



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE SENSORES
ACTUADORES Y VERIFICACIÓN DE LA ECU
MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR
VIRTUAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ.”**

**GUACHO GUAMÁN MIGUEL ÁNGEL
REA BELTRÁN EDWIN ANTONIO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-06-2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MIGUEL ÁNGEL GUACHO GUAMÁN

Titulada:

“CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE SENSORES ACTUADORES Y VERIFICACIÓN DE LA ECU MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR VIRTUAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Dr. Mario Efraín Audelo Guevara
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Emilia Daniela Aimacaña Sánchez
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-06-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

EDWIN ANTONIO REA BELTRÁN

Titulada:

“CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE SENSORES ACTUADORES Y VERIFICACIÓN DE LA ECU MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR VIRTUAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Dr. Mario Efraín Audelo Guevara
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Emilia Daniela Aimacaña Sánchez
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MIGUEL ÁNGEL GUACHO GUAMÁN

TÍTULO DE LA TESIS: “CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE
SENSORES ACTUADORES Y VERIFICACIÓN DE LA ECU MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR VIRTUAL PARA LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

Fecha de Examinación: 2013-12-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán M. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Dr. Mario Efraín Audelo Guevara (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Emilia Daniela Aimacaña Sánchez (ASESOR)			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Carlos Santillán M.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDWIN ANTONIO REA BELTRÁN

TÍTULO DE LA TESIS: “CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE
SENSORES ACTUADORES Y VERIFICACIÓN DE LA ECU MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR VIRTUAL PARA LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

Fecha de Examinación: 2013-12-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán M. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Dr. Mario Efraín Audelo Guevara (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Emilia Daniela Aimacaña Sánchez (ASESOR)			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Carlos Santillán M.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

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

Miguel Ángel Guacho Guamán

Edwin Antonio Rea Beltrán

DEDICATORIA

A mis Padres Luis Guacho y Magdalena Guamán quienes con su esfuerzo, dedicación, paciencia me supieron brindar todo su apoyo incondicional y permitirme alcanzar mis metas propuestas y ser útil a la sociedad.

A mis hijos que son la alegría de mi vida y son el regalo más hermoso que Dios me ha dado, y todo mi sacrificio y esfuerzo es para que ellos se sientan felices siempre.

Miguel Guacho Guamán

A mi padre José Rea y a mi madre Rosana Beltrán, quienes con su esfuerzo y dedicación, lograron brindarme una oportunidad de superación, para hacer de mi un hombre de bien y útil a la sociedad, lo que sin su amor, y apoyo incondicional, no hubiera sido posible.

También está dedicado a mis hermanos, hermanas, mi sobrino y familiares de Saraguro; quienes me acompañaron durante este tiempo de estudios; que con su ayuda y ejemplos logré ser una persona perseverante, responsable con mis acciones y respetuosa con los demás.

Y para todas esas personas que creyeron en mí va dedicado este proyecto y solo puedo decirles GRACIAS K.M.P.

Edwin Rea Beltrán

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios quien supo guiar mi camino y culminar con éxito mis estudios, a mis padres quienes me supieron apoyar en todo momento y supieron confiar en mí, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por abrirnos sus puertas y brindarnos la oportunidad de obtener una profesión, de igual manera al Dr. Mario Audelo y la Ing. Emilia Aimacaña por todo el apoyo obtenido para la realización de este proyecto.

Y en especial a mi familia y amigos, compañeros que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Miguel Guacho Guamán

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

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

Edwin Rea Beltrán

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación técnico-económica.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Historia y evolución de la inyección electrónica.	4
2.2 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de combustible.	4
2.2.1 <i>Inyección alternada</i>	4
2.2.2 <i>Inyección agrupada o semisecuencial</i>	5
2.2.3 <i>Inyección simultánea</i>	5
2.2.4 <i>Inyección secuencial</i>	6
2.2.5 <i>Sistema de inyección multipunto</i>	7
2.2.5.1 <i>Condiciones de funcionamiento</i>	7
2.3 Principio de funcionamiento de la inyección electrónica.....	8
2.3.1 <i>Ventajas de la inyección</i>	9
2.4 Partes de un sistema de inyección electrónica básico.	10
2.5 Sensores.....	10
2.5.1 Sensor de posición del cigüeñal (CKP).	10
2.5.2 <i>Sensor de posición del árbol de levas (CMP)</i>	12
2.5.3 <i>Sensor de flujo de aire (MAF)</i>	13
2.5.4 <i>Sensor de presión en el múltiple de admisión (MAP)</i>	15
2.5.5 <i>Sensores de velocidad del vehículo (VSS)</i>	16
2.5.6 <i>Sensor de oxígeno (O2)</i>	17
2.6 Actuadores.....	18
2.6.1 <i>Inyectores</i>	18
2.6.2 <i>Actuador régimen ralentí (ISC)</i>	19
2.6.3 <i>Bobinas de encendido</i>	20
2.7 Microcontrolador y microprocesador.	21
2.7.1 <i>Microcontrolador</i>	21
2.7.2 <i>Microprocesador</i>	21
2.7.3 <i>Diferencias entre microcontrolador y microprocesador</i>	21
2.7.4 <i>Programación de microcontroladores</i>	22
2.7.5 <i>Funciones del microcontrolador en el automóvil</i>	23
3. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL EQUIPO ELECTRÓNICO	25
3.1 Selección de los componentes electrónico	25
3.1.1 <i>Microcontrolador</i>	25
3.1.1.1 <i>Descripciones de pines 18F4550</i>	25
3.1.1.2 <i>Característica</i>	25
3.1.2 <i>Pantallas LCD</i>	26
3.1.3 <i>Resistencia</i>	26
3.1.4 <i>Capacitor</i>	27
3.1.5 <i>Potenciómetro</i>	27
3.2 Diseño del circuito electrónico.....	28
3.3 Descripción de la programación de microcontroladores.....	28
3.4 Circuito de la fuente de voltaje.	28
3.5 Generación de señales pulsantes.....	29
3.5.1 <i>Simulación del sensor CKP</i>	29

3.5.2	<i>Circuito electrónico del CMP.</i>	31
3.5.3	<i>Generación de señales por variación de tensión.</i>	32
3.5.4	<i>Diseño del circuito de retroalimentación.</i>	33
3.5.4.1	<i>Diseño del circuito de inyector.</i>	33
3.5.4.2	<i>Diseño del circuito de la bobina de ignición</i>	34
3.5.4.3	<i>Diseño del circuito de la válvula ISC.</i>	35
3.6	<i>Diseño digital de circuitos impresos</i>	36
3.6.1	<i>Circuito impreso de la placa de control.</i>	36
3.6.2	<i>Circuito impreso de la placa de medición.</i>	37
3.6.3	<i>Circuito impreso de la placa de válvula ISC.</i>	39
3.7	<i>Elaboración de placas electrónicas</i>	40
3.7.1	<i>Impresión.</i>	40
3.7.2	<i>Revelado.</i>	41
3.7.3	<i>Perforado.</i>	42
3.7.4	<i>Montaje de componentes electrónicos.</i>	42
4.	VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES Y ACTUADORES	44
4.1	<i>Pruebas de funcionamiento de sensores y actuadores</i>	44
4.1.1	<i>Sensor de velocidad (VSS).</i>	44
4.1.2	<i>Sensor de posición del cigüeñal (CKP).</i>	45
4.1.3	<i>Sensor de posición del árbol de levas (CMP)</i>	45
4.1.4	<i>Sensor de presión en el múltiple de admisión (MAP).</i>	47
4.1.5	<i>Sensor de flujo de masa de aire (MAF).</i>	47
4.1.6	<i>Sensor de posición de la mariposa (TPS).</i>	48
4.1.7	<i>Sensor de oxígeno (O2).</i>	49
4.1.8	<i>Bobina de encendido</i>	50
4.1.9	<i>Inyector.</i>	51
4.1.10	<i>Válvula de marcha lenta (ISC).</i>	51
4.2	<i>Guía de Prácticas</i>	52
4.3	<i>Manual Del Usuario</i>	63
4.3.1	<i>Mantenimiento del equipo motor virtual</i>	63
4.3.2	<i>Información de seguridad.</i>	64
4.3.3	<i>Descripción del equipo</i>	64
4.3.4	<i>Funcionamiento del motor virtual.</i>	65
4.3.5	<i>Sensores RPM.</i>	65
4.3.6	<i>Sensores de 0-5V.</i>	66
4.3.7	<i>Prueba de actuadores.</i>	67
5.	COSTOS	71
5.1	<i>Definición de costos</i>	71
5.2	<i>Costos directos</i>	71
5.2.1	<i>Costos de repuestos automotrices.</i>	73
5.2.2	<i>costos de mano de obra</i>	74
5.2.3	<i>Costo total directo.</i>	74
5.3	<i>Costos indirectos</i>	74
5.4	<i>Costo total.</i>	75
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	76
6.1	<i>Conclusiones:</i>	76
6.2	<i>Recomendaciones:</i>	76

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Inyección semiseccional..... 5
2	Inyección simultánea..... 6
3	Inyección secuencial..... 6
4	Partes del sistema de inyección..... 9
5	Sensor CKP..... 11
6	conexión eléctrica del sensor CKP..... 12
7	Sensor de posición del árbol de levas..... 12
8	Conexión eléctrica del sensor CMP..... 13
9	Sensor de flujo de aire..... 14
10	Circuito MAF..... 14
11	Sensor de presión en el múltiple de admisión..... 15
12	Circuito eléctrico del sensor MAP..... 15
13	Sensor de velocidad del vehículo..... 16
14	Circuito eléctrico VSS..... 16
15	Sensor de oxígeno..... 17
16	Conexión del sensor de oxígeno..... 18
17	Inyector de combustible..... 19
18	Actuador régimen ralentí..... 19
19	Bobina de encendido..... 20
20	Pines PIC 18F4550..... 23
21	Pines PIC 18F4550..... 25
22	Pantalla LCD..... 26
23	Resistencias..... 27
24	Capacitor..... 27
25	Potenciómetro digital..... 27
26	Diseño de la fuente de voltaje..... 29
27	Diseño del circuito del sensor CKP..... 30
28	Simulación del sensor CKP..... 31
29	Diseño del circuito del sensor CMP..... 31
30	Simulación del sensor CMP..... 32
31	Diseño del circuito eléctrico generador de señales por variación de tensión..... 33
32	Diseño del circuito del inyector..... 34
33	Simulación de inyector y bobina de ignición..... 34
34	Diseño del circuito de la bobina de ignición..... 35
35	Diseño del circuito de la válvula ISC..... 35
36	Diseño final del circuito impreso de la placa de control..... 36
37	Proyección final del circuito impreso de la placa de control..... 37
38	Diseño final del circuito impreso de la placa de bobina..... 37
39	Diseño final del circuito impreso de la placa del inyector..... 38
40	Proyección final del circuito impreso de la placa de bobina..... 38
41	Proyección final del circuito impreso de la placa de inyector..... 39
42	Diseño final del circuito impreso de la placa de control válvula ISC..... 39
43	Proyección final del circuito impreso de la válvula ISC..... 40
44	Preparación de las placas para la impresión..... 40
45	Proceso de corrosión de los circuitos impresos..... 41
46	Revelado de los circuitos impresos..... 41
47	Perforado de los circuitos impresos..... 42
48	Montaje de los componentes electrónicos en los circuitos impresos..... 43
49	Ensamblaje motor virtual..... 43
50	Sensor VSS..... 44
51	Forma de onda de sensor VSS..... 44

52	Sensor CKP	45
53	Forma de onda del sensor CKP	45
54	Sensor CMP	46
55	Conector sensor CMP	46
56	Forma de onda sensor CMP	46
57	Sensor MAP	47
58	Forma de onda del sensor MAP	47
59	Sensor MAF	48
60	Forma de onda del sensor MAF	48
61	Sensor TPS	49
62	Forma de onda del sensor TPS	49
63	Sensor O2	49
64	Forma de onda del sensor O2	50
65	Bobina de encendido.....	50
66	Forma de onda de bobina	51
67	Forma de onda del inyector.....	51
68	Válvula ISC	51
69	Forma de onda de la válvula ISC	52
70	Sensor VSS	52
71	Sensor CKP	53
72	Sensor CMP	54
73	Sensor O2	55
74	Sensor MAF	56
75	Sensor MAP	57
76	Sensor ECT	58
77	Sensor TPS	59
78	Válvula ISC	61
79	Bobina de encendido.....	62

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Conexión del sensor CKP 11
2	Conexión del sensor CMP 13
3	Conexión del sensor MAF 14
4	Características del sensor MAP 16
5	Características del sensor VSS 17
6	Descripción del sensor O2 18
7	Características de pines PIC18F4550 26
8	Voltajes del sensor MAF 57
9	Valores de voltaje del sensor MAP 58
10	Valores de los cables del sensor TPS 60
11	Costo de materiales directos 71
12	Costo de repuestos automotrices 73
13	Costos de mano de obra 74
14	Costo total directo 74
15	Costo indirectos 75
16	Costo total 75

LISTA DE ABREVIACIONES

ECU	Unidad de control electrónica
CKP	Sensor de posición del cigüeñal
CMP	Sensor de posición del árbol de levas
ECT	Sensor de temperatura de refrigerante
ISC	Válvula régimen ralentí
IAT	Sensor de temperatura del aire
MAP	Sensor de presión en el múltiple de admisión
O2	Sensor de oxígeno
RPM	Revoluciones por minuto
TPS	Sensor de posición de la mariposa del acelerador
MAF	Sensor de flujo de aire
VSS	Sensores de Velocidad del vehículo
KS	Sensor de detonación
PC	Microcomputador
PWM	Modulación por ancho de pulsos
GND	Tierra

LISTA DE ANEXOS

- A** Programación de microcontrolador
- B** Diagrama de flujo del circuito electrónico
- C** Guías de laboratorio

RESUMEN

El objetivo fundamental de este trabajo es construir un equipo electrónico que permita analizar el funcionamiento de sensores, actuadores y verificación del módulo de control del motor (ECU) a diferentes rangos de trabajo sin necesidad de que el vehículo este en movimiento, para ello se realizó un estudio de los sistemas de inyección electrónica que poseen a los automóviles.

El equipo electrónico contiene varios elementos y un microcontrolador PIC 18F4550 incorporados a diferentes circuitos con su respectiva programación; su memoria es extensa para almacenar toda la información que sirve para simular el funcionamiento de sensores y actuadores; y para generar voltajes requeridos en el análisis, mismo que se comandan mediante pulsadores y sus valores se visualizan en una pantalla LCD.

El equipo se constituye en una herramienta de diagnóstico automotriz y promueve un mejor entendimiento en el aprendizaje del estudiante incentivándole a utilizar y desarrollar innovación tecnológica, puesto que este motor virtual no se comercializa en el mercado nacional, abriendo posibilidades de generación y mejoramiento tecnológico en este tipo de producto.

Se realizó un manual de usuario para que el estudiante conozca el funcionamiento del equipo antes de utilizarlo y se implementó guías de laboratorio que permiten realizar las diferentes prácticas y comprobar el estado de cada uno de los componentes del vehículo.

Con el equipo se obtuvo resultados positivos como la simulación de las señales de los sensores, genera pulsos para actuadores y poder dar un diagnóstico de cada uno de los sensores y actuadores del vehículo.

ABSTRACT

The main objective of this work is to build an electronic computer to analyze the operation of sensors, actuators and verification module engine control (ECU) at different pressure ranges without the vehicle is in motion, for it was made a study of the electronic injection systems that the cars have.

The electronic equipment contains several elements and a PIC 18F4550 microcontroller incorporated into different circuits with their respective programs, its memory extensive to store all the information that is used to simulate the operation of sensors and actuators , and to generate voltages required in the analysis , it is commanded by pushbuttons and their values are displayed on a LCD screen.

The computer is a tool of automotive diagnostic and promotes a better understanding of student learning to encourage them to use and develop technological innovation, since this virtual engine is not sold in the domestic market, opening up possibilities for generating and technological improvement in this type of product.

A user manual was developed for the student to know the functioning of the equipment before use it and also we implemented a laboratory guides allowing different practices to check the status of each vehicle components.

With the equipment we obtained positive results as the simulation of the sensor signals, generates pulses for actuators and to make a diagnosis of each of the sensors and actuators of the vehicle.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Escuela de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo desde sus inicios se encuentra sirviendo al desarrollo permanente de la juventud del centro del país, así formando profesionales de excelencia en el campo Automotriz.

En el área Automotriz debido a la evolución tecnológica que avanza a pasos agigantados a nivel mundial, se requiere implementos didácticamente estructurados, lo cual ayudan a una mejor enseñanza a los estudiantes que permita insertarse con habilidades al desarrollo del campo automotriz que cada vez se va renueva con el tiempo.

La electrónica automotriz ha evolucionado con la implementación de los sistemas de inyección electrónica en el automóvil para obtener un destacado rendimiento en el motor y acortar las emisiones contaminantes al medio ambiente.

En los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Automotriz, existen varios bancos de pruebas para sistemas automotrices, pero en la actualidad no existe ninguno que pueda ser utilizado para efectuar un diagnóstico directo de todos los sensores y actuadores en un sistema de inyección electrónica de combustible.

1.2 Justificación técnico-económica

La necesidad de mejorar el diagnóstico automotriz mediante equipo electrónico que permita analizar el funcionamiento de sensores y actuadores en el comportamiento del motor y las emisiones de gases contaminantes, como son los sensores MAF, CKP, MAP TPS, O2.

Al construir el equipo de diagnóstico se pretende solucionar las siguientes necesidades:

Tener un control del funcionamiento de los sensores y actuadores los cuales permiten que exista un buen rendimiento del motor.

Verificar el funcionamiento de la unidad de control del motor (ECU) a diferentes rangos de trabajo sin necesidad de que el vehículo este en movimiento.

Reducir costos de mantenimiento evitando la sustitución de estos componentes innecesariamente.

Esta investigación promueve una enseñanza con procesos activos y prácticos en la que los estudiantes profundizan, mediante la información adquirida, permitiendo construir significados de razonamiento y diagnóstico que reconocen entre la información que poseen almacenada en su memoria y la nueva al aplicarlos en la práctica, generando significatividad del conocimiento.

Con la ayuda de este proyecto se llegará a ser profesionales competitivos y capaces de resolver cualquier problema que se presente en los sistemas de inyección de combustible en el campo automotriz.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Controlar el funcionamiento de sensores actuadores y verificación de la ECU mediante la implementación de un motor virtual para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos:

Realizar un estudio de los sistemas de inyección electrónica de combustible a gasolina.

Obtener información del sistema de alimentación en los automóviles para un mejor entendimiento del proyecto a realizar.

Comprender el funcionamiento de sensores y actuadores mediante gráficas de osciloscopio.

Diseñar y construir el equipo de simulación de sensores y verificación de la ECU, que permita determinar el estado de cada uno de los mismos.

