



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIGITAL COMPROBADOR DE COMPUTADORAS AUTOMOTRICES PARA VEHÍCULOS CON SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”**

**CRESPO ARÉVALO FABIÁN ENRIQUE  
LEÓN LEÓN DIEGO PAÚL**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN** **TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

**Previa a la obtención del Título de:**

## **INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2017**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**2016-10-20**

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

**CRESPO ARÉVALO FABIÁN ENRIQUE**

Titulada:

**“CONSTRUCCÓN DE UN BANCO DIGITAL COMPROBADOR DE  
COMPUTADORAS AUTOMOTRICES PARA VEHÍCULOS CON SISTEMAS  
DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA PARA EL LABORATORIO  
DE AUTOTRÓNICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE  
LA ESPOCH”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso  
**DIRECTOR**

---

Ing. Cristian Germán Santiana Espín  
**ASESOR**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**2016-10-20**

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

**LEÓN LEÓN DIEGO PAÚL**

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIGITAL COMPROBADOR DE  
COMPUTADORAS AUTOMOTRICES PARA VEHÍCULOS CON SISTEMAS  
DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA PARA EL LABORATORIO  
DE AUTOTRÓNICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE  
LA ESPOCH”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso  
**DIRECTOR**

---

Ing. Cristian Germán Santiana Espín  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CRESPO ARÉVALO FABIÁN ENRIQUE

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO COMPROBADOR DIGITAL DE COMPUTADORAS AUTOMOTRICES PARA VEHÍCULOS CON SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2017-07-12

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Cristian Germán Santiana Espín <b>ASESOR DE TESIS</b>			

\* 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. José Francisco Pérez Fiallos  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** LEÓN LEÓN DIEGO PAÚL

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO COMPROBADOR DE COMPUTADORAS AUTOMOTRICES PARA VEHÍCULOS CON SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2017-07-12

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Cristian Germán Santiana Espín <b>ASESOR DE TESIS</b>			

\* 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. José Francisco Pérez Fiallos  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de titulación que presentamos es original y basado en proyecto técnico establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-técnicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Fabián Enrique Crespo Arévalo

---

Diego Paúl León León

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Fabián Enrique Crespo Arévalo y Diego Paúl León León, declaramos que el presente trabajo de grado es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

Fabián Enrique Crespo Arévalo  
Cédula de Identidad: 092256697-1

---

Diego Paúl León León  
Cédula de Identidad: 030247991-0

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a Dios por las bendiciones recibidas en mi vida; a mis padres, Enrique y Elizabeth, por ser el pilar fundamental en mi vida con sus consejos y apoyándome siempre de manera incondicional; a mi novia, Jenny, por demostrarme su amor y comprensión todos los días; a mi hermano, Bryan, por inspirarme a ser cada día mejor; a mis abuelitos, Dalila y Segundo, por toda su entrega, ejemplo de trabajo y sacrificio; a toda mi familia en general. Todos ustedes han sido partícipes de esta meta alcanzada.

**Fabián Crespo Arévalo**

A Dios por haberme dado la fuerza para seguir adelante. A mi padre, Segundo, por ser un pilar fundamental en mi formación personal y profesional, por su apoyo constante e incondicional y no haberme abandonado en los momentos duros de mi vida; esta ingeniería es dedicada especialmente para ti porque la luchamos y la vivimos juntos.

A Gloria, mi madre que ha sabido criarme, formarme, darme valores y su apoyo incondicional; no va haber manera de devolverte tantas cosas que me has ofrecido. A mis hermanas y hermano por estar junto a mí y brindarme apoyo y compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre puedo contar con ellos.

**Diego León León**



## **AGRADECIMIENTO**

Sin la bendición de Dios nada sería posible, primeramente, doy gracias a Él, por cuidarme y protegerme todos los días, guiándome y siendo mi luz en momentos difíciles.

Agradecer a la Universidad, en especial a la familia de la Carrera de Ingeniería Automotriz, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de forjarme como persona y profesional, aportando valiosos conocimientos que sin duda alguna serán de gran ayuda en el futuro.

A mi director de tesis, el Ingeniero Juan Carlos Castelo, por su paciencia, sus conocimientos y sobre todo su buena predisposición para ayudarnos en la realización de este proyecto de titulación.

A todos mis compañeros y amigos de la Carrera de Ingeniería Automotriz, gracias por su colaboración y amistad sincera haciendo que la estadía en la ciudad de Riobamba fuera más fácil.

Mención especial para mi amigo y compañero de tesis, Diego León, gracias por todas las facilidades y la dedicación en el tiempo que realizábamos este proyecto.

**Fabián Crespo Arévalo**

Mi agradecimiento se dirige a quienes han forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios, y a María la Virgen Santísima que en todo momento están conmigo. Son quienes guían el destino de mi vida.

Agradecer a la Universidad, en especial a la familia de la Carrera de Ingeniería Automotriz, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de forjarme como persona y profesional, aportando valiosos conocimientos que sin duda alguna serán de gran ayuda en el futuro.

A mi director de tesis, el Ingeniero Juan Carlos Castelo, por su paciencia, sus conocimientos y sobre todo su buena predisposición para ayudarnos en la realización de este proyecto de titulación.

Agradezco a mis maestros y compañeros por brindarme sus conocimientos y amistad sincera para que la estadía en la ciudad de Riobamba fuera como en casa.

**Diego León León**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Justificación y Actualidad .....	1
1.2 Problema .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	2
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 Historia de la inyección de combustible .....	3
2.2 Inyección electrónica de combustible .....	5
2.3 Ventajas de la inyección electrónica de combustible.....	5
2.4 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de combustible.....	6
2.5 Principales componentes del sistema de inyección electrónica de combustible .....	8
2.5.1 <i>Unidad de Control Electrónico (ECU, ECM, PCM, UCE)</i> .....	9
2.5.2 <i>Sensores</i> .....	12
2.5.3 <i>Actuadores</i> .....	18
2.6 Protocolos de comunicación automotriz .....	22
2.6.1 <i>Protocolos de comunicación ISO</i> .....	23
2.6.2 <i>Protocolo de comunicación CAN (Controller Area Network)</i> .....	23
2.7 Tarjeta electrónica Arduino.....	24
2.7.1 <i>Tarjeta electrónica Arduino DUE</i> .....	25
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN</b> .....	<b>29</b>
3.1 Parámetros de diseño .....	29
3.1.1 <i>Parámetros de entrada</i> .....	29
3.1.2 <i>Parámetros de salida</i> .....	29
3.2 Variables de diseño .....	29
3.2.1 <i>Variables de entrada</i> .....	29
3.2.2 <i>Variables de salida</i> .....	29
3.3 Diseño del comprobador de computadoras automotrices .....	30
3.3.1 <i>Selección de la tarjeta electrónica</i> .....	30

3.3.2	<i>Selección de la pantalla táctil</i> .....	30
3.3.3	<i>Diseño del circuito de control</i> .....	31
3.3.4	<i>Comprobación en protoboard</i> .....	36
3.3.5	Diseño de las placas electrónicas .....	36
3.3.6	Impresión de la placa electrónica .....	36
3.4	Construcción del comprobador de computadoras automotrices .....	37
3.4.1	<i>Diseño y construcción de la carcasa de protección del comprobador</i> .....	38

#### **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
4.1	Partes del comprobador de computadoras .....	41
4.1.1	<i>Pantalla</i> .....	41
4.1.2	<i>Señal CKP Analógica</i> .....	43
4.1.3	<i>Señal CKP Efecto HALL</i> .....	44
4.1.4	<i>Conectores de Alimentación +12v y Masa</i> .....	45
4.1.5	<i>Conector de inyectores y bobinas</i> .....	45
4.1.6	<i>Interruptor de la placa de control</i> .....	46
4.1.7	<i>Interruptor del microcontrolador</i> .....	46
4.1.8	<i>Enchufe de alimentación</i> .....	46
4.2	Prueba de funcionamiento con la ECU de la camioneta Chevrolet Luv 3,2 litros ....	46
4.3	Prueba de funcionamiento con la ECU del Chevrolet Corsa 1,6 litros .....	48
4.4	Resultados de las pruebas de funcionamiento del comprobador de computadoras automotrices .....	50

#### **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>ESTUDIO DE COSTOS</b> .....	<b>51</b>
5.1	Costos directos .....	51
5.2	Costos indirectos .....	51
5.3	Costos totales .....	52

#### **CAPÍTULO VI**

<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>53</b>
6.1	Conclusiones .....	53
6.2	Recomendaciones .....	53

#### **BIBLIOGRAFIA** **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2.</b> Especificaciones técnicas del Arduino DUE .....	25
<b>Tabla 1-3.</b> Componentes de la placa .....	37
<b>Tabla 1-4.</b> Pin data ECU Chevrolet Luv 3,2 litros .....	47
<b>Tabla 2-4.</b> Pin Data ECU Corsa 1,6 .....	49
<b>Tabla 1-5.</b> Costos directos.....	51
<b>Tabla 2-5.</b> Costos indirectos.....	52
<b>Tabla 3-5.</b> Total de gastos .....	52

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Figura 1-2.</b> Principio del carburador de superficie.....	3
<b>Figura 2-2.</b> Primer sistema de inyección de combustible .....	4
<b>Figura 3-2.</b> Sistema de inyección Jetronic .....	4
<b>Figura 4-2.</b> Sistema de inyección Motronic .....	4
<b>Figura 5-2.</b> Inyección de combustible.....	5
<b>Figura 6-2.</b> Clasificación según el número de inyectores .....	6
<b>Figura 7-2.</b> Clasificación según la ubicación del inyector .....	7
<b>Figura 8-2.</b> Clasificación por el sincronismo de la inyección .....	7
<b>Figura 9-2.</b> Componentes de la inyección electrónica de combustible .....	8
<b>Figura 10-2.</b> Esquema de un sistema de control electrónico.....	9
<b>Figura 11-2.</b> Arquitectura de una ECU .....	10
<b>Figura 12-2.</b> Oscilograma de una señal analógica .....	11
<b>Figura 13-2.</b> Oscilograma de una señal digital.....	11
<b>Figura 14-2.</b> Oscilograma de una corriente con impulsos curvos .....	11
<b>Figura 15-2.</b> Oscilograma de una corriente con impulsos cuadrados .....	12
<b>Figura 16-2.</b> Sensor MAP .....	12
<b>Figura 17-2.</b> Sensor de posición mariposa .....	13
<b>Figura 18-2.</b> Sensor MAF .....	13
<b>Figura 19-2.</b> Sensor de fase.....	14
<b>Figura 20-2.</b> Sensor ECT .....	14
<b>Figura 21-2.</b> Sensor IAT .....	14
<b>Figura 22-2.</b> Sensor KS.....	15
<b>Figura 23-2.</b> Sensor de oxígeno .....	15
<b>Figura 24-2.</b> Sensor CKP .....	16
<b>Figura 25-2.</b> Sensor CKP en el volante de inercia .....	16
<b>Figura 26-2.</b> Sensor CKP en la rueda fónica.....	17
<b>Figura 27-2.</b> Sensor de revoluciones y posición angular de tipo Hall.....	17
<b>Figura 28-2.</b> Tipos de señales de un sensor de revoluciones y posición angular tipo hall.....	18
<b>Figura 29-2.</b> Inyector de combustible .....	18
<b>Figura 30-2.</b> Estructura de un inyector electromagnético .....	19
<b>Figura 31-2.</b> Voltaje en los inyectores de combustible .....	19
<b>Figura 32-2.</b> Bobina de encendido .....	20
<b>Figura 33-2.</b> Esquema de un encendido DIS estático. ....	21

<b>Figura 34-2.</b> Bobina de encendido independiente (A), bobina de encendido simultáneo (B). ..	22
<b>Figura 35-2.</b> Red de Comunicación Automotriz .....	22
<b>Figura 36-2.</b> Conector DLC – Alimentación Protocolo ISO.....	23
<b>Figura 37-2.</b> Conector DLC – Alimentación Protocolo CAN.....	23
<b>Figura 38-2.</b> Conector DLC – Alimentación Protocolo VPM .....	24
<b>Figura 39-2.</b> Conector DLC – Alimentación Protocolo PWM .....	24
<b>Figura 40-2.</b> Tarjeta Arduino .....	24
<b>Figura 41-2.</b> Placa del Arduino DUE.....	28
<b>Figura 1-3.</b> Pantalla de 7" TFT LCD 480X800.....	31
<b>Figura 2-3.</b> Placa Shield compatible con Arduino Due.....	31
<b>Figura 3-3.</b> Programación de señal cuadrada .....	31
<b>Figura 4-3.</b> Programación de la señal analógica .....	32
<b>Figura 5-3.</b> Programación del Arduino DUE. ....	32
<b>Figura 6-3.</b> Señales generadas por el sensor CKP.....	33
<b>Figura 7-3.</b> Señales que salen del Arduino DUE .....	33
<b>Figura 8-3.</b> Acondicionador de señal cuadrada.....	34
<b>Figura 9-3.</b> Acondicionador de señal inductiva. ....	34
<b>Figura 10-3.</b> Acondicionamiento de señales de entrada hacia el Arduino. ....	35
<b>Figura 11-2.</b> Circuitos de alimentación.....	35
<b>Figura 12-3.</b> Comprobación en circuitos en protoboard .....	36
<b>Figura 13-3.</b> Diseño de placas en Proteus .....	36
<b>Figura 14-3.</b> Circuito impreso.....	37
<b>Figura 15-3.</b> Soldadura de componentes.....	38
<b>Figura 16-3.</b> Diseño de la carcasa del comprobador .....	38
<b>Figura 17-3.</b> Corte de la vista principal.....	39
<b>Figura 18-3.</b> Armado de la carcasa .....	39
<b>Figura 19-3.</b> Montaje de elementos.....	39
<b>Figura 20-3.</b> Presentación final del comprobador .....	40
<b>Figura 1-4.</b> Programación de la pantalla 1 (carátula).....	41
<b>Figura 2-4.</b> Pantalla inicio (carátula).....	42
<b>Figura 3-4.</b> Programación de la segunda pantalla (Sensor CKP).....	42
<b>Figura 4-4.</b> Pantalla “Señales sensor CKP” .....	42
<b>Figura 5-4.</b> Programación de la tercera pantalla (Bobinas e inyectores) .....	43
<b>Figura 6-4.</b> Pantalla “Bobinas e inyectores” .....	43
<b>Figura 7-4.</b> Simulación de señal CKP sinusoidal.....	44

<b>Figura 8-4.</b> Simulación de señal CKP efecto Hall (60-2) .....	44
<b>Figura 9-4.</b> Simulación de señal CKP efecto Hall (36-2) .....	45
<b>Figura 10-4.</b> Conectores de alimentación y masa de la ECU .....	45
<b>Figura 11-4.</b> Conector de inyectores y bobinas.....	45
<b>Figura 12-4.</b> Interruptor de la placa de control .....	46
<b>Figura 13-4.</b> Interruptor de la pantalla .....	46
<b>Figura 14-4.</b> Enchufe de alimentación .....	46
<b>Figura 15-4.</b> Conector de la ECM.....	47
<b>Figura 16-4.</b> Prueba de funcionamiento con la ECU de la camioneta .....	48
<b>Figura 17-4.</b> Conectores ECU Corsa 1,6.....	48
<b>Figura 18-4.</b> Prueba de funcionamiento con la ECU del Corsa B 1.6 cc .....	49

## LISTA DE ABREVIACIONES

ECU	Electronic Computer Unit (ECM, PCM, UCE)
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
PWM	Modulación por Ancho de Pulso
RCO	Relation Cyclical Openning
NTC	Negative Temperature Coefficient.
MAP	Mainfold Absolute Pressure
CMP	Camshaft Position
CKP	Crankshaft Position
ECT	Engine Coolant Temperature
IAT	Intake Air Temperature
KS	Knock Sensor
PMS	Punto Muerto Superior
ISO	Organización Internacional de Estandarización
CAN	Controller Area Network
VPWM	Modulación por Ancho de Pulso Variable
DLC	Data Link Connector
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
PCB	Printed Circuit Board
OBD	On Board Diagnostic



## LISTA DE ANEXOS

- A Manual de operación y mantenimiento del comprobador de computadoras
- B Diagramas eléctricos de computadoras automotrices
- C Programación del comprobador de computadoras automotrices

## RESUMEN

Se diseñó y construyó un comprobador digital de computadoras automotrices que sirve para complementar los estudios en la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH. Para la construcción de este proyecto se utilizó la tarjeta electrónica Arduino Due el cual es un microcontrolador de 32 Bits, con entradas y salidas digitales/analógicas y convertidor DAC. Para una mejor operación y visualización se incorporó una pantalla táctil de 7 pulgadas compatible con la tarjeta electrónica. La programación y simulación de las señales originadas por el sensor CKP se realizaron en con el software Arduino IDE, el mismo software ayudó a visualizar mediante su lenguaje de programación los pulsos de inyección y bobinas provenientes de la ECU del automóvil. Las señales generadas por el Arduino DUE tuvieron que ser acondicionadas mediante circuitos electrónicos amplificando y rectificando los valores de voltaje necesarios para que puedan ser interpretados por la ECU. Por la característica de funcionamiento de la tarjeta electrónica el voltaje máximo de operación es 3.3v, en consecuencia las señales enviadas por la computadora del automóvil debieron pasar por una reducción de su tensión. Se realizaron pruebas de funcionamiento con dos ECU's de diferentes características. La primera pertenecía a una camioneta Chevrolet LUV de 3,2 litros de cilindrada total, la segunda de un automóvil Chevrolet Corsa B de 1,6 litros como resultado se observó que el comprobador funciona correctamente. Las señales generadas por el dispositivo fueron reconocidas por las computadoras automotrices, de igual manera las señales de salida de las computadoras hacia el comprobador se observaron en la pantalla táctil.

**PALABRAS CLAVES:** <COMPROBADOR DE COMPUTADORAS>, <UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECU)>, <ARDUINO (TARJETA)>, <CKP (SENSOR)>, <PANTALLA TÁCTIL>, <INYECTORES>, <BOBINAS>, <DAC (CONVERTIDOR)>.

