



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA  
AUTOMOTRIZ**

**Diseño y construcción de un banco comprobador  
de ECUS de sistemas de inyección de gasolina  
usando una tarjeta adquisición Arduino Mega**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
“INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ”**

**Autores:**

**JORGE MARTÍN CAJISACA VILLA**

**STALIN FABRICIO PINOS CRESPO**

**Director:**

**LUIS ALBERTO ROMO VÉLEZ**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA I**

Este proyecto va dedicado en primer lugar a Dios por haberme brindado la vida y a mis padres Manuel y Carmela por el apoyo incondicional durante toda mi vida, a mis hermanos que estuvieron a mi lado animándome para continuar adelante y conseguir este objetivo.

De igual manera a todos mis amigos y familiares que estuvieron presentes durante mi vida estudiantil, me apoyaron y llenaron de buenos momentos mi vida.

A mi amigo y compañero de Tesis, Stalin, por su entrega irrestricta para cumplir esta meta.

*Jorge Cajisaca Villa.*

## **DEDICATORIA II**

Todo este trabajo fue posible gracias a Dios y a mi familia, en especial a mis padres Ruperto y Ruth, a mis hermanos y a mi esposa Mónica; que son mi inspiración para que hoy pueda lograr culminar mis estudios; a ellos que confiaron en mí, brindándome siempre su apoyo incondicional para seguir adelante, y poder así culminar una meta más en mi vida.

*Stalin Pinos Crespo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Un profundo agradecimiento a Dios por habernos brindado la oportunidad de culminar esta etapa de nuestras vidas.

A la Universidad del Azuay, por ser un ejemplo de superación académica y humanística al guiarnos a todos hacia el logro de una mejor sociedad.

Al Ing. Luis Alberto Romo, quien con su orientación nos encaminó de la mejor manera para la elaboración de la presente tesis; a más que sin su ayuda, tiempo, paciencia y sapiencia nos hubiera resultado imposible realizar el presente trabajo.

A Gustavo Tapia, Gabriel Meneses por la gran ayuda brindada durante la realización de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA I .....	ii
DEDICATORIA II.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
INDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1.- ECUS, SENSORES Y ACTUADORES.....</b>	<b>3</b>
1.1 Introducción: .....	3
1.2 Funcionamiento de una ECU de un motor de inyección de gasolina: .....	4
1.2.1 Tipos de módulos de control:.....	5
1.2.2 Memorias internas de una ECU: .....	5
1.2.2.1 Los tipos de memorias:.....	5
1.2.3 Estructura: .....	6
1.2.4 Etapas de procesamiento de datos en la ECU: .....	7
1.2.4.1 Interface de entrada y salida: .....	7
1.2.4.2 Filtrado de señales: .....	8
1.2.4.3 Convertidor analógico / digital: .....	8
1.2.4.4 Unidad de procesamiento: .....	8
1.2.4.5 Etapa de potencia: .....	9
1.3 Posibles fallas y averías en las ECUS:.....	10
1.3.1 Fallas físicas:.....	10
1.3.2 Fallas lógicas:.....	12
1.4 Sistemas de abordó:.....	13
1.4.1 OBD I ( <i>on board diagnostic</i> - diagnostico a bordo): .....	13

1.4.2 OBD II ( <i>on board diagnostic</i> de segunda generación): .....	13
1.5 Sensores y actuadores: .....	14
1.5.1 Sensores: .....	14
1.5.1.1 Sensor de régimen de revoluciones del motor: .....	15
1.5.1.2 Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT): .....	17
1.5.1.3 Sensor de posición de la mariposa de aceleración (TPS): .....	18
1.5.1.4 Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP): .....	19
1.5.1.5 Sensor de flujo de aire aspirado (MAF): .....	19
1.5.1.6 Sensor de oxígeno / sonda lambda: .....	20
1.5.1.7 Sensor de Pistoneo / detonación: .....	21
1.5.2 Actuadores: .....	22
1.5.2.1 Inyectores: .....	22
1.5.2.2 Bobinas de encendido: .....	23
1.5.2.3 Actuador de ralentí: .....	24
1.5.2.4 Bomba de combustible: .....	24
1.5.2.5 Solenoide de purga de Canister: .....	25
1.6 Conclusiones: .....	25
<b>CAPÍTULO 2.- BANCO COMPROBADOR DE ECUS .....</b>	<b>26</b>
2.1 Introducción: .....	26
2.2 Características: .....	26
2.2.1 Constitución del banco comprobador de ECUS: .....	26
2.3 Medidas consideradas en la construcción del proyecto: .....	29
2.3.1 Estructura: .....	29
2.3.2 Programa informático LabVIEW con Arduino: .....	30
2.3.3 Grabador de Señales: .....	30
2.4 Señales de entrada y salida de la Unidad de Control Electrónica: .....	31
2.4.1 Señales de entrada: .....	31
2.4.1.1 Chevrolet Spark: .....	31
2.4.1.2 Chevrolet Aveo Activo: .....	33
2.4.1.3 Mazda B2200: .....	34
2.4.1.4 Toyota Yaris: .....	36
2.4.2 Señales de salida: .....	37
2.4.2.1 Inyectores: .....	37

2.4.2.2 Bomba de combustible: .....	37
2.4.2.3 Bobinas de encendido:.....	38
2.4.2.4 IAC:.....	38
2.5 Programación: .....	39
2.5.1 Interfaz Arduino en LabVIEW: .....	39
2.5.1.1 Instalación del Software y el Hardware:.....	39
2.5.1.2 Carga de la interfaz de LabVIEW para <i>firmware</i> : .....	40
2.5.2 Elaboración de un nuevo circuito electrónico en LabVIEW con Arduino: .....	43
2.5.3 Herramientas de Arduino: .....	44
2.6 Conclusiones: .....	48
<b>CAPÍTULO 3.- CONSTRUCCIÓN DEL BANCO COMPROBADOR .....</b>	<b>49</b>
3.1 Introducción: .....	49
3.2 Materiales utilizados: .....	49
3.3 Ensamblaje del banco:.....	50
3.3.1 Armado del tablero de instrumentos: .....	50
3.3.2 Incorporación de tarjeta Arduino al banco comprobador: .....	50
3.4 Pruebas previas al funcionamiento: .....	51
3.4.1 Pruebas en las ECUS: .....	51
3.4.1.1 Pruebas previas en la ECU de Chevrolet Spark: .....	51
3.4.1.2 Pruebas previas en la ECU de Chevrolet Aveo:.....	53
3.4.1.3 Pruebas previas en la ECU de Mazda B2200: .....	55
3.4.1.4 Pruebas previas en la ECU de Toyota Yaris: .....	56
3.5 Pruebas en el programa informático y la tarjeta de adquisición de datos: .....	56
3.5.1 Verificar la interfaz de la tarjeta de adquisición de datos Arduino con la computadora:.....	57
3.5.2 Verificar la programación de los sensores simulados en el programa LabVIEW:.....	57
3.6 Conclusiones: .....	59