Diseñar el sistema que controla el funcionamiento de la válvula ISC, y que genere pulsos de inyección para el análisis de los inyectores.

Realizar una guía de usuario del equipo.

Elaborar un manual de prácticas para guía de los estudiantes.

Realizar pruebas de funcionamiento del equipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Historia y evolución de la inyección electrónica

La inyección de combustible ha recorrido un largo camino durante los últimos 20 años, pero su historia se remonta a los primeros días del carburador. Así como las razones más convincentes para utilizar la inyección de combustible tienen que encontrarse en las desventajas del carburador moderno, la falta de refinamiento y la versatilidad de los antiguos carburadores prepararon el camino para hacer los primeros experimentos con la inyección de combustible. Los orígenes de la inyección de combustible no pueden desligarse de la historia del carburador y la evolución de los combustibles para motor. El primer empleo práctico de la inyección de combustible no se llevó a cabo en un automóvil, sino en un motor estacionario.

El estadounidense Franz Burger, un ingeniero que trabajaba para la Charter Gas Engine Company, de Sterling, Illinois, desarrolló un sistema de inyección de combustible que empezó a producirse en 1887. En este sistema, se alimentaba el combustible por gravedad, desde el tanque y entraba al cuerpo inyector a través de una válvula de estrangulación. La boquilla del inyector sobresalía en forma horizontal, entrando al tubo vertical de admisión. (ALONSO, 2002 págs. 34-41)

2.2 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de combustible

El sistema de inyección está clasificado de acuerdo a los modelos de vehículos, marcas y el diseño de fábrica:

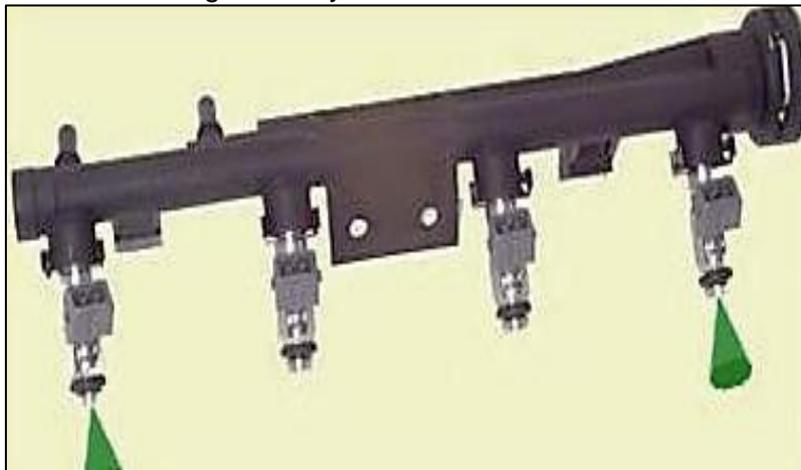
- Inyección alternada
- Inyección agrupada o semisecuencial
- Inyección simultánea
- Inyección secuencial
- Sistema de inyección multipunto.

2.2.1 Inyección alternada. Este sistema se utiliza en muchos vehículos americanos, como por ejemplo en las líneas Ford, General Motor (GMC),

Dodge, Chrysler y otros. Este sistema cuenta con dos inyectores en el cuerpo de aceleración, cuando un inyector pulsa, el otro permanece cerrado en milisegundos. Algunos vehículos americanos de mayor potencia pueden llegar a tener cuatro inyectores en el cuerpo de la mariposa.

2.2.2 Inyección agrupada o semisecuencial. Este diseño del sistema de inyección electrónica de combustible, se encarga de inyectar por pares o se divide la cantidad de cilindros por dos. En el caso de un motor de cuatro cilindros, inyectará de a dos por vez, si fuera de seis cilindros inyectará tres inyectores por vez, operación que producirá en cada vuelta del motor (720°).

Figura 1. Inyección semisecuencial



Fuente: http://www.mastercars.com.co/d_inyeccion/i_inyeccion.htm

La unidad de control envía órdenes de trabajo a través de dos circuitos, esto quiere decir que uno de los circuitos está conectado al primero y al cuarto cilindro, el siguiente está conectado al segundo y tercer cilindro.

El inyector número uno es utilizado en la fase de admisión y el inyector número cuatro espera hasta que llegue en su ciclo o fase de admisión para propagar la mezcla de aire combustible, de tal forma causará la combustión del motor.

2.2.3 Inyección simultánea. El sistema de inyección simultánea está gobernado hidromecánicamente. Un ejemplo de este tipo es el K-Jetronic, que inyecta en todos los cilindros a la vez por cada revolución del motor y de acuerdo a la dosificación del aire por el caudalímetro.

En este tipo de inyección la unidad de control suministra la inyección a través de un solo circuito, en forma de pulsos, y a la vez los inyectores están alimentados con la tensión de 12V desde el relé de inyección o en algunos a través de un fusible.

Figura 2. Inyección simultánea



Fuente: http://www.mastercars.com.co/d_inyeccion/i_inyeccion.htm

2.2.4 Inyección secuencial. La computadora del vehículo está programada para este tipo de rango de trabajo (en orden). Este sistema de inyección, es mejorado por los fabricantes y se obtuvo:

- Mayor rendimiento del motor
- Mayor economía
- Menor emisión de gases contaminantes

Figura 3. Inyección secuencial



Fuente: http://www.mastercars.com.co/d_inyeccion/i_inyeccion.htm

La función que cumple este sistema es que opera de acuerdo al programa de la computadora, por ejemplo de acuerdo al orden de encendido, en un vehículo

de cuatro cilindros, la computadora envía los pulsos correspondientes hacia los inyectores según el orden de encendido 1-3-4-2.

La unidad de control está programada para esta orden, y con circuitos independientes hacia los inyectores. De esta forma se identifica el sistema de inyección secuencial o también identificando el sensor de árbol de levas.

2.2.5 Sistema de inyección multipunto. Los equipos de inyección electrónica multipunto intentan ser sistemas de alimentación más precisos, es la razón por la cual se utiliza la electrónica para conseguir una dosificación más exacta.

El control de la dosificación se puede realizar, ya que se controla una serie de parámetros para determinar el tiempo básico de inyección, como son:

- Densidad de aire
- Temperatura del motor
- Régimen de giro del motor
- Carga del motor
- Tensión de la red del vehículo.
- Oxígeno residual de la mezcla.

2.2.5.1 Condiciones de funcionamiento. Para la determinación de estos parámetros son utilizados transductores capaces de determinar modificaciones de tensión eléctrica, de acuerdo con la magnitud que controlan. Los transductores transmiten a la ECU (Unidad de Control Electrónica), la información, que será procesada, y así transmitir las órdenes al sistema.

El recorrido de la gasolina empieza desde el tanque de combustible, donde es aspirada por la bomba eléctrica de combustible, que recibe la corriente desde el relé principal, regida por el interruptor de contacto y la ECU. La bomba de combustible impulsa la gasolina a través del filtro, al tubo de distribución (riel), y llega al regulador de presión donde se establece la presión adecuada, finalmente, el aire recibe la aportación de combustible de los inyectores para que se produzca la combustión.

Los sistemas de inyección de gasolina actuales dosifican exactamente la cantidad de combustible que es requerida en cada régimen de giro y carga del

motor. En los sistemas actuales de inyección indirecta el combustible es inyectado en el colector de admisión, justamente delante de las válvulas de admisión. Por medio de un sistema de inyección autónoma, gobernado mediante un dispositivo electrónico, de esta forma se consigue un mayor control de la mezcla aire- combustible en cualquiera de las condiciones de marcha del motor, de los que resultan unos niveles reducidos de emisión de gases contaminantes y mejor rendimiento del motor.

A través de los colectores y conductos de admisión circula aire solamente, inyectándose la gasolina justamente en la entrada del cilindro, dosificándola adecuadamente de manera que el motor reciba la cantidad justa para sus necesidades reales. Asimismo, cada uno de los cilindros recibe la misma cantidad de combustible. (GIL, 2002 págs. 12-18)

2.3 Principio de funcionamiento de la inyección electrónica

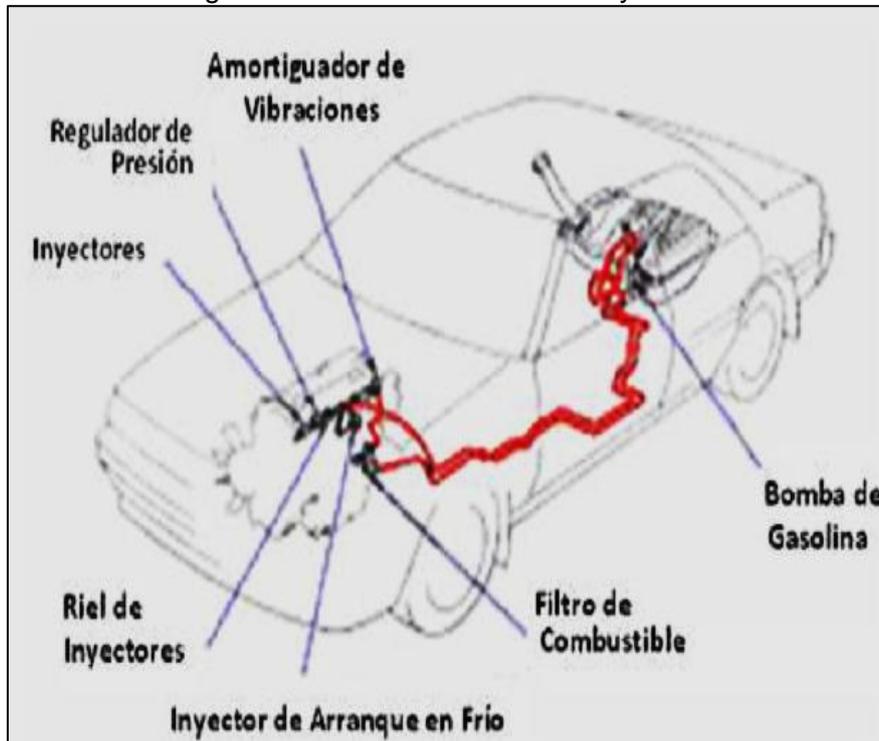
El principio de funcionamiento de la inyección electrónica de combustibles es muy sencillo. Los inyectores se abren no sólo por la presión del combustible que está en las líneas de distribución, sino también por los solenoides accionados por una unidad electrónica de control. Puesto que el combustible no tiene que vencer una resistencia, que no sea las insignificantes pérdidas debidas a la fricción, la presión de la bomba puede fijarse en valores muy bajos, compatibles con los límites para obtener atomización completa con el tipo de inyectores utilizados.

La cantidad de combustible por inyectar, la calcula la unidad de control (ECU), con base en la información que se le alimenta en relación con las condiciones de funcionamiento del motor. Esta información incluye la presión del múltiple, enriquecimiento del acelerador, enriquecimiento para el arranque en frío, condiciones de funcionamiento en vacío, temperatura ambiente y presión barométrica. Los sistemas trabajan con presión constante e inyección variable sincronizada o flujo continuo.

Comparada con los sistemas de inyección mecánica, la inyección electrónica tiene un impresionante número de ventajas. Tiene menos partes móviles, no necesita estándares ultra precisos de maquinado, funcionamiento más tranquilo, menos pérdida de potencia, baja demanda de electricidad, no necesita impulsores especiales para la bomba, no tiene requerimientos críticos de filtración de combustible, no tiene sobre

voltajes o pulsaciones en la línea de combustible y finalmente, el argumento decisivo para los fabricantes de autos: Su costo es más bajo. (GIL, 2002 págs. 20-24)

Figura 4. Partes del sistema de inyección



Fuente:<http://www.bosch.com.co/divisiones/pdf/folletoInyeccionBosch.pdf>

2.3.1 Ventajas de la inyección. Se produce un consumo reducido al asignar un inyector a cada cilindro, en el momento oportuno y en cualquier estado de carga se asegura la cantidad de combustible, exactamente dosificada.

La utilización de los sistemas de inyección permite optimizar la forma de los colectores de admisión con el consiguiente mejor llenado de los cilindros. El resultado se traduce en una mayor potencia específica y un aumento del par motor.

La concentración de los elementos contaminantes en los gases de escape depende directamente de la proporción aire/gasolina. Los sistemas de inyección permiten ajustar en todo momento la cantidad necesaria de combustible respecto a la cantidad de aire que entra en el motor.

2.4 Partes de un sistema de inyección electrónica básico

Sistema de Admisión, tiene por misión hacer llegar a cada cilindro del motor la cantidad de mezcla aire/combustible necesaria a cada carrera de explosión del pistón.

Cuerpo de la mariposa, aloja el regulador de la presión del combustible, el motor paso a paso de la mariposa, el sensor de temperatura de aire y el inyector único.

Caudalímetro, es dispositivo encargado de la medición de caudal de aire

Interruptor de la mariposa, es un potenciómetro que supervisa la posición de la mariposa para que la demanda de combustible sea la adecuada.

Sensor de la temperatura del refrigerante, asegura que se suministre combustible extra para el arranque en frío.

Distribuidor, supervisa el régimen del motor a partir de las señales que transmite el captador situado en el distribuidor del encendido.

Sonda Lambda, que detecta la cantidad de oxígeno que hay en los gases de escape.

Unidad de control electrónica (ECU), una memoria de autodiagnóstico que detecta y guarda las averías.

Sistema de alimentación, suministra a baja presión. (ALONSO, 2002 págs. 25-28)

2.5 Sensores

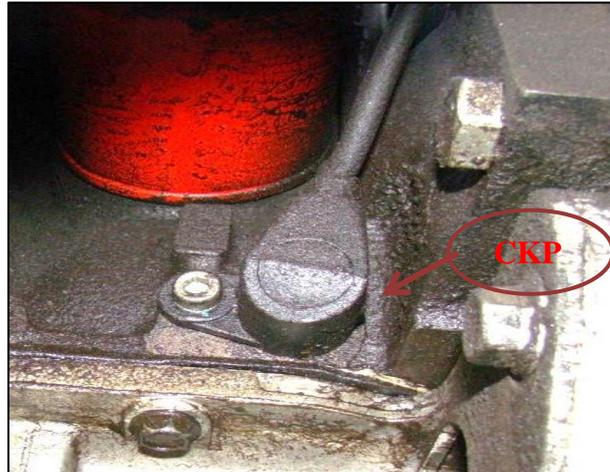
Se denominan sensores a todos los dispositivos encargados de enviar información al (ECU) del estado de funcionamiento en que se encuentre el motor.

A continuación se detalla cada uno de los sensores.

2.5.1 Sensor de posición del cigüeñal (CKP). Este sensor reporta el número y secuencias de las ranuras hechas en el plato del convertidor de torsión, y la ECU capta la posición del cilindro número 1, y así la chispa e inyección pueda ser

sincronizada con el motor. Dicho sensor se encuentra ubicado a un costado de la polea del cigüeñal. (SANTANDER, 2003 págs. 34-45)

Figura 5. Sensor CKP



Fuente: Autores

Existen dos tipos de señal que envía este sensor que son:

a. Tipo inductivo. En este tipo de sensores, se encuentra una señal alterna, esta señal depende de una rueda fónica, el número de ondas que espera ver el ECU, depende de cuantos dientes tenga la rueda, en la mayoría de vehículos poseen una rueda fónica de 60 dientes menos dos faltantes que daría un total de 58 dientes, y en casos exclusivos como la Ford ocupan 36 dientes menos 1 faltante.

b. Tipo efecto Hall. El sensor del cigüeñal tipo Hall genera una onda cuadrada con tantas señales como cilindros tenga el motor. En algunos casos una de las señales es más grande que las demás indicando el punto muerto superior del primer cilindro cuando el sistema es de inyección secuencial. (SANTANDER, 2003 págs. 46-50)

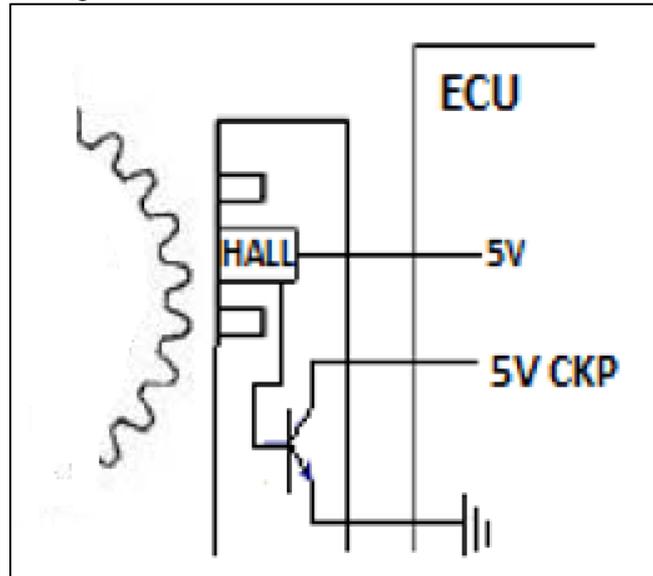
Este tipo de sensor suele estar ubicado dentro del distribuidor.

Tabla 1. Conexión del sensor CKP

Pines del sensor	Descripcion
1	Señal
2	Retorno
3	Masa (coaxial)

Fuente: Autores

Figura 6. conexión eléctrica del sensor CKP



Fuente: Autores

2.5.2 *Sensor de posición del árbol de levas (CMP).* Este sensor es generalmente inductivo y se monta en contacto con el eje de levas, en algunos vehículos está colocado dentro del distribuidor. (AGUEVA, 2002 págs. 23-26)

Figura 7. Sensor de posición del árbol de levas



Fuente: Autores

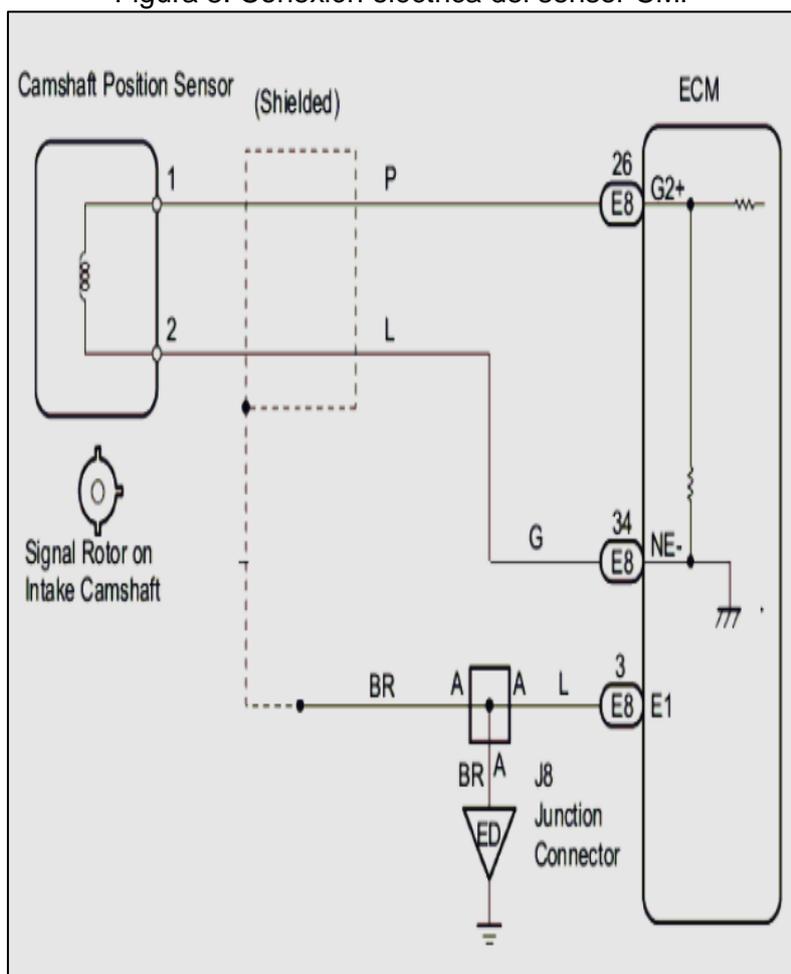
El voltaje producido por el sensor del árbol de levas será determinado por varios factores: la velocidad del motor, la proximidad del rotor de metal al sensor y la fuerza del campo magnético ofrecida por el sensor.