## ABSTRACT

A digital tester of automotive computers has been designed and built. It serves to reinforce the studies in the Automotive Engineering Career at ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). The Arduino Due electronic card which is a 32-bit microcontroller with digital/analogic inputs and outputs and Digital to Analog Converter (DAC) was used to carry out this project. A 7" tactile screen compatible with this electronic card was incorporated to get a better operation and visualization. Programming and simulating of signals from the crankshaft position sensor were carried out with Arduino Integrated Development Environment – or Arduino Software (IDE). This software helped to visualize by programming language, injection pulses and coils from Electronic Control Unit (ECU) of the car. This signals generated by Arduino Due were set up by electronic circuits widening and rectifying the voltage, so that they can be incorporated by ECU. According to the operation characteristic of electronic card, the maximum operation voltage is 3.3v, in consequence the signals sent by the car computer reduced the tension. Operation tests with two ECU with different characteristic were carried out. The former belonged to a 3.2-L cylinder Chevrolet Luv pick up, and the latter belonged to a 1.6-L cylinder Chevrolet Corsa B. As a result, the taster ran the best. The signals generated by device were recognized by the car computers and output computer signals to the tester were observed in the tactile screen.

**KEY WORDS:** <COMPUTER TESTER>, <ELECTRONIC CONTROL UNIT (ECU)>, <ARDUINO (CARD)>, <CRANKSHAFT POSITION SENSOR (SENSOR)>, <TACTILE SCREEN>, <INJECTORS>, <COILS>, <DIGITAL TO ANALOG CONVERTER (DAC)>.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Justificación y Actualidad

La industria actual del automóvil incorpora a la electrónica en sus diferentes sistemas. Por tal razón la inyección electrónica de combustible parte fundamental del automóvil en la actualidad, sustituyendo y optimizando anteriores sistemas. Desde hace algunos años prácticamente todas las marcas y modelos que salen al mercado cuentan con este sistema. (Rueda, 2005)

La computadora del automóvil (ECU, ECM, PCM, UCE) es el elemento más importante que conforma el sistema de inyección electrónica, se encarga de establecer el correcto volumen de carburante a ser pulverizado, controlando el tiempo de apertura de los inyectores. (Rueda, 2005)

La cantidad de carburante inyectado está en función de la velocidad del motor, temperatura del mismo, posición de la mariposa de aceleración. Estas variables mencionadas son medidas por sensores que envían la información hacia la ECU. (Rueda, 2005)

Con el avance en las tecnologías electrónicas incorporadas por los fabricantes para los diferentes sistemas del automóvil han surgido a la par diferentes formas para diagnosticar los problemas asociados a estos nuevos dispositivos.

Con la necesidad de implementar y modernizar el laboratorio de Autotrónica de la Carrera de Ingeniería Automotriz con equipos nuevos y actualizados que estén a la vanguardia tecnológica surge la necesidad de construir un banco comprobador digital de computadoras automotrices que sea completamente didáctico y de fácil utilización para todos los estudiantes de la carrera.

El comprobador de computadoras automotrices que se construirá constará de una pantalla táctil en la cual se podrá verificar y visualizar el comportamiento real de los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica de los vehículos a gasolina.

## **1.2 Problema**

En el laboratorio de Autotrónica de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH existe la necesidad de implementar un banco comprobador digital de computadoras automotrices para su diagnóstico, ya que la escuela cuenta con varias computadoras automotrices pero no se las puede diagnosticar por la falta de un comprobador actualizado, esto contribuye directamente con el aprendizaje de los estudiantes y la facilidad que dispondrán en su manipulación.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 *Objetivo General***

Construir un banco digital comprobador de computadoras automotrices en vehículos con sistemas de inyección electrónica a gasolina para el laboratorio de Autotrónica de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH

### **1.3.2 *Objetivos Específicos***

- Estudiar los protocolos de comunicación entre la computadora automotriz y las herramientas de diagnóstico, mediante una revisión bibliográfica, para conocer el funcionamiento adecuado de la comunicación entre la computadora automotriz y las herramientas de diagnóstico.
- Diseñar el circuito electrónico, interfaz de la pantalla táctil y los módulos de control del comprobador digital de computadoras automotrices.
- Implementar una tarjeta electrónica existente en el mercado para la construcción del comprobador digital de computadoras automotrices.
- Programar la tarjeta electrónica, módulos e interfaz de la pantalla táctil del comprobador digital de computadoras automotrices, utilizando un software compatible con la tarjeta electrónica, para la comunicación entre el comprobador digital y la computadora automotriz.
- Realizar la comunicación bidireccional entre el comprobador digital y la computadora automotriz, con la utilización de una tarjeta electrónica, para manipular, controlar y analizar el estado de la computadora.
- Verificar el funcionamiento de la computadora automotriz, mediante el comprobador digital de computadoras automotrices, para conocer el estado en que se encuentra la computadora del automóvil.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Historia de la inyección de combustible

La carburación comenzó en 1795, cuando Robert Street logró la evaporación del aceite de alquitrán de hulla y la trementina en un motor atmosférico.

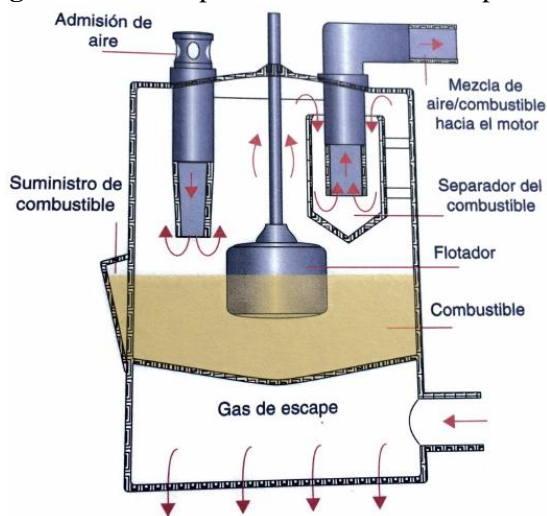
En 1825, se dio un paso importante hacia la destilación del petróleo ligero y se obtuvo una sustancia llamada gasolina.

En 1865, Siegfried Marcus solicitó una patente para un carburador y destacó la sencillez de su dispositivo comparado con los complicados generadores de vapor que existían hasta entonces.

La primera aplicación de un motor a gasolina fue entre 1883 y 1884 en un carruaje.

Fernand Forest ideó y construyó un carburador en 1884 que consistía en una cámara de flotador y una boquilla con rociador de combustible. (Rueda Santander, 2005)

**Figura 1-2.** Principio del carburador de superficie



Fuente: (Rueda Santander, 2005)

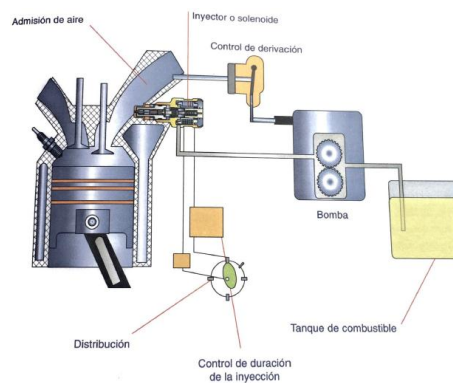
Al carburador de superficie en 1886 se le incorporó una válvula flotadora que servía para alcanzar un nivel constante de combustible. (Rueda Santander, 2005)

Robert Bosch realiza los primeros ensayos de un sistema de inyección de combustible al utilizar bomba de aceite de lubricación.

La compañía Bosch Ltda fue la pionera en los sistemas de inyección, al lograr ingresar el combustible a alta presión sobre la cámara de combustión. (Bosch Ltda, 2008)

Stuart Hilborn en 1949 utilizó la inyección indirecta de combustible en un vehículo bautizado como "Offenhauser". (Rueda Santander, 2005)

**Figura 2-2.** Primer sistema de inyección de combustible

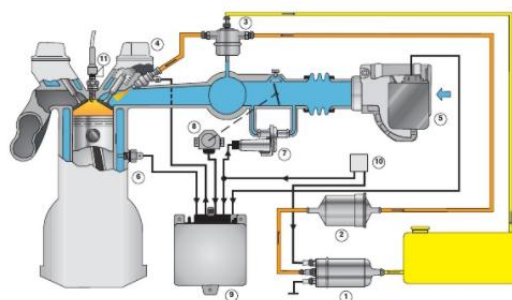


**Fuente:** (Rueda Santander, 2005)

De la mano de Chevrolet aparece un sistema de inyección de combustible denominado “Ranject” el cual lo introdujeron en el año 1957 para realizar la producción masiva del Corvette. (Rueda Santander, 2005)

En los Estados Unidos se crea la primera ley reguladora de gases contaminantes de escape en el año 1967, razón por la cual Bosch presentó un sistema de inyección electrónica denominado D-Jetronic. (Bosch Ltda, 2008)

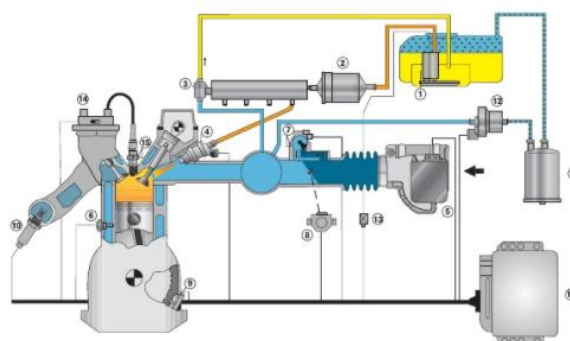
**Figura 3-2.** Sistema de inyección Jetronic



**Fuente:** (Bosch Ltda, 2008)

Hasta el año 1979 ningún sistema de inyección había introducido un microprocesador en el automóvil. Bosch en este año lanza al mercado mundial el sistema de inyección Motronic el cual ayudó al procesamiento digital de muchas funciones del motor. (Bosch Ltda, 2008)

**Figura 4-2.** Sistema de inyección Motronic



Fuente: (Bosch Ltda, 2008)

## 2.2 Inyección electrónica de combustible

La inyección electrónica de combustible nace ante la necesidad de regular y disminuir la cantidad de gases contaminantes generados en la combustión, ahorrar combustible, obtener el máximo rendimiento del motor tanto en potencia y eficiencia. (Universidad Tecnológica del Perú, 2009)

**Figura 5-2.** Inyección de combustible



Fuente: ([http://tubazo.blogspot.com/2008\\_10\\_01\\_archive.html](http://tubazo.blogspot.com/2008_10_01_archive.html))

Este sistema suministra el combustible a través de un medio electrónico (electroválvula o inyector), hacia el sistema de admisión del motor logrando así, una mejor distribución de la mezcla utilizando la información proporcionada por un conjunto de sensores los cuales miden volumen de admisión de aire del motor, la temperatura del refrigerante, la temperatura de admisión de aire, la relación de aceleración o desaceleración, la posición de los pistones, entre otras condiciones. (Orozco Cuautle, 2006)

La unidad electrónica compara estos datos con parámetros almacenados en su memoria, calcula la mezcla óptima de aire y combustible; y luego de esto ordena un control preciso sobre la calidad de la mezcla que debe ser inyectada. (Orozco Cuautle, 2006)

## 2.3 Ventajas de la inyección electrónica de combustible

La inyección electrónica de combustible se divide en tres sistemas fundamentales para su mayor interpretación.

- **Parte electrónica:** La computadora de los automóviles controla el tiempo de apertura de los inyectores regulando de esta manera el suministro de combustible. (Rueda Santander, 2005)
- **Consumo reducido:** El consumo de combustible es considerablemente menor que en un sistema convencional, esto se debe a que en la inyección electrónica utiliza únicamente la cantidad necesaria de gasolina de acuerdo a los parámetros de funcionamiento del motor. (Universidad Tecnológica del Perú, 2009)
- **Mayor Potencia:** En los sistemas de inyección convencionales la mezcla aire – combustible se la realiza en el interior del carburador. Mientras que en los sistemas de inyección electrónica solo ingresa aire al múltiple de admisión, de tal manera que mientras mayor sea



el diámetro del múltiple se dará mayor alimentación al motor y como consecuencia obtendremos mayor potencia. (Martí Parera, 1990)

- **Menor contaminación:** El abastecimiento de la mezcla en los sistemas de inyección electrónica son completamente controlados y cada cilindro recibe la misma cantidad eliminando las desigualdades producidas en los sistemas a carburación, en los cuales no existía un control generando así en algunos cilindros mezclas demasiado ricas y en otros demasiado pobres. (Rueda Santander, 2005)

## 2.4 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de combustible

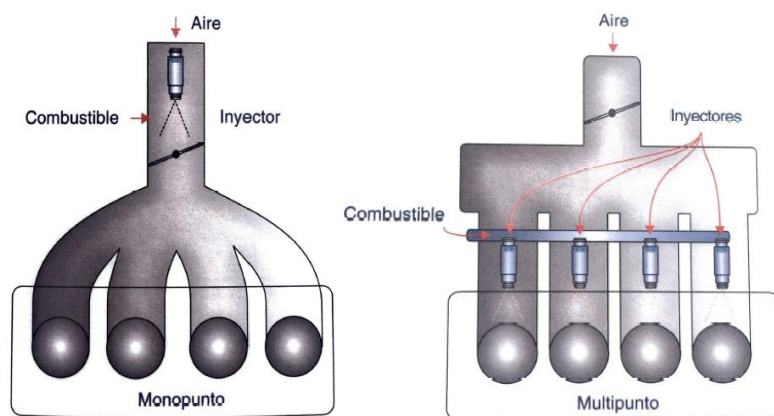
Para los sistemas de inyección puede aplicar cuatro clasificaciones:

- **Por el número de inyectores**

Monopunto: Este sistema de inyección se asemeja al de carburador debido a que solo presenta un inyector al principio del múltiple de admisión. La principal diferencia con el carburador es que la cantidad de combustible no depende de la depresión del colector. (Rueda Santander, 2005)

Multipunto: Este sistema de inyección posee un inyector para cada cilindro. (Universidad Tecnológica del Perú, 2009)

**Figura 6-2.** Clasificación según el número de inyectores



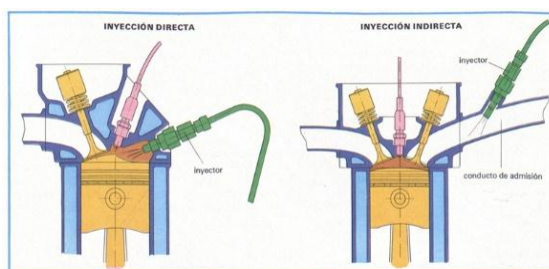
Fuente: (Rueda Santander, 2005)

- **Por la ubicación del inyector**

Inyección directa: El inyector lo encontramos en contacto con la cámara de combustión suministrando el combustible en su interior. (Álvarez Florez, y otros, 2002)

Inyección Indirecta: En este caso el combustible es pulverizado por medio del inyector antes de la válvula de admisión, en la tubería de aspiración de cada cilindro. (Álvarez Florez, y otros, 2002)

**Figura 7-2.** Clasificación según la ubicación del inyector



Fuente: (<http://www.fierrosclasicos.com/que-es-la-inyeccion-de-combustible/>)

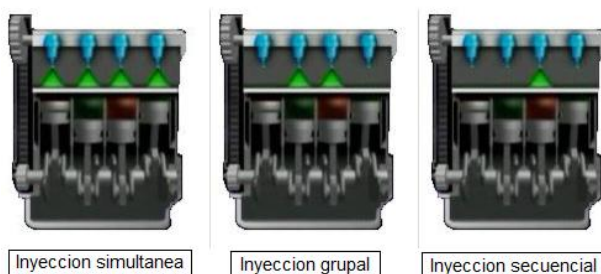
- **Por el sincronismo de la inyección**

Simultánea: Este es un sistema de inyección indirecta en el cual el combustible es inyectado simultáneamente a través de todos los inyectores. Estas inyecciones de combustible no siempre coinciden con la apertura de la válvula de admisión de un determinado cilindro, razón por la cual el combustible inyectado se almacena en el múltiple de admisión. (Rueda Santander, 2005)

Semi secuencial: Los inyectores en este sistema trabajan en pareja, es decir, se abren y cierran para la inyección de dos en dos. (Universidad Tecnológica del Perú, 2009)

Secuencial: La inyección de combustible ocurre únicamente cuando se abre la válvula de admisión. Es decir, siguiendo el orden de encendido (Universidad Tecnológica del Perú, 2009)

**Figura 8-2.** Clasificación por el sincronismo de la inyección



Fuente: (<http://mecanicosdeautos.blogspot.com/2015/03/inyeccion-de-gasolina.html>)

- **Por el sistema de control y accionamiento de los inyectores**

Mecánica: Control y accionamiento mecánico de los inyectores (K-Jetronic). (GTZ, 1985)

Mecánica electrónica: Control electrónico y accionamiento mecánico de los inyectores (KE-Jetronic). (GTZ, 1985)

Electrónica: Control y accionamiento electrónico de los inyectores (L-Jetronic, LE-Jetronic, Motronic, Digifant). (GTZ, 1985)

Las configuraciones más comunes que se pueden encontrar en el mercado son:

- Inyección directa, multipunto y secuencial.
- Inyección indirecta, multipunto y secuencial.

- Inyección indirecta, multipunto y simultánea.
- Inyección indirecta, monopunto y simultánea. (Rueda Santander, 2005)

## 2.5 Principales componentes del sistema de inyección electrónica de combustible

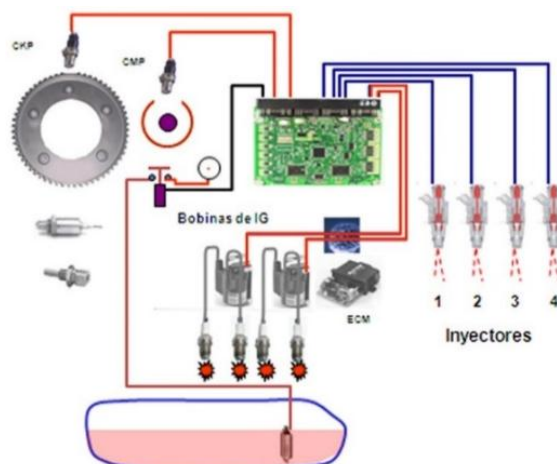
Los principales componentes del sistema de inyección son:

- **Unidad de Control Electrónico (ECU):** Es una pequeña computadora que contiene toda la lógica necesaria para controlar tanto la entrada de información enviada por los sensores, como las diferentes señales de salida o activación. Determina la presión y cantidad de combustible que se necesita, controla todos los elementos de ajuste e inyectores y el momento del encendido. (Orozco Cuautle, 2006)
- **Sensores:** Son dispositivos que detectan manifestaciones de fenómenos físicos como: flujo, velocidad, aceleración, posición, cantidad, niveles, etc. y los convierte en señales eléctricas. En general son interruptores, resistores, transformadores, generadores, etc. que envían señales digitales o analógicas hacia la ECU.