<b>CAPÍTULO 4.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>60</b>
4.1 Introducción: .....	60
4.2 Pruebas en las ECUS:.....	60
4.3 Pruebas en sensores:.....	60
4.4 Pruebas en actuadores: .....	64
4.4.1 Pruebas en Chevrolet Spark: .....	65
4.4.2 Pruebas en Chevrolet Aveo:.....	67
4.4.3 Pruebas en Mazda B2200:.....	69
4.4.4 Pruebas en Toyota Yaris: .....	70
4.5 Resultados obtenidos:.....	71
4.5.1 Resultados en Chevrolet Spark: .....	72
4.5.2 Resultados en Chevrolet Aveo:.....	72
4.5.3 Resultados en Mazda B2200:.....	73
4.5.4 Resultados en Toyota Yaris: .....	74
4.6 Conclusiones: .....	75
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>79</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> “Sistema de inyección Motronic con Unidad de Control Electrónica” .....	4
<b>Figura 2.</b> “Estructura interna de una ECU” .....	7
<b>Figura 3.</b> "Interface de entrada y salida de la ECU" .....	7
<b>Figura 4.</b> “Filtrado de las señales de entrada en la ECU” .....	8
<b>Figura 5.</b> “Etapa de potencia” .....	10
<b>Figura 6.</b> “Pistas quemadas” .....	11
<b>Figura 7.</b> “Transistores de Potencia” .....	11
<b>Figura 8.</b> “Esquema de conector OBD II” .....	14
<b>Figura 9.</b> “Señal del sensor CKP” .....	16
<b>Figura 10.</b> “Forma de honda del sensor Hall” .....	16
<b>Figura 11.</b> “Señal de sensor de revoluciones óptico” .....	17
<b>Figura 12.</b> “Señal del sensor ECT” .....	18
<b>Figura 13.</b> “Señal del sensor TPS” .....	18
<b>Figura 14.</b> “Forma de onda de sensor MAP” .....	19
<b>Figura 15.</b> “Señal del sensor MAF” .....	20
<b>Figura 16.</b> “Señal del sensor Lambda” .....	21
<b>Figura 17.</b> “Señal del sensor KS” .....	21
<b>Figura 18.</b> “Señal del inyector” .....	22
<b>Figura 19.</b> “Tipos de bobinas de encendido” .....	23
<b>Figura 20.</b> “Señal de la bobina de encendido” .....	23
<b>Figura 21.</b> “Bomba de combustible electrónica” .....	24
<b>Figura 22.</b> “Válvula de ventilación del tanque” .....	25
<b>Figura 23.</b> “Fuente de alimentación de 110V AC a 12VDC de 500mA” .....	27
<b>Figura 24.</b> “Tablero de instrumentos” .....	27
<b>Figura 25.</b> “Tarjeta Arduino” .....	28
<b>Figura 26.</b> “Estructura del banco comprobador” .....	30
<b>Figura 27.</b> “Transformador de 110 a 12 V” .....	31
<b>Figura 28.</b> “Vehículo estudiado, Chevrolet Spark” .....	32
<b>Figura 29.</b> “Obtención de la señal de sensor CKP” .....	32
<b>Figura 30.</b> “Señal grabada de Chevrolet Spark, Señal CKP y CMP” .....	33

<b>Figura 31.</b> “Vehículo Chevrolet Aveo Activo” .....	34
<b>Figura 32.</b> “Señal de los sensores CKP y CMP de Chevrolet Aveo Activo” .....	34
<b>Figura 33.</b> “Mazda B2200” .....	35
<b>Figura 34.</b> “Señal del sensor Hall de Mazda B2200” .....	35
<b>Figura 35.</b> “Vehículo Toyota Yaris” .....	36
<b>Figura 36.</b> “Señal de sensor CKP y CMP de Toyota Yaris” .....	37
<b>Figura 37.</b> “Bomba de combustible” .....	38
<b>Figura 38.</b> “Bobinas” .....	38
<b>Figura 39.</b> “Válvula IAC” .....	38
<b>Figura 40.</b> “Instalación de la interface de LabVIEW para Arduino” .....	40
<b>Figura 41.</b> “Fichero para abrir LVIFA_Base.pde.” .....	41
<b>Figura 42.</b> “Selección de tipo de la tarjeta Arduino” .....	41
<b>Figura 43.</b> “Selección del puerto serial de la PC para Arduino” .....	42
<b>Figura 44.</b> “Carga de sketch IDE para Arduino” .....	42
<b>Figura 45.</b> “Ejecución de programa LabVIEW” .....	43
<b>Figura 46.</b> “File / New VI, para elaborar un nuevo circuito electrónico” .....	43
<b>Figura 47.</b> “Ventanas de trabajo, programación y funcionamiento” .....	44
<b>Figura 48.</b> “Herramientas de programación” .....	44
<b>Figura 49.</b> “Configuración de <i>Init</i> ” .....	45
<b>Figura 50.</b> “ <i>While Loop</i> ” .....	45
<b>Figura 51.</b> “Digital I/O” .....	46
<b>Figura 52.</b> “ <i>Analog Read Pin</i> ” .....	46
<b>Figura 53.</b> “PWM” .....	46
<b>Figura 54.</b> “Bloque <i>Close</i> ” .....	47
<b>Figura 55.</b> “Ejemplo utilizando en los bloques de Arduino” .....	47
<b>Figura 56.</b> “Tablero de instrumentos” .....	50
<b>Figura 57.</b> “Forma del conector de la ECU de Chevrolet Spark” .....	52
<b>Figura 58.</b> “Alimentación de la ECU, luz Check Engine encendido” .....	53
<b>Figura 59.</b> “Luz de Check Engine y bomba de combustible encendido, en Chevrolet Aveo” .....	54
<b>Figura 60.</b> “Conector de ECU de Mazda B2200” .....	55
<b>Figura 61.</b> “Luz de Check Engine y bomba de combustible encendido, en Mazda B2200” .....	55
<b>Figura 62.</b> “ECU de Toyota Yaris” .....	56

<b>Figura 63.</b> “Alimentación de la ECU, luz Check Engine encendido” .....	56
<b>Figura 64.</b> “Interfaz Tarjeta Arduino con la computadora” .....	57
<b>Figura 65.</b> “Ícono de ingreso al programa” .....	57
<b>Figura 66.</b> “Menú Inicio del programa con los respectivos vehículos” .....	58
<b>Figura 67.</b> “Menú de simulación de sensores” .....	58
<b>Figura 68.</b> “Ejecución del programa” .....	59
<b>Figura 69.</b> “Cuadro de datos, ECU y sensores en óptimo funcionamiento” .....	61
<b>Figura 70.</b> “Prueba con falla en los sensores MAP y ECT” .....	61
<b>Figura 71.</b> “Cuadro de datos, falla en los sensores MAP y ECT” .....	62
<b>Figura 72.</b> “Falla en los sensores MAP y ECT, y falla en la bobina de encendido”. 62	
<b>Figura 73.</b> “Cuadro de datos, falla en los sensores MAP y ECT, y falla en la bobina de encendido” .....	62
<b>Figura 74.</b> “Cuadro de datos, ECU y sensores en buen funcionamiento” .....	63
<b>Figura 75.</b> “Prueba con falla del sensor MAP” .....	63
<b>Figura 76.</b> “Cuadro de datos, con falla del sensor MAP” .....	63
<b>Figura 77.</b> “Prueba con falla de sensor MAP, ECT y Bobina de encendido” .....	64
<b>Figura 78.</b> “Cuadro de datos, con falla en los sensores MAP, ECT y bobinas de encendido” .....	64
<b>Figura 79.</b> “Señal de inyectores, funcionamiento normal” .....	65
<b>Figura 80.</b> “Señal del inyector, funcionamiento normal” .....	65
<b>Figura 81.</b> “Señal del inyector, con falla del sensor MAP” .....	66
<b>Figura 82.</b> “Señal de la bobina, en funcionamiento normal” .....	66
<b>Figura 83.</b> “Señal de la bobina de encendido, con falla del sensor MAP” .....	67
<b>Figura 84.</b> “Señal del pulso de inyección, correcto funcionamiento” .....	67
<b>Figura 85.</b> “Señal del pulso de inyección, con falla del sensor MAP” .....	68
<b>Figura 86.</b> “Señal de las bobina de encendido: verde (cilindros 1 y 4) y rojo (cilindros 3 y 2)” .....	68
<b>Figura 87.</b> “Señal de un inyector, con valor de señal de sensor ECT de 4,0V” .....	69
<b>Figura 88.</b> “Señal de un inyector, con valor de señal de sensor ECT de 0,5V” .....	69
<b>Figura 89.</b> “Señal de un inyector, con valor de señal de sensor TPS de 3,8V” .....	70
<b>Figura 90.</b> “Señal del inyector, con funcionamiento normal” .....	70
<b>Figura 91.</b> “Señal de un inyector, con falla en el sensor MAP” .....	71
<b>Figura 92.</b> “Señal de la bobina de encendido” .....	71
<b>Figura 93.</b> “Bloques <i>Init</i> , <i>Close</i> y herramienta <i>While Loop</i> ” .....	83