Tabla 2. Conexión del sensor CMP

Pines del sensor	Descripción
1	Señal
2	Retorno
3	Masa (Coaxial)

Fuente: Autores

Figura 8. Conexión eléctrica del sensor CMP



Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=236

2.5.3 Sensor de flujo de aire (MAF). El sensor MAF o sensor de flujo de aire mide directamente el aire que ingresa por el ducto de admisión. Se encuentra colocado entre el filtro de aire y el cuerpo de la mariposa de aceleración. La salida de la señal del MAF debe ser proporcional a la cantidad de aire ingresada. (ALONSO, 2004 págs. 34-38)

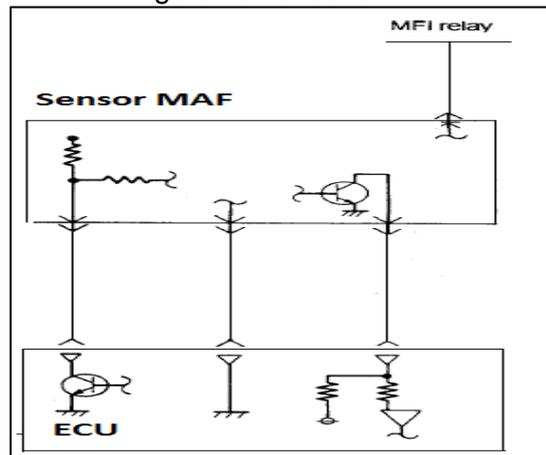
Figura 9. Sensor de flujo de aire



Fuente: Autores

El voltaje de la señal de ralentí debe ser alrededor de 1V mientras en una aceleración brusca del MAF crecerá hasta 3V o más.

Figura 10. Circuito MAF



Fuente: Autores

La conexión eléctrica del sensor MAF puede tener varios tipos de conexión la más común en los modelos Toyota, la cual está compuesto dentro del mismo sensor de flujo, el sensor de temperatura de aire IAT, este se llama sensor de flujo total.

Tabla 3. Conexión del sensor MAF

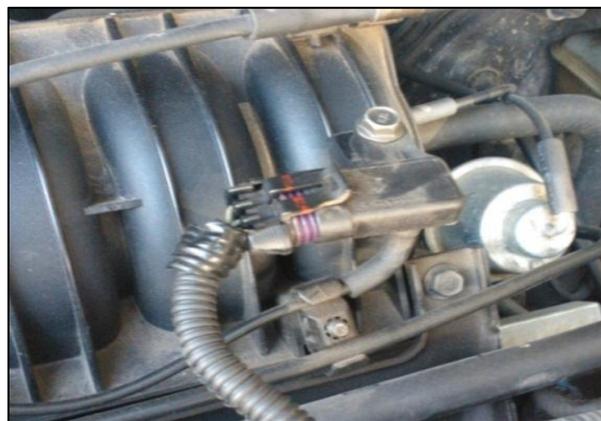
Pines del sensor	Descripción
1	Señal MAF
2	GND
3	Alimentación
4	Señal IAT
5	GND

Fuente: Autores

2.5.4 *Sensor de presión en el múltiple de admisión (MAP).* El sensor MAP mide la cantidad de presión que existe en el múltiple de admisión de acuerdo al incremento de presión registrada por el ECU determina que la carga del motor está en aumento y de esa forma coloca un mayor grado de inyección.

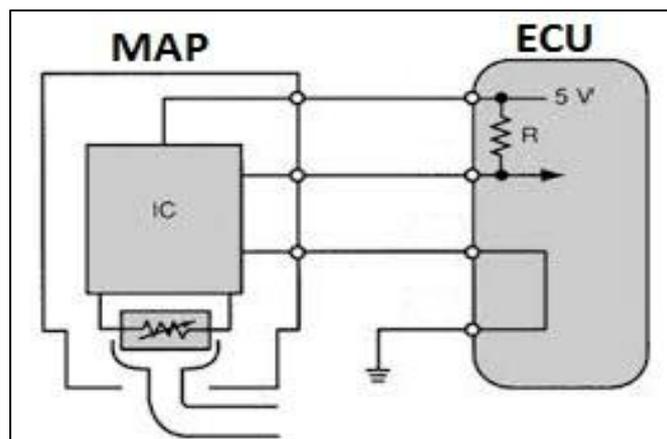
El sensor MAP genera una señal de voltaje que aumenta con relación a la presión del colector es por eso que cada MAP viene dispuesto solo para un modelo determinado puesto que un sensor de un motor aspirado natural operaría completamente erróneo en un sistema con turbo. (ALONSO, 2004 págs. 38-41)

Figura 11. Sensor de presión en el múltiple de admisión



Fuente: Autores

Figura 12. circuito eléctrico del sensor MAP.



Fuente: Autores

Como la alimentación es mantenida rigurosamente por la ECU con un valor de 5 voltios, variando el valor de la presión, varía linealmente el valor de la tensión de salida.

Tabla 4. Características del sensor MAP

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

Fuente: Autores

2.5.5 Sensores de Velocidad del vehículo (VSS). El sensor VSS reporta la velocidad a la cual se desplaza el vehículo esa información la utiliza la ECU para controlar estrategias de velocidad constantes

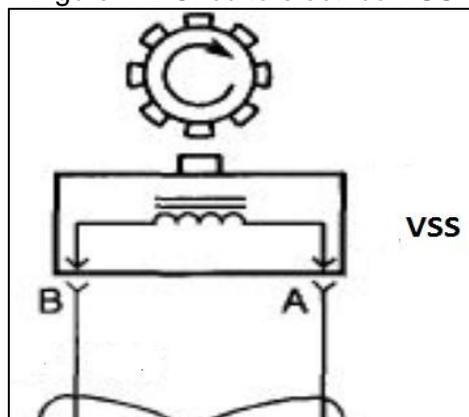
El sensor de velocidad VSS más utilizado es efecto Hall, este tipo de sensores pueden estar ubicados en la misma transmisión y su señal será cuadrada y cambiara de alto a bajo de acuerdo al movimiento, en caso de aumentar la velocidad aumentará la frecuencia de la misma y el ECU la utilizará para sus diferentes estrategias. (SANTANDER, 2003 págs. 25-41)

Figura 13. Sensor de velocidad del vehículo



Fuente: Autores

Figura 14. Circuito eléctrico VSS



Fuente: Autores

Tabla 5. Características del sensor VSS

Pines del sensor	Descripción
A	VSS High
B	VSS Low

Fuente: Autores

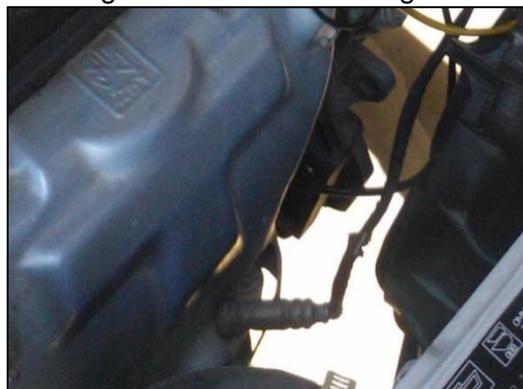
2.5.6 Sensor de Oxígeno (O₂). Este sensor mide la concentración de oxígeno en los gases de escape, cuando el sensor incorpora una resistencia de calefacción se lo conoce como sensor HEGO se encuentra ubicado antes del convertidor catalítico en la línea de escape, para su correcto funcionamiento se requiere una temperatura superior a los 300 grados centígrados.

Estos sensores pueden ser divididos genéricamente en tres grandes grupos, esta división responde a la cantidad de conductores de conexión que lleva el componente y no a la tecnología utilizada en su construcción:

- Sondas de 1 conductor.
- Sondas de 3 conductores.
- Sondas de 4 conductores.

En estos distintos tipos de sonda, siempre el conductor de color negro es el que lleva la información brindada por la sonda, a la computadora. (ALONSO, 2002 págs. 30-35)

Figura 15. Sensor de oxígeno

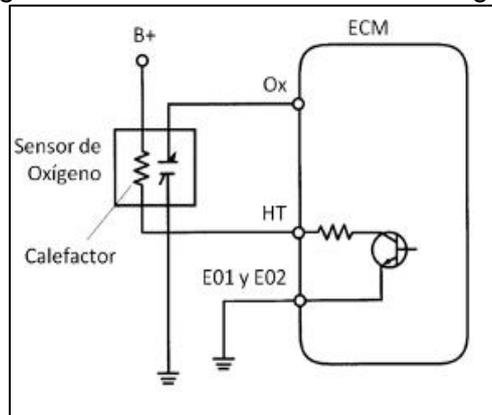


Fuente: Los Autores

En la mayoría de las sondas de 3 y 4 conductores, que son las que tienen incorporada resistencia calefactora, los conductores de color blanco son los que alimentan con 12 voltios y masa a dicha resistencia.

Esta masa es tomada en la masa de sensores en un pin determinado de la computadora.

Figura 16. Conexión del sensor de oxígeno



Fuente: <http://encendidoelectrónico.com/vista.php?id=37>

Tabla 6. Descripción del sensor O2

Pines del sensor O2	Descripción
1	Alimentación 12V
2	Señal O2
3	Resistencia calefactora
4	GND

Fuente: Autores

2.6 Actuadores

Se denominan actuadores a todos aquellos elementos que acatan la orden de la ECU y efectúan una función (o corrección). Estos son alimentados por un relé después de contacto con 12 voltios y comandados por la ECU a través de masa o pulsos de masa.

2.6.1 Inyectores. Los inyectores se encuentran localizados en el sistema de admisión, enseguida de las válvulas de admisión. Los inyectores son válvulas electromagnéticas normales cerradas, que están controladas por la ECU. (SANTANDER, 2005 págs. 18-25)

En los primeros sistemas D jetronic, los inyectores se abren con un pulso de 3 voltios en la actualidad llega hasta 12 voltios. La duración del pulso es sólo de unos pocos milisegundos (2 a 5 milisegundos), durante este tiempo el inyector pulveriza el

combustible para alimentar el motor, los pulsos son enviados por la ECU. Mientras aumenta las rpm del motor, el tiempo de apertura del inyector aumenta ligeramente.

Figura 17. Inyector de combustible



Fuente: Autores

2.6.2 *Actuador régimen ralentí (ISC).* Se utiliza mucho en el control de la marcha lenta los motores pasos a paso o (stepper motor). Los motores paso a paso, tienen la particularidad de rotar trabajando a par bloqueado.

Lo que permite una gran exactitud en el posicionamiento del obturador de la válvula de marcha lenta. La computadora explota 255 pasos posibles con los cual puede cerrar totalmente el canal Bypass o abrirlo al máximo. Existen motores paso a paso de 4 cables y de 6 cables. Los de cuatro cables están constituidos por dos bobinas, mientras que los de seis cables constan de dos bobinas pero cada una tiene un punto medio. (SANTANDER, 2005 págs. 30-35)

Figura 18. Actuador régimen ralentí



Fuente: Autores

2.6.3 Bobinas de encendido. La bobina del encendido es un dispositivo de inducción electromagnética o inductor, que forma parte del encendido de un motor de combustión interna alternativo de ciclo Otto o Wankel, que cumple con la función de elevar el voltaje normal de a bordo (6, 12 o 24 V, según los casos) en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el arco eléctrico o chispa en la bujía, para permitir la inflamación de la mezcla aire/combustible en la cámara de combustión

Consta de dos arrollamientos, primario y secundario, con una relación de espiras de 1 a 1000 aproximadamente, con grosores inversamente proporcionales a dichas longitudes, y un núcleo ferromagnético. Cuenta con dos conexiones para el primario: una de alimentación positiva desde el contacto de encendido del motor, y una de negativo al dispositivo de interrupción cíclica del primario. La secundaria cuenta con una conexión a masa, y otra de salida de alta tensión hacia la bujía o en su caso hacia el distribuidor.

La interrupción cíclica del primario está sincronizada con el motor, una vez cada giro en el dos tiempos (2T) o una cada dos giros en el cuatro tiempos (4T); aunque existen sistemas de 4T en motores de más de un cilindro, con chispa en cada revolución (Sistema de chispa perdida o DIS) Dicha interrupción era antiguamente mecánica gracias al ruptor o platinos, y hoy día se realiza mediante un circuito electrónico, siendo un transistor de potencia que depende de un controlador asociado al régimen del motor gracias a un sensor de régimen . (MARTI, 1996 págs. 18-25)

Figura 19. Bobina de encendido



Fuente: Autores

2.7 Microcontrolador y Microprocesador

2.7.1 Microcontrolador. Son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida.

El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Esto puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces. (CROUSE, 2001 págs. 26-30)

2.7.2 Microprocesador. Es el circuito integrado central y más complejo de un sistema informático; a modo de ilustración, se le suele llamar por analogía el «cerebro» de un computador. Es un circuito integrado conformado por millones de componentes electrónicos. Constituye la unidad central de procesamiento (CPU) de un PC catalogado como microcomputador.

Es el encargado de ejecutar los programas, desde el sistema operativo hasta las aplicaciones de usuario; sólo ejecuta instrucciones programadas en lenguaje de bajo nivel, realizando operaciones aritméticas y lógicas simples, tales como sumar, restar, multiplicar, dividir, las lógicas binarias y accesos a memoria.

Esta unidad central de procesamiento está constituida, esencialmente, por registros, una unidad de control, una unidad aritmético lógica (ALU) y una unidad de cálculo en coma flotante(conocida antiguamente como «co-procesador matemático»).

El microprocesador está conectado generalmente mediante un zócalo específico de la placa base de la computadora; normalmente para su correcto y estable funcionamiento, se le incorpora un sistema de refrigeración que consta de un disipador de calor fabricado en algún material de alta conductividad térmica, como cobre o aluminio, y de uno o más ventiladores que eliminan el exceso del calor absorbido por el disipador. Entre el disipador y la cápsula del microprocesador usualmente se coloca pasta térmica para mejorar la conductividad del calor. (CROUSE, 2001 págs. 31-35)

2.7.3 Diferencias entre Microcontrolador y Microprocesador. Hay varias diferencias entre un microcontrolador y un microprocesador, la primera y más importante es la

funcionalidad. Para que un microprocesador sea funcional requiere conectarse a una memoria y a dispositivos de entrada y salida (E/S). Para aclarar esto piensen en la tarjeta principal de su computadora personal, además de un buen microprocesador, requieren de memoria RAM y como ustedes saben en la tarjeta principal (motherboard) tenemos un “súper” circuito integrado llamado “chipset” que entre otras cosas se encarga de proporcionar las funciones de entrada y salida, tales como el control de los puertos serial, paralelo, USB, IEEE-1394, Ethernet y de las ranuras ISA, PCI y AGP.

En cambio en un microcontrolador tenemos tanto las capacidades de procesamiento, almacenamiento de datos e instrucciones (memoria) y de comunicación con el entorno (E/S) dentro de un sólo chip ¡No requiere de otros componentes para funcionar! ¡De hecho puede considerarse como una microcomputadora en un sólo chip! Obviamente tanta belleza tiene algunas desventajas, sobre todo derivadas del hecho de que se trata de un sistema cerrado con características que no pueden modificarse, de ahí que sea muy importante su selección.

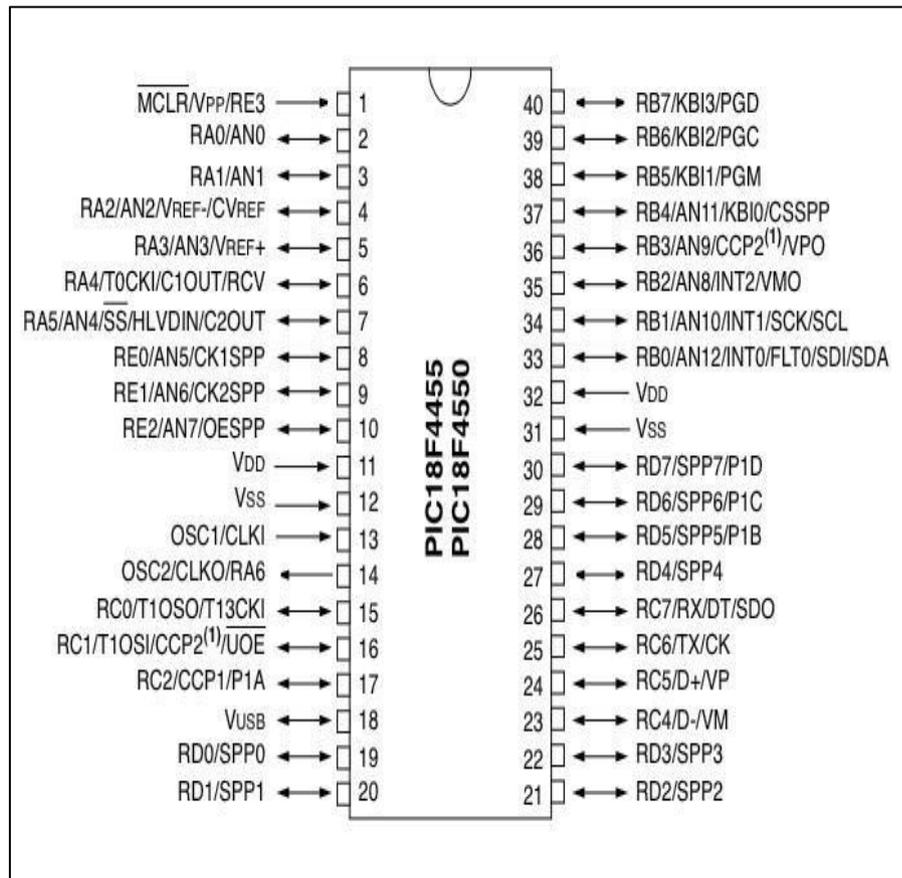
Otra diferencia es la arquitectura (los bloques funcionales internos y la forma en que se conectan), normalmente la de los microprocesadores es la tradicional de Von Neumann, mientras que la de los microcontroladores es la Harvard y aunque ya no hay arquitecturas “puramente” CISC o RISC ya que actualmente comparten muchas características, la de los microcontroladores es RISC. No debemos de olvidar que la arquitectura Harvard se distingue por tener una memoria para los datos y otra para las instrucciones, cada una con propio bus y capacidad.