Los cuales son los importantes al momento de la gestión electrónica del automóvil. (Jahaziel, 2012)

- **Actuadores:** Son elementos capaces de generar una fuerza, a partir de líquidos, de energía eléctrica o energía gaseosa, por medio de ellos la unidad de control electrónico puede gestionar el comportamiento del motor para que se ajuste a las condiciones óptimas de funcionamiento. (Orozco Cuautle, 2006)
- **Inyectores:** Son dispositivos operados por solenoides que se encuentran controlados por la ECU. Cada inyector abre con un pulso eléctrico teniendo una duración de pocos milisegundos. Los pulsos son enviados por la ECU y, a medida que aumentan las rpm del motor, el tiempo de apertura del inyector se incrementa ligeramente. (Rueda Santander, 2005)

**Figura 9-2.** Componentes de la inyección electrónica de combustible

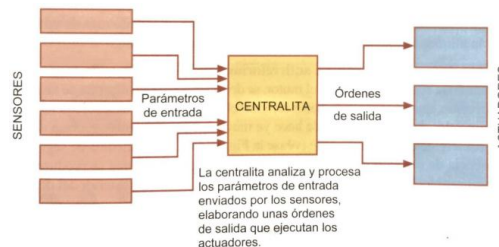


Fuente: (<http://www.nitro.pe/mecanica/15645-por-que-es-mejor-el-sistema-de-inyeccion-que-el-carburador.html>)

### 2.5.1 Unidad de Control Electrónico (ECU, ECM, PCM, UCE)

La unidad de control es la parte más importante del sistema de inyección electrónica a gasolina. Ésta se encarga de establecer el correcto volumen de carburante a ser pulverizado, basándose en la información proporcionada por el grupo de sensores del sistema. (Bosch Ltda, 2008)

**Figura 10-2.** Esquema de un sistema de control electrónico



Fuente: (Pérez Belló, 2011)

La gestión final de ECM es establecer el tiempo e instante oportuno para la dosificación de combustible, así como para el salto de la chispa de encendido. (Rueda Santander, 2005)

La ECU se encuentra constituida por semiconductores electrónicos tales como, diodos, transistores, resistencias, condensadores, circuitos integrados, que agrupados crean estructuras complejas. También posee microprocesadores, en los cuales recopila toda la información de su programa de trabajo. (Coello Serrano, 2006)

La ECU del automóvil opera en cuatro funciones o fases básicas:

**Entrada:** Una señal de voltaje es enviada desde un sensor o un interruptor. (Pérez Alonso, 2010)

**Procesamiento:** A la unidad de control electrónico llega la información de las entradas y las compara con las instrucciones ya programadas. Los circuitos lógicos procesan estos datos y convierten las señales de entrada en órdenes de salida. (Pérez Alonso, 2010)

**Almacenaje:** La ECU posee una memoria electrónica que se encarga de almacenar las instrucciones del programa, de igual manera lo realiza con las señales de entrada para su posterior procesamiento. (Pérez Alonso, 2010)

**Salida:** Una vez que la computadora haya cumplido con las tareas antes mencionadas permitirá que las órdenes o comandos sean dirigidos hacia las unidades de salida (sistema de actuadores o paneles de instrumentación). (Pérez Alonso, 2010)

- **Arquitectura de la ECU**

Los fabricantes de vehículos han diseñado para cada computadora un programa de trabajo específico que difiere de otros modelos de automóviles. (Coello Serrano, 2006)

La ECU está constituida por una microcomputadora (microprocesador o micro controlador) y un BUS digital de transmisión. (Rueda Santander, 2005)

**Microcomputadora:** Según el fabricante del vehículo puede incorporar un microprocesador o un microcontrolador.

**Unidad lógica de cálculo (ALU):** Efectúa las operaciones lógicas y aritméticas. Los datos y programas que necesita los adquiere de la memoria RAM, la cual recopila los datos enviados por los sensores. (Rueda Santander, 2005)

**Acumulador:** Es una memoria intermedia con la cual la ALU puede almacenar datos al mismo que opera con otros datos similares a los que está procesando. (Rueda Santander, 2005)

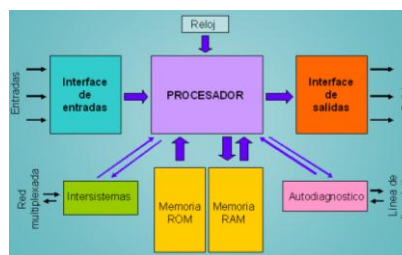
**Unidad de control:** Es el dispositivo activo que requiere los datos, controla las entradas, las salidas y el cumplimiento de las operaciones. (Rueda Santander, 2005)

**Memoria ROM:** Esta memoria contiene grabados los programas con todos los datos, cartografías, etc., los cuales permitirán que funcione el sistema. Es una memoria solo de lectura de ahí su nombre (Read Only Memory), La ROM es de almacenaje fijo, si se llega a desconectar la batería las instrucciones almacenadas continúan intactas. (Bernal Villamizar, 2005)

**Memoria RAM:** En esta memoria se guardan todos los datos que proveen los sensores hasta el momento que son solicitados por el microprocesador. La memoria RAM es volátil grabando los datos del momento que la llave es ubicada en posición ON y borrada al regresar a la posición OFF. (Bernal Villamizar, 2005)

**BUS digital de transmisión:** Está conformado por un arreglo de líneas de transmisión que facilitan el acceso a todas las unidades aptas para la recepción. (Rueda Santander, 2005)

**Figura 11-2.** Arquitectura de una ECU



Fuente: (<http://www.monografias.com/trabajos102/sistemas-electronicos-y-multiplexado/sistemas-electronicos>)

- **Tipos de corriente en los sistemas de gestión electrónica**

**Corriente de potencia:** Su función es crear potencia desde el inicio de la energía eléctrica contenida en la propia corriente. Se utiliza para alimentar a los actuadores. (Pérez Belló, 2011)

**Corriente de señal:** La función de esta corriente es trasladar información, a través de sus variantes eléctricas, como, la frecuencia, la intensidad o el voltaje. Esta corriente es la que recibe la ECU por parte de los sensores. (Pérez Belló, 2011)

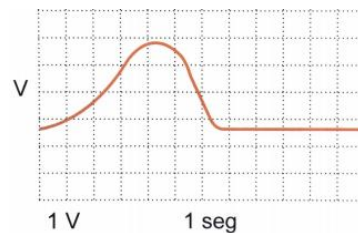
La computadora es capaz de leer solo señales de voltaje. Los programas empleados por las ECU's son grabados en circuitos integrados (chips) usando una secuencia de números. Estos números

representan varias combinaciones de valores de voltaje que la computadora puede interpretar. (Pérez Alonso, 2010)

La corriente utilizada para la gestión electrónica se clasifica en los siguientes grupos:

Analógica: La tensión de esta corriente puede poseer múltiples valores, la cual está presente casi en la mayoría de los sensores (sonda lambda, sensores de presión, etc.). (Pérez Belló, 2011)

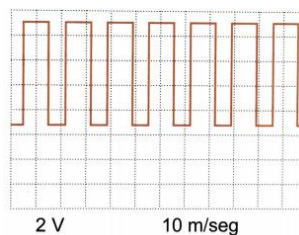
**Figura 12-2.** Oscilograma de una señal analógica



Fuente: (Pérez Belló, 2011)

Digital: Esta corriente solo puede adquirir dos valores, máximo y mínimo; 0 y 5 voltios o 0 y 12 voltios. (Pérez Belló, 2011)

**Figura 13-2.** Oscilograma de una señal digital



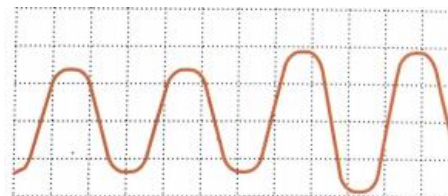
Fuente: (Pérez Belló, 2011)

- **En forma de impulsos**

Estas se clasifican según su estructura y forma. (Pérez Belló, 2011)

Curva: Es característica de sensores de tipo inductivo. Su forma obedece a los efectos variables de la inducción electromagnética. (Pérez Belló, 2011)

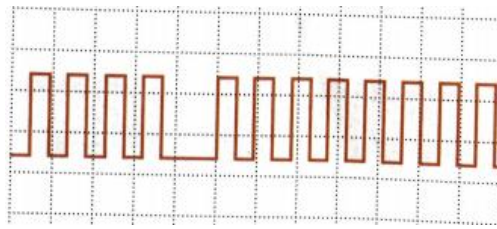
**Figura 14-2.** Oscilograma de una corriente con impulsos curvos



Fuente: (Pérez Belló, 2011)

Cuadrada: Su forma es rectangular, la cual está presente en los sensores de efecto hall. (Pérez Belló, 2011)

**Figura 15-2.** Oscilograma de una corriente con impulsos cuadrados



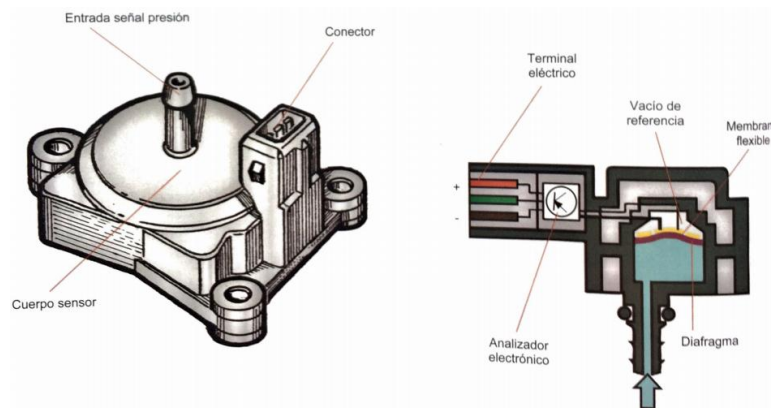
Fuente: (Pérez Belló, 2011)

### 2.5.2 Sensores

Estos componentes electrónicos informan el estado de las condiciones físicas del motor y medio ambiente. Los sistemas de inyección se diferencian por el tipo y la cantidad de sensores y actuadores que utilicen, puesto que todos los sistemas se rigen por el mismo principio de funcionamiento. A continuación, se efectuará una breve descripción de los sensores indicando su función y principio de funcionamiento. (Pérez Belló, 2011)

- Sensores de presión de sobrealimentación: Se trata de un sensor MAP, el cual tiene como función controlar el suministro de combustible para el motor según la demanda de aceleración y del estado de carga, supervisando el vacío presente en el interior del colector de admisión. Está formado por una membrana piezo-resistiva que dependiendo del valor de vacío presente envía menor o mayor voltaje a la ECU del automóvil. (Jahaziel, 2012)

**Figura 16-2.** Sensor MAP

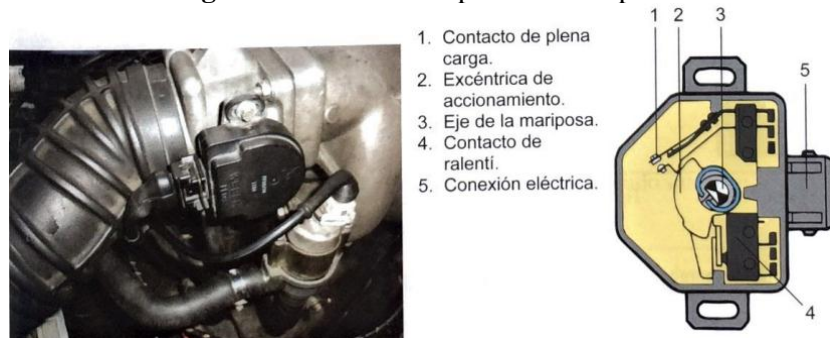


Fuente: (Pérez Belló, 2011)

- Sensores de posición de mariposa: Es el encargado de informar a la ECU sobre la posición de la mariposa ubicada en el cuerpo de aceleración, la computadora del automóvil recibe esta señal y controla los tiempos de inyección. Este sensor es un potenciómetro adaptado al eje de la mariposa de aceleración, desplazándose en función de la aceleración. (Jahaziel, 2012)

En función de su rango de medición existen dos tipos de sensores: De ralentí y carga máxima, y de medición continua. (Pérez Belló, 2011)

**Figura 17-2.** Sensor de posición mariposa

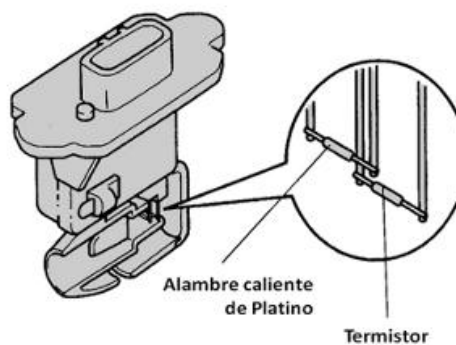


Fuente: (Pérez Belló, 2011)

- Sensores de entrada de masa de aire (Sensor MAF): Su principal función es la de medir la cantidad de aire que ingresa al motor, variando su voltaje de acuerdo al flujo ingresado para luego enviar esta señal hasta la PCM del automóvil. (Jahaziel, 2012)

Este sensor en su interior está formado por un hilo caliente fino metálico, al momento de ingresar el aire enfría el hilo variando de esta manera su temperatura, generando así una señal de tensión según la temperatura del mismo. (Jahaziel, 2012)

**Figura 18-2.** Sensor MAF



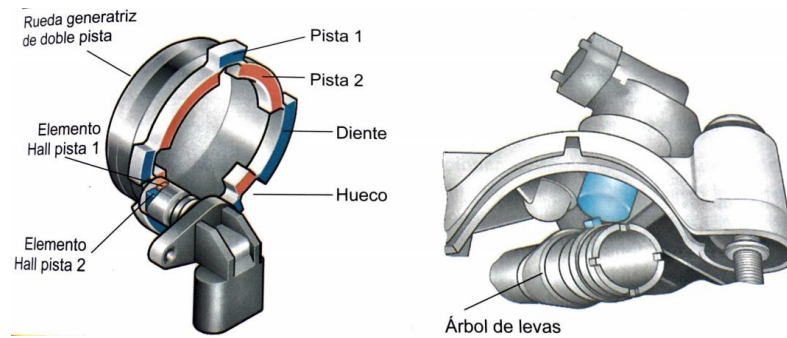
Fuente: (Pérez Belló, 2011)

- Sensores de fase (Sensor CMP): Estos sensores los podemos encontrar en la polea del árbol de levas, en motores antiguos están alojados en el distribuidor. (Pérez Belló, 2011)

Este sensor indica la fase del ciclo de funcionamiento en el que se encuentra cada cilindro, completando esta información con el sensor CKP Pueden ser de efecto Hall o inductivo. (Pérez Belló, 2011)



**Figura 19-2. Sensor de fase**

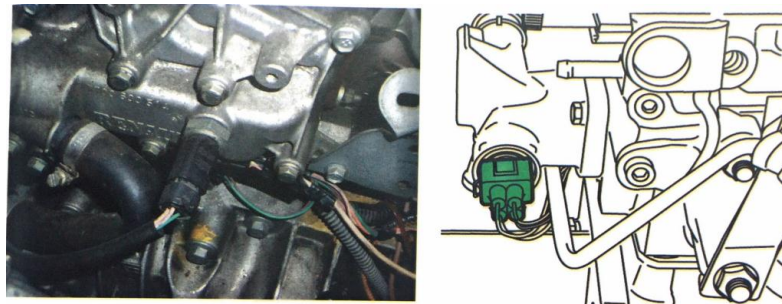


Fuente: (Pérez Belló, 2011)

- Sensor de temperatura de refrigerante (Sensor ECT): La ubicación de este sensor depende de cada fabricante, sin embargo, se lo puede encontrar a la salida de la culata. Está formado por una resistencia NTC la cual disminuye su valor óhmico a medida que se incrementa su temperatura. (Pérez Belló, 2011)

La información de este sensor actualmente es utilizada para activar el control de la refrigeración electrónica, e informar al conductor por medio del panel de instrumentos. (Pérez Belló, 2011)

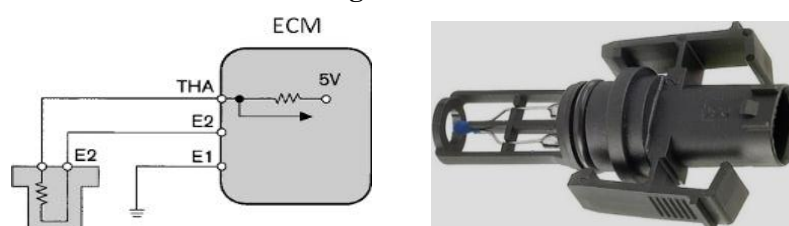
**Figura 20-2. Sensor ECT**



Fuente: (Pérez Belló, 2011)

- Sensor de temperatura del aire (Sensor IAT): Generalmente se encuentra ubicado conducto que une el filtro de aire con el colector, previo a la mariposa de aceleración. Está formado por una resistencia NTC. (Bernal Villamizar, 2005)