<b>Figura 94.</b> “Configuración del bloque <i>Init</i> ” .....	84
<b>Figura 95.</b> “Bloques Digital I/O y PWM <i>Write</i> , insertados en <i>While Loop</i> ” .....	84
<b>Figura 96.</b> “Enlace de todos los bloques” .....	85
<b>Figura 97.</b> “Configuración de los bloques Digital I/O y PWM <i>Write</i> ” .....	85
<b>Figura 98.</b> “Inserción del bloque <i>Stop</i> ” .....	86
<b>Figura 99.</b> “Vista final de la simulación de un sensor” .....	86

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Características de la tarjeta de adquisición Arduino Mega 2560 .....	29
<b>Tabla 2.</b> “Características del automóvil Chevrolet Spark” .....	32
<b>Tabla 3.</b> “Características del automóvil Chevrolet Aveo Activo” .....	33
<b>Tabla 4.</b> “Características del automóvil Mazda B2200” .....	35
<b>Tabla 5.</b> “Características del automóvil Toyota Yaris” .....	36
<b>Tabla 6.</b> “Tiempos de activación de la Bomba de combustible” .....	37
<b>Tabla 7.</b> “ <i>Pinout</i> de la ECU de Chevrolet Spark” .....	52
<b>Tabla 8.</b> “Forma del conector de la ECU de Chevrolet Spark” .....	53
<b>Tabla 9.</b> “ <i>Pinout</i> de ECU de Chevrolet Aveo” .....	54
<b>Tabla 10.</b> “ <i>Pinout</i> de ECU de Mazda B2200” .....	55

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> “Cómo simular un sensor en LabVIEW con Arduino”.....	83
--	----

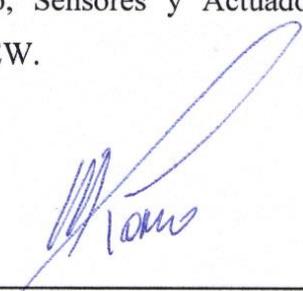
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO COMPROBADOR  
DE ECUS DE SISTEMAS DE INYECCIÓN DE GASOLINA USANDO  
UNA TARJETA ADQUISICIÓN ARDUINO MEGA**

**RESUMEN**

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar y construir un banco comprobador de *ECUS* para los vehículos: Chevrolet Spark, Chevrolet Aveo, Mazda B2200 y Toyota Yaris; mediante la utilización de una tarjeta de adquisición *Arduino* Mega, que permite generar las señales de sensores de los sistemas de inyección electrónica de gasolina; logrando así verificar el correcto funcionamiento de una *ECU*. Para la ejecución del proyecto se realizó investigaciones bibliográficas; se aplicó el método inductivo y deductivo, en la descripción del procedimiento de la simulación de los sensores; el método experimental, en el diseño del banco de pruebas; así como también el análisis y la síntesis de resultados, en la comprobación de su funcionamiento. Los resultados obtenidos durante el proceso permitieron comprobar el funcionamiento de las *ECUS*.

**Palabras Clave:**

Arduino, Sensores y Actuadores, Señal CKP, Unidad Electrónica de Control, LabVIEW.



---

Luis Alberto Romo Vélez

**Director de Tesis**



---

Diego Francisco Torres Moscoso

**Director de Escuela**



---

Jorge Martin Cajisaca Villa



---

Stalin Fabricio Pinos Crespo

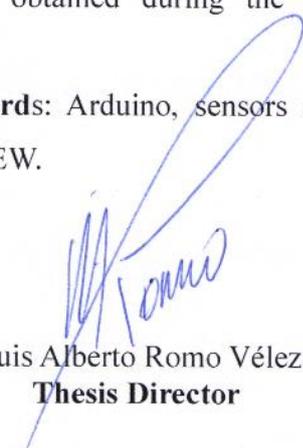
**Autores**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN E.C.U TESTER FOR FUEL INJECTION SYSTEMS USING AN ARDUINO MEGA ACQUISITION CARD**

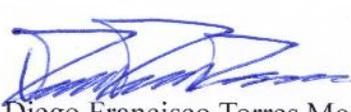
**ABSTRACT**

This project aims to design and build an ECU (Electronic Control Unit) bank tester for Chevrolet Spark, Chevrolet Aveo, Mazda B2200 and Toyota Yaris vehicles, using an Arduino Mega acquisition card, which allows to generate sensor signals of electronic fuel injection systems; thus verifying the correct operation of an ECU. Bibliographic research was performed for the implementation of the project; inductive and deductive methods were applied in the description of the sensor simulation process; the experimental method was used in the design of the test; and analysis and synthesis of the results were applied when verifying its operation. The results obtained during the process enabled to check the ECU performance.

**Keywords:** Arduino, sensors and actuators, CKP signal, Electronic Control Unit, LabVIEW.



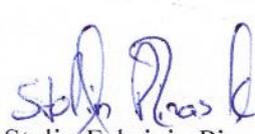
Luis Alberto Romo Vélez  
**Thesis Director**



Diego Francisco Torres Moscoso  
**School Director**

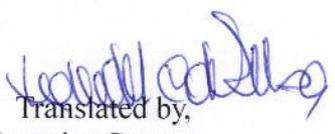


Jorge Martín Cajisaca Villa



Stalin Fabricio Pinos Crespo

**Authors**



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Jorge Martín Cajisaca Villa.  
Stalin Fabricio Pinos Crespo.  
Trabajo de Graduación.  
Ing. Luis Alberto Romo Vélez.  
Mayo, 2016.

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO COMPROBADOR  
DE ECUS DE SISTEMAS DE INYECCIÓN DE GASOLINA  
USANDO UNA TARJETA ADQUISICIÓN ARDUINO MEGA**

**INTRODUCCIÓN**

En la actualidad todos los vehículos de inyección de gasolina poseen una ECU que contiene componentes electrónicos para su funcionamiento, los cuales podrían sufrir daños y averías, razón por la cual es necesario un equipo que permita comprobar de una manera técnica el correcto funcionamiento de la misma.

Actualmente, el Taller de Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay dispone de un equipo de comprobación de ECUS, el mismo que no permite realizar pruebas de ECUS de otros vehículos; por esta razón el presente proyecto tiene el propósito de brindar un equipo de diagnóstico al Laboratorio de Autotrónica del Taller de Mecánica Automotriz, cuya utilidad sirva como banco de aprendizaje y perfeccionamiento para los estudiantes, el cual debe poseer los accesorios y elementos necesarios para comprobar el funcionamiento de la ECU.

El contenido de este proyecto se centra en diseñar y construir un banco para realizar pruebas de ECUS en los vehículos: Chevrolet Spark, Chevrolet Aveo, Mazda B2200 y Toyota Yaris; teniendo como objetivo general: “Diseñar y construir un banco comprobador de ECUS mediante la utilización de una tarjeta adquisición Arduino Mega para generar las señales de sensores de los sistemas de inyección electrónica de gasolina, para verificar el correcto funcionamiento de una ECU”.

Los objetivos específicos del presente trabajo de investigación son:

- ✚ Establecer el funcionamiento de la ECU, los tipos, las aplicaciones de sensores y actuadores para deducir posibles fallas de operación.
- ✚ Diseñar el banco comprobador mediante la simulación de los sensores utilizando la tarjeta adquisición *Arduino* Mega.
- ✚ Realizar las pruebas de funcionamiento de la ECU y de cada uno de los sensores y actuadores.

Para la ejecución del proyecto se realizó investigaciones bibliográficas; se aplicó el método inductivo y deductivo, en la descripción del procedimiento de la simulación de los sensores; el método experimental, en el diseño del banco de pruebas; así como también el análisis y la síntesis de resultados, en la comprobación de su funcionamiento.