2.7.4 Programación de microcontroladores. Para programar un PIC necesitamos conocer las instrucciones para generar el código fuente para posteriormente compilarlo, emular el programa y poder grabarlo para implementarlo en el circuito correspondiente.

Los microcontroladores se programan en Assembler y cada microcontrolador varía su conjunto de instrucciones de acuerdo a su fabricante y modelo.

De acuerdo al número de instrucciones que el microcontrolador maneja se le denomina de arquitectura RISC (reducido) o CISC (complejo). (CROUSE, 2001 págs. 36-40)

Figura 20. Pines PIC 18F4550



Fuente: <http://tecnologia.iesarzobispolozano.es/PlacasCircuitos.pdf>

2.7.5 Funciones del microcontrolador en el automóvil

a. Comunicaciones. Las comunicaciones entre las unidades de control electrónico (ECU) es una tendencia cada vez mayor. Comunicaciones multiplexadas en los vehículos se desarrolló originalmente para reducir el peso, las interconexiones, el costo y la complejidad. Pronto se hizo evidente, sin embargo que los sistemas de vehículos se podrían mejorar en gran medida con la oportunidad de compartir los datos de diferentes módulos de control del motor, en tiempo real.

b. Algoritmo de complejidad. La creciente complejidad de los sistemas electrónicos del automóvil ha tenido un efecto dramático sobre los requisitos de rendimiento y la integración de periféricos de los microcontroladores de automoción. Algoritmos están ahora obligados a manejar los aportes de muchos sensores y sistemas de comunicación, ejecutar en tiempo real de los ciclos de control y el control de la salud de muchos actuadores.

c. *Nodos inteligentes.* Los nodos inteligentes de hoy se componen generalmente de un paquete que contiene un microcontrolador de morir, morir sensor y a veces un dado de interfaz analógico (según la cantidad de funcionalidad se incluye en la matriz del sensor).

Se prevé que será rentable en un futuro no muy lejano la integración de sensores microelectromecánicos (MEMS) y los microcontroladores en un chip de silicio única y monolítico.

d. *Las tendencias de la memoria.* Los tipos de microcontroladores de memoria estándar que se han establecido en sistemas de automoción están ROM, EPROM y Flash EEPROM para almacenar programas, la RAM y la memoria para la pida de cero-pad, y el byte EEPROM borrable para el almacenamiento de datos de calibración y de seguridad. Como Flash EEPROM cada vez es más rentable, que finalmente reemplazara ROM como la solución de memorias favorecidas. (CROUSE, 2001 págs. 41-49)

CAPÍTULO III

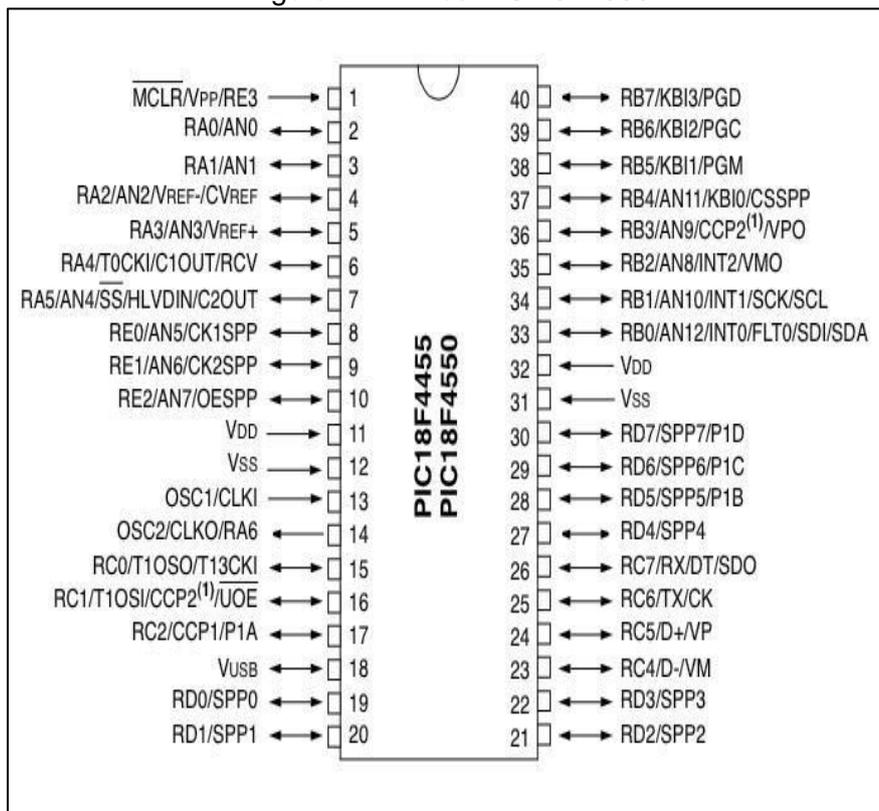
3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO ELECTRÓNICO

3.1 Selección de los componentes electrónico

3.1.1 Microcontrolador. En el desarrollo de nuestro proyecto tenemos la necesidad de seleccionar un PIC 18f4550, el cual ofrece una alta gama de frecuencia de operación en el trabajo, su memoria es sumamente extensa lo que permite almacenar toda la información de programación, consta de 5 puertos de entrada/salida para recibir datos y comunicación entre sí, además consta de registros especiales para el control de las diferentes funciones. (DATSHET)

3.1.1.1 Descripciones de pines 18F4550

Figura 21. Pines PIC 18F4550



Fuente: <http://tecnologia.iesarzubispolozano.es/PlacasCircuitos.pdf>

3.1.1.2 Característica. En la siguiente tabla se puede observar las características más revelantes del dispositivo. (DATASHET)

Tabla 7. Características de pines PIC18F4550

Características	PIC18F4550.
Frecuencia de operación	Hasta 48Mhz
Memoria de programación (bytes)	32.768
Memoria RAM de datos (bytes)	2.048
Memoria EEPROM datos (bytes)	256
Interrupciones	20
Lineas de E/S	35
Temporizadores	4
Módulo de comparación /captura/PWM(CCP)	1
Módulo de comparación /captura/PWM mejorado(CCP)	1
Canales de comunicación serie	MSSP,EUSART
Canal USB	1
Puerto paralelo de transmisión de datos (SSP)	1
Canales de conversión A.D de 10 bits	13 canales
Comparador analógico	2
Juego de instrucciones	75(83ext)
Encapsulados	PDIP 40 pines QFN 40 pines TQFP 40 pines

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/2940003/PIC18F4550>

3.1.2 Pantallas LCD. En el desarrollo del proyecto también se ha visto la necesidad de utilizar un display LCD(16x4), el cual permitir visualizar las opciones de operación de equipo.

Figura 22. Pantalla LCD



Fuente: Autores

3.1.3 Resistencia. Para el funcionamiento del equipo es necesaria la obtención de resistencias, la cual son las encargadas de limitar el voltaje que existe en todo el circuito.

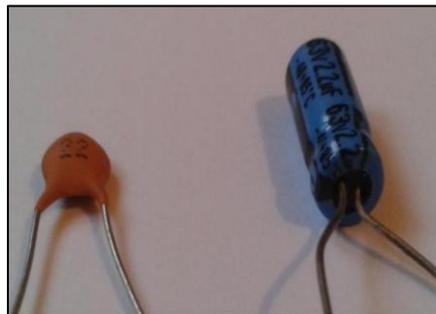
Figura 23. Resistencias



Fuente: Autores

3.1.4 Capacitor. Para el desarrollo del proyecto es necesario la utilización de capacitores cerámicos y electrolíticos lo cuales son los encargados de almacenar energía, además sirve como filtro para mantener corriente en un circuito y evitar las caídas de tensión.

Figura 24. Capacitor



Fuente: Autores

3.1.5 Potenciómetro. El potenciómetro digital que se va utilizar en el proyecto permitiendo controlar los diferentes parámetros de control a través de pulsadores.

Figura 25. Potenciómetro digital



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/analog/potenciometros-digitales.htm>

3.2 Diseño del circuito electrónico

Para la generación de las señales requeridas en el Motor Virtual, será necesario recurrir no solo a la simulación de circuitos, de una manera física mediante la utilización de protoboards, donde los circuitos podrán ser probados. También será necesaria la utilización de software especializado, para este proyecto en específico se recurrió al software PROTEUS 7 Professional, con su herramienta de diseño de circuitos ISIS 7 Professional. En el cual se llevará a cabo la simulación y digitalización de los circuitos que se pretende diseñar. (anexo A)

3.3 Descripción de la programación de microcontroladores

Al necesitar generar la simulación de 6 señales analógicas (CKP, CMP, MAP, O2, TPS), se decidió la utilización del microcontrolador, PIC 18F4550, ya que posee una salida para el manejo de comunicación mediante USB.

En el PIC 18F4550 se encuentra la programación para la obtención de la onda senoidal, ésta es la señal que envía el sensor CKP a la ECU para informar sobre el régimen de funcionamiento del motor de combustión interna.

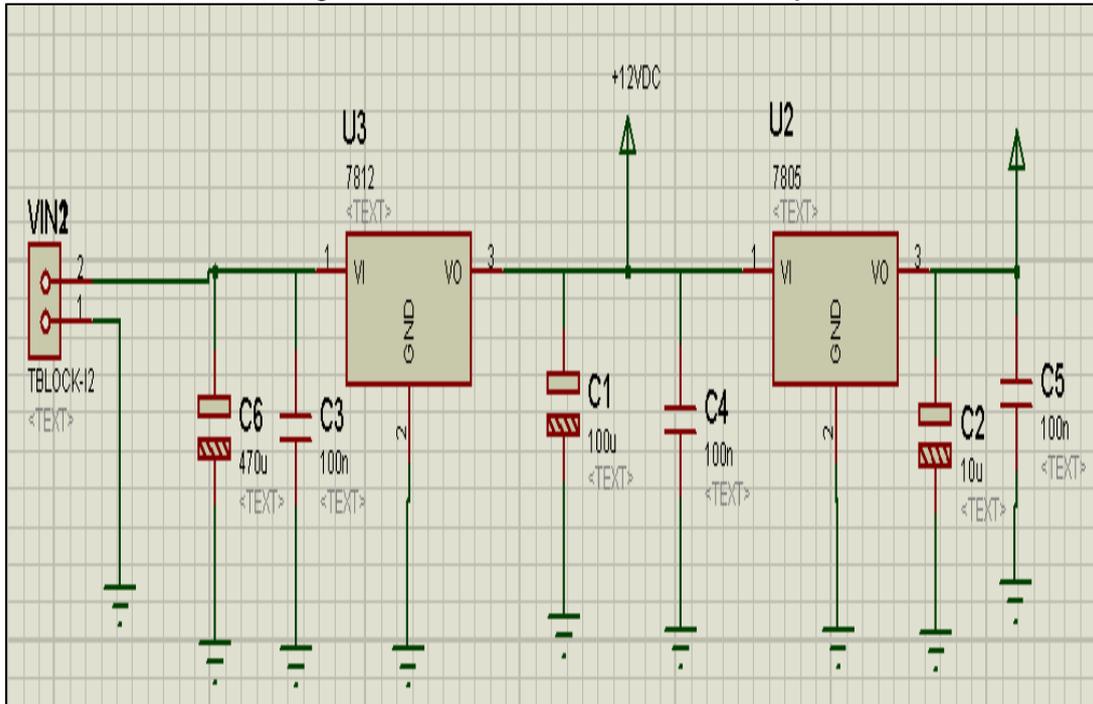
La señal del sensor CKP es la principal para que la ECU cierre el circuito mediante la activación de un relé y así empiece a funcionar la bomba de combustible junto con los inyectores y las bobinas de encendido.

La onda simulada del sensor CKP/CMP fue creada en función de valores obtenidos del motor de un vehículo CHEVROLET AVEO 1.4 que funciona mediante el control de la ECU que se utilizará para el desarrollo del equipo denominado MOTOR VIRTUAL.

3.4 Circuito de la fuente de voltaje

Es un dispositivo, que brinda básicamente alimentación que se requiere para trabajar con un circuito electrónico, el propósito principal de una fuente de voltaje es hacer entrega de una o más tensiones eléctricas que puedan ser variables, en el cual utilizaremos un regulador 7812 con una entrada mayor 12 voltios y ésta se limita a 5 voltios, el capacitador electrolítico es el encargado de mejorar el rizo de señal y también nos ayudara a eliminar el ruido para mantener tensiones ideales para el circuito.

Figura 26. Diseño de la fuente de voltaje



Fuente: Autores

3.5 Generación de señales pulsantes

Para el control y visualización de las señales generadas se creó un equipo denominado MOTOR VIRTUAL, mediante el uso del equipo se puede modificar las señales que llegarán a la ECU desde el microcontrolador.

Es así entonces que las señales que llegarán a la ECU estarán programadas en microcontroladores, y simularán las señales de los siguientes sensores:

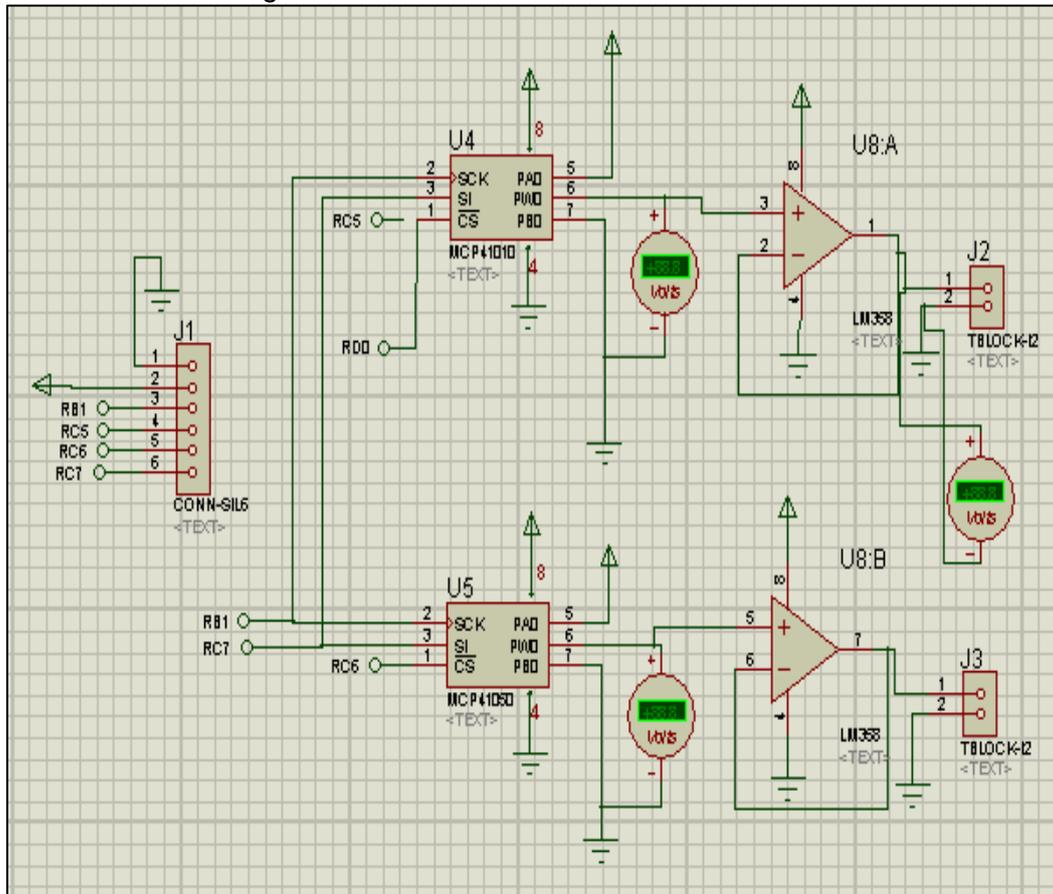
- Señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP)
- Señal del sensor de posición del árbol de levas (CMP)

3.5.1 Simulación del sensor CKP. Para conseguir una señal similar en primer lugar necesitamos generar pulsos, lo que conseguiremos a través de la programación del PIC 18F4550, del cual aprovecharemos la salida de pin RB1, para la generación de la onda, el código de programación utilizado para este fin estará disponible en el Anexo A.

El microcontrolador tiene la misión de enviar una señal digital representando al sensor CKP, a través de la implementación de un potenciómetro digital, que trabaja en

conjunto con el PIC 18F4550 conseguiremos la amplitud requerida, el cual envía una señal cuadrada a la ECU del vehículo entre los rangos de 0 a 5 voltios.

Figura 27. Diseño del circuito del sensor CKP



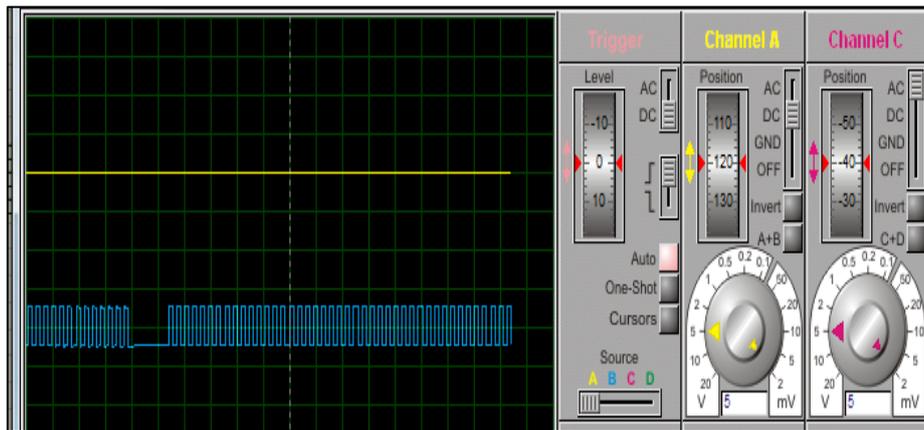
Fuente: Autores

En el momento que el circuito ha sido simulado se procede a verificar que la generación de la señal pulsante esté siendo generada en una manera idónea, para posteriormente pueda ser manipulada en la generación de la onda principal.

La onda simulada del sensor CKP fue creada en función de valores obtenidos del motor de un vehículo CHEVROLET AVEO 1.4 que funciona mediante el control de la ECU que se utilizará para el desarrollo del motor virtual.