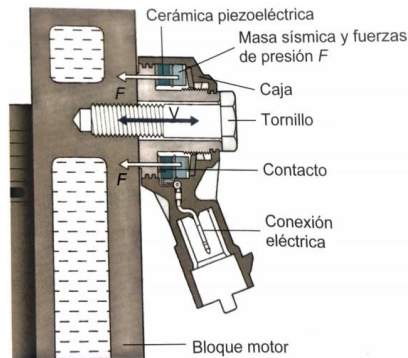
**Figura 21-2. Sensor IAT**



Fuente: (<http://www.facet.eu/es/productos/sensores/sensores-de-temperatura-del-aire/>)

- Sensor de detonación (Sensor KS): Este sensor lo podemos encontrar en el block motor, se lo conoce como sensor de picado y pertenece al circuito de encendido. El sensor KS comunica a la ECU la existencia de detonaciones para que ésta disminuya el ángulo de avance de encendido a los máximos valores que permite, para obtener el máximo rendimiento del motor. (Bernal Villamizar, 2005)

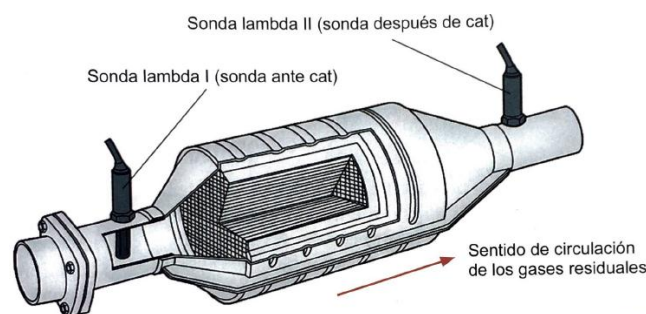
**Figura 22-2. Sensor KS**



Fuente: (Pérez Belló, 2011)

- Sonda de oxígeno: Su función es la de medir la concentración de oxígeno presente en los gases de escape, transformando esta cantidad de oxígeno en señal eléctrica para enviarla a la Unidad de Control Electrónico, ésta la compara con los datos almacenados en su interior y así verifica si la mezcla aire-combustible es la correcta, si no lo es, realiza las acciones correspondientes para mejorarla. (Jahaziel, 2012)

**Figura 23-2. Sensor de oxígeno**



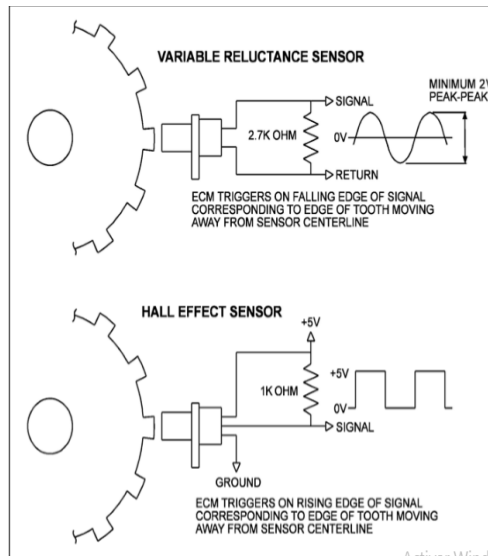
Fuente: (Pérez Belló, 2011)

- Sensores de régimen y PMS (Sensor CKP): Este sensor informa a la ECU sobre la velocidad de giro del motor. Si el sistema de inyección no cuenta con el sensor CMP, el encargado de realizar estas funciones es el sensor de posición de cigüeñal. El CKP indica la posición del cigüeñal tomando como referencia las parejas de pistones. (Pérez Belló, 2011)

La frecuencia de la señal generada es proporcional al régimen de giro del motor. Otra de sus funciones es la de ajustar la mezcla y el avance al encendido en cada cilindro. (Pérez Belló, 2011)

Los más utilizados son de tipo inductivo, aunque están comenzando a utilizarse los de efecto Hall. Si su señal desaparece, el motor se para. (Pérez Belló, 2011)

**Figura 24-2. Sensor CKP**



Fuente: (Jahaziel, 2012)

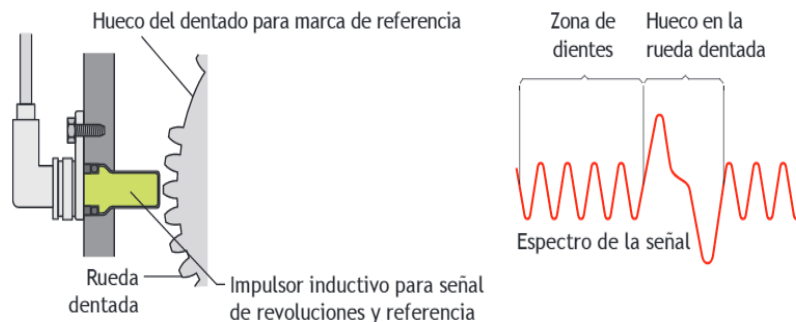
Señal enviada por un sensor inductivo en la rueda volante del cigüeñal: El sensor CKP inductivo generalmente se lo localiza en la coraza del embrague, cerca de los dientes de la cinta del volante de inercia. (Coello Serrano, 2006)

Este sensor envía pulsos de corriente alterna hacia la PCM interpretándolos como números de vuelta del motor. De modo que, si hubiera 100 dientes en la cinta dentada del volante de inercia, por cada vuelta completa del cigüeñal el sensor produciría 100 pulsos. (Coello Serrano, 2006)

La separación entre el sensor y los dientes del volante de inercia tendrá una distancia que variará según el fabricante desde 0,6 mm hasta de 1,2 mm máximo. (Coello Serrano, 2006)

El sensor CKP se encuentra constituido por un núcleo de hierro, una bobina de alambre y un imán permanente. (Coello Serrano, 2006)

**Figura 25-2. Sensor CKP en el volante de inercia**



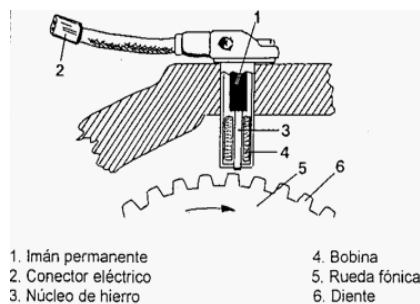
Fuente: (Sánchez, 2009)

Señal enviada por un sensor inductivo en la rueda fónica de la polea del cigüeñal: El sistema anterior mencionado ha sido sustituido debido al desgaste frecuente en los dientes del volante de inercia, actualmente el sensor CKP se encuentra ubicado en la polea del cigüeñal, o en alguno de sus codos o moñones de bancada. (Coello Serrano, 2006)

La rueda fónica que ahora se utiliza consta de un menor número de dientes en comparación a los existentes la cinta dentada del volante de inercia, generalmente se utilizan 60 dientes. (Coello Serrano, 2006)

La separación entre el sensor y los dientes de la rueda fónica tendrá una distancia que variará según el fabricante desde 0,6 mm hasta de 1,2 mm máximo. (Coello Serrano, 2006)

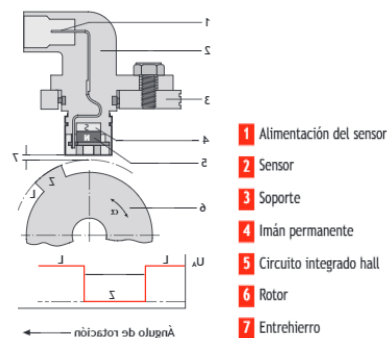
**Figura 26-2.** Sensor CKP en la rueda fónica



**Fuente:** (<https://es.slideshare.net/MatiasCisterna/sensores-35345127>)

Señal enviada por un sensor Hall: Este sensor se encuentra en el árbol de levas o cigüeñal y su principio de operación se basa en el efecto hall. Solidario al árbol de levas y cigüeñal gira un rotor (6) de material ferromagnético pudiendo ser en forma de dientes, eslabones, o segmentos. El circuito integrado hall (5) se localiza entre el rotor y un imán permanente (4) que genera un campo magnético perpendicular al elemento hall. Cuando pasa un diente (z) por delante del elemento sensor atravesando la corriente del sensor de barra, cambia en él la intensidad del campo magnético perpendicularmente al elemento hall. Por tanto, los electrones impulsados por el componente longitudinal de una tensión aplicada al elemento son desviados en mayor grado perpendicularmente al sentido de la corriente (ángulo  $\alpha$ ), de esta manera se genera una tensión hall, entregando una señal de salida rectangular. (Sánchez, 2009)

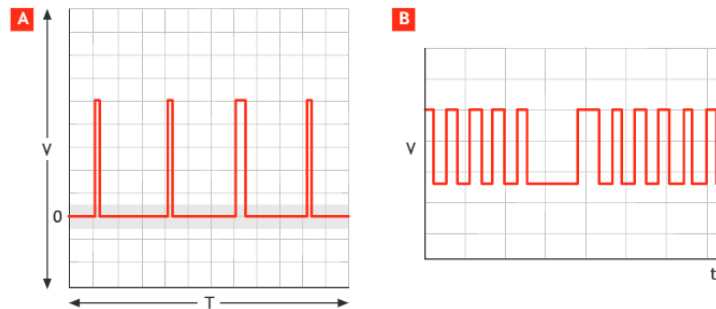
**Figura 27-2.** Sensor de revoluciones y posición angular de tipo Hall.



**Fuente:** (Sánchez, 2009)

El sensor hall puede proporcionar dos tipos de señales. Un ejemplo de señal que se puede generar es como de la Figura 28.A, en donde uno de los dientes de la corona dentada es más ancho que los demás; otro ejemplo es el de la figura 28.B, con un hueco de dientes en la corona dentada. (Sánchez, 2009)

**Figura 28-2.** Tipos de señales de un sensor de revoluciones y posición angular tipo hall.



Fuente: (Sánchez, 2009)

### 2.5.3 Actuadores

Dentro de los principales actuadores existentes en el sistema de inyección electrónica de combustible hablaremos de los inyectores y bobinas de encendido.

- *Inyectores:* Son encargados de inyectar el combustible en tiempo mínimo, adecuadamente pulverizado y de forma específica según el modo operativo momentáneo (modo estratificado, homogéneo-pobre y homogéneo). (Sánchez, 2009)

En el modo estratificado se inyecta el combustible de forma concentrada en la zona de la bujía, mientras que en los modos homogéneo-pobre y homogéneo se pulveriza de un modo uniforme en toda la cámara de combustión. (Sánchez, 2009)

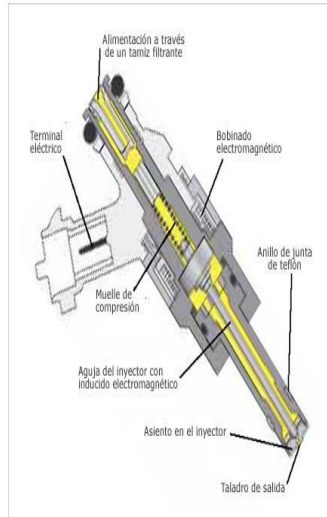
**Figura 29-2.** Inyector de combustible



Fuente: (<http://www.mecanicabasicacr.com/inyeccion/la-limpieza-de-inyectores.html>)

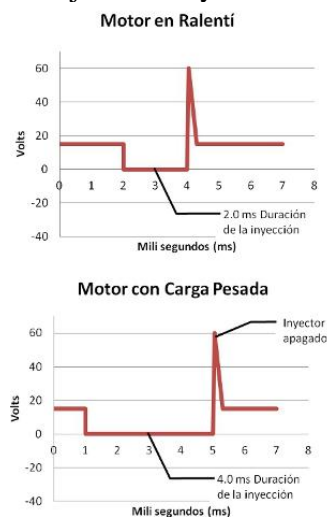
En el ciclo de inyección se excita el bobinado electromagnético del inyector mediante los pulsos enviados por la ECU generando un campo magnético, levantado el inducido con la aguja, la cual abre el inyector y pulveriza el combustible. Al no existir los pulsos de inyección el bobinado neutraliza el campo magnético y la aguja es oprimida por el muelle de compresión contra su asiento en el inyector impidiendo de esta manera el flujo de combustible. (Sánchez, 2009)

**Figura 30-2.** Estructura de un inyector electromagnético



Fuente: (Sánchez, 2009)

**Figura 31-2.** Voltaje en los inyectores de combustible



Fuente: ([http://e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=262](http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=262))

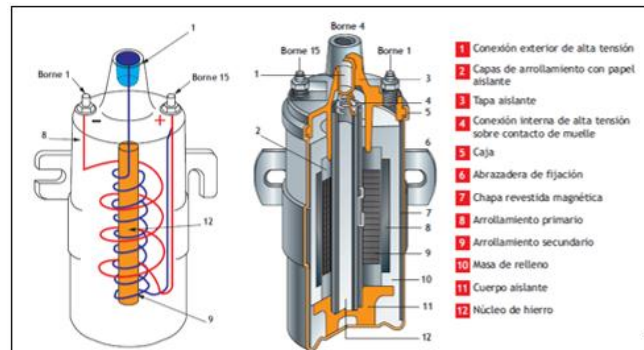
- **Bobinas de encendido:** La bobina de encendido es también denominada transformador de tensión debido a que es la encargada de transformar la baja tensión proveniente de la batería (12 v) en alta tensión para producir la chispa entre los electrodos de la bujía (12000 a 20000 v). (Pardiñas, 2012)

La bobina de encendido se encuentra conformada principalmente por un cuerpo aislante insertado adicionalmente en el fondo y un núcleo de hierro laminado dulce aislado por la tapa, sobre el que van acoplados dos arrollamientos: (Sánchez, 2009)

**Arrollamiento primario:** Se encuentra por encima del arrollamiento secundario y posee pocas espiras de hilo grueso (de 200 a 300 de 0,5 a 0,8 mm de diámetro). (Sánchez, 2009)

Arrollamiento secundario: Compuesto por muchas espiras de hilo fino (20000 a 30000 de 0,06 a 0,08 mm de diámetro) y conectado eléctricamente mediante el núcleo con el borne central. (Sánchez, 2009)

**Figura 32-2.** Bobina de encendido



Fuente: (Sánchez, 2009)

La bobina de encendido funciona de la siguiente manera. Al circular la corriente proveniente de la batería por el primario se forma un campo magnético en el núcleo y al interrumpirse la corriente el campo desaparece bruscamente, lo que genera en el primario tensión por autoinducción mientras que en el secundario tensión por inducción. (Pardiñas, 2012)

El voltaje generado en el secundario depende de la relación del número de espiras entre el primario y secundario así como la intensidad de corriente que alcance a circular por el primario en el momento de la interrupción. (Sánchez, 2009)

La autoinducción restringe el tiempo de carga de la bobina, en especial cuando el tiempo disponible para saturarse es limitado. (Sánchez, 2009)

Bobinas utilizadas en el sistema de encendido DIS estático: Este sistema de encendido no presenta distribuidor. La alimentación de las bobinas está a cargo de ECU del automóvil. (Pérez Belló, 2011)

El sistema de encendido DIS para un motor de 4 cilindros se encuentra formado por dos bobinas dobles que por lo general están agrupadas en una misma carcasa y son alimentadas por una etapa de potencia doble (una para cada bobina). En los motores de seis cilindros se maneja tres bobinas dobles y en motores con número impar de cilindros se emplean bobinas independientes una por bujía. (Sánchez, 2009)

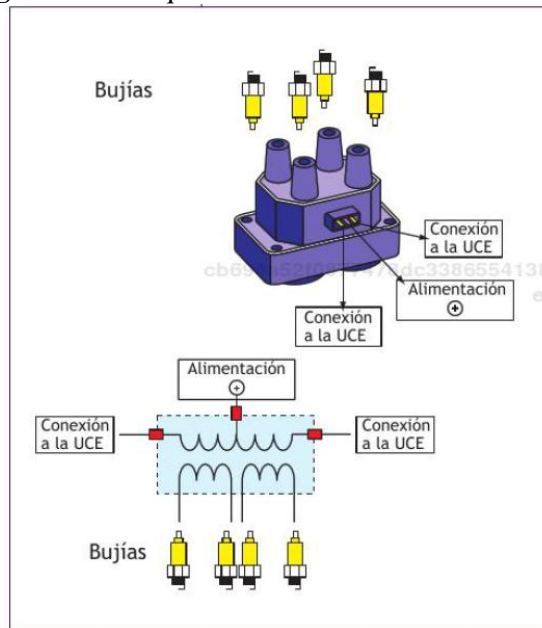
La ECU alimenta de manera alterna, con masa, a los terminales de los dos circuitos primarios. (Sánchez, 2009)

Este sistema de encendido se lo conoce como chispa perdida debido a que salta la chispa en dos cilindros a la vez. (Pérez Belló, 2011)

Cada bobina doble se conecta a dos bujías; una bobina doble corresponde a los cilindros 1 y 4, la otra bobina corresponde a los cilindros 2 y 3. En un motor de seis cilindros una bobina doble corresponde a los cilindros 1 y 4, 2 y 5 o 3 y 6. (Sánchez, 2009)

En una bobina DIS las conexiones internas cambian con respecto a las convencionales. El primario se conecta entre el positivo directo de contacto y el negativo que es controlado a través de la ECU. Mientras que el secundario se conecta a los electrodos positivos de cada bujía. (Pérez Belló, 2011)

**Figura 33-2.** Esquema de un encendido DIS estático.



Fuente: (Sánchez, 2009)

Bobinas utilizadas en el sistema de encendido DIS integral: Estas bobinas poseen tres cables de conexión, dos conectadas al primario; una de positivo y otra proveniente del módulo de potencia, y una tercera de salida. El secundario de cada bobina se conecta a las bujías y a masa de la ECU. (Pérez Belló, 2011)

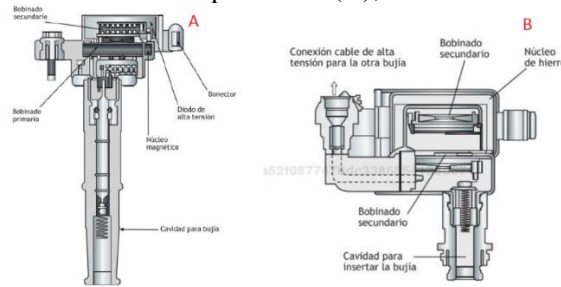
Las bobinas de encendido están montadas encima de la bujía. El tamaño de las bobinas son más pequeñas comparadas con las de encendido (Pérez Belló, 2011)

Para este sistema de encendido se diferencian dos modelos:

- Encendido independiente: Utiliza una bobina por cada cilindro.
- Encendido simultáneo: Utiliza una bobina por cada dos cilindros. La bobina va montada sobre la bujía y se conecta mediante un cable de alta tensión con la otra bujía.



