable_interrupts(int_ext2);
//ext_int_edge(2,H_TO_L);
enable_interrupts(GLOBAL);
output_low(iny_out);

#inline
void debug_PICkit(void){
    static unsigned int8 option;

    #ifdef Debug_serial
        if(kbhit(PICkit)) {

```

```

option=fgetc(PICkit);
if(option=='1')
    fprintf(PICkit,"ADC0 ECT %4Lu %f %f\r\n",adc_val[0],adc_vol[0],adc_sen[0]);
else if(option=='2')
    fprintf(PICkit,"ADC1 IAT %4Lu %f %f\r\n",adc_val[1],adc_vol[1],adc_sen[1]);
else if(option=='3')
    fprintf(PICkit,"ADC2 MAP %4Lu %f %f\r\n",adc_val[2],adc_vol[2],adc_sen[2]);
else if(option=='4')
    fprintf(PICkit,"ADC3 TPS %4Lu %f %f\r\n",adc_val[3],adc_vol[3],adc_sen[3]);
else if(option=='t')
    fprintf(PICkit,"iny_t(mS) %f\r\n",tiempo_ms);
else if(option=='d')
    fprintf(PICkit,"duty(po) %3Lu\r\r\n",tmr1_width/4);
else if(option=='z'){
    fprintf(PICkit,"ADC0 ECT %4Lu %f %f\r\n",adc_val[0],adc_vol[0],adc_sen[0]);
    fprintf(PICkit,"ADC1 IAT %4Lu %f %f\r\n",adc_val[1],adc_vol[1],adc_sen[1]);
    fprintf(PICkit,"ADC2 MAP %4Lu %f %f\r\n",adc_val[2],adc_vol[2],adc_sen[2]);
    fprintf(PICkit,"ADC3 TPS %4Lu %f %f\r\n",adc_val[3],adc_vol[3],adc_sen[3]);
    fprintf(PICkit,"iny_t(mS) %f\r\n",tiempo_ms);
    fprintf(PICkit,"duty(po) %3Lu\r\r\n",tmr1_width/4);
}
#endif

inline
void vol_val(void){
    adc_vol[0]==((float)(adc_val[0]*5)/1024);
    adc_vol[1]==((float)(adc_val[1]*5)/1024);
}

```

```

    adc_vol[2]=((float)(adc_val[2]*5)/1024);
#inline
void tiempo_tmr0(float t){
    tmr0=65535-(int16)((t/0.004)*3);
    //tmr0=65535-(int16)(t*750);
#inline
void pwm_dutty(int8 dutty) {
    tmr1_width=6*(int16)dutty;
#inline
float tiempo_tps(int16 tps,float tiempo) {
    float tiemp_tps;
    if(tps>tps_1)
        tiemp_tps=tiempo*9;
    else
        tiemp_tps=0;
    //fprintf(PICkit,"tiempo %f\r\n",tiemp_tps);//comentario para el tiempo de enriquecimiento
    al uart.
    tps_1=tps;
    return tiemp_tps;

```