Para la simulación de la señal de este sensor es necesario profundizar en el análisis de la onda que genera este sensor, que como ya se estudió es una señal de tipo sinusoidal que genera valores específicos de frecuencia y amplitud.

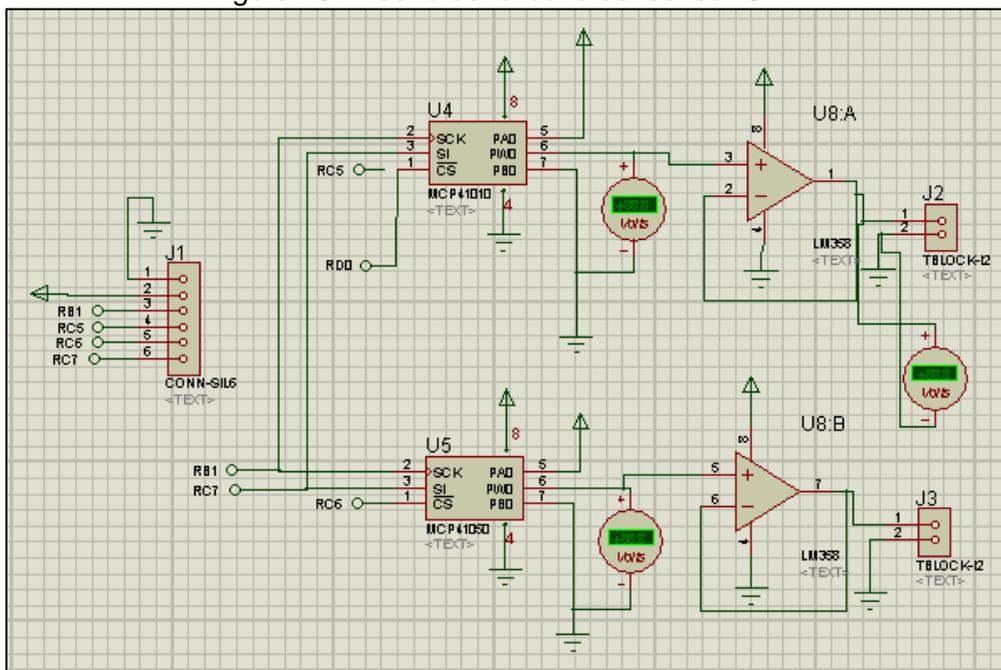
Figura 28. Simulación del sensor CKP



Fuente: Autores

3.5.2 Circuito electrónico del CMP. Para la generación de pulsos, lo conseguiremos a través de la programación del microcontrolador del PIC 18F4550, del cual se aprovechará las salidas para la generación de onda del pin RB1, lo cual tendrá la misión de generar la señal digital representada al sensor, el código de programación utilizada para este fin estará disponible en Anexo A. El microcontrolador tiene la misión de enviar una señal digital representando al sensor CMP, a través de la implementación de un potenciómetro digital, que trabaja en conjunto con el PIC 18F4550 conseguiremos la amplitud requerida, el cual envía una señal cuadrada a la ECU del vehículo entre los rangos de 0 a 5 voltios.

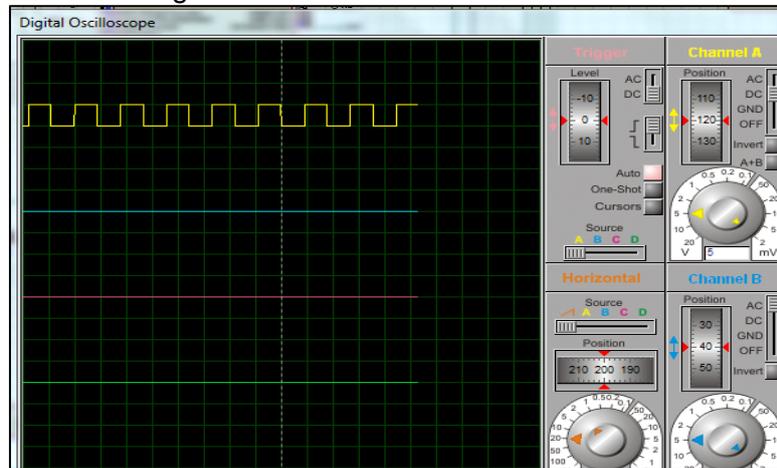
Figura 29. Diseño del circuito del sensor CMP



Fuente: Autores

Para la simulación de la señal de este sensor es necesario profundizar en el análisis de la onda que genera este sensor, que como ya se estudio es una señal de tipo cuadrada que genera valores específicos de frecuencia y amplitud.

Figura 30. Simulación del sensor CMP



Fuente: Autores

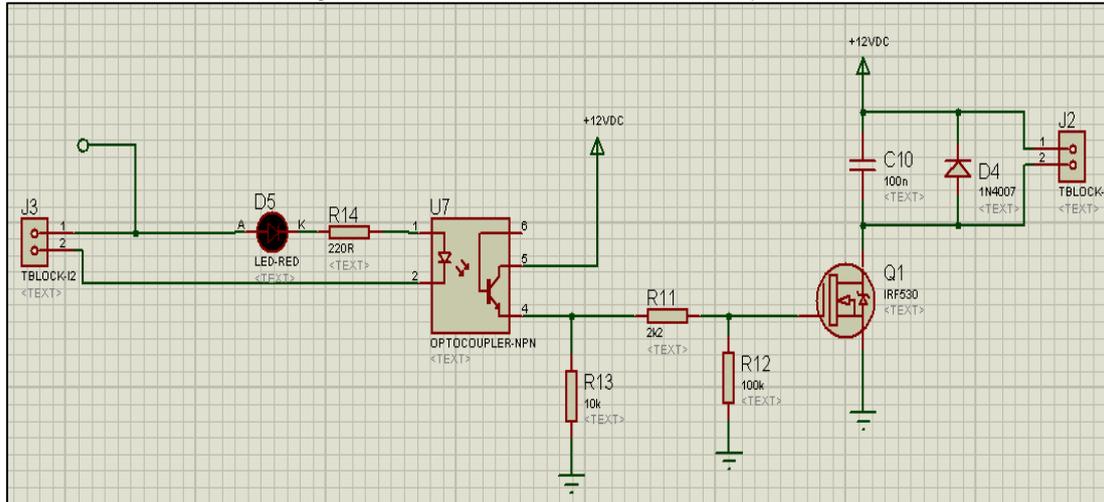
3.5.3 Generación de señales por variación de tensión. Las señales por variación de tensión las utilizaremos principalmente para la simulación de las señales de los sensores de gestión del motor, es decir las señales de los sensores TPS, MAP, ECT, O₂, MAF, los cuales si bien tienen principios de funcionamiento y usos distintos, todas las señales resultantes son una variación de tensión que oscila de acuerdo al sensor desde 0.3V, hasta un valor máximo de 4.7V, estos valores tendrían que ser programados uno a uno tomando los distintos parámetros de funcionamiento del motor como su régimen de giro, carga y temperatura de operación.

El equipo de comprobación que soportara distintos modelos de ECU, se optó por utilizar una variación de tensión general que tendrá rangos límites de entre 0 y 5 voltios, que son los valores de voltaje mínimo y máximo que pueden llegar a alcanzar estos sensores en su tope de funcionamiento, con lo que se podrá generar toda la gama de variaciones de tensión requeridas para cada sensor y cada modelo de ECU, a través una configuración abierta que tendrá cada señal simulada.

Para la simulación de esta señal por variación de tensión se utilizara el PIC 18F4550, el cual provee una salida de voltaje por el pin RC7, esta señal PWM será convertida posteriormente a una señal analógica a través de la adición de un circuito, lo que esta señal digital es analógica continua, también utilizaremos un potenciómetro digital para

al autocoplador que se cierra y deja ingresar 12 V a un conjunto de 3 resistencias donde son las encargadas de limitar el paso de voltaje, al llegar al transistor se cierra el paso de corriente y deja ingresar 12V hacia el inyector donde conmuta.

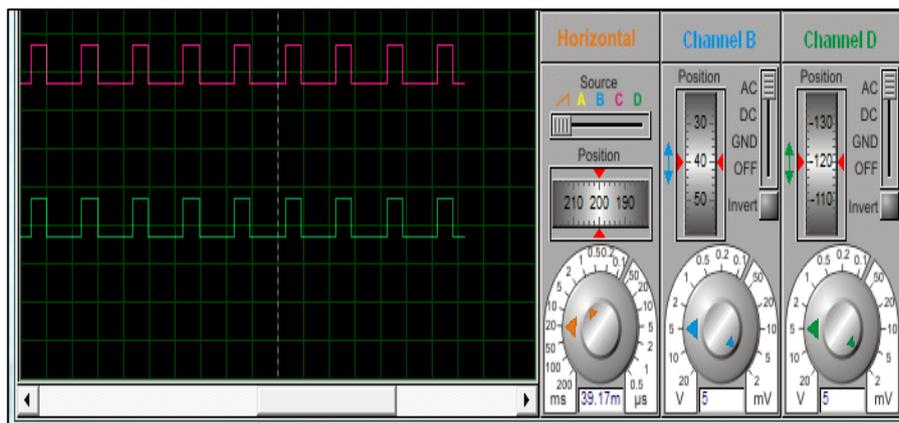
Figura 32. Diseño del circuito del inyector



Fuente: Autores

Con la simulación del circuito completo realizamos una prueba de verificación de voltajes a las salidas asignadas.

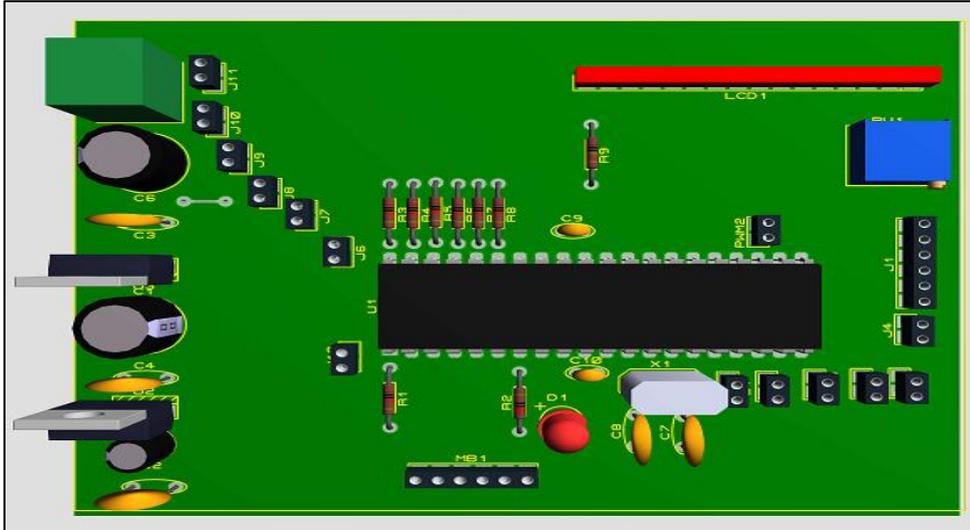
Figura 33. Simulación de inyector y bobina de ignición



Fuente: Autores

3.5.4.2 Diseño del circuito de la bobina de ignición. Para la simulación del sistema de la bobina de ignición, El microcontrolador del PIC 18F4550, nos ofrece la posibilidad de utilizar puertos con salidas analógicas provenientes del pin RC0, solamente estaremos en capacidad de realizar la medición de los pulsos de un bobina, dato que sea suficiente para tener como referencia en cuanto a la actuación del sistema de encendido del vehículo.

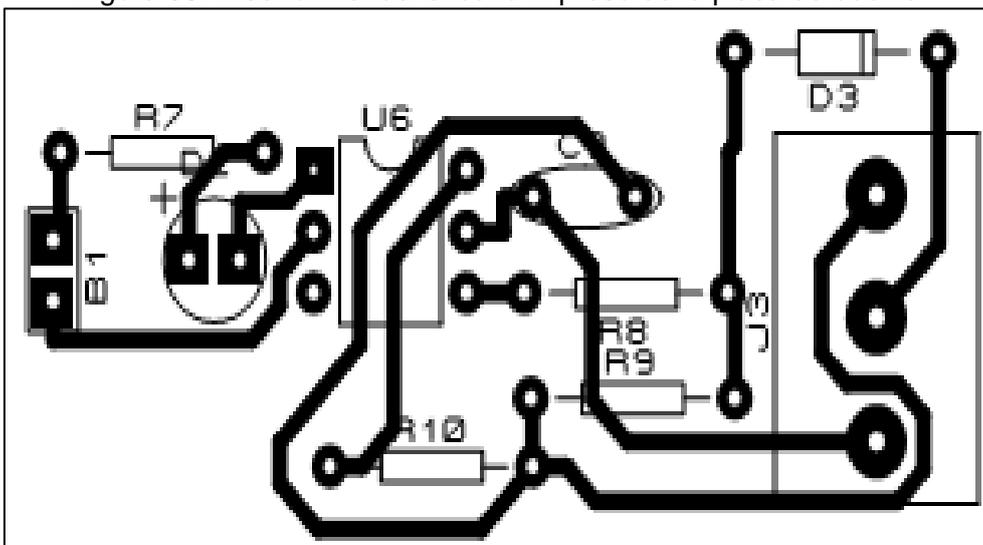
Figura 37. Proyección final del circuito impreso de la placa de control



Fuente: Autores

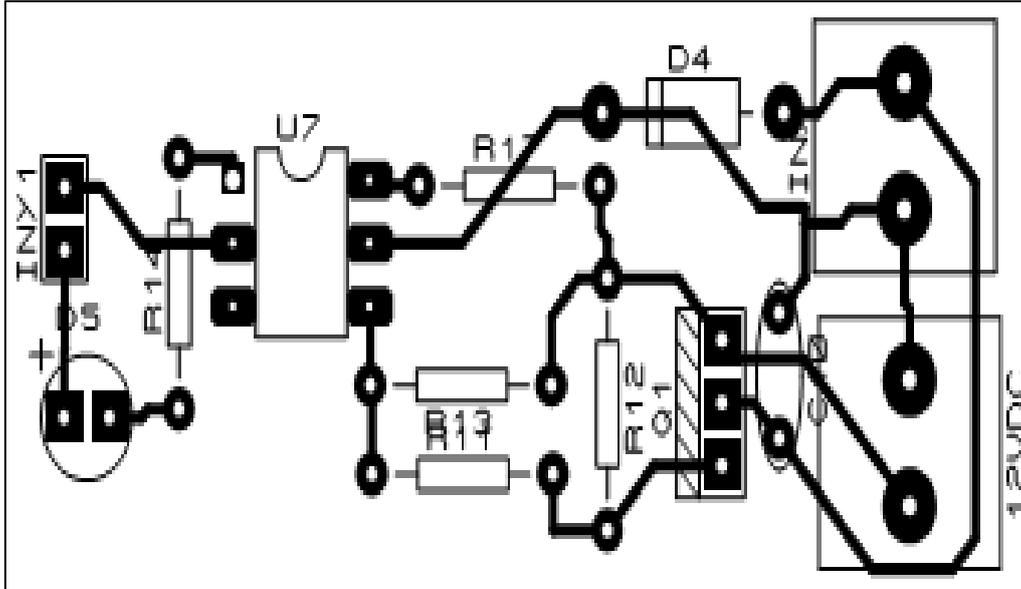
3.6.2 *Circuito impreso de la placa de medición.* Esta placa es la encargada de realizar la retroalimentación de datos hacia el software de control, una vez que la ECU entre en operación, los datos en cuanto al ancho de pulso de bobina e inyector son tomados por el microcontrolador programado en conjunto con el circuito eléctrico previamente diseñado, es necesario recalcar que se diseñó una placa individual para este fin ya que de haberla incluido en la placa de control donde se encuentran todos los microcontroladores, se hubiese generado un conflicto de interferencia de señales dificultando su labor principal.

Figura 38. Diseño final del circuito impreso de la placa de bobina



Fuente: Autores

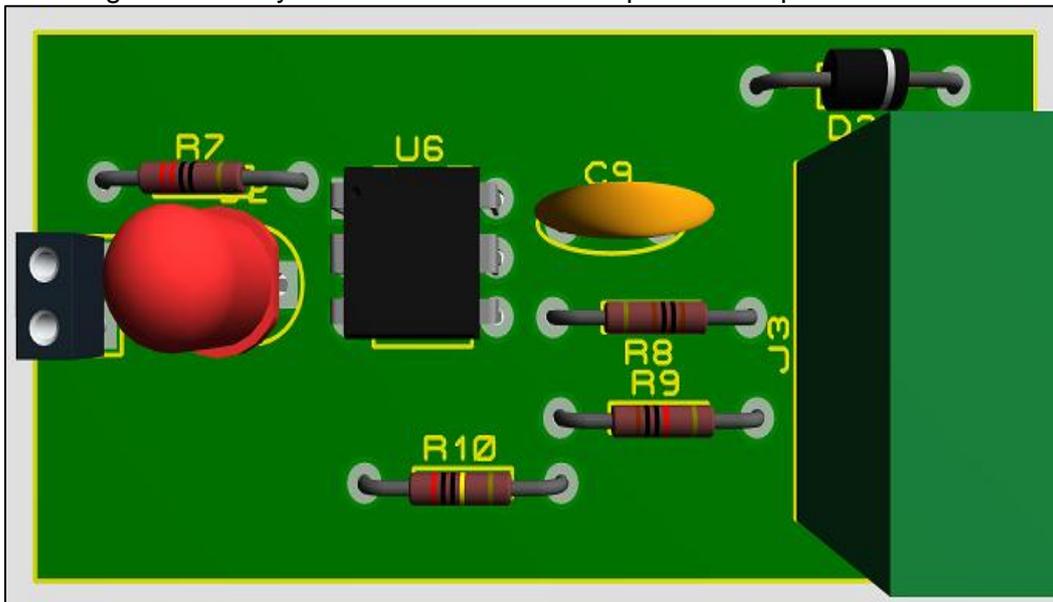
Figura 39. Diseño final del circuito impreso de la placa del inyector



Fuente: Autores

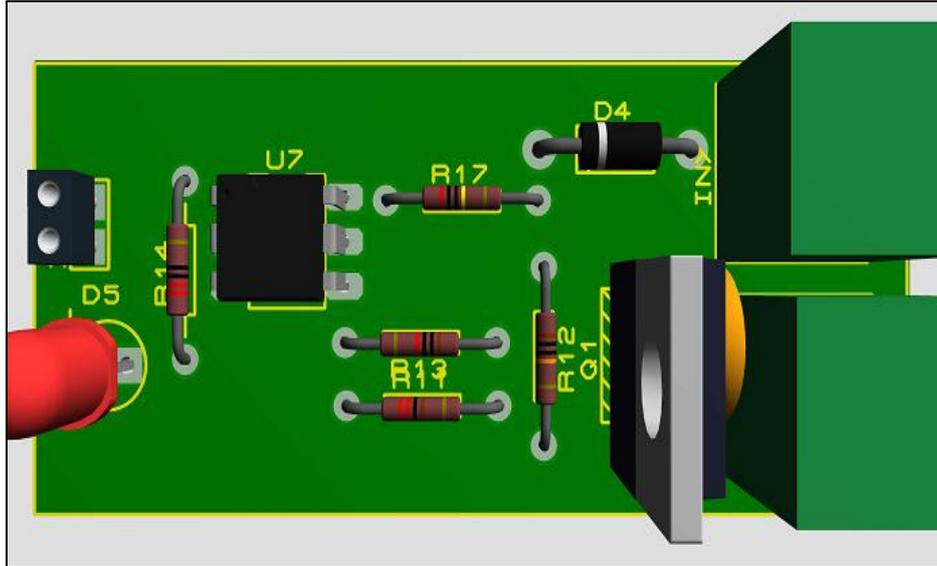
Nuevamente es necesario realizar la proyección en 3D de nuestro diseño para descartar cualquier problema de ubicación de los componentes electrónicos en los dos circuitos impresos.