**Figura 34-2.** Bobina de encendido independiente (A), bobina de encendido simultáneo (B).



Fuente: (Sánchez, 2009)

## 2.6 Protocolos de comunicación automotriz

Los protocolos de comunicación son normas establecidas que tienen como función autenticar, señalar, representar, y mostrar los errores necesarios e indispensables para transportar la información mediante un canal de comunicación. (Carpio Guartambel, 2013)

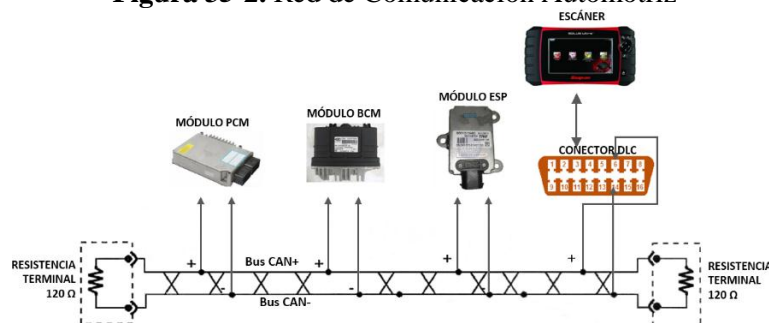
El objetivo principal del protocolo de comunicación es eliminar el exceso de mazos de cables que se forman la instalación eléctrica de los vehículos, mediante técnicas y procesos más simples y económicos. También es indispensable para comunicar la información entre módulos y proveer los datos al conector de diagnóstico DLC (Data Link Connector) que notificará al usuario a través de una herramienta de diagnóstico. (Carpio Guartambel, 2013)

En la actualidad los se encuentran equipados varios módulos de control electrónico que necesitan de una retroalimentación de datos e información para cumplir sus objetivos. (Carpio Guartambel, 2013)

La utilización de estos protocolos de comunicación requiere de normas que deben realizar con las siguientes funciones:

- Apartar al usuario de lazos utilizados (telefonía inalámbrica, radio, comunicación satélite) para realizar el cambio de datos.
- Aceptar el intercambio de información entre módulos de control de forma segura.
- Realizar la conexión y desconexión de manera ordenada.
- Encontrar un módulo de control de manera fácil y segura. (Carpio Guartambel, 2013)

**Figura 35-2.** Red de Comunicación Automotriz



Fuente: (<http://blog.autodata.pe/2015/12/canbus.html>)

Para asegurar el correcto enlace de las redes de comunicación del sector automotriz las organizaciones internacionales implantan normas y estándares a nivel de diagnóstico del vehículo, garantizando los componentes de comunicación, el trabajo seguro de las redes y su funcionamiento. (Carpio Guartambel, 2013)

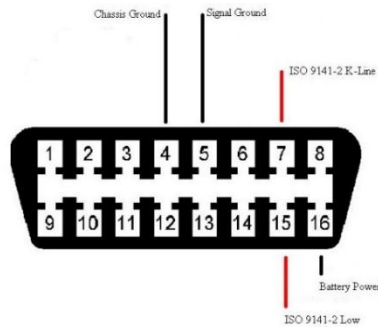
Los principales protocolos de comunicación automotriz son: ISO, VPW, CAN, PWM.

### 2.6.1 Protocolos de comunicación ISO

- ISO 9141/ISO 9141-2: Define los requerimientos para el cambio de información digital entre los módulos de control electrónico y las herramientas de diagnóstico. Se implanta esta comunicación para proporcionar una inspección, el ajuste de la computadora automotriz y las pruebas de diagnosis. (Carpio Guartambel, 2013)

Las alimentaciones al conector de diagnóstico son los pines: 4 (masa-chasis), 5 (tierra-señal), 16 (Bat+) y 7-15 (datos). (Carpio Guartambel, 2013)

**Figura 36-2.** Conector DLC – Alimentación Protocolo ISO



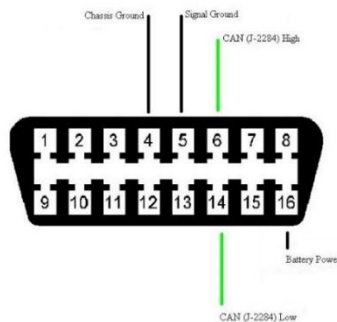
Fuente: (Autores)

### 2.6.2 Protocolo de comunicación CAN (Controller Area Network)

En la actualidad es la más utilizada. Dispone de dos cables trenzados llamados CAN H y CAN L por donde transitan señales invertidas y en sus extremos presentan resistencias que evitan rebotes de señal que a futuro producirían errores y fallos en la red. (Carpio Guartambel, 2013)

Las alimentaciones al conector de diagnóstico son los pines: 4 (masa-chasis), 5 (tierra-señal), 16 (Bat+), 6 (CAN H) y 14 (CAN L). (Carpio Guartambel, 2013)

**Figura 37-2.** Conector DLC – Alimentación Protocolo CAN



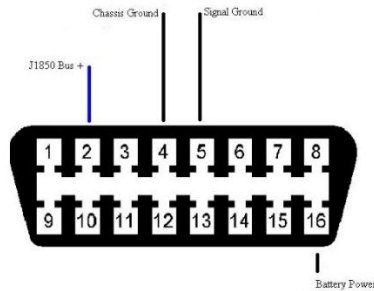
Fuente: (Autores)

### 2.6.3 Protocolo SAE J1850

Establece los requerimientos para las redes de comunicación de datos en los vehículos.

- VPWM (Modulación por Ancho de Pulso Variable): General Motor utiliza este protocolo de comunicación en casi todos sus vehículos OBD. Las alimentaciones al conector de diagnóstico son los pines: 4 (masa-chasis), 5 (tierra-senal), 16 (Bat+), 2 (datos). (Carpio Guartambel, 2013)

**Figura 38-2.** Conector DLC – Alimentación Protocolo VPM

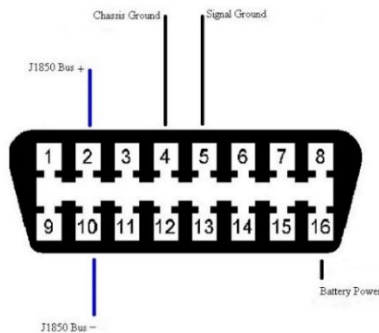


Fuente: (Autores)

- PWM (Modulación por Ancho de Pulso): Los vehículos Ford OBD-II utilizan exclusivamente este protocolo (Carpio Guartambel, 2013).

Las alimentaciones al conector de diagnóstico son los pines: 4 (masa-chasis), 5 (tierra-senal), 16 (Bat+), 2 (datos) y 10 (datos). (Carpio Guartambel, 2013)

**Figura 39-2.** Conector DLC – Alimentación Protocolo PWM



Fuente: (Autores)

## 2.7 Tarjeta electrónica Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre, formado por un microcontrolador y un entorno de desarrollo, creada para facilitar el uso en proyectos electrónicos. (Arduino)

**Figura 40-2.** Tarjeta Arduino



Fuente: (<https://www.pololu.com/product/2191>)

Arduino contiene de una amplia gama de tarjetas electrónicas utilizarlas las cuales se ajustan a las necesidades de cada proyecto. (Arduino)

### 2.7.1 Tarjeta electrónica Arduino DUE

El Arduino Due es una placa electrónica basada en la CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Posee un microcontrolador núcleo ARM de 32 bits. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 12 se pueden utilizar como salidas PWM), 12 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware), un reloj de 84 MHz, una conexión capaz OTG USB, 2 DAC (de digital a analógico), un conector de alimentación, una cabecera de SPI, un encabezado JTAG, un botón de reinicio y un botón de borrado. (Arduino)

**Tabla 1-2.** Especificaciones técnicas del Arduino DUE

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
Micro controlador	AT91SAM3X8E
Tensión de funcionamiento	3.3V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-16V
Digital pines I / O	54 (de los cuales 12 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	12
Pines de salida analógicas	2 (DAC)
Corriente total de salida de CC en todas las líneas de E / S	130 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	800 mA
Corriente DC 5V para el Pin	800 mA
Memoria flash	512 KB disponibles para todas las aplicaciones de usuario
SRAM	96 KB (dos bancos: 64KB y 32KB)
Velocidad de reloj	84 MHz
Longitud	101.52 mm
Anchura	53,3 mm
Peso	36 g

Fuente: (Arduino)

- Alimentación del Arduino DUE: El Arduino Due puede ser alimentado a través del conector USB o con una fuente de alimentación externa. La alimentación externa (no USB) puede venir con adaptador de CA a CC o una batería. El adaptador se puede acoplar mediante un

plug de conexión de 2,1 mm al conector de alimentación de la placa. El rango recomendado para su correcto funcionamiento es de 7 a 12 voltios. (Arduino)

Los pines de alimentación de la placa Arduino son los siguientes:

VIN: El voltaje de entrada a la placa Arduino cuando la alimentación es mediante el conector USB o alguna otra fuente de alimentación regulada.

**Nota:** La alimentación del Arduino DUE no se debe realizar a través de los pines 5 v y 3,3 v ya que puede dañar la placa.

GND: Pines de tierra.

Instrucción IOREF: Este perno de la placa Arduino proporciona la referencia de tensión con el que opera el microcontrolador. Una adecuada configuración puede leer el voltaje del pin IOREF y seleccionar la fuente de alimentación adecuada o habilitar interpretadores de voltajes en las salidas para trabajar con el 5 v o 3,3 v. (Arduino)

- Memoria del Arduino DUE: El SAM3X tiene 512 KB (dos bloques de 256 KB cada una) de memoria flash para el almacenamiento de códigos. El gestor de arranque se almacena en una memoria ROM. La SRAM disponible es de 96 KB en dos bancos continuos de 64 KB y 32 KB. (Arduino)

Toda la memoria disponible (flash, RAM y ROM) se puede acceder directamente como un espacio de direccionamiento plano.

Es posible borrar la memoria flash de la SAM3X a través del botón de borrado (“ERASE”) que se encuentra en la placa Arduino. Esto eliminará cualquier programa cargado en la MCU. Para borrar se debe mantener pulsado el botón de borrado durante unos segundos, mientras la tarjeta esté encendida. (Arduino)

- Entradas y salidas de señales digitales: Pines desde el 0 al 53. Cada uno de los 54 pines de la placa Arduino pueden utilizarse como entrada o salida de señales utilizando los comandos de programación “pinMode ()”, “digitalWrite ()” y “digitalRead ()”. Operan a 3,3 voltios. Cada pin puede proporcionar (fuente) una corriente de 3 mA o 15 mA, dependiendo de la clavija, o recibir una corriente de 6 mA o 9 mA, dependiendo del pin. También tienen una resistencia pull-up interna (desconectado por defecto) de 100 Kohm. Algunos pines tienen funciones especializadas como las siguientes:

Serie: 0 (RX) y 1 (TX)

Serie 1: 19 (RX) y 18 (TX)

Serie 2: 17 (RX) y 16 (TX)

Serial 3: 15 (RX) y 14 (TX):

Se utiliza para recibir (RX) y transmitir datos en serie (TX) TTL con un nivel máximo de 3,3v.

Salida de señal PWM: Pines desde el 2 al 13. Los cuales proporcionan una salida con un ancho de pulso de 8 bits, utilizando el comando de programación “analogWrite ()”. La resolución del PWM se puede cambiar con la función “analogWriteResolution ()”.

SPI, ICSP: Estos pines permiten la comunicación con los protocolos de comunicación serial SPI e ICSP respectivamente. Estos pines solo se pueden utilizar para la comunicación con otros dispositivos adicionales como LCD, sensores y microcontroladores, pero para programar el SAM3X.

“L” LED: Es el pin digital 13 en el cual se encuentra un LED incorporado. Cuando el pin está en “HIGH” se enciende, cuando se encuentra en “LOW” se apaga. Por ser una salida PWM es posible atenuar el LED.

TWI 1: 20 (SDA) y 21 (SCL)

TWI 2: SDA1 y SCL. (Arduino)

TWI es un soporte de comunicación utilizando la librería Wire. SDA1 y SCL1 se pueden controlar mediante la clase Wire1 proporcionada por la biblioteca de alambre. Mientras SDA y SCL tienen pull-up internas, SDA1 SCL1 no. La adición de dos resistencias pull-up en las líneas SDA1 y SCL1 es necesaria para el uso de Wire1. (Arduino)

- Entradas y salidas de señales analógicas: Son los pines desde A0 a A11. La placa Arduino DUE tiene 12 entradas analógicas, cada una de las cuales pueden proporcionar 12 bits de resolución (es decir, 4096 valores diferentes). Por defecto, la resolución de las lecturas se establece en 10 bits para la compatibilidad con otras placas Arduino. Es posible cambiar la resolución del ADC con “analogReadResolution ()”. Las entradas analógicas del Arduino DUE varían desde 0 v a 3,3 v. La alimentación de un valor superior a 3,3 voltios en los pines dañará el microcontrolador SAM3X. (Arduino)

AREF: Este pin está conectado a la clavija de referencia analógica SAM3X a través de un puente de resistencias. Este pin es un voltaje de referencia para las entradas analógicas. Se utiliza con la función “analogReference ()”. (Arduino)

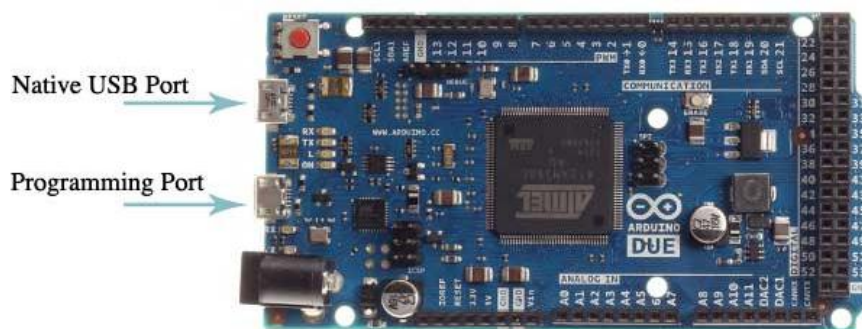
DAC1 y DAC2: Estos pines proporcionan salidas analógicas constantes con resolución de 12 bits (4096 niveles) con el comando de programación “analogWrite ()”. Estos pines se pueden utilizar para crear una salida de audio utilizando la biblioteca de audio. Hay que tener en cuenta que el rango de salida del DAC es en realidad de 0,55 v a 2,75 v solamente. (Arduino)

- Comunicación del Arduino DUE: El Arduino DUE tiene una serie de instalaciones para comunicarse con una computadora, otro Arduino u otros microcontroladores, y diferentes dispositivos como teléfonos, tabletas, cámaras y así sucesivamente. El SAM3X proporciona un hardware UART y tres hardware USART para la comunicación en serie TTL (3.3V).

El puerto de programación está conectado a un ATmega16U2, que proporciona un puerto COM virtual al software en un equipo conectado; para reconocer el dispositivo las máquinas Windows necesitarán un archivo .inf, pero las máquinas OSX y Linux reconocerán la placa como un puerto COM automáticamente. Los LED RX y TX de la placa parpadearán cuando se transmitan datos a través del chip ATmega16U2 y la conexión USB al ordenador.

El puerto USB nativo está conectado al SAM3X. Permite la comunicación en serie (CDC) a través de USB. Esto proporciona una conexión en serie al Serial Monitor u otras aplicaciones en su computadora. El puerto USB nativo también puede actuar como un host USB para periféricos conectados como ratones, teclados y teléfonos inteligentes. (Arduino)

**Figura 41-2.** Placa del Arduino DUE.



Fuente: (Arduino)

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 Parámetros de diseño

Antes de llevar el proyecto a una etapa de diseño necesitamos saber que variables y cómo funcionará nuestro comprobador de computadoras automotrices, por este motivo hemos clasificado a los parámetros de diseño en dos grupos: entrada y salida.

##### 3.1.1 *Parámetros de entrada*

Hemos denominado como parámetros de entrada a las señales que recibirá el comprobador de computadoras, estas son: seis señales de pulsos de inyección y cuatro de bobinas (enviadas por la ECU del automóvil); Interruptor de encendido del sistema (generado al momento de ser conectado a una fuente de poder); Manejo de una pantalla touch (señales que recibirá el microcontrolador cuando el comprobador esté funcionando).

##### 3.1.2 *Parámetros de salida*

Serán las señales que se enviarán desde el comprobador de computadoras hacia la ECU del automóvil, estas son: Señal sinusoidal y Señal de digital. Ambas señales simularán ser las generadas por el sensor CKP.

#### 3.2 Variables de diseño

En el apartado anterior mencionamos cuales son las señales que recibirá y enviará el comprobador de computadoras. A continuación, veremos los valores característicos de voltaje de dichas señales.

##### 3.2.1 *Variables de entrada*

El valor de voltaje de la señal de pulso de inyección y bobina que recibirá el comprobador por parte de la ECU del automóvil será de 12 voltios y 5 voltios respectivamente. El sistema será alimentado con 110 voltios de corriente alterna; el voltaje máximo para el funcionamiento de la pantalla touch es de 3,3 voltios.

##### 3.2.2 *Variables de salida*

La tensión de la señal cuadrada simulada por el comprobador de computadoras tendrá un valor de 5 voltios, mientras que la señal sinusoidal será de 12 voltios pico a pico.



### **3.3 Diseño del comprobador de computadoras automotrices**

#### **3.3.1 Selección de la tarjeta electrónica**

En el capítulo anterior estudiamos las características de funcionamiento de las placas Arduino y Arduino DUE. Para la construcción del comprobador de computadoras automotrices hemos considerado que la mejor opción es utilizar la placa Arduino DUE debido a que posee dos puertos DAC, los cuales nos sirven para convertir una señal digital a analógico generada por el microcontrolador, para luego ser interpretada por la ECU del automóvil. Esta característica especial sumada a las otras ventajas proporcionadas por Arduino hace que la “DUE” sea ideal para la realización de este proyecto.