## **CAPÍTULO 1**

### **ECUS, SENSORES Y ACTUADORES**

#### **1.1 Introducción:**

El desarrollo de la tecnología electrónica en el automóvil, hoy en día, juega un papel muy importante porque permite mejorar el rendimiento de los vehículos a través de Unidades de Control Electrónica (ECU) con sus sensores y actuadores, los cuales han revolucionado el mercado automovilístico. Gracias a este avance tecnológico, todas las funciones esenciales del vehículo son reguladas y controladas electrónicamente, tales como: mando del motor, cambio de velocidades, sistemas de seguridad y confort, los mismos que continuarán evolucionando en beneficio de los usuarios.

En el sistema de inyección de gasolina se puede integrar la tecnología electrónica, la cual permite: un funcionamiento suave del motor, ahorro de combustible y reducción de gases contaminantes; sistema que reemplazó al habitual carburador, el cual no permitía alcanzar alimentar al motor en la proporción ideal de mezcla, a pesar de haber estado bien regulado.

El sistema de inyección electrónica de gasolina está compuesto por varios sensores: un sistema central computarizado o también llamado Unidad de Control Electrónica (ECU); y, un grupo de actuadores; los cuales, al juntarse, permiten un funcionamiento eficiente del motor. En el gráfico 1 se muestra un sistema de inyección electrónico de gasolina Motronic.

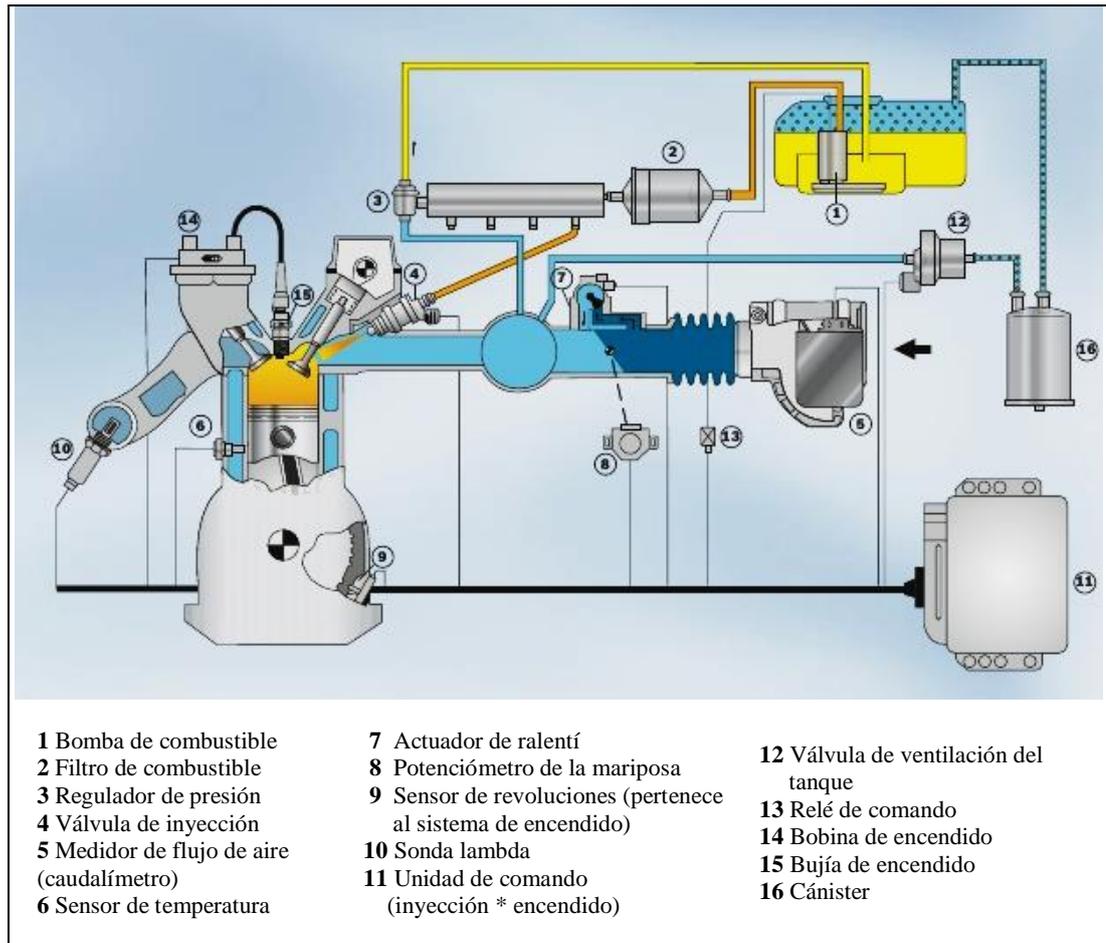


Figura 1. "Sistema de inyección Motronic con Unidad de Control Electrónica"

Fuente: © Robert Bosch, GmbH

En el presente capítulo se describirá el funcionamiento de una ECU de un motor de inyección de gasolina, sus posibles fallas y averías; así como también se analizará los sistemas de abordo, los sensores y los actuadores.

### 1.2 Funcionamiento de una ECU de un motor de inyección de gasolina:

Los sistemas de inyección de gasolina son controlados por una computadora, también conocida como: ECC, ECM, ECU, ECCS, CPU, PCM, VCM, entre otros; la cual se encarga de recibir los datos de entrada de varios dispositivos, como interruptores y sensores, así como también, de procesar la información recibida para generar una salida específica que active a los diferentes actuadores.

### 1.2.1 Tipos de módulos de control:

Los tipos de módulos de control son:

- a. **ECM (Engine Control Module), módulo de control electrónico.**- Es el que permite almacenar y controlar los códigos de falla de los sensores y actuadores del motor.
- b. **PCM (Train Power Control Module), módulo de control del tren de potencia.**- Es el que almacena y controla los datos del motor y de la transmisión.
- c. **VCM.- (Vehicle Control Module), módulo de control del vehículo.**- Es el que almacena y controla los datos del motor, la transmisión, y sistemas de freno ABS.

### 1.2.2 Memorias internas de una ECU:

Son dispositivos capaces de almacenar datos digitales y analógicos por periodos de tiempo cortos y largos.

#### 1.2.2.1 Los tipos de memorias:

- a. **ROM (*Read Only Memory*):** La memoria ROM está disponible solo cuando el interruptor está encendido. No necesita de energía para retener su información y tampoco puede ser borrada debido a que es de solo lectura, situación que permite guardar la información de manera permanente. Los fabricantes guardan en esta memoria la programación que controla al microprocesador, permitiéndole a este último, leer las instrucciones, pero no escribir nueva información.
- b. **PROM (**P**rogramable **R**OM):** La memoria PROM es una memoria programable de solo lectura, en la cual sus contenidos se crean por un tipo especial de programación, ya sea por el fabricante o por un especialista, puesto que si la programación es errónea, tiene que ser cambiada y desechada.

- c. **EPROM (Rom programable y borrrable):** Este tipo de memoria permite mantener sus datos guardados indefinidamente; y, puede programarse y borrarse según las necesidades del usuario.

El borrado de ésta, se realiza sobre la ventana que se encuentra en el encapsulado del circuito, usando luz ultra violeta, la cual borra todas las celdas programadas al mismo tiempo. Una vez borrada la información, la EPROM puede programarse.

- d. **EEPROM (Electrically Programmable *Read Only Memory*):** La memoria EEPROM es una memoria programable solo de lectura y se puede borrar solamente de manera electrónica. Esta memoria está soldada a los circuitos impresos de la ECM.

- e. **RAM (*Random Acces Memory*):** En la memoria RAM se almacena temporalmente los datos y valores enviados de los sensores, debido a su variación de funcionamiento en diferentes condiciones ambientales; razón por la cual, el microprocesador puede escribir y leer estos datos, y así tomar diferentes decisiones para que sea óptimo el funcionamiento del motor.

Para que esta memoria funcione es necesario que la alimentación de voltaje sea constante, de tal manera que pueda retener la información. Cuando el interruptor de encendido se ubica en la posición de apagado pierde su alimentación, desvaneciéndose la información de la memoria, siendo borrada cada vez que pierde corriente.