Figura 40. Proyección final del circuito impreso de la placa de bobina



Fuente: Autores

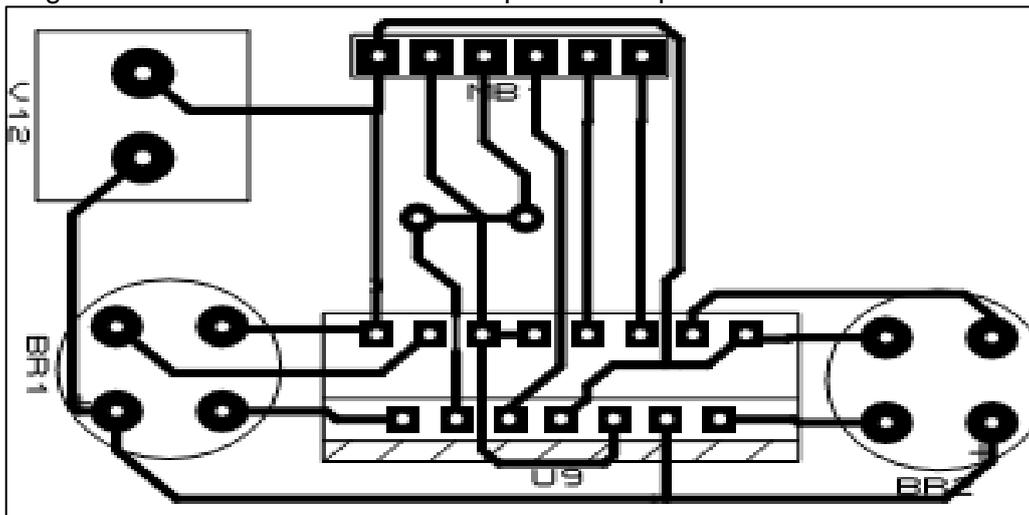
Figura 41. Proyección final del circuito impreso de la placa de inyector



Fuente: Autores

3.6.3 *Circuito impreso de la placa de válvula ISC.* Esta placa es la encargada de realizar el control del flujo de aire para el relantí del motor del vehículo, una vez que la ECU entre en operación, los datos en cuanto al ancho de pulso de la válvula ISC son tomados por el microcontrolador programado en conjunto con el circuito eléctrico previamente diseñado, es necesario recalcar que se diseñó una placa individual para este fin ya que de haberla incluido en la placa de control donde se encuentran todos los microcontroladores, se hubiese generado un conflicto de interferencia de señales dificultando su labor principal.

Figura 42. Diseño final del circuito impreso de la placa de control válvula ISC



Fuente: Autores

Nuevamente es necesario realizar la proyección en 3D de nuestro diseño para descartar cualquier problema de ubicación de los componentes electrónicos en el circuito impreso.

Figura 43. Proyección final del circuito impreso de la valvula ISC



Fuente: Autores

3.7 Elaboración de placas electrónicas

3.7.1 Impresión. El primer pasó a desarrollarse para la elaboración de las placas. Consiste en imprimir el circuitos impresos, procedimiento que debe realizarse en formatos A4 de papel fotográfico, y utilizando una impresora láser. Este tipo de impresión garantizara que el diseño pueda ser transferido por calor, hacia las planchas de baquelita, la impresión actuará como aislante corrosivo en el posterior proceso de revelado. Las placas de baquelita, previamente deben ser recortadas de acuerdo al tamaño de los circuitos impresos y limpiadas con desengrasante, y para que posteriormente no tenga inconvenientes.

Figura 44. Preparación de las placas para la impresión



Fuente: Autores

3.7.2 Revelado. Ya con el circuito impreso aplicado sobre la placa de baquelita en la cubierta de cobre, es necesario retirar el exceso de este material, claro está sin retirar las zonas donde se grabaran las pistas del circuito impreso, para el fin estas placas deben ser sumergidas en una disolución de cloruro férrico al 40%, con agua a una temperatura de 70 °C. Esta sustancia actuará como corrosivo atacando químicamente el exceso de cobre, la zonas que se encuentran bajo la protección de la impresión no sufrirán este ataque, pero éste debe durar solamente un determinado tiempo mientras se retira el exceso de cobre, entre 30 y 50 minutos aproximadamente.

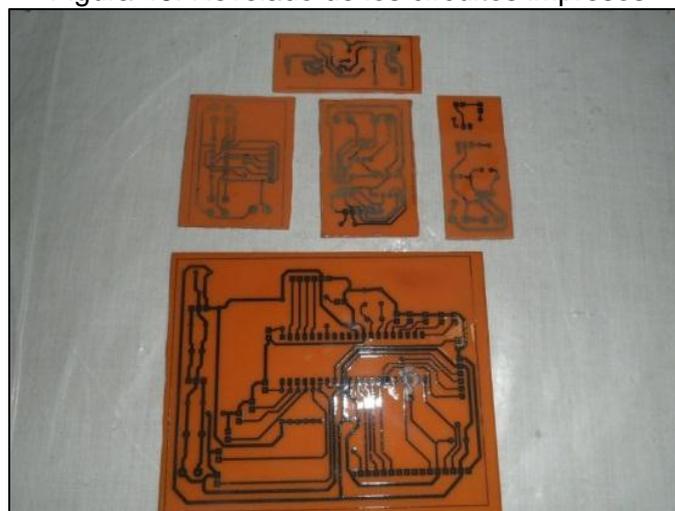
Figura 45. Proceso de corrosión de los circuitos impreso



Fuente: Autores

Una vez que se ha retirado todo el exceso de cobre y contamos con las pistas de los circuitos bien delineadas, es necesario limpiar las placas para retirar el recubrimiento aislante y así poder verificar que las pistas no hayan sufrido ningún corte por acción del ácido, con la ayuda de un multímetro se verifica la continuidad entre el recorrido de cada pista, descartado así cualquier conflicto posterior.

Figura 46. Revelado de los circuitos impresos



Fuente: Autores

3.7.3 *Perforado.* Una vez que se ha verificado el que la impresión de los circuitos en las placas este correcto, el paso previo al montaje de los respectivos componentes electrónicos, es realizar el perforado de los agujeros donde se alojarán cada uno de éstos. Hay que considerar la tolerancia entre componentes, ya que de no utilizar un adecuado diámetro de broca, resultaría en la pérdida del cobre circundante, lo que imposibilitaría la suelda de dicho componente.

Figura 47. Perforado de los circuitos impresos

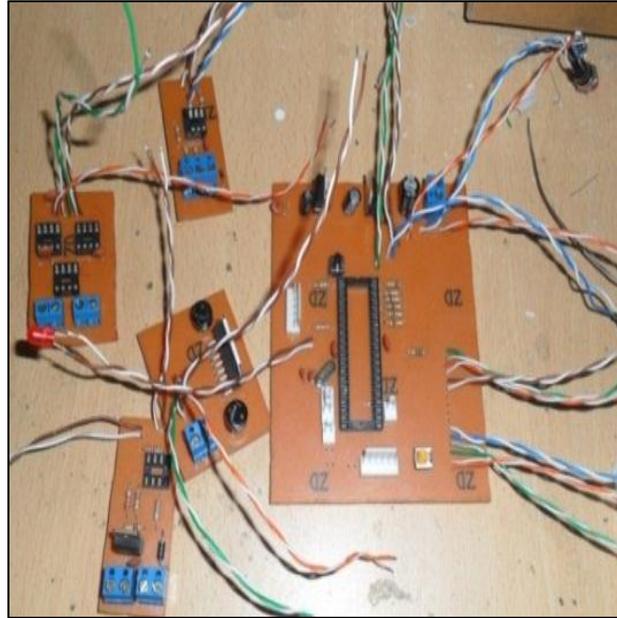


Fuente: Autores

Para el efecto se utilizarán diámetros de broca de 0.7 y 1 mm, y un taladro de pedestal mediano, donde se realizarán las perforaciones correspondientes.

3.7.4 *Montaje de componentes electrónicos.* Una vez completado las etapas anteriores se realizó el montaje de los componentes electrónicos correspondiente a cada placa, asegurándolos con soldaduras de estaño. En esta etapa es muy importante considerar que algunos componentes como capacitores electrolíticos, diodos, etc. tienen polaridad así que es primordial observar la posición adecuada en la que deben ser soldados a las placas. Para el efecto se utilizó los diagramas eléctricos que se ha elaborado para cada placa y la lista de componentes de cada una se ha enlistado anteriormente.

Figura 48. Montaje de los componentes electrónicos en los circuitos impresos



Fuente: Autores

Una vez que cada uno de los elementos ha sido asegurado a través de las soldaduras, es necesario comprobar cada punto asegurado, observando que no existan uniones que puedan producir cortos o existan casos en los que la cantidad de solda no haya sido la adecuada o simplemente el componente no fue asegurado por la suelda de una manera correcta. Todos estos defectos deben ser corregidos antes de poner en operación las placas creadas, y su respectivo ensamblaje como se observa en la Figura 49.

Figura 49. Ensamblaje motor virtual



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

5. VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES Y ACTUADORES

5.1 Pruebas de funcionamiento de sensores y actuadores

5.1.1 *Sensor de velocidad (VSS)*. La ECU usa la señal del sensor de velocidad del vehículo para modificar las funciones del motor y poner en marcha de rutinas de diagnóstico.

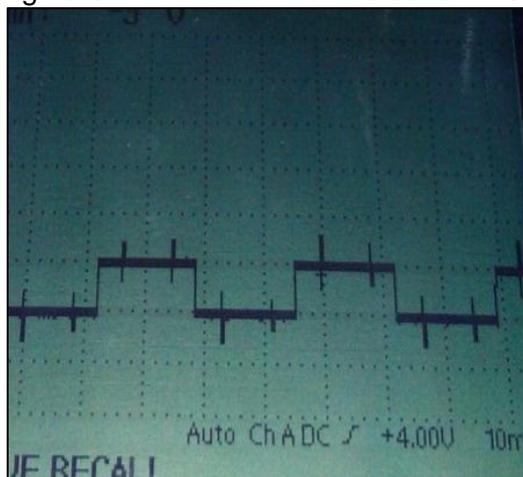
Figura 50. Sensor VSS



Fuente: Autores

Con la ayuda de un osciloscopio se puede observar en la Figura 50 la forma de onda que muestra este sensor enviado desde el equipo motor virtual.

Figura 51. Forma de onda de sensor VSS



Fuente: Autores

5.1.2 *Sensor de posición del cigüeñal (CKP).* Este sensor reporta el número de secuencias de las ranuras hechas en el plato del convertidor de torsión detectando de esa manera la velocidad del motor.

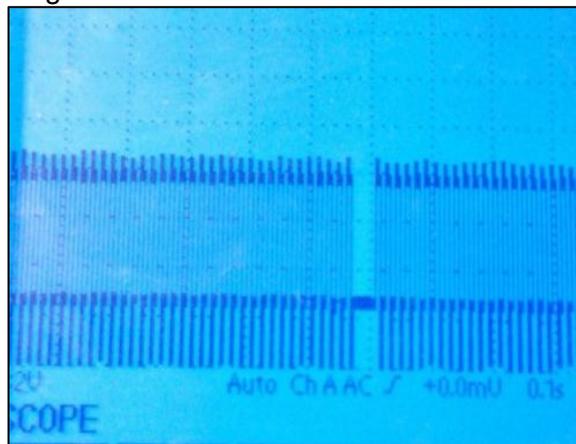
Figura 52. Sensor CKP



Fuente: Autores

En la Figura 53 se observa la forma de onda del sensor CKP que es enviada desde el equipo del motor virtual.

Figura 53. Forma de onda del sensor CKP



Fuente: Autores

5.1.3 *Sensor de posición del árbol de levas (CMP).* Este sensor provee al módulo de control del motor la información que le permite identificar el cilindro número 1, es utilizado en los sistemas de inyección secuencial.

Figura 54. Sensor CMP



Fuente: Autores

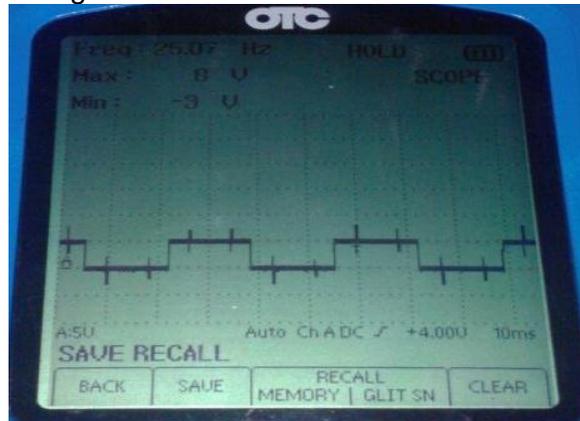
Figura 55. Conector sensor CMP



Fuente: Autores

En la Figura 56 se muestra la forma de onda del sensor en el osciloscopio con la propia señal que envía el sensor al módulo de control del vehículo.

Figura 56. Forma de onda sensor CMP



Fuente: Autores

5.1.4 *Sensor de presión en el múltiple de admisión (MAP).* El sensor MAP envía una señal de acuerdo a la presión absoluta e informa al módulo de control del motor, para establecer la dosificación de combustible y el avance de encendido.

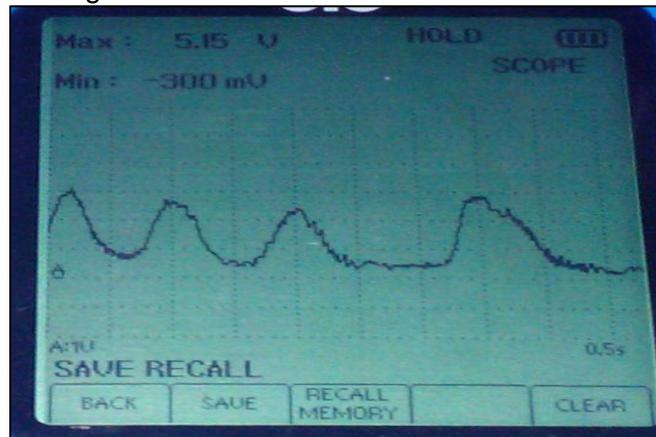
Figura 57. Sensor MAP



Fuente: Los Autores

En la Figura 58 con un osciloscopio se comprueba la forma de onda del sensor que genera ésta, según la presión que existe en el sistema de admisión.

Figura 58. Forma de onda del sensor MAP



Fuente: Autores

Con el motor virtual se simula la señal del sensor y se observa la forma de onda que nos muestra en el osciloscopio.

5.1.5 *Sensor de flujo de masa de aire (MAF).* El sensor MAF mide e informa al módulo de control del motor la cantidad masa de aire ingresando al motor para establecer la dosificación de combustible, el avance de encendido y controlar la velocidad de marcha mínima.

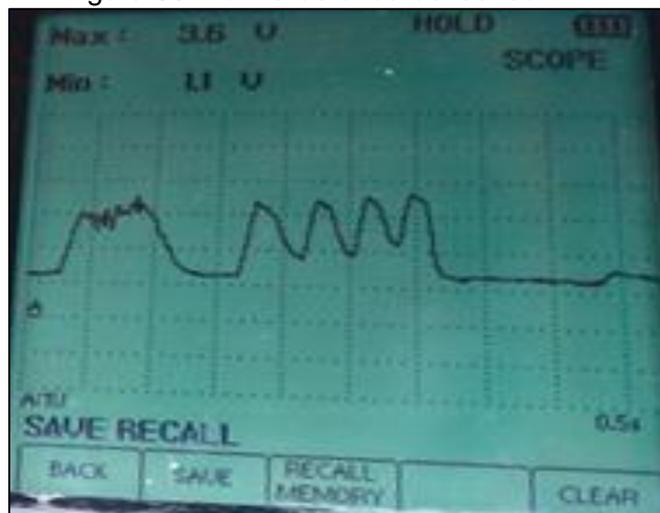
Figura 59. Sensor MAF



Fuente: Autores

En la Figura 60 con el osciloscopio se observa la forma de onda del sensor MAF según el ingreso de aire al sistema de admisión.

Figura 60. Forma de onda del sensor MAF



Fuente: Autores

5.1.6 *Sensor de posición de la mariposa (TPS).* Este sensor envía la señal al módulo de control de motor según la posición de la placa del acelerador y de la velocidad de apertura, para corregir la dosificación de combustible, el avance de encendido, la marcha ralentí y control de la válvula EGR.

Figura 61. Sensor TPS



Fuente: Autores

En la Figura 62 mediante un osciloscopio se observa la forma de onda senoidal que emite este sensor según la posición de apertura de la mariposa si está abierta o cerrada.

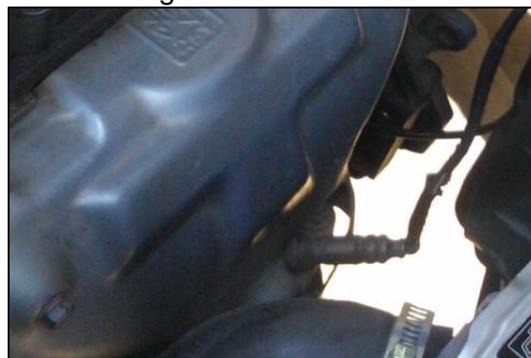
Figura 62. Forma de onda del sensor TPS



Fuente: Autores

5.1.7 *Sensor de oxígeno (O₂).* Este sensor determina la cantidad de oxígeno de los gases de escape para establecer la riqueza o pobreza de la mezcla para que el módulo de control del motor corrija la dosificación de combustible.