#### **3.3.2 Selección de la pantalla táctil**

Comparando las especificaciones técnicas y compatibilidad con la tarjeta electrónica hemos optado por utilizar la pantalla SainSmart de 7" TFT LCD 480X800

- Características:

- Módulo de 7" TFT LCD, resolución 800x480, regulador SSD1963.
- A bordo 64Mbit SPI Flash para almacenar fuentes de 10 tamaños y 236 iconos para el desarrollo de aplicaciones personalizadas.
- Escribir imágenes / iconos en la memoria flash vía tarjeta SD con programación cero.
- 64Mbit puede almacenar 1800 42x42 píxeles iconos / imágenes.
- LCD Tipo: TFT Transmisivo Normal Blanco.
- Interfaz: interfaz de bus paralelo de 8/16 bits.
- A bordo 400mA DC-DC Boost regulador para proporcionar suministro de energía a la luz de fondo LCD.
- Se proporciona un código de instalación específico de LCD, de modo que puede ahorrar tiempo para optimizar las curvas de registro de control de potencia y gamma para obtener el mejor rendimiento de visualización.
- Dimensión del módulo: 186mmx106mmx23mm (incluyendo la extrusión de cabezal de clavija).
- Área activa: 154mmx86mm.
- Cabezal estándar de 2x20 pines de 2,54mm para conexión a MCU / placa de desarrollo. (SainSmart, 2010)

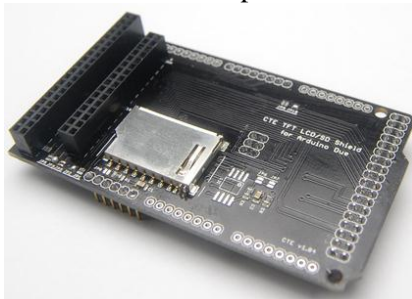
**Figura 42-3.** Pantalla de 7" TFT LCD 480X800



**Fuente:** (SainSmart, 2010)

Para que exista la comunicación entre el Arduino Due y la pantalla táctil se necesitará de un una Shield la cual es una placa compatible que se coloca en la parte superior del Arduino permitiendo la comunicación con otros dispositivos.

**Figura 2-3.** Placa Shield compatible con Arduino Due

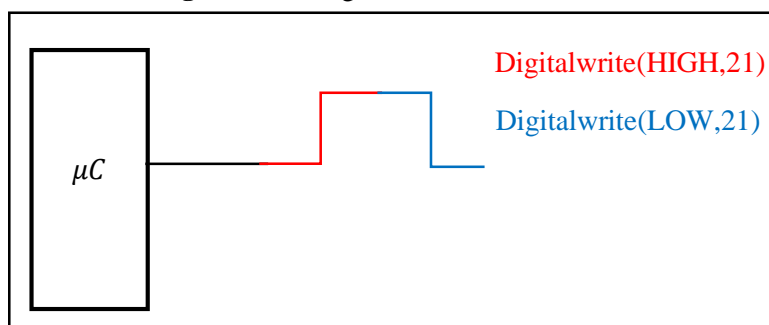


**Fuente:** (<http://www.ebay.es/itm/TFT-SD-Shield-for-Arduino-DUE-TFT-LCD-Module-SD-Card-Adapter-2-8-3-2-inch>)

### 3.3.3 *Diseño del circuito de control*

Para el diseño de circuito de control debemos tener presente que se deben generar (simular) dos tipos de señales: una cuadrada de efecto hall y otra sinusoidal. En el caso de la primera es más fácil su programación para cualquier tipo de microcontrolador.

**Figura 3-3.** Programación de señal cuadrada

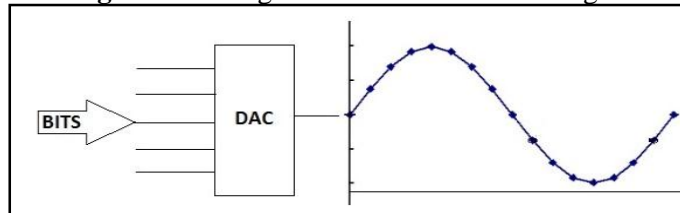


**Fuente:** (Autores)

La señal cuadrada generada tiene un voltaje máximo de 0-3,3v la cual debe ser acondicionada para ser enviada hacia la ECU del automóvil.

Por las características anteriormente mencionadas del Arduino Due se nos facilitaría la generación de la señal sinusoidal, esto se debe a que posee un convertidor de Digital/Analógico (DAC). Este dispositivo electrónico recibe un grupo de bits y posteriormente los transforma en un nivel de voltaje formando la señal analógica con valores absolutos de voltaje (0-3,3v) que a igual de la señal cuadrada debe ser acondicionada para ser enviada a la ECU del automóvil.

**Figura 4-3. Programación de la señal analógica**

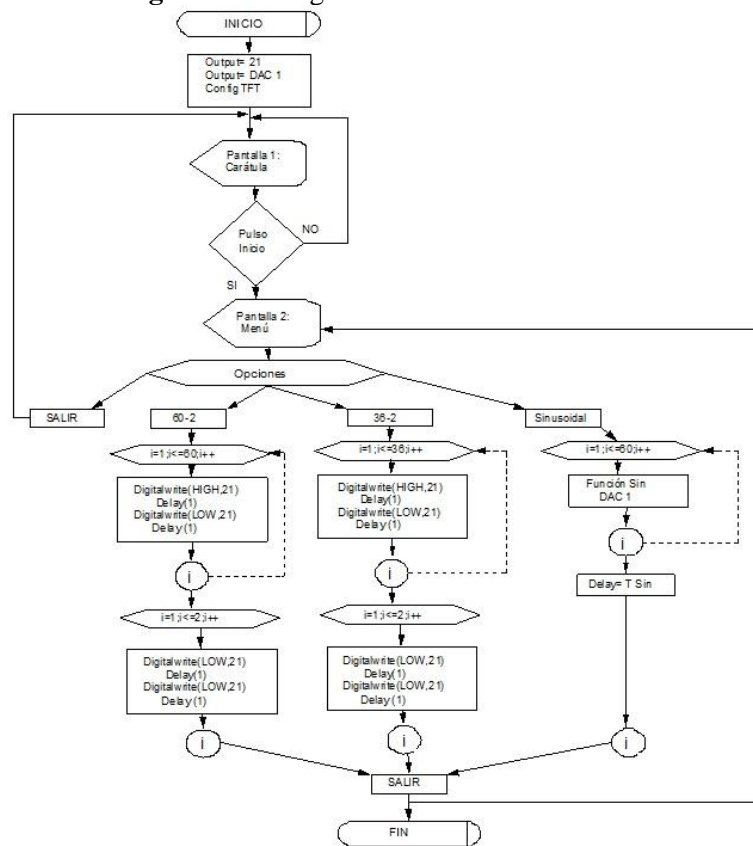


Fuente: (Autores)

- Programación del Arduino DUE

Para realizar la programación de la placa Arduino DUE se elaboró el siguiente diagrama de flujo.

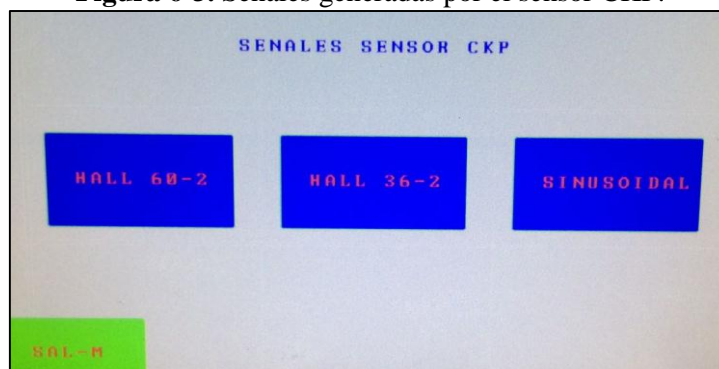
**Figura 5-3. Programación del Arduino DUE.**



Fuente: (Autores)

El comprobador de computadoras automotrices posee una interfaz gráfica a través de la pantalla SainSmart 7" TFT LCD 480X800 como se muestra en la figura 6-3, que permite seleccionar el número de dientes que posee la rueda fónica (60-2 y 36-2) para simular la señal cuadrada del sensor Hall y la señal sinusoidal generadas por el sensor CKP.

**Figura 6-3.** Señales generadas por el sensor CKP.

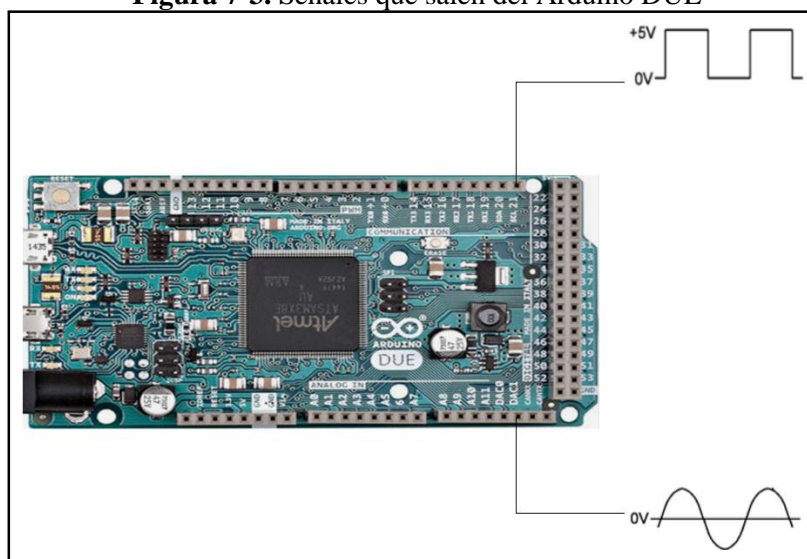


Fuente: (Autores)

Si se selecciona la opción “60-2” o “36-2” se genera una señal cuadrada de tipo HALL de 0-3.3 voltios con 60 pulsos y 2 espacios simulando la configuración de la rueda fónica. Esta señal sale a través del pin 21 del Arduino DUE, representado en la figura 7-3.

Al momento de seleccionar la opción “sinusoidal” se obtendrá una señal de tipo inductiva con un valor netamente positivo de 2,4 voltios pico a pico, esta señal sale a través del pin “DAC 1” del Arduino DUE.

**Figura 7-3.** Señales que salen del Arduino DUE

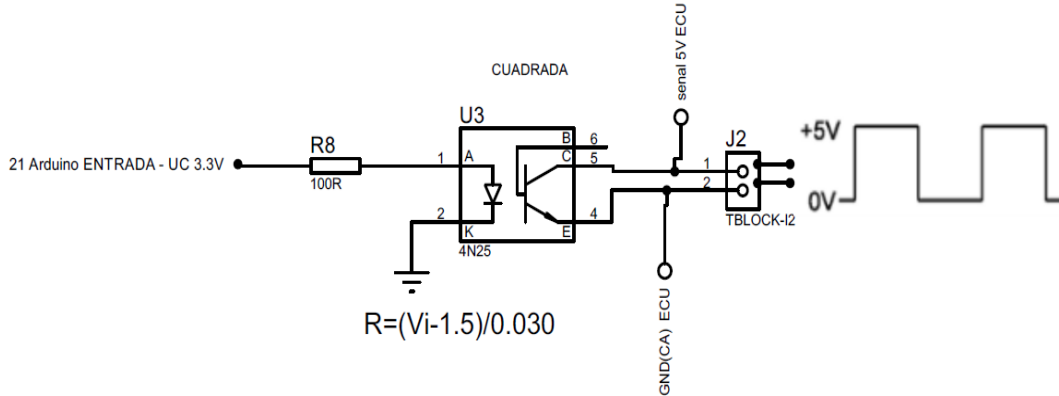


Fuente: (Autores)

- Acondicionador de señal cuadrada

La figura 8-3 representa el acoplador de la señal cuadrada proveniente del Arduino DUE (pin 21), la misma que ingresa al circuito a través de una resistencia de 220  $\Omega$ . Los pines 4 y 5 sirven para enviar la señal acondicionada a la ECU del automóvil.

**Figura 8-3.** Acondicionador de señal cuadrada.



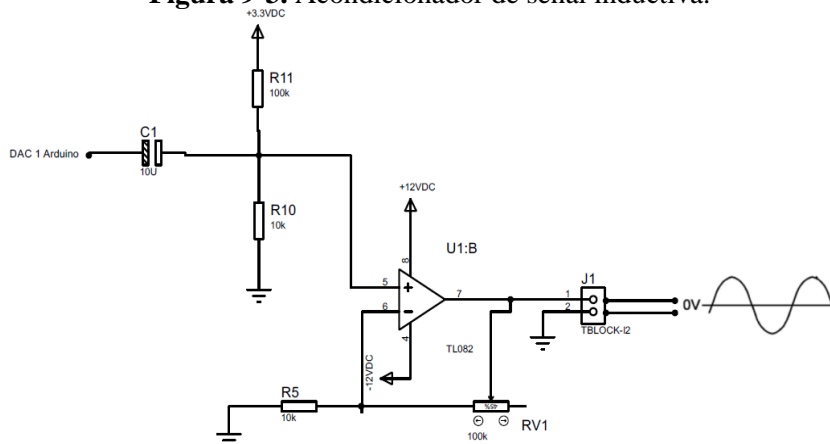
Fuente: (Autores)

- Acondicionador de señal analógica

La señal sinusoidal proveniente del Arduino DUE (pin “DAC 1”) es ingresada al circuito electrónico de la figura 9-3, que permite recibir la señal y corregir la referencia de origen obteniendo como resultado una señal sinusoidal positiva y negativa.

Posteriormente la señal corregida es ingresada a un amplificador no inversor para dar una ganancia que puede ser ajustada hasta 12 voltios pico a pico. A la salida de este circuito electrónico la señal sinusoidal puede ser ingresada a la ECU.

**Figura 9-3.** Acondicionador de señal inductiva.



Fuente: (Autores)

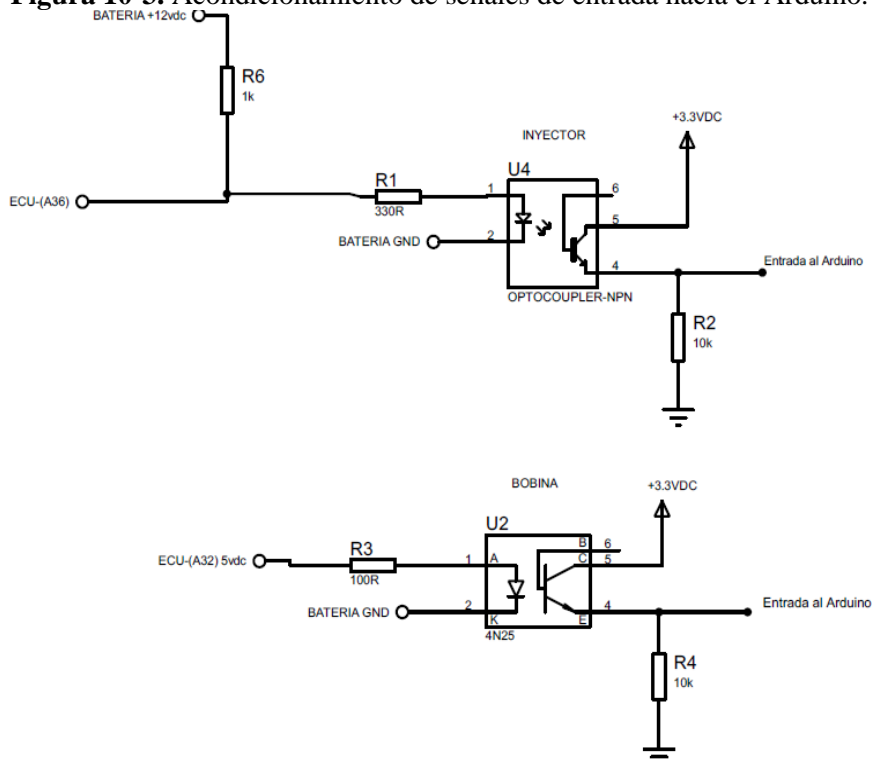
- Acondicionamiento de señales provenientes de la ECU hacia el Arduino DUE

Las señales provenientes de la Unidad de Control Electrónico (ECU) hacia los actuadores son de dos tipos: de 5 voltios y 12 voltios, 5 voltios para las bobinas que no poseen mosfet en el interior de la ECU, y 12 voltios para los inyectores y bobinas que poseen mosfet en el interior de la ECU. Se denomina mosfet a un transistor de potencia que se comportará como un interruptor permitiendo el paso de corriente.

Por las características de fabricación del Arduino DUE estas señales deben ser acondicionadas a una tensión máxima de 3.3 voltios para que puedan ser ingresadas y simular los actuadores. Este

circuito electrónico está formado por un optocoplador 4N25 (el cual es un circuito integrado que nos ayudará a disminuir el voltaje a 3,3 voltios), como muestra la figura 10-3.

**Figura 10-3.** Acondicionamiento de señales de entrada hacia el Arduino.

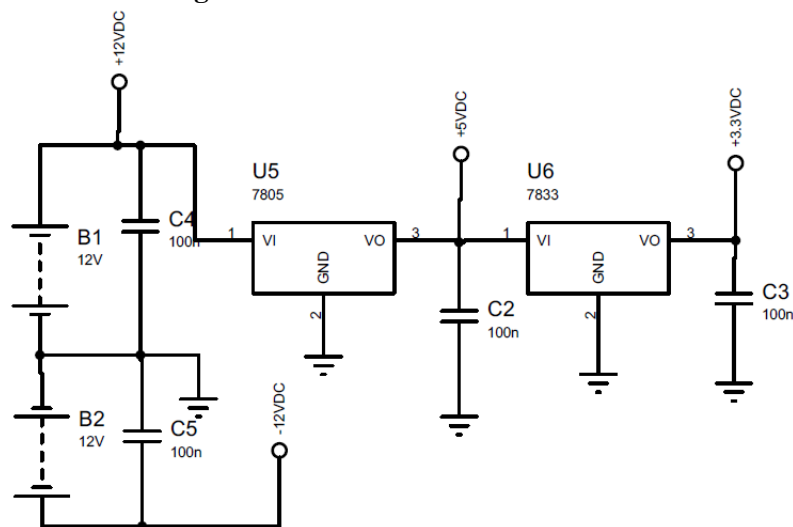


Fuente: (Autores)

- Circuitos de alimentación

El circuito de alimentación posee una fuente simétrica de 12 voltios con derivaciones de 5 v. y 3,3 v. a través de reguladores 7805 y 7833 respectivamente. Además, posee capacitores de 100  $\mu F$  que permiten aterrizar los ruidos de los distintos sistemas electrónicos.