### **1.2.3 Estructura:**

La ECU está protegida en su parte externa por una carcasa metálica. La alimentación de corriente, comunicación de los sensores y actuadores, se la realiza por medio de un conector multipolar.

En la figura se detalla los componentes de una computadora de Chrysler-Jeep:

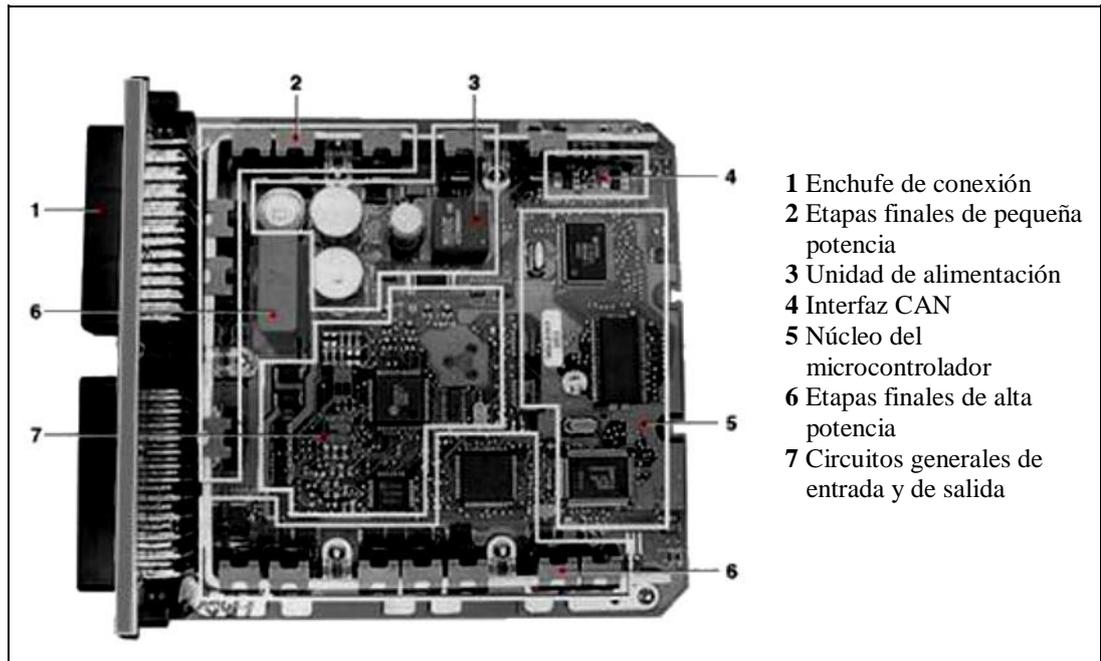


Figura 2. "Estructura interna de una ECU"  
 Fuente: Mariño; Villagómez, (2009).

#### 1.2.4 Etapas de procesamiento de datos en la ECU:

El procesamiento de la información se realiza a través de una serie de etapas, las cuales, se indica a continuación:

- 1.2.4.1 Interface de entrada y salida.
- 1.2.4.2 Filtrado de señales
- 1.2.4.3 Convertidor analógico-digital
- 1.2.4.4 Procesador
- 1.2.4.5 Etapa de potencia

##### 1.2.4.1 Interface de entrada y salida:

A través de un conector, la ECU recibe las señales enviadas desde los sensores; también, envía las señales para activar los diversos actuadores.



Figura 3. "Interface de entrada y salida de la ECU"

#### 1.2.4.2 Filtrado de señales:

Es el encargado de eliminar cualquier tipo de ruido o interferencia que se pudo haber generado en el proceso de la transmisión de la señal de un sensor, durante el envío de datos. Para el filtrado se utiliza: condensadores, resistencias, diodos y diodos zener.

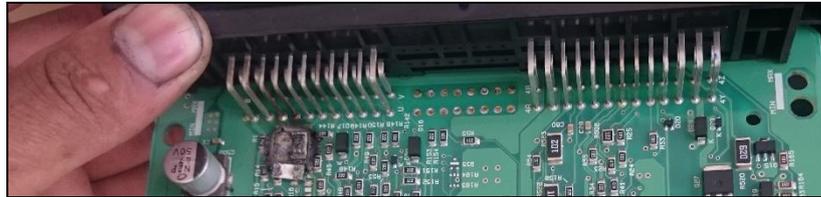


Figura 4. “Filtrado de las señales de entrada en la ECU”

#### 1.2.4.3 Convertidor analógico / digital:

Convierte todas las señales de los sensores del tipo analógico en digital. Es necesario recalcar que la ECU, únicamente, interpreta señales digitales.

#### 1.2.4.4 Unidad de procesamiento:

Recibe las señales filtradas enviadas desde los sensores para que ésta pueda: procesar la información; realizar los cálculos; comparar con la base de datos del procesador; y, decidir cuáles son los actuadores a los que debe comandar; permitiendo que el motor funcione óptimamente.

La estructura de la unidad de procesamiento se detalla a continuación:

- i. Memoria de programa:** Esta memoria es de solo lectura y no se puede modificar; razón por la cual, en ella se almacena toda la información necesaria para que el sistema funcione.
- ii. Memoria de datos:** La memoria de datos es una memoria temporal y puede ser modificada. En ésta se almacena información como: datos externos, de procesos, etc.

- iii. Unidad central de proceso (CPU):** Es el núcleo principal. Interpreta y ejecuta las instrucciones que están en la memoria.
- iv. Generador de señales de reloj:** Es el encargado de generar una onda digital estable y sin defectos.
- v. Puertos de entrada y salida:** Son los que permiten transferir datos del CPU con los sensores, actuadores y otros circuitos electrónicos. Estos puertos, de entrada y salida, poseen su propia memoria para almacenar.
- vi. Contadores y temporizadores:** Este conjunto de contadores y temporizadores tienen como finalidad: reducir la carga del CPU durante su funcionamiento.
- vii. Bus de datos:** El CPU es el encargado de enviar la información hacia los componentes o dispositivos externos de la unidad de procesamiento a través de un medio físico, por ejemplo: mediante el bus de direcciones.
- viii. Bus de direcciones:** Sirve como puente de comunicación entre el CPU y las memorias del sistema.
- ix. Bus de control:** Toda la información de comando es transmitida por este conductor hacia los componentes externos de la unidad de procesamiento

#### **1.2.4.5 Etapa de potencia:**

La etapa de potencia consiste en una serie de transistores o “*drivers*” que se encuentran agrupados en un solo integrado. Son los encargados de comandar a los diferentes actuadores del motor; y, evitan la sobrecarga de los componentes de la ECU.



Figura 5. “Etapa de potencia”

### 1.3 Posibles fallas y averías en las ECUS:

#### 1.3.1 Fallas físicas:

En la ECU se pueden presentar las siguientes fallas físicas:

- a. **Punto de soldadura agrietado o corrosión por óxido:** Esta falla se produce en los componentes electrónicos de la ECU, los cuales han sido fijados por medio de soldaduras. Lo mencionado puede causar una interrupción momentánea de la conexión, generando daños intermitentes en el sistema de inyección electrónica; o, en ciertos casos, que el vehículo, momentáneamente, no encienda.
- b. **Pista quemada:** Una pista quemada puede generar una falla continua del sistema de inyección debido a que se puede generar una sobrecarga, la cual produce quemadura en el área de la pista, interrumpiendo el paso de corriente y evitando su funcionamiento.



**d. Falla de condensadores:** Se pueden presentar dos tipos de fallas en los condensadores:

**i. Fallas por la pérdida de la capacidad:** Pierden su capacidad de almacenar energía debido a que se encuentran sometidos a temperaturas muy altas.

**ii. Fallas por daños físicos del condensador:** Se produce a causa de una sobrecarga sobre éste. Esta avería se la identifica fácilmente, puesto que el condensador presenta una deformación en su parte física.