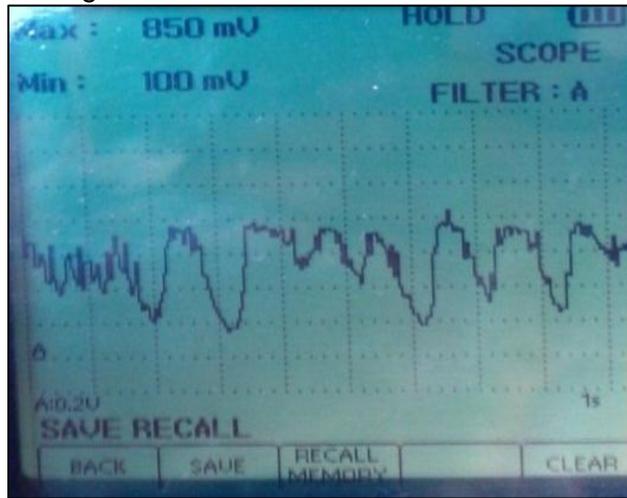
Figura 63. Sensor O₂



Fuente: Autores

La forma de onda que indica en la Figura 64 muestra si existe mezcla pobre o rica, esta información ayuda a variar el tiempo de activación de los sensores.

Figura 64. Forma de onda del sensor O2



Fuente: Autores

5.1.8 Bobina de encendido. Cumple con la función de elevar el voltaje normal de a bordo (6, 12 o 24 V, según los casos) en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el arco eléctrico o chispa en la bujía, para permitir la inFlamación de la mezcla aire/combustible en la cámara de combustión.

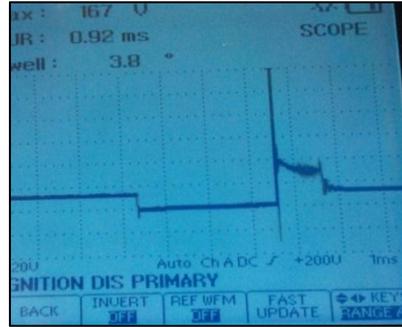
Figura 65. Bobina de encendido



Fuente: Autores

Observar en la Figura 66 la forma de onda mediante un osciloscopio en el cual muestra los tiempos de carga y descarga de la bobina de encendido.

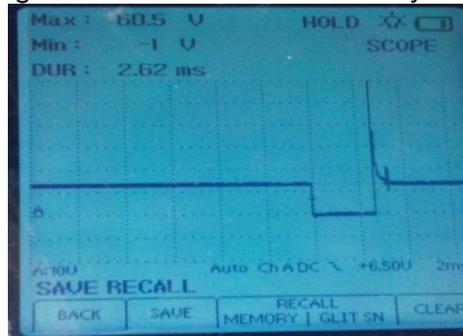
Figura 66. Forma de onda de bobina



Fuente: Autores

5.1.9 Inyector. Utiliza un fluido a alta presión que sale por una boquilla a alta velocidad y baja presión convirtiendo su energía potencial en energía cinética. (Ver Figura 17)

Figura 67. Forma de onda del inyector



Fuente: Autores

En la Figura 67 se observa la forma de onda característica del inyector indicando el tiempo de inyección.

5.1.10 Válvula de marcha lenta (ISC). La válvula ISC se encarga de proporcionar el aire necesario para el funcionamiento en marcha lenta.

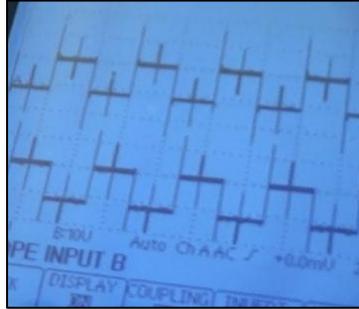
Figura 68. Válvula ISC



Fuente: Autores

En la Figura 69 se muestra la forma de onda de la válvula ISC mediante un osciloscopio indicando la señal de los dos bobinados que posee internamente.

Figura 69. Forma de onda de la válvula ISC



Fuente: Autores

5.2 Guía de Prácticas

- Análisis de los sensores de rotación VSS; CKP; CMP.

En los sistemas de inyección electrónica existen los sensores de velocidad y posición que necesitan verificar los datos que envían a la ECU se encuentren en los rangos de trabajo para su buen funcionamiento.

Equipo necesario:

- Vehículo a Inyección Electrónica
- Multímetro Automotriz
- Equipo motor virtual

5.2.1 Inspección y comprobación del sensor de velocidad (VSS). La señal de VSS se origina por un sensor que mide la velocidad de salida de la transmisión o velocidad de las ruedas.

Figura 70. Sensor VSS



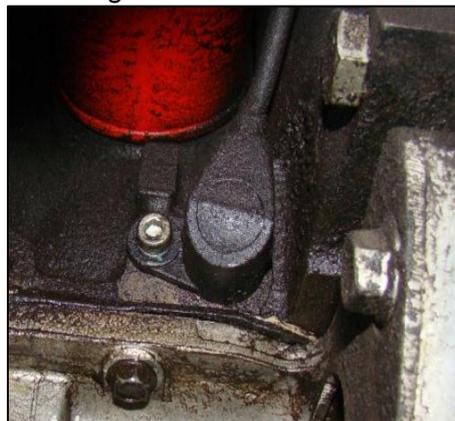
Fuente: Autores

Procedimiento:

1. Remover el conector del sensor VSS.
2. Medir la resistencia con cada una de las terminales con la ayuda de un multímetro (Ω). estos valores deben estar entre 190 a 240 Ohm.
3. Verificamos el voltaje que existe en los terminales los cuales debe ser de 3,2v aproximadamente y con el multímetro colocamos en escala de voltaje y la punta negativa hacemos masa en el vehículo y con la punta positiva colocamos en cada uno de los pines del sensor y con ello nos ayudara a saber que terminal es de alimentación, señal y GND.
4. Una vez determinado cual es señal conectamos el equipo del Motor Virtual a la terminal correspondiente y comienza a enviar la señal a la ECU mediante el Motor Virtual podemos ir variando las rpm del vehículo.
5. Realizada la prueba podemos dar un diagnóstico del funcionamiento del sensor o a su vez si el problema fuera en el cableado o en la ECU.
6. Presentar el informe correspondiente.

5.2.2 *Inspección y comprobación del sensor de posición de cigüeñal (CKP).* El sensor CKP es un detector magnético o de efecto Hall, el cual envía a la computadora (ECU) información sobre la posición del cigüeñal y las RPM del motor.

Figura 71. Sensor CKP



Fuente: Autores

Este sensor se encuentra ubicado a un costado de la polea del cigüeñal o volante cremallera.

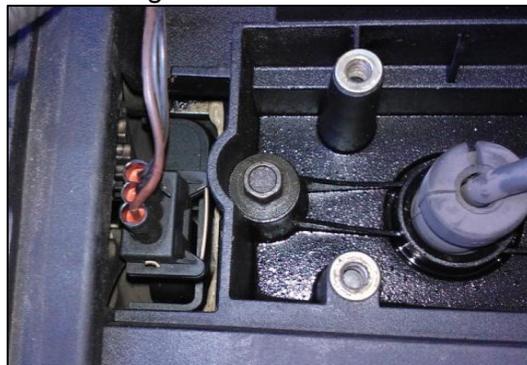
Verificación:

1. Con el motor a temperatura de funcionamiento comprobar el estado de cables.
2. Verifique el estado físico del sensor.
3. Realizado los pasos anteriores desconectamos el sensor y con un multímetro en escala de voltios la punta negativa conectamos a GND en el vehículo y con la punta positiva medimos los voltajes en cada pin del conector para verificar cual es señal alimentación y tierra del sensor.
4. Con el multímetro en escala de ohmios y el motor a temperatura de funcionamiento medir la resistencia en los cables del sensor el cual se encuentra en un rango de 190 a 250 Ω .
5. En el cable de señal del sensor conectamos el equipo de Motor Virtual y procedemos a simular la señal del sensor que es enviada a la ECU.
6. Realizada la prueba podemos dar un diagnóstico del funcionamiento del sensor o a su vez si el problema fuera en el cableado o en la ECU.
7. Presentar el informe correspondiente.

5.2.3 *Inspección y comprobación del sensor de posición del árbol de levas (CMP).*

Este sensor es un dispositivo que registra la posición del árbol de levas y que ayuda al sensor CKP en la sincronización e identificación de los cilindros, se localiza al nivel del árbol de levas del motor.

Figura 72.Sensor CMP



Fuente: Autores

Verificación:

1. Realizar la inspección del estado de cables y conectores del sensor.
2. Desconectamos el sensor y con un multímetro en escala de ohmios con la punta negativa en GND del vehículo y la punta positiva medimos los voltajes en los cables del sensor para identificar alimentación señal y tierra del sensor.

3. Medir la resistencia entre los cables del sensor con un multímetro en escala de Ω los cuales deben tener un rango de 250 a 1500 Ω .
 4. En el cable de señal del sensor conectamos el equipo de Motor Virtual y procedemos a enviar la señal del sensor enviando a la ECU.
 5. Realizada la prueba podemos dar un diagnóstico del funcionamiento del sensor o a su vez si el problema fuera en el cableado o en la ECU.
 6. Presentar el informe correspondiente.
- Análisis de los sensores O2, MAF, MAP, ECT, TPS.

El análisis de estos sensores es importante para un buen funcionamiento del vehículo ya que la información que envía a la ECU es principal para que haya una buena relación estequiométrica de aire-combustible por lo que necesitamos un diagnóstico de cada uno de ellos y verificar que se encuentren en sus rangos de trabajo normales.

Equipo necesario:

- Vehículo a inyección electrónica
- Multímetro automotriz
- Equipo motor virtual con sus diferentes cables de conexión.

5.2.4 Inspección y comprobación del Sensor de oxígeno (O2). El sensor determina el contenido de oxígeno de los gases de escape para establecer la riqueza o pobreza de la mezcla quemada para que la ECU corrija la dosificación de combustible, variando el tiempo de activación de los inyectores, se encuentra ubicado después de los ductos de escape.

Figura 73. Sensor O2



Fuente: Autores

Procedimiento:

1. Verificar la señal variante del sensor con el motor encendido conectamos el multímetro en escala de ohmios sus valores deberán variar en un rango de 0,20 a 0,80 V.
2. Verificar el cable de la alimentación al resistor de calentamiento para ello colocamos el interruptor de encendido en ON y con un multímetro en escala de voltios conectamos el cable negativo a GND del vehículo y el cable positivo a cada una d los cables del sensor hasta obtener valores de 10,5 V a 12,5 V.
3. Con el interruptor de encendido en posición ON verificamos la señal de masa del resistor de calentamiento con el multímetro en escala de voltios medir el voltaje el cual su valor debe estar aproximado en 60 mV.
4. Si el vehículo presenta alguna falla desconectamos el sensor y conectamos nuestro equipo Motor Virtual y enviamos señales a la ECU directamente y con ello podemos dar un diagnostico si el problema es del sensor o se encuentra en el módulo de control del motor ECU.
5. Presentar el informe correspondiente.

5.2.5 *Inspección y comprobación del sensor de flujo de masa de aire (MAF).* El sensor MAF mide e informa a la ECU la cantidad de flujo de aire ingresando al motor, para establecer la dosificación de combustible, el avance de encendido y controlar la marcha mínima.

Figura 74. Sensor MAF



Fuente: Autores

Se encuentra ubicado en el sistema de admisión del vehículo lo más próximo al filtro de aire del motor.

Procedimiento:

1. Desconectamos el sensor y con un multímetro en escala de voltajes identificamos los terminales de señal, alimentación y tierra conectando el cable negativo a GND del vehículo y el positivo a cada uno de los cables del sensor.
2. Encender el vehículo y en el conector del sensor con un multímetro medimos voltajes a diferentes revoluciones del motor.

Tabla 8. Voltajes del sensor MAF

RPM	VOLTAJE
800	1,1 V
2500	1,7 V
3500	2,1 V

Fuente: Autores

3. En caso de presentar alguna falla desconectamos el sensor y conectamos el equipo Motor Virtual para simular las señales del sensor que se envía a la ECU.
4. Si con la simulación de señales podremos diagnosticar si la falla se encuentra en el sensor o la ECU.
5. Realizar el informe correspondiente.

5.2.6 *Identificación y comprobación del sensor de presión del múltiple de admisión (MAP).* El sensor MAP envía una señal a la ECU de acuerdo a la presión absoluta que exista en el múltiple de admisión y así establecer la dosificación de combustible y el avance del encendido.

Se encuentra ubicado en el múltiple de admisión del vehículo después de la mariposa de aceleración y en ocasiones está integrado al módulo de control del motor.

Figura 75. Sensor MAP



Fuente: Autores

Verificación:

1. Con el interruptor en posición ON y un multímetro automotriz en escala de voltaje situamos en cable negativo a GND del vehículo y el positivo se va midiendo los voltajes en el conector del sensor y de tal modo sabremos cual es de alimentación, señal y tierra.

Tabla 9. Valores de voltaje del sensor MAP

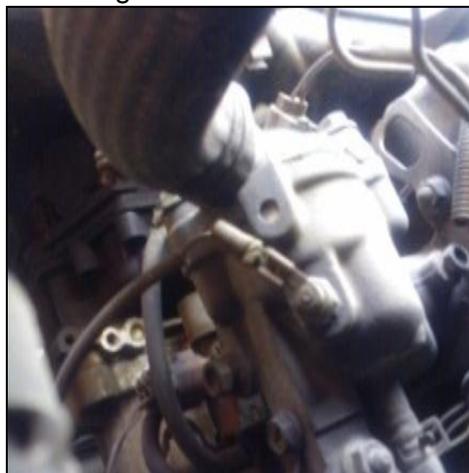
Descripción de cables del sensor MAP	Voltaje
Cable de alimentación	4,8 a 5,2 V
Señal del sensor	3.8 a 4.8 V
GND	60 mV

Fuente: Autores

2. Conectamos el equipo de Motor Virtual y simulación la señal que envía el sensor a la ECU y verificando si presenta alguna falla.
3. Después de realizar la prueba podremos dar un diagnóstico según los datos obtenidos y saber si el problema existe en el sensor.
4. Realizar el respectivo informe.

5.2.7 Inspección y comprobación del sensor de temperatura del motor (ECT). El sensor ECT informar a la ECU la temperatura del refrigerante del motor para que éste a su vez calcule la entrega de combustible, la sincronización del tiempo y el control de la válvula de regulación de los gases de escape (EGR), así como la activación y la desactivación del ventilador del radiador.

Figura 76. Sensor ECT



Fuente Autores

Se encuentra ubicado en la caja del termostato conocida como toma de agua.

Procedimiento:

1. Desconectamos el sensor y con la ayuda de un multímetro en escala de voltaje medir en cada uno de los cables el voltaje para saber cuál es señal alimentación y GND
2. Con un multímetro automotriz en escala de ohmios verificamos la resistencia entre los cables del sensor y debe dar un valor aproximado de 2,4 ohmios.
3. Conectar el equipo de Motor Virtual y enviar la señal a la ECU para verificar si existe alguna anomalía en el sensor.
4. Realizado las respectivas comprobaciones podremos dar un diagnóstico y saber si el daño se encuentra en el sensor o en la ECU, o para verificar su correcto funcionamiento en el vehículo.
5. Realizar el informe correspondiente.

5.2.8 Inspección y comprobación del sensor de posición de la mariposa de aceleración (TPS). El sensor TPS enviar una señal de acuerdo a la posición de la placa del acelerador y de la velocidad de apertura, para corregir la dosificación de combustible, el avance del encendido.

Figura 77. Sensor TPS



Fuente: Autores

Se encuentra ubicado sobre el cuerpo de aceleración, al lado contrario de los herrajes del cable de aceleración.

Procedimiento:

1. Desconectar el sensor y con un multímetro automotriz procedemos a medir voltajes en cada terminal colocar el cable negativo a GND del vehículo y el positivo a cada uno de los cables del sensor y determinar cual pertenece a GND, alimentación y señal del sensor.

Tabla 10. Valores de los cables del sensor TPS

Descripción de cables	Valores en voltaje
GND	menor a 60 mV
Alimentación	4,8V A 5,2V
Señal con placa cerrada	0,6 ± 0,2 V
Señal con placa abierta	3,8 a 4,8 V

Fuente Autores

2. Conectar el equipo de motor virtual a la terminal correspondiente y enviar señales a la ECU.
 3. Comprobamos que no presente fallos en el sistema en caso de haber podremos dar un diagnóstico para saber si el problema se encuentra en el sensor o el módulo de control del motor.
 4. Realizar el respectivo informe.
- Análisis de actuadores

Los actuadores en el vehículo cumplen un papel muy importante porque mediante la señal que les envían desde el módulo de control del motor ellos realizan la función que les corresponden de acuerdo a la señal que hayan enviado los sensores a la ECU.

Equipo necesario:

- Vehículo a inyección electrónica
- Multímetro automotriz
- Equipo Motor Virtual con sus diferentes cables de conexión.
- Osciloscopio

5.2.9 Inspección y comprobación de los inyectores. Los inyectores tienen la tarea de inyectar la cantidad correcta de combustible calculada por la ECU, en todas las condiciones de manejo para una mejor atomización de combustible. (Ver figura 17)

Verificación:

1. Con un multímetro automotriz identificamos conectando el cable negativo a GND del vehículo y el positivo a los cables del conector del inyector para verificar cuál es alimentación y tierra.
2. Verificar la resistencia de los inyectores con un multímetro en escala de ohmio midiendo entre los dos cables del inyector de los cuales existen los de baja resistencia con un valor de 5 a 8 Ω y los de alta resistencia con un valor de 13 a 17 Ω .
3. Para realizar la comprobación con nuestro equipo Motor Virtual procedemos a desmontar y uno por uno conectamos al equipo con el cual vamos variando el ancho de pulso a diferentes rangos de trabajo
4. Mediante el equipo motor virtual podemos comprobar y dar un diagnóstico si la falla existe en algún inyector o se encuentra en la ECU.
5. Realizar el informe correspondiente.

5.2.10 Inspección y comprobación de la válvula (ISC). La válvula ISC es controlada por la ECU y regula la cantidad de flujo de aire desviándola a la placa de aceleración para lograr la velocidad estable "ralentí".

La válvula ISC se encuentra ubicada en el cuerpo de aceleración.

Figura 778. Válvula ISC



Fuente: Autores

Procedimiento:

1. Desconectar el actuador y con la ayuda de un multímetro automotriz en escala de ohmios medimos la resistencia entre los cables del actuador y sus valores deben estar en un rango de 50 a 60 Ω .
2. Conectar el equipo Motor Virtual a la válvula ISC y el vehículo encendido podemos ir variando la señal que envía la ECU al actuador.
3. Con el vehículo apagado desmontar la válvula ISC del vehículo y procedemos a desarmarlo con la ayuda de nuestro motor virtual para verificar su funcionamiento y poderlo dar su respectivo mantenimiento.
4. Después de realizar todo el procedimiento diagnosticar si existe algún desperfecto en la válvula.
5. Realizar el informe correspondiente.