**Figura 11-3.** Circuitos de alimentación.

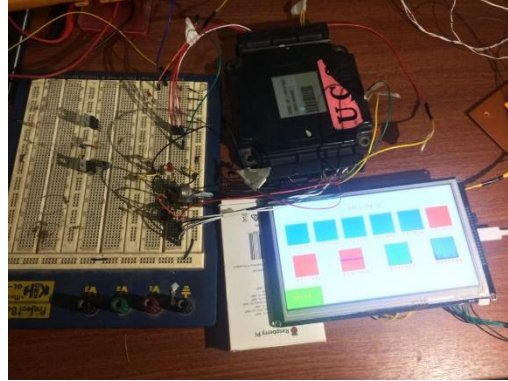


Fuente: (Autores)

### 3.3.4 Comprobación en protoboard

Antes de pasar al diseño e impresión de las placas electrónicas, debemos comprobar el funcionamiento de nuestro proyecto. Para esto colocamos todos los componentes electrónicos en un protoboard y realizamos la primera prueba del banco comprobador de computadoras automotrices. Después de haber pasado con éxito esta prueba procedemos al diseño de las placas.

**Figura 12-3.** Comprobación en circuitos en protoboard

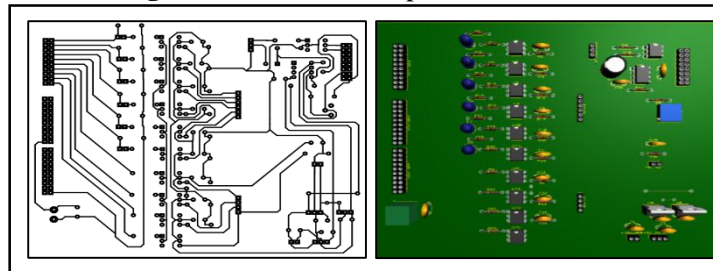


Fuente: (Autores)

### 3.3.5 Diseño de las placas electrónicas

Para el diseño de las placas de control se utiliza el software “Proteus”, específicamente “Ares” con un ancho de pista de 1 mm en fibra de vidrio, adicionalmente se agregará borneras de dos y tres bornes de conexión que permite facilitar el acople para un mejor acabado final.

**Figura 13-3.** Diseño de placas en Proteus



Fuente: (Autores)

### 3.3.6 Impresión de la placa electrónica

Para la construcción de la placa electrónica utilizamos la técnica de fabricación y desarrollo de PCB (Placa de Circuito Impreso, por sus siglas en inglés) por papel transfer.

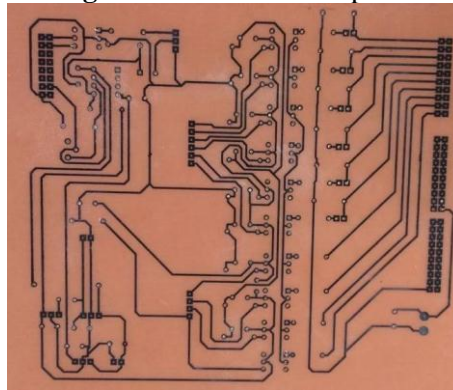
La cual consiste en transferir el arte del PCB por impresión láser sobre papel satinado (textura lisa y brillante), que permite por calor ser desprendido y adherido a la placa de cobre.

Pasos para transferir la imagen del papel satinado a la placa:

- Imprimimos con abundante tóner la imagen en el papel satinado, no importa si es fotocopadora o impresora láser.

- Cortamos la baquelita al tamaño de la imagen y lijamos las imperfecciones.
- Limpiamos, desengrasamos y secamos la baquelita.
- Colocamos la placa con la cara de cobre hacia arriba, después colocamos la imagen del papel satinado con el lado de la impresión del tóner en contacto directo con la superficie de cobre.
- Aplicamos calor y verificamos continuamente que el tóner se adhiera lo mejor posible a la placa.
- Sumergimos el papel con la baquelita en una bandeja de agua y realizamos presión sobre el papel en la placa. Posterior a esto retiramos lentamente el papel.
- Una capa de carbón protegerá las partes deseadas del circuito para el momento de ser atacado por el ácido.

**Figura 14-3.** Circuito impreso



Fuente: (Autores)

### 3.4 Construcción del comprobador de computadoras automotrices

Teniendo listo todos los diseños y la placa impresa procedemos a la construcción de nuestro comprobador de computadoras automotrices.

Los materiales utilizados para la elaboración final de la placa se muestran en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3.** Componentes de la placa

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
2	Disipadores de calor
1	7833
1	7805
17	Capacitores 104
11	4N25
1	7L082
12	Zócalos 8
29	Resistencias
6	Leds
1	Borne a2
1	Potenciómetro
6	Regletas doble



<b>Tabla 1-3. (Continuación)</b>	
35	Cable Arduino
1	Regleta macho
4	Fuentes Switching
1	Cable de poder
1	Conector de poder
2	Switch
50	Cables conectores
240 cm	Cable de red

Fuente: (Autores)

Procedemos a perforar la placa para colocar los componentes antes descritos y su posterior soldadura.

**Figura 15-3.** Soldadura de componentes

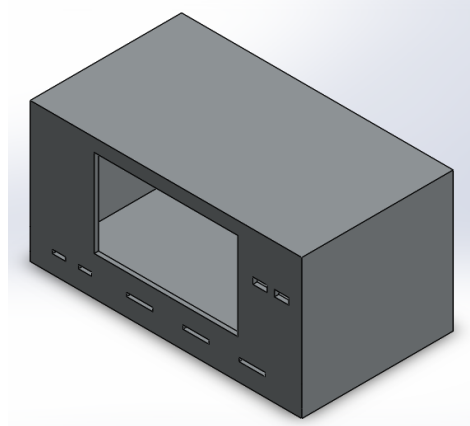


Fuente: (Autores)

### 3.4.1 *Diseño y construcción de la carcasa de protección del comprobador*

- *Diseño de la carcasa:* Se realizó mediante el software de simulación CAD, Solidworks. Teniendo en cuenta las dimensiones tanto de la placa de control, la pantalla, las fuentes de alimentación, conectores e interruptores.

**Figura 16-3.** Diseño de la carca del comprobador



Fuente: (Autores)

- Construcción de la carcasa: Como material se utilizó madera MDF debido a su fácil adquisición y manipulación. Siguiendo el diseño antes mencionado se cortaron las paredes de la carcasa del comprobador.

**Figura 17-3.** Corte de la vista principal



Fuente: (Autores)

Después de realizar los cortes respectivos se continuó con el lijado y su posterior armado, tomando en cuenta que se debía realizar las perforaciones para instalar los conectores y switches.

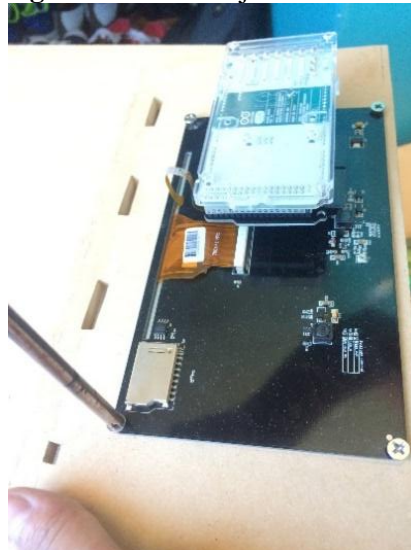
**Figura 18-3.** Armado de la carcasa



Fuente: (Autores)

A continuación, procedemos al montaje de todos los elementos mediante perforaciones y sujeciones con pernos y tornillos.

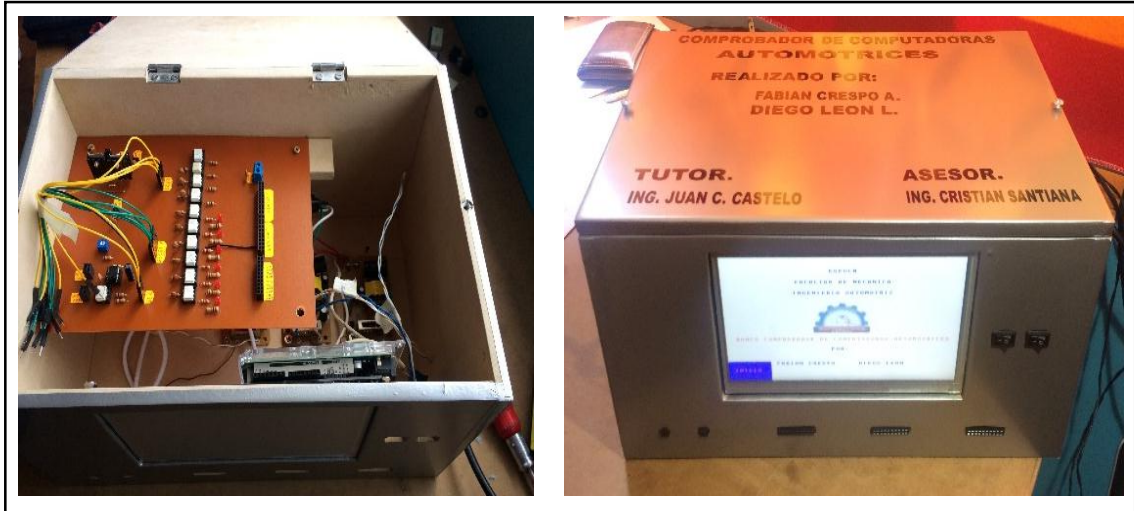
**Figura 19-3.** Montaje de elementos



Fuente: (Autores)

Después de ubicar cada componente en su lugar, pintamos de color plateado la carcasa y colocamos los nombres correspondientes, en la figura 20-3 tenemos la presentación final de nuestro comprobador de computadoras automotrices.

**Figura 20-3.** Presentación final del comprobador



Fuente: (Autores)

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

#### 4.1 Partes del comprobador de computadoras

El comprobador digital de computadoras automotrices consta de las siguientes partes:

##### 4.1.1 Pantalla

El comprobador de computadoras automotrices cuenta con una interfaz gráfica fácil de entender y ser utilizada. La pantalla presenta una carátula inicial, en la parte inferior izquierda se encuentra el botón “INICIO”, el cual nos llevará al menú principal donde se muestran las señales del sensor CKP (HALL y Sinusoidal). Al elegir cualquier de las tres opciones nos llevará a una tercera pantalla donde se observará los actuadores simulados.

**Figura 1-4.** Programación de la pantalla 1 (carátula)

```
void caratula()
{
// Draw a 64x64 icon in double size.
  myGLCD.fillScr(255, 255, 255); // pone la pantalla en blanco

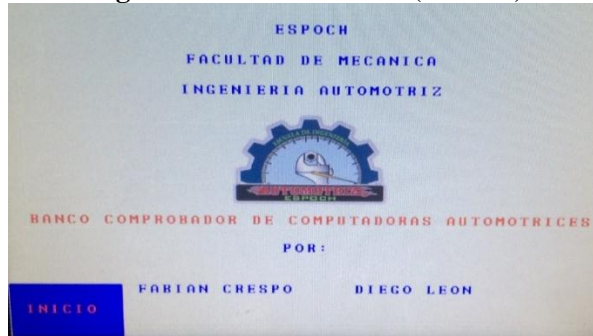
  myGLCD.drawBitmap (296, 160, 207, 130, logoautomotriz);
// myGLCD.drawBitmap (400, 100, 181, 179, logoespoch2);

  myGLCD.setColor(0, 0, 255);
  myGLCD.setBackColor(255, 255, 255);
  myGLCD.setFont (BigFont);
  myGLCD.print ("ESPOCH", CENTER, 40);
  myGLCD.print ("FACULTAD DE MECANICA", CENTER, 80);
  myGLCD.print ("INGENIERIA AUTOMOTRIZ", CENTER, 120);
  myGLCD.setColor(255, 0, 0);
  myGLCD.print ("BANCO COMPROBADOR DE COMPUTADORAS AUTOMOTRICES", CENTER, 300);
  myGLCD.setColor(0, 0, 255);
  myGLCD.print ("POR: ", CENTER, 340);
  myGLCD.print ("FABIAN CRESPO      DIEGO LEON ", CENTER, 400);

  //boton CONTINUAR
  myGLCD.setColor(0, 0, 255);
  myGLCD.fillRoundRect (0, 400,150, 480);
  myGLCD.setColor(255, 0, 0);
  myGLCD.setBackColor(0,0, 255);
  myGLCD.setFont (BigFont);
  myGLCD.print ("INICIO", 20, 430);
}
```

Fuente: (Autores)

**Figura 2-4.** Pantalla inicio (carátula)



Fuente: (Autores)

Después de presionar el botón inicio de la primera pantalla, observaremos las señales simuladas del sensor CKP (Hall y sinusoidal) en la figura 3-4 se detalla la programación de esta pantalla.

**Figura 3-4.** Programación de la segunda pantalla (Sensor CKP)

```
//TITULO DE PANTALLA 2
myGLCD.setColor(0, 0, 255);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("SENALES SENSOR CKP", CENTER, 100);
// TECLAS DE OPCIONES
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(0, 0, 255);
myGLCD.setFont(BigFont);

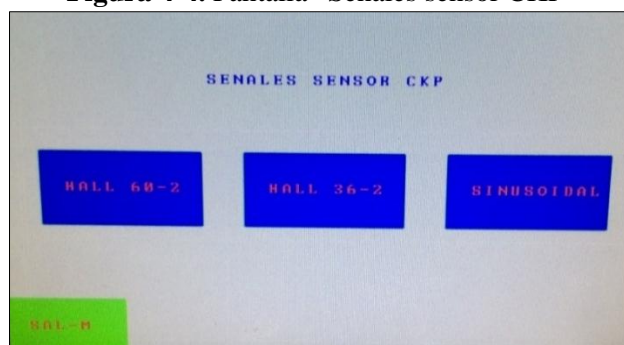
//60-2
myGLCD.print("HALL 60-2",80, 240);
//36-2
myGLCD.print("HALL 36-2",330, 240);
//sen
myGLCD.print("SINUSOIDAL",580, 240);

//-----boton CONTINUAR
myGLCD.setColor(0, 255, 0);
myGLCD.fillRect(0, 400,150, 480);
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(0, 255, 0);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("SAL-M", 25, 430);
```

Fuente: (Autores)

En la figura 4-4, se muestra la interfaz de la segunda pantalla del comprobador de computadoras. En la parte inferior izquierda se encuentra un botón para regresar a la carátula inicial

**Figura 4-4.** Pantalla “Señales sensor CKP”



Fuente: (Autores)

En la figura 5-4, observamos la programación de la tercera pantalla aquí se visualizará los inyectores y bobinas.

**Figura 5-4.** Programación de la tercera pantalla (Bobinas e inyectores)

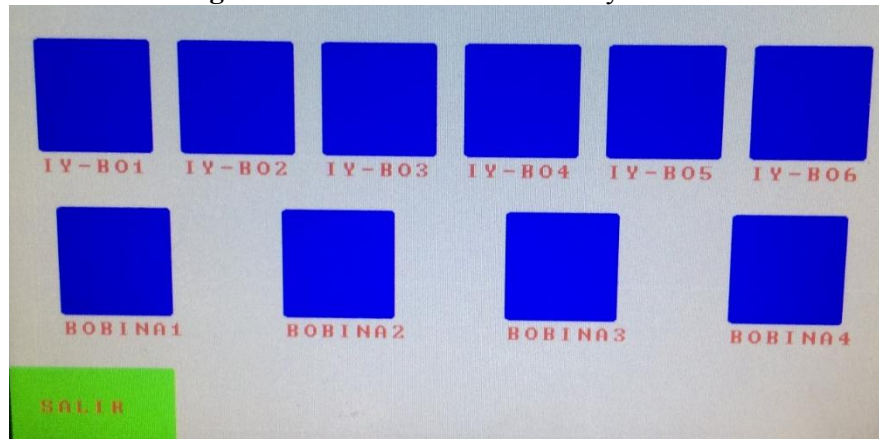
```
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.setBackgroundColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(BigFont);
//BOBINA-INYECTOR
myGLCD.print("IY-B01", 37, 205);
myGLCD.print("IY-B02", 162, 205);
myGLCD.print("IY-B03", 287, 205);
myGLCD.print("IY-B04", 412, 205);
myGLCD.print("IY-B05", 537, 205);
myGLCD.print("IY-B06", 662, 205);
//BOBINAS

myGLCD.print("BOBINA1", 50, 355);
myGLCD.print("BOBINA2", 250, 355);
myGLCD.print("BOBINA3", 450, 355);
myGLCD.print("BOBINA4", 650, 355);
//boton salir
myGLCD.setColor(0, 255, 0);
myGLCD.fillRoundRect(0, 400, 150, 480);
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.setBackgroundColor(0, 255, 0);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("SALIR", 25, 430);
}
```

Fuente: (Autores)

La figura 6-4 muestra la interfaz creada para los actuadores (Inyectores y bobinas)

**Figura 43-4.** Pantalla “Bobinas e inyectores”



Fuente: (Autores)

#### 4.1.2 Señal CKP Analógica

Este elemento es un conector por el cual el comprobador de computadoras va a enviar la señal del sensor CKP simulada hacia la ECU. Presenta doble pin de conexión (GND y la señal propiamente dicha), en los cuales se debe conectar la computadora del vehículo a ser analizada tomando en cuenta siempre el diagrama eléctrico (PIN data).