En cualquiera de los dos casos indicados se debe reemplazar el condensador por otro de iguales características, teniendo en cuenta su polaridad.

**e. Fallas del microprocesador:** Este tipo de falla es la más crítica debido a que el microprocesador es el componente principal de la ECU, al cual no se lo encuentra fácilmente debido a que es exclusivo de cada fabricante. Es necesario reemplazar el microprocesador o sustituir la ECU.

### **1.3.2 Fallas lógicas:**

Estas fallas se generan en la base de datos del programa interno, por lo que no es necesario desarmar la ECU, únicamente realizar la reprogramación de la información de la misma.

La reprogramación ocurre cuando se ha encontrado fallas en los sistemas de control del motor; consiste en actualizar la información del microprocesador, la cual, generalmente, es proporcionada por los fabricantes automotrices.

## **1.4 Sistemas de abordó:**

### **1.4.1 OBD I (*on board diagnostic*- diagnóstico a bordo):**

Se implementó como una normativa para intentar minimizar la contaminación causada por los vehículos automotores, los cuales monitoreaban:

- “ a. Medición de combustible (Sonda Lambda)  
b. Recirculación de gases de escape (EGR)  
c. Emisiones adicionales, relacionadas a componentes electrónicos” (Guerrero, 2006).

### **1.4.2 OBD II (*on board diagnostic* de segunda generación):**

La normativa del OBD II se implementó con el fin de facilitar el diagnóstico del motor y disminuir los niveles de contaminación que producen los automotores.

#### **a. Objetivos del OBD II:**

- Reducir las altas emisiones que producen los automotores.
- Disminuir el tiempo de la detección de falla y de su reparación.
- Asistir en el diagnóstico.
- Describir el problema mientras los repara.

#### **b. Requerimientos del OBD II:**

- Que permita el monitoreo de todos los componentes que afectan a las emisiones y sistemas de control.
- Que faculte detectar rápidamente el mal funcionamiento de algún componente, antes de que las emisiones se excedan de los estándares de los fabricantes.
- Que posibilite detectar el mal funcionamiento de algún componente con dos ciclos de trabajo.

**c. Conector de diagnóstico:**

Generalmente se le ubica debajo del panel de instrumentos que está localizado en la zona del conductor:

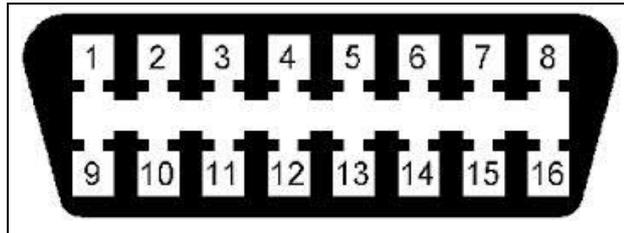


Figura 8. “Esquema de conector OBD II”  
Fuente: GUERRERO, (2006).

Guerrero (2006) indicó la siguiente descripción del conector OBD II:

- “**1. Pin 2.-** Comunicación SAE VPW (Modulación por ancho de pulso variable) / PWM (Modulación por ancho de pulso)
- 2. Pin 4.-** Masa del vehículo
- 3. Pin 5.-** Masa Señal
- 4. Pin 6.-** CAN High (J-2284)
- 5. Pin 7.-** Comunicación ISO 9141-2 (Comunicación Serial) (línea K)
- 6. Pin 10.-** Comunicación PWM
- 7. Pin 14.-** CAN Low (J-2284)
- 8. Pin 15.-** Comunicación ISO 9141-2 (línea L)
- 9. Pin 16.-** Positivo de la Batería” (GUERRERO, Fernando, 2006).

**1.5 Sensores y actuadores:**

**1.5.1 Sensores:**

También llamados transductores. “Son capaces de transformar cualquier magnitud física, química o biológica, en energía eléctrica” (GUARELLA, J. Heredia, J. RODRÍGUEZ, L y BAGATTO, I, 2011). Se encargan de recolectar información del funcionamiento del motor y enviarla hacia la ECU (señales de entrada). Estos componentes electrónicos se encuentran instalados en varios puntos del motor.

Los sensores transmiten la información en dos formas de transducción:

- a. Activo:** Esta transmisión se da cuando la magnitud a detectar produce energía suficiente, de tal manera que permite generar señal eléctrica para la ECU. Los sensores activos pueden ser piezoeléctricos (sensor de pistoneo (KS)) y magnéticos (sensor CKP).
  
- b. Pasivo:** La transmisión de energía se produce por la variación de los parámetros, tales como la resistencia interna o la reluctancia del sensor. Un ejemplo de este tipo es el sensor TPS.

#### **1.5.1.1 Sensor de régimen de revoluciones del motor:**

Es el sensor más importante del sistema de inyección de gasolina porque informa a la Unidad de Control: las revoluciones a las que se encuentra girando el motor; la posición del cigüeñal; y, la posición de los pistones en los cilindros. La ECU recibe esta información para determinar el número de veces que se debe inyectar combustible y su cantidad exacta, en función al aire aspirado en cada cilindro. Estos sensores pueden transmitir la información mediante tres formas de funcionamiento: magnético, de efecto Hall y óptico.

##### **a. Sensor magnético:**

Utiliza el fenómeno electromagnético para producir una corriente eléctrica alterna. Al momento que la rueda dentada gira frente al imán se genera una variación de flujo magnético, el cual es máximo si frente al imán se encuentra un diente; y, mínimo, si existe un espacio vacío. Consta de tres cables: el primero es de señal de salida hacia la ECU; el segundo, de masa del sensor; y, el tercero, evita interferencias parásitas del encendido y hace un blindaje a masa.

El sensor magnético mide la frecuencia de la señal del salto de diente de la rueda fónica, la cual es proporcional a la velocidad de la rueda mencionada.

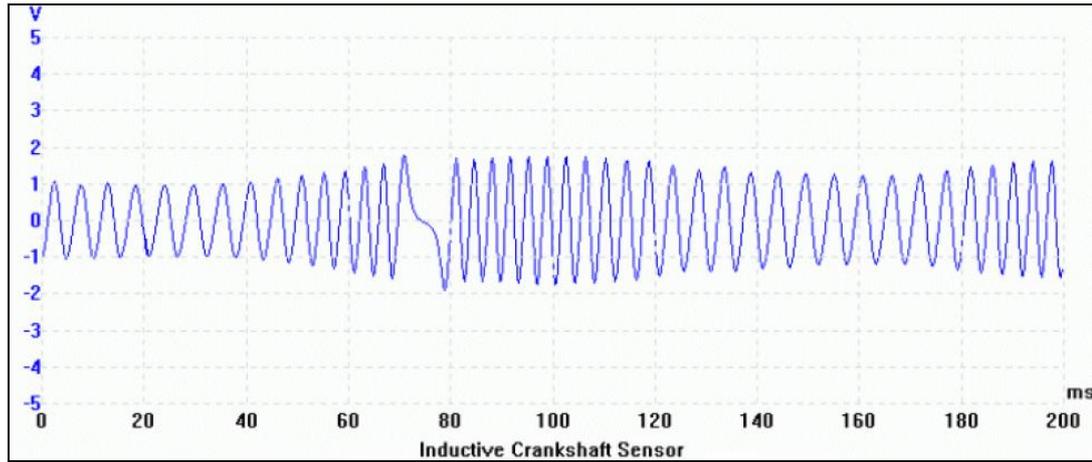


Figura 9. "Señal del sensor CKP"

Fuente: Calderón; Caluguillin, (2011).

### b. Sensor de efecto Hall:

Está conformado por: un semiconductor, un imán y una pantalla obturadora. Este sensor funciona con una corriente eléctrica que fluye de manera perpendicular al campo magnético; cuando este campo no es interrumpido por la pantalla, se genera una variación de tensión que es utilizada para enviarla a la ECU. Al momento en que la pantalla obturadora ingresa al campo magnético, interrumpe la generación de tensión del sensor, la cual genera una señal eléctrica de onda cuadrada.