5.2.11 Inspección y comprobación de la bobina de encendido. La bobina del encendido es un dispositivo de inducción electromagnética o inductor, que cumple la función de elevar el voltaje normal de a bordo (6, 12 o 24 V, según los casos) en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el arco eléctrico o chispa en la bujía, para permitir la inflamación de la mezcla aire/combustible en la cámara de combustión

Verificación:

1. desconectar la bobina de encendido y con un multímetro automotriz en escala de ohmios verificamos su resistencia entre los cables del conector tanto en el bobinado primario como en el secundario.

Figura 79. Bobina de encendido



Fuente Autores

2. Con esta medición comprobamos q ninguna de los bobinados este cortado y sus resistencias se encuentren dentro de sus valores aceptables.
3. Para la comprobación con nuestro equipo Motor Virtual procedemos a desconectar los cables d la bobina que une a las bujías y conectamos nuestro equipo donde generamos la señal en la bobina y verificamos que exista una buena chispa en cada cable.
4. En caso de que no exista chispa podremos diagnosticar si el problema está en la bobina o en los cables o a su vez en las bujías.
5. Realizar el informe correspondiente.

5.3 Manual del usuario

- *Introducción*

El Motor Virtual se diseñó para ser usado en el diagnóstico directo de fallas en los vehículos, con este equipo se podrá probar, analizar y simular sensores y actuadores mediante el cual el estudiante podrá dar un diagnóstico del estado en el cual se encuentran dichos dispositivos.

Por medio de un teclado de funciones y un display se podrá elegir fácilmente la función deseada, y el sistema nos guiara paso a paso la prueba requerida a realizar.

5.3.1 Mantenimiento del equipo Motor Virtual. Realizar el mantenimiento correspondiente de equipo para dar una mayor vida útil de los componentes del circuito que posee.

- Realizar una inspección visual de los componentes que se encuentren en buen estado.
- Revisar que todas las conexiones estén y/o uniones estén bien conectados.
- Sopletear el polvo que se haya acumulado en el equipo.
- Limpiar la placa del circuito con un limpiador de contactos.
- Comprobar que los cables no se encuentren deteriorados.

Realizar este mantenimiento cada dos meses por seguridad y funcionamiento del equipo.

5.3.2 Información de seguridad

- Se recomienda capacitar al estudiante en la manipulación de equipo como indica el manual del usuario.
- Leer el manual completo antes de realizar alguna prueba con el equipo.
- Recomendamos que el estudiante lea atentamente las instrucciones para realizar cualquier tipo de pruebas.
- Mantener el equipo libre de polvo y humedad ya que puede dañar algún circuito electrónico del mismo.
- Manipularlo adecuadamente evitando daños o golpes que pueda sufrir el equipo.

5.3.3 Descripción del equipo

- **Display:** Este nos permite visualizar muy fácilmente las funciones que posee el Motor Virtual mediante pasos que se podrá ir programando las funciones a realizar.



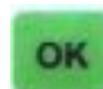
- **Teclado de funciones:** mediante el teclado de funciones se podrá seleccionar las pruebas a realizar, cambiar parámetros, etc.



Desplaza el cursor hacia arriba.



Desplaza el cursor hacia abajo.



Acepta la opción seleccionada.



Interrumpe la función actual.



Aumenta el valor de la función seleccionada.



Disminuye el valor de la función seleccionada.

5.3.4 *Funcionamiento del motor virtual*

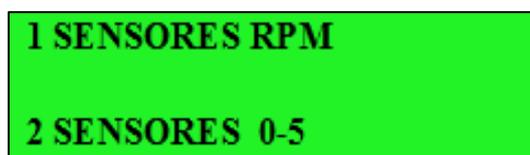
- **Pantalla de inicio:**



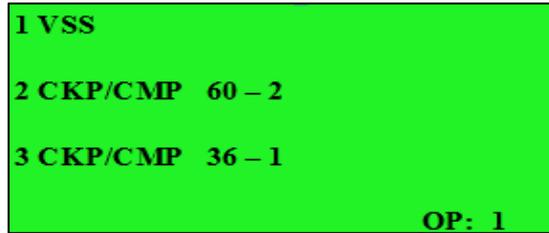
En la pantalla de inicio se observa el nombre del equipo y la institución a la cual pertenece.

5.3.5 *Sensores RPM*

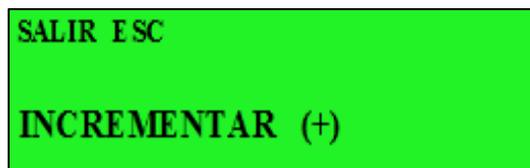
La generación de señales es una de las principales funciones del Motor Virtual y mediante estas señales podemos realizar las siguientes pruebas:



En la pantalla nos aparecerá una lista y mediante el botón Δ seleccionamos la opción 1 y aceptamos presionando el botón OK nos aparecerá la siguiente pantalla.

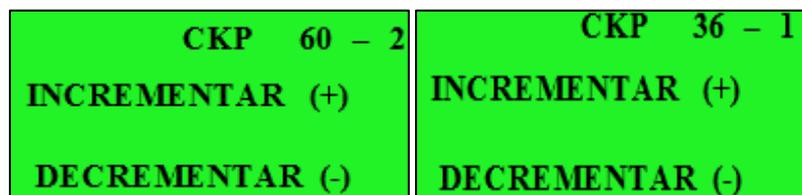


En el siguiente menú tenemos tres opciones a escoger según sea el caso, y en la cual seleccionamos la opción 1, y nos aparece una pantalla indicándonos los botones los cuales podemos aumentar o disminuir la señal de dicho sensor.



Para regresar al menú anterior presionamos la tecla ESC

A continuación podemos seleccionar la opción 2 o 3 nos aparecerá la siguiente pantalla:

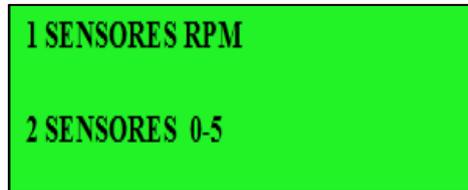


Una vez seleccionado el tipo de sensor presionamos la tecla OK, nos aparece una pantalla donde incrementamos la señal del sensor que envía a la ECU, para cualquiera de los dos casos presionando – ó †

Una vez ya realizada la prueba presionamos ESC para salir.

5.3.6 Sensores de 0-5V. En esta sección podemos simular las señales de sensores de 0-5V, que suponemos esta defectuoso y verificamos su funcionamiento enviando señales con el Motor Virtual, de esta forma efectuar una serie de pruebas en el vehículo.

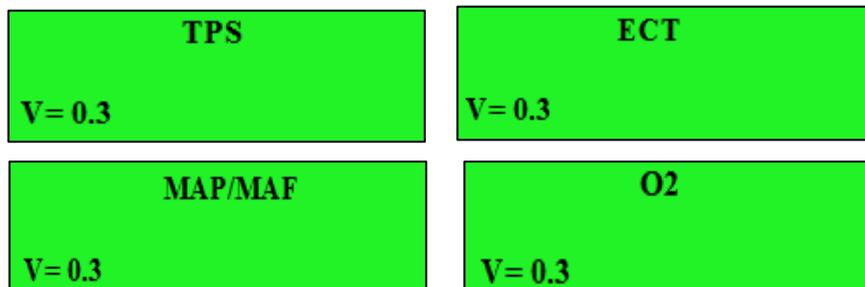
En el menú principal presionamos la tecla Δ , seleccionamos la opción 2 que pertenece a sensores de 0-5V. y presionamos OK.



A continuación nos aparece una lista de sensores que trabajan de 0V a 5V y seleccionamos el sensor que necesitamos comprobar su funcionamiento.



Una vez seleccionado el sensor a comprobar presionamos OK y en la siguiente pantalla podremos ir variando el voltaje según el sensor que se realice la prueba y se muestra a continuación.



Para salir de esta función presionamos ESC.

5.3.7 Prueba de actuadores. En esta sección mostraremos como el motor Virtual prueba los diferentes tipos de actuadores como inyectores, bobinas y válvula ISC motor paso a paso.

- **Prueba de bobinas**

Hay que tener precaución en conectar la bobina a una bujía mediante un cable de alta tensión y que el chasis de la bujía este puesta a la misma masa donde está conectado el motor virtual.

Del menú principal elegimos la opción 3 que pertenece a Prueba de actuadores mediante las teclas de selección Δ a continuación presionamos OK



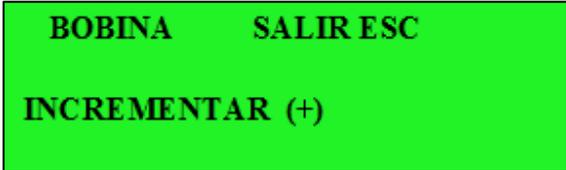
1 SENSORES RPM
2 SENSORES 0-5

Posteriormente la pantalla nos muestra una lista de actuadores en la cual elegimos la bobina para realizar la prueba correspondiente.



1 BOBINA
2 INYECTOR

Y seguidamente nos muestra la siguiente pantalla donde podemos dar un incremento o decremento de la señal y a su vez variamos las RPM del vehículo.



BOBINA SALIR ESC
INCREMENTAR (+)

Presionamos ESC para salir y regresar al menú anterior.

- *Prueba de inyectores.* En esta sección podremos realizar la prueba a los inyectores y poder dar diagnóstico del estado en el que se encuentran.

Del menú principal seleccionamos prueba de actuadores y presionamos OK.



1 SENSORES RPM
2 SENSORES 0-5

En la pantalla siguiente seleccionamos inyectores y presionamos OK

1 BOBINA
2 INYECTOR
3 VALVULA ISC

A continuación aparece una pantalla donde puedo variar en ancho de pulso de los inyectores y así comprobar si se encuentran en buen funcionamiento en diferentes regímenes de trabajo variando las rpm del motor.

INYECTOR SALIR ESC
INCREMENTAR (+)
DECREMENTAR (-)

Presionamos ESC para salir de la función.

- *Prueba de válvula ISC.* En esta sección podremos efectuar pruebas sobre una válvula ISC o motor paso a paso. Se podrá abrir y cerrar el motor de paso para verificar su correcto funcionamiento directamente en el auto o a su vez para poder desarmarlo y realizar su limpieza.

Del menú principal seleccionamos prueba de actuadores y seleccionamos OK.

1 SENSORES RPM
2 SENSORES 0-5
3 PRUEBA ACTUADORES

En la pantalla procedemos a elegir válvula ISC y presionamos OK

1 BOBINA
2 INYECTOR
3 VALVULA ISC
OP: 3

A continuación nos aparece una pantalla donde podemos variar elegir el sentido para mover el motor a pasos ya sea ya abrir o cerrar el vástago que posee la válvula ISC .

VALVULA ISC	
Abrir	(+)
CERRAR	(-)
SALIR	ESC

Presionamos ESC para salir de la función.

CAPÍTULO V

6. COSTOS

6.1 Definición de costos

Costo es la valoración económica del uso o consumo de recursos para ejecución del proyecto de tesis denominado “CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE SENSORES ACTUADORES Y VERIFICACIÓN DE LA ECU MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR VIRTUAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.” Completando dentro de estos los valores desde su inicio hacia su finalización.

6.2 Costos directos

Son todos aquellos que se pueden identificar en la realización del proyecto de tesis denominado “CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE SENSORES ACTUADORES Y VERIFICACIÓN DE LA ECU MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR VIRTUAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.” estos costos corresponde a los materiales y repuestos automotrices directamente realizados con la ejecución del presente proyecto de tesis.

Para determinar el costo total directo se consideran los siguientes costos parciales:

- Materiales directos
- Repuestos automotrices
- Costo de mano de obra

Tabla 11. Costo de materiales directos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Amplificador LM358	1	1	1
Borne2	10	0,6	6
Capacitor 100 nF	7	0,35	2,45
Capacitor 104 nF	3	0,3	0,9
Capacitor 22pF	2	0,35	0,7

Tabla 12. (Continuación)

Capacitor electrolítico 100uF	1	0,45	0,45
Capacitor electrolítico 10uF	1	0,4	0,4
Capacitor electrolítico 470uF	1	0,5	0,5
Conector Banana	10	0,5	5
Conector molex2	6	1	6
Conector molex3	1	1	1
Conector molex6	6	1,25	7,5
LED	3	0,4	1,2
Diseño de placa POTD.	1	13	13
Diseño de placa bobina	1	8	8
diseño de placa de control	1	70	70
Diseño de placa ISC	1	10	10
Diseño de placa Inyector	1	8	8
Displays LCD 20x4	1	40	40
Fototransistor 1N4007	1	0,25	0,25
Fototransistor 4N25	2	1	2
Fototransistor 1N4148	1	0,4	0,4
Lagarto pinza 12V	10	0,75	7,5
Lagarto pinzas 110V	2	1	2
Microcontrolador 18F4550	1	20	20
Motor L298N	1	10	10
Potenciómetro digital	2	7	14
Puente diodos	2	2	4
Pulsadores	6	1	6
Regleta	1	2	2
Regulador de voltaje 7805	1	1,5	1,5
Regulador de voltaje 7812	1	1	1
Resistencia 10KΩ	1	0,1	0,1
Resistencia 220Ω	3	0,1	0,3
Resistencia de 100KΩ	1	0,1	0,1
Resistencia de 10Ω	9	0,1	0,9
Resistencia de 1KΩ	1	0,1	0,1

Tabla 13. (Continuación)

Resistencia de 2,2kΩ	1	0,1	0,1
Resistencia de 200Ω	1	0,1	0,1
Resistencia de 2MΩ	2	0,1	0,2
Transistor IRF530	1	4	4
Trimmer 10K	1	1,25	1,25
UTP flexible	3	2	6
Zócalo40	2	0,5	1
Zócalo8	5	0,25	1,25
		TOTAL USD	267,15

Fuente: Autores.

6.2.1 Costos de repuestos automotrices

Tabla 14. Costo de repuestos automotrices

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Bobina	1	70	70
Bujía	1	25	25
Cable de bujías	1	20	20
Conector válvula IAC	1	10	10
Inyector	1	45	45
UTP flexible	10	2	20
Válvula IAC	1	30	30
Aguja del osciloscopio	1	20	20
		TOTAL USD	240

Fuente: Autores

6.2.2 Costos de mano de obra

Tabla 15. Costos de mano de obra

DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	CANTIDAD (DÍAS)	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
programador	servicio de programación	30	25	750
Ayudante 1	Ensamblaje del equipo	30	5	150
Ayudante 2	Ensamblaje del equipo	30	5	150
Maestro carpintero	Ensamble de la carcasa	5	25	125
			TOTALUSD	1175

Fuente: Autores

6.2.3 Costo total directo

Tabla 16. Costo total directo

DESCRIPCIÓN	COSTOS (USD)
Materiales directos	267,15
Costo de repuestos automotrices	168
Costo de mano de obra	1175
TOTAL USD	1610,15

Fuente: Autores

6.3 Costos indirectos

Son aquellos costos de fabricación distintos de los materiales y mano de obra directa. Estos costos hacen referencia al grupo de costos utilizando para acumular los costos indirectos, además son costos que no se puede asociar o costear con facilidad el proyecto de tesis realizado.

Para determinar los costos indirectos se consideran los siguiente costos parciales:

- Imprevistos que corresponde al 5% del costo total directo.
- Costo de ingeniería que corresponde al 10% del costo total directo.
- Utilidad que corresponde al 0 del costo total directo en nuestro proyecto.

Tabla 17. Costo indirectos

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE (%)	PRECIO TOTAL
Imprevisto	5	80,51
Costo de ingeniería	10	161,02
Utilidad	0	0
	TOTAL %	241,53

Fuente: Autores

6.4 Costo total

Es la sumatoria de los costos directos e indirectos en las que se ha incurrido para la construcción del equipo denominado motor virtual.

Tabla 18. Costo total.

DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
Costo directo total	1610,15
Costo indirecto total	241,53
TOTAL	1851,68

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones:

Se ha construyó el equipo MOTOR VIRTUAL para los sistemas de inyección electrónica, contemplados en el plan general, para la utilización de los talleres de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Se diseñaron la guías de prácticas para la optimización del uso del equipo, en ellas se describe claramente el proceso para la realización de las prácticas por parte de los estudiantes.

Con la construcción del equipo motor virtual se realizó diferentes circuitos electrónicos que me permiten controlar el funcionamiento de sensores y actuadores.

Este equipo electrónico nos permite dar un diagnóstico del estado de sensores, actuadores y de módulo de control del vehículo.

Se creó un manual del usuario para la utilización de este proyecto dentro de los talleres de las instalaciones de la Escuela de Ingeniería Automotriz, detallando todos los requerimientos necesarios para la operación del equipo.

Se obtuvo un diseño eficiente del equipo, el cual tiene la misión de proteger todos los elementos construidos, que hacen de este equipo una herramienta versátil y didáctica.

Se adquirieron los elementos de conexión para la comunicación de la ECU con el equipo de comprobación, de manera que la operación de las unidades se realice de la misma forma que en el vehículo en funcionamiento.

7.2 Recomendaciones:

Leer detalladamente el manual del usuario antes de operar el equipo MOTOR VIRTUAL.

Seguir un proceso estricto para realizar las prácticas bajo la supervisión del docente a cargo

Considerar siempre las normas de utilización contempladas, en el manual del usuario.

Verificar los rangos de funcionamiento de los sensores específicos de cada modelo de vehículo.

BIBLIOGRAFÍA

[En línea] [Citado el: 23 de 07 de 2013.] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

.

16F4550, DATSHET DEL MICROCONTROLADOR. [En línea] [Citado el: 17 de 07 de 2013.]

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>.

AGUEVA, Eduardo. 2002. *Fundamentos Tecnológicos del Automovil.* España : Thonson, 2002.

ALONSO, José. 2004. *Técnicas del Automóvil.* España : Thonson, 2004.

—. **2002.** *Técnicas del Automovil, Inyeccion de Gasolina y Dispositivos Anticontaminantes.* España : Thonson, 2002.

CROUSE, William. 2001. *Equipo Eléctrico y Electrónico del Automovil.* Colombia : Alfaomega, 2001.

DATASHET, 18F4550. [En línea] [Citado el: 18 de 07 de 2013.]

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>.

DATSHET, 16F4550. [En línea] [Citado el: 17 de 07 de 2013.]

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>.

GIL, Hermógenes. 2002. *Sistema de Inyección de Gasoliona.* España : Ceac, 2002.

MARTI, Albert. 1996. *Encendido Electrónico.* España : Alfaomega, 1996.

RUEDA, Jesús. 2011. *Manual técnico de ful inyection.* Madrid, España : Diseli, 2011.

SANTANDER, Jesús. 2005. *Mecánica y Electrónica Automotriz.* Colombia : Diseli, 2005.

—. **2003.** *Técnica en Mecánica Electrónica.* Colombia : Diseli, 2003.