**Figura 7-4.** Simulación de señal CKP sinusoidal

```
case 4:
//SEN
for(j=1;j<=60;j++){
  for(i = 0; i<50;i++){ // Inicia lazo para enviar los 51
    if(seno[i]>4095) { // Valores digitales
      seno[i]=4095; // Valor máximo 4095
    }
    analogWriteResolution(12); // Configura resolución de 12 bits
    analogWrite(DAC1, seno[i]); // Envío de datos a DAC1
    delayMicroseconds(30); // Ajuste de Frecuencia 14= 1khz 20=1.8khz,2ms en delay
    salir();
  }
}
delay(3); // periode en cero= 50 muestras x 14(ajuste frecuencia) =700
break;
```

Fuente: (Autores)

#### 4.1.3 Señal CKP Efecto HALL

La señal CKP de efecto Hall generada por el comprobador va a ser enviada hacia este conector, por lo tanto, se procederá a realizar las conexiones teniendo en cuenta el diagrama eléctrico de la ECU a ser analizada. En la figura 8-4 se muestra la creación de la señal de efecto Hall de 60-2 dientes

**Figura 8-4.** Simulación de señal CKP efecto Hall (60-2)

```
//60-2
//generacion de frecuencia
//60 PULSOS
for(i=1;i<=58;i++){
  digitalWrite(s602_342,HIGH);
  delay(1);
  digitalWrite(s602_342,LOW);
  delay(1);
  salir();
}
//DOS PULSOS APAGADOS
for(i=1;i<=2;i++){
  digitalWrite(s602_342,LOW);
  delay(1);
  digitalWrite(s602_342,LOW);
  delay(1);
  salir();
}
//final generacion de frecuencia
break;
```

Fuente: (Autores)

La figura 9-4, permite visualizar la programación de la señal del sensor CKP efecto Hall de 36-2 dientes

**Figura 9-4.** Simulación de señal CKP efecto Hall (36-2)

```
case 3:
//36-2
//generacion de frecuencia
//36 PULSOS
for(i=1;i<=34;i++){
digitalWrite(s602_342,HIGH);
delay(1);
digitalWrite(s602_342,LOW);
delay(1);
salir();
}
//DOS PULSOS APAGADOS
for(i=1;i<=2;i++){
digitalWrite(s602_342,LOW);
delay(1);
digitalWrite(s602_342,LOW);
delay(1);
salir();
}

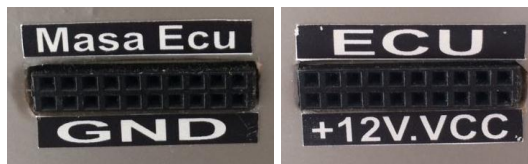
//final generacion de frecuencia
```

Fuente: (Autores)

#### 4.1.4 Conectores de Alimentación +12v y Masa

Estos conectores sirven para energizar la ECU simulando a la batería del automóvil. Por tal razón se debe tener cuidado y conocimiento de los pines de la computadora, esto se realiza con el diagrama eléctrico.

**Figura 10-4.** Conectores de alimentación y masa de la ECU



Fuente: (Autores)

#### 4.1.5 Conector de inyector y bobinas

Este conector va a recibir las señales enviadas desde la ECU del automóvil hacia el comprobador, estas serán visualizadas en la pantalla simulando el funcionamiento de los actuadores (inyectores y bobinas).

Tenemos que recordar que existen varios tipos de computadoras automotrices en el mercado por tal razón este conector presenta las siguientes características: Los seis primeros pines son para los inyectores y bobinas que poseen Mosfet en el interior de la ECU, los cuatro restantes para las bobinas que no lo poseen.

**Figura 11-4.** Conector de inyector y bobinas



Fuente: (Autores)



#### 4.1.6 *Interruptor de la placa de control*

Este interruptor es el encargado de energizar la placa de control del comprobador de computadoras automotrices. En la parte superior tiene una luz testigo que verificará el correcto funcionamiento del elemento mencionado.

**Figura 12-4.** Interruptor de la placa de control



Fuente: (Autores)

#### 4.1.7 *Interruptor del microcontrolador*

Este elemento nos permitirá encender el Arduino Due y por lo tanto la pantalla del comprobador de computadoras.

**Figura 13-4.** Interruptor de la pantalla



Fuente: (Autores)

#### 4.1.8 *Enchufe de alimentación*

Se encuentra en la parte posterior del comprobador, el cual al conectarlo a una toma de corriente alterna de 110v energizará las fuentes del comprobador de computadoras automotrices.

**Figura 14-4.** Enchufe de alimentación



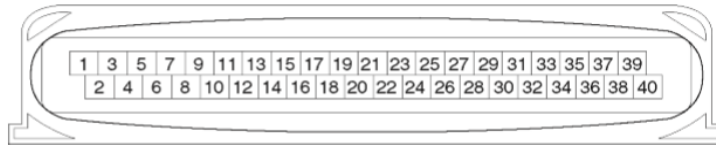
Fuente: (Autores)

### 4.2 **Prueba de funcionamiento con la ECU de la camioneta Chevrolet Luv 3,2 litros**

Esta computadora pertenece a una camioneta marca Chevrolet Luv modelo 2005 con 6 cilindros en V de 3,2 litros. La cual fue reemplazada hace algunos años por el propietario del vehículo manifestándoles mecánicos automotrices en aquella ocasión que debía ser sustituida. La Chevrolet Luv 3,2 litros tiene una inyección electrónica secuencial multipunto.

Para realizar la prueba de funcionamiento primeramente debemos obtener el diagrama eléctrico de la ECU a ser analizada, además debemos conocer el tipo de sensor CKP que posee y la característica de rueda fónica (60-2 o 36-2) de esta camioneta. Esta computadora presenta dos conectores A y B enumerados de izquierda a derecha como se muestra en la figura 15-4.

**Figura 15-4.** Conector de la ECM



**Fuente:** (Manual de reparación mecánica de la Chevrolet Luv 3,2 litros)

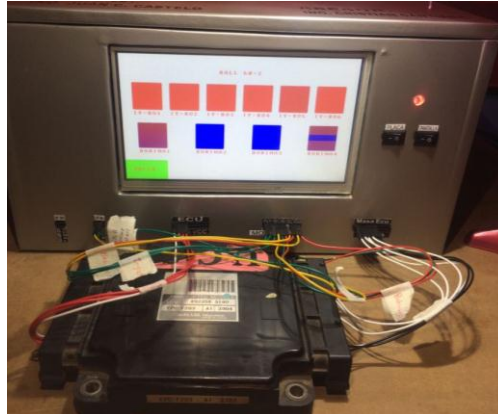
**Tabla 1-4.** Pin data ECU Chevrolet Luv 3,2 litros

<b>PIN</b>	<b>Descripción</b>
B37	Power Supply (Fuente de alimentación +12 Vcc)
B36	
B34	
B33	Ignition Switch (+12 Vcc)
A4	Ground ECU (Masa de la ECU)
A7	
A8	
A37	
A33	
A22	
A23	Crank Angle Sensor (Señal de sensor CKP)
A25	GND CKP Sensor
A30	Bobina N°5
A31	Bobina N°3
A32	Bobina N°1
B7	Bobina N°2
B8	Bobina N°4
B9	Bobina N°6
A34	Inyector N°5
A35	Inyector N°3
A36	Inyector N°1
B3	Inyector N°2
B4	Inyector N°4
B5	Inyector N°6

**Fuente:** (Software Alfatest)

Realizamos un arnés de cables para facilitar la conexión al comprobador de computadoras. Posteriormente procedemos a energizar el comprobador con una fuente de corriente alterna de 110 voltios. Encendemos la placa de control y la pantalla mediante sus respectivos interruptores. Seleccionamos el botón “INICIO” para pasar al menú principal y escoger la señal del sensor CKP, que para este ejemplo es la opción “HALL 60-2”, en la pantalla de “bobinas e inyectores” visualizaremos la activación de los “actuadores”. Como resultado obtenemos que la ECU de la camioneta Chevrolet si envía pulsos de inyección y de bobina.

**Figura 16-4.** Prueba de funcionamiento con la ECU de la camioneta



Fuente: (Autores)

### 4.3 Prueba de funcionamiento con la ECU del Chevrolet Corsa 1,6 litros

Para realizar la segunda prueba de funcionamiento utilizamos la ECU de un Chevrolet Corsa 1,6 litros, la cual se encontraba en el laboratorio de Autotrónica de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH.

Este vehículo tiene un sistema de inyección electrónica MPFI semi secuencial (Inyección Multipunto). Para realizar las conexiones correspondientes necesitamos obtener el diagrama eléctrico y las características de funcionamiento de la ECU, de igual manera debemos tener conocimiento del tipo de sensor CKP que posee.

La UCE de este automóvil presenta dos conectores: Conector A-B y Conector C-D como se muestra en la figura 17-4.

**Figura 17-4.** Conectores ECU Corsa 1,6



Fuente: (Autores)

**Tabla 2-4.** Pin Data ECU Corsa 1,6

PIN	Descripción
B1	Alimentación ECU (+12 Vcc)
C16	
C4	
A12	Ground ECU (Masa)
B10	
D1	
C13	Puente de octanaje
C14	
D10	Control de bobina de encendido
C3	
C11	Control de Inyector (1 y 4)
C15	Control de Inyector (2 y 3)

Fuente: (Software Alfatest)

Realizamos un arnés de cables para facilitar la conexión al comprobador de computadoras. Posteriormente procedemos a energizar el comprobador con una fuente de corriente alterna de 110 voltios. Encendemos la placa de control y la pantalla mediante sus respectivos interruptores. Seleccionamos el botón “INICIO” para pasar al menú principal y escoger la señal del sensor CKP, que para este ejemplo es la opción “SINUSOIDAL”, a continuación, visualizaremos si la ECU envía pulsos de inyección y de bobinas de encendido al comprobador. En la pantalla de “bobinas e inyectores” visualizaremos la activación de los “actuadores”. Como resultado obtenemos que la ECM del automóvil Corsa si envía pulsos de inyección y de bobina.

**Figura 18-4.** Prueba de funcionamiento con la ECU del Corsa B 1.6 cc



Fuente: (Autores)

Si se requiere realizar otras pruebas de funcionamiento consultar la sección de Anexos ahí se podrá obtener información de los diagramas eléctricos de diversas computadoras automotrices.

#### **4.4 Resultados de las pruebas de funcionamiento del comprobador de computadoras automotrices**

Una vez finalizadas las pruebas con las dos computadoras automotrices, se observó que el comprobador funciona correctamente. Las señales generadas por nuestro dispositivo fueron reconocidas por las ECU's, de igual manera las señales de salida de las computadoras hacia el comprobador se observaron en la tercera pantalla que contiene varios cuadros azules que simulan ser los inyectores y bobinas. Debido a que los pulsos de inyección y bobinas que envían las computadoras se encuentran en el rango de mili segundos es difícil percibir para el ojo humano como se realiza la secuencia de estos pulsos.

El cambio de color de azul a rojo (apagado/encendido) representa las pulsaciones de inyección, mientras que para los pulsos de bobina se visualizará con mayor intensidad el color rojo debido a que su señal es inversa a la de los inyectores por tal razón su secuencia va a ser encendido/apagado.

## CAPÍTULO V

### 5. ESTUDIO DE COSTOS

#### 5.1 Costos directos

En este capítulo analizaremos los costos generados para la construcción del comprobador de computadoras automotrices.

Estos costos dependieron de cada etapa de realización del proyecto, en la tabla 1-5 detallaremos los mismos.

**Tabla 1-5. Costos directos**

Cantidad	Descripción	Precio (USD)
1	Arduino Due	85,00
1	Display touch 7"	50,00
1	Shield	25
1	Plancha de MDF	25
2	Disipadores de calor	3,00
1	Regulador 7833	2,80
1	Regulador 7805	0,75
17	Capacitores 104	3,00
11	Optocopaldor 4N25	13,50
1	7L082	1,00
12	Zócalos 8	2,00
29	Resistencias	2,00
6	Leds	1,00
1	Borne a2	0,50
1	Potenciómetro	1,00
6	Regletas doble	8,00
35	Cable Arduino	7,00
1	Regleta macho	1,00
4	Fuentes Switching	60,00
1	Cable de poder	3,00
1	Conector de poder	1,00
2	Switch	2,00
50	Cables conectores	7,50
240 cm	Cable de red	3,00
1	Placa de fibra de vidrio (300 cm <sup>2</sup> )	115,00
	Asesoría técnica	500
	<b>Total</b>	<b>923,05</b>

Fuente: (Autores)

#### 5.2 Costos indirectos

La alimentación, estadía, impresiones, transporte, e imprevistos son parte de los gastos que se generaron durante la realización del proyecto de titulación, a continuación, detallaremos en la tabla 2-5.

**Tabla 2-5.** Costos indirectos

<b>Descripción</b>	<b>Precio (USD)</b>
Alimentación	1200
Estadía	700
Transporte	300
Impresiones	100
Gastos imprevistos	150
<b>Total</b>	<b>2450</b>

Fuente: (Autores)

**5.3 Costos totales****Tabla 3-5.** Total de gastos

Costos directos	923,05
Costos indirectos	2450
<b>Total de gastos (USD)</b>	<b>3373,05</b>

Fuente: (Autores)

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Los protocolos que existen para la comunicación entre las computadoras automotrices y las herramientas de diagnóstico son: Protocolo ISO 9141/ISO 9141-2, Protocolo CAN, Protocolo SAE J1850. La presencia de los pines activados del conector DLC varían según el protocolo de comunicación existente en cada vehículo.
- El circuito electrónico y los módulos de control se diseñaron utilizando el software Proteus específicamente “ARES”. Mediante un bosquejo a mano se diseñó la interfaz de la pantalla táctil.
- La tarjeta electrónica Arduino Due dentro de sus características es que posee un DAC razón por la cual se ajustó perfectamente a los requerimientos de funcionamiento del comprobador de computadoras automotrices.
- Mediante el programa IDE de Arduino se realizó la programación de la tarjeta electrónica, interfaz de la pantalla táctil y simulación de las señales por medio de los módulos de control del comprobador de computadoras automotrices.
- Mediante arneses de cables y teniendo conocimiento previo de los diagramas eléctricos de las computadoras a ser analizadas se realizó la comunicación bidireccional entre el comprobador y las ECM's de la camioneta y del automóvil.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento con el comprobador de computadoras a dos ECU's de diferentes características, ambas computadoras recibían la señal simulada del sensor CKP y a su vez enviaban hacia el comprobador las señales de pulso de inyección y de bobinas pudiendo ser visualizado a través de la pantalla.

#### 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda leer el manual de operación y mantenimiento (ANEXO A), para una correcta utilización.
- Es necesario antes de realizar cada práctica tener conocimientos de los sistemas de inyección utilizados por cada computadora automotriz
- Consultar los diagramas eléctricos de las ECU's antes de realizar las conexiones al comprobador de computadoras.
- Conectar adecuadamente en cada uno de los pines del comprobador para evitar el daño de la placa de control, ubicando adecuadamente las señales que provienen de la ECU de los inyectores y bobinas con mosfet en el interior de la computadora automotriz, y de las bobinas sin mosfet en el interior de la ECU.



## BIBLIOGRAFÍA

- **ÁLVAREZ FLOREZ, Jesús & CALLEJÓN AGRAMUNT, Ismael.** *Máquinas Térmicas Motoras Volumen I.* Barcelona, España: UPC Editoriales, 2002. pp. 102-106
- **BERNAL VILLAMIZAR, José Luis.** *Inyección Electrónica de Gasolina.* Cúcuta, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander, 2005. pp. 50-54
- **BOSCH LTDA.** *Sistemas de inyección electrónica de Bosch.* Campinas, Brasil: 2008. pp. 1-15
- **CARPIO GUARTAMBEL, Christopher Paúl.** *Manual de procedimientos para interactuar entre protocolos de comunicación automotriz.* Cuenca: 2013. pp. 21-26
- **COELLO SERRANO, Efrén.** *Sistemas de Inyección Electrónica de Gasolina.* Quito: Ediciones América, 2006. pp. 75-80
- **SOCIEDAD ALEMANA DE COOPERACIÓN TÉCNICA.** *Técnica del Automóvil.* Cuenca, Ecuador: Edibosco, 1985. pp. 205-208
- **ARDUINO.** Tarjeta Arduino DUE. [Online] [Consulta: Abril 07, 2017.] Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue>.
- **ULIVARRIA, Jahaziel.** *La ciencia del diagnóstico.* Cabo San Lucas, México: Corporativo Carprog SA, 2012. pp. 41-43
- **MARTÍ PARERA, Albert.** *Inyección Electrónica en Motores a Gasolina.* Barcelona, España: Marcombo Boixareu, 1990. pp. 98-102
- **OROZCO CUAUTLE, José Luis.** *Sistema de combustible con carburador e introducción a la inyección electrónica.* México DF: Mecánica Automotriz Fácil, 2006. pp. 177-180
- **PARDIÑAS, José.** *Sistemas Auxiliares del motor.* Madrid, España: Editex, 2012. pp. 84-90
- **PÉREZ ALONSO, José Manuel.** *Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico.* Madrid: Parainfo, 2010. pp. 110-114
- **PÉREZ BELLÓ, Miguel Ángel.** *Sistemas Auxiliares del Motor: Transporte y mantenimiento de vehículos; Electromecánica de vehículos automóviles.* Madrid: Parainfo, 2011. pp. 160-163
- **RUEDA SANTANDER, Jesús.** *Manual Técnico de Fuel Injection.* Guayaquil: Diseli, 2005. pp. 44-52
- **SAINSMART.** Pantalla táctil [En línea] [Consulta: 12 de Abril de 2017.] Disponible en: <https://www.sainsmart.com/sainsmart-due-7-7-inch-tft-lcd-screen-sd-card-slot-tft-shield-for-arduino.html>.
- **SÁNCHEZ, Enrique. 2009.** *Sistemas Auxiliares del Motor:* MACMILLAN, 2009. pp. 120-123
- **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ.** *Introducción a la Ingeniería Automotriz.* Lima, Perú: Imprenta Grupo IDAT, 2009. pp. 35-37