Al igual que el sensor CKP, mide la frecuencia de la señal emitida por el semiconductor del sensor. Contiene tres terminales: de alimentación (5 o 12 V), de masa y de señal.

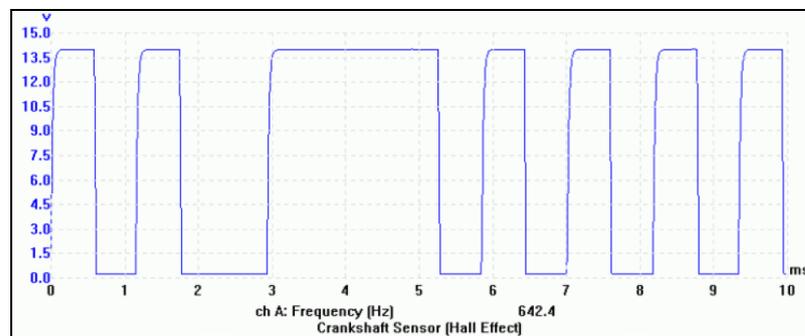


Figura 10. "Forma de honda del sensor Hall"

Fuente: Calderón; Caluguillin, (2011).

### c. Sensor óptico:

Conocido también como sensor fotoeléctrico. Se encuentra ubicado en el interior del cuerpo del distribuidor de encendido; basa su funcionamiento en la emisión de luz infrarroja, la cual es captada con un fotodiodo.

El sensor óptico utiliza un disco giratorio que separa a los LEDS (emisor y receptor), sensor que contiene perforaciones o ranuras que permiten el paso o la interrupción de la luz infrarroja entre los LEDS. Cuando la luz, proveniente del LED emisor es captada por el LED receptor, se produce una variación de tensión que es aprovechada para enviarla a la Unidad de Control Electrónica. El momento en el que el disco corta el paso de luz se interrumpe la variación de tensión, obteniéndose una señal eléctrica cuadra.

En el siguiente gráfico se muestra el esquema constructivo del sensor:

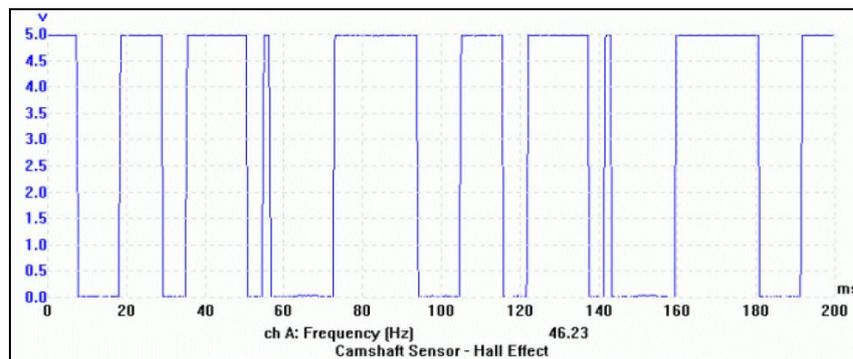


Figura 11. “Señal de sensor de revoluciones óptico”

Fuente: Calderón; Caluguillin, (2011).

#### 1.5.1.2 Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT):

Es un termistor tipo NTC, varía su resistencia interna en función de la temperatura a la que se encuentra sometido. El valor de la resistencia disminuye proporcionalmente al incremento de la temperatura del líquido refrigerante; variación que genera tensión, la cual es aprovechada y enviada hacia la ECU para informar la temperatura de funcionamiento del motor, permitiendo de esta manera, enriquecer o empobrecer la mezcla de aire-combustible.

Consta de dos terminales: de señal y de masa. Su valor de señal, al momento en que el motor se encuentra frío, deber estar entre 4.8V a 5.2V; y, cuando el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento, entre 0.6V a 0.3V.

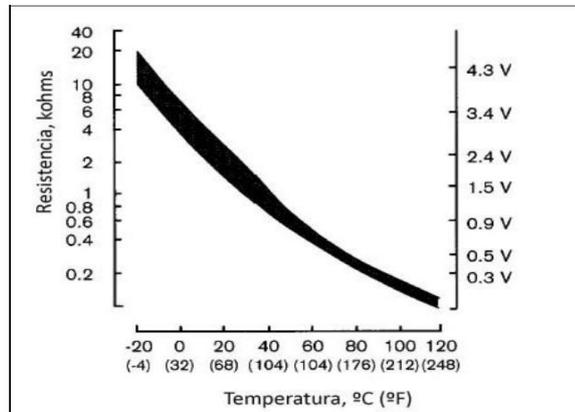


Figura 12. "Señal del sensor ECT"

Fuente: Calderón; Caluguillin, (2011).

### 1.5.1.3 Sensor de posición de la mariposa de aceleración (TPS):

Este sensor es de tipo potenciómetro. Varía su conductividad eléctrica modificando su resistencia mediante una acción mecánica externa. Consta de tres terminales: de alimentación del sensor de 5V; de masa o tierra; y, de señal.

El voltaje de señal varía entre 0.2V a 5V. Cuando la mariposa de aceleración se encuentra cerrada, el valor de la señal será próximo a 0.2V; y, en función de la apertura de la mariposa, este valor se puede incrementar hasta casi 5V.

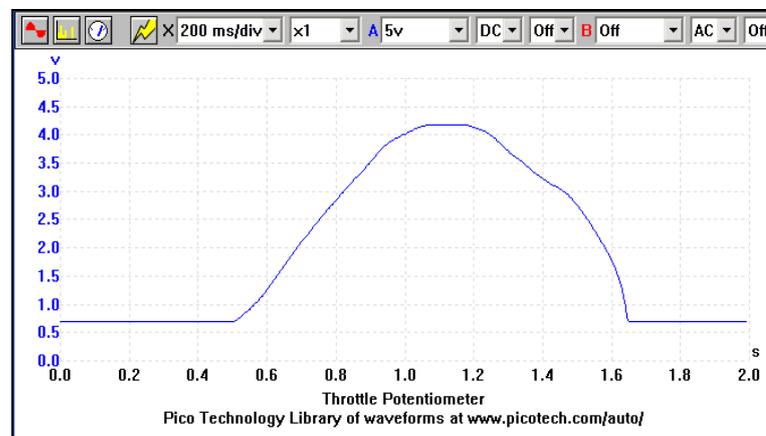


Figura 13. "Señal del sensor TPS"

Fuente: Jara, (2011).

#### 1.5.1.4 Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP):

Este sensor recolecta información de la depresión existente en el múltiple de admisión. Permite determinar la cantidad de combustible inyectado y el avance de la inyección. Está compuesto por una placa electrónica y una conexión de depresión al múltiple de admisión.

Consta de tres terminales: de alimentación de corriente (5V); de tierra o masa; y, de señal variable. Su valor oscila entre 0.2V a 4.8V. Cuando existe alto vacío en el múltiple de admisión (mariposa de aceleración cerrada), los valores de señal pueden estar entre 0.50V a 1.5V; y, cuando hay bajo vacío (mariposa de aceleración abierta), entre 3.0V a 4.5V.

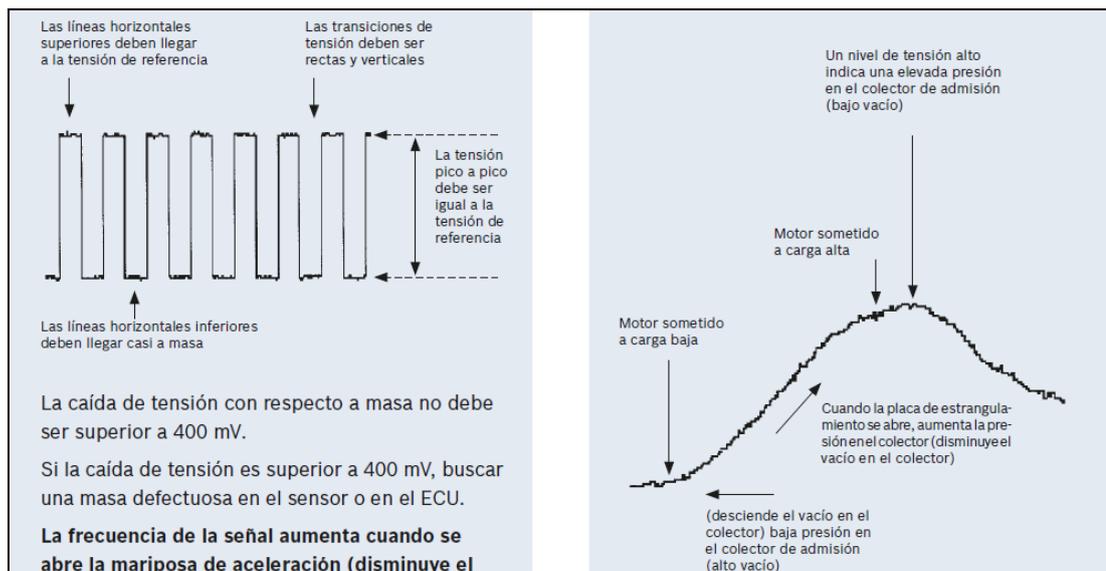


Figura 14. "Forma de onda de sensor MAP"

Fuente: © ROBERT BOSCH, GmbH. *Sistemas de inyección electrónica.*

#### 1.5.1.5 Sensor de flujo de aire aspirado (MAF):

Este sensor mide: la cantidad de masa de aire que ingresa a los cilindros del motor para la dosificación de combustible; el avance de encendido; y, la velocidad de marcha mínima (ralentí).

Está compuesto por tres terminales: de alimentación de 5V; masa o tierra; y, de señal de salida variable. Su valor de señal cambia según la masa de aire que ingresa al

motor, oscilando entre: 1.0V a 1.5V, en ralentí; 1.5V a 2.5V, en velocidad crucero; y, 3.8 a 4.8, en plena carga.

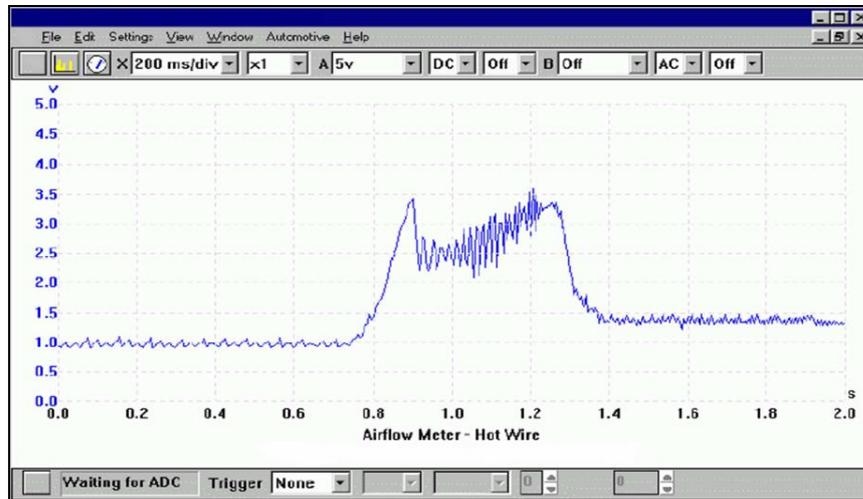


Figura 15. “Señal del sensor MAF”  
Fuente: Jara, (2011).

#### 1.5.1.6 Sensor de oxígeno / sonda lambda:

Proporciona información a la Unidad de Control Electrónica acerca de la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape. Detecta el número de moléculas de oxígeno y las compara con los valores de referencia para identificar la calidad de la combustión, permitiendo de esta manera corregir el exceso o deficiencia de combustible inyectado.

El sensor se calienta hasta alcanzar una temperatura de funcionamiento de 300<sup>0</sup>C; y, emite una señal de salida, que varía entre 0.10V (mezcla pobre) a 0.90V (mezcla rica). Puede poseer hasta cuatro terminales:

1. Sensor Lambda de un terminal: De señal.
2. Sensor Lambda de dos terminales: De señal y de masa.
3. Sensor Lambda de tres terminales: De señal; de masa del calefactor y sensor; y, de alimentación del calefactor.
4. Sensor Lambda de cuatro terminales: De señal de salida; de masa del sensor; de masa del calefactor; y, de alimentación del calefactor.

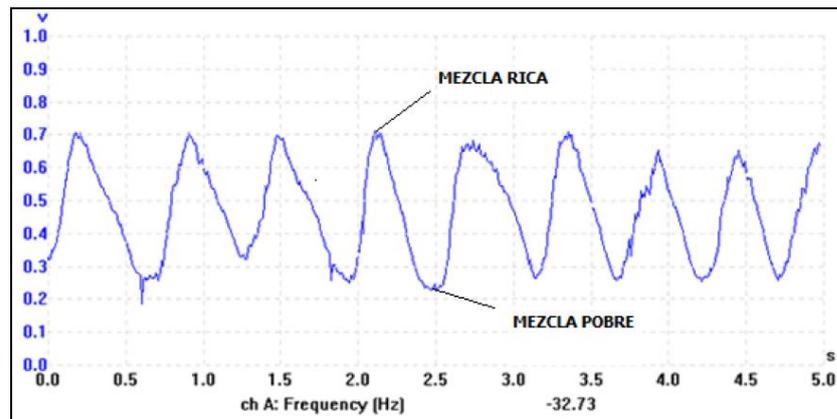


Figura 16. “Señal del sensor Lambda”

Fuente: Mora; Niola, (2013).

### 1.5.1.7 Sensor de Pistoneo / detonación:

Está construido de un material piezoeléctrico que genera una variación de tensión al detectar un golpe o fuerza exterior. Esta variación se envía a la ECU, la cual corrige el punto de encendido, retardándolo hasta que el sensor deje de generar la señal de tensión o adelantándolo nuevamente; con ello se obtiene mayor potencia del motor y reducción de las emisiones de gases contaminantes.

El sensor se ubica en la parte superior del bloque motor (PMS). Contiene dos terminales: de voltaje de referencia, de 5V; y, de señal, cuyo valor varía entre  $\pm 5V$ .

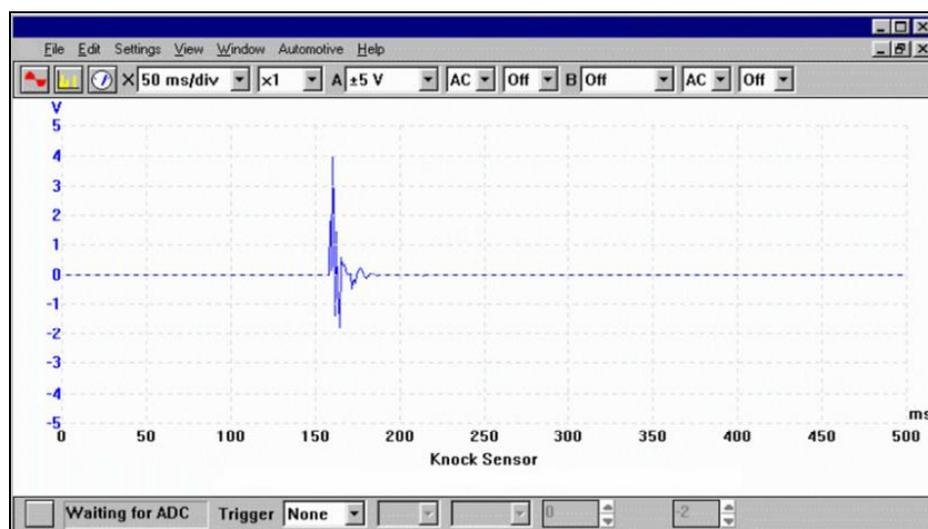


Figura 17. “Señal del sensor KS”

Fuente: Jara, (2011).

### 1.5.2 Actuadores:

Los actuadores son componentes electrónicos que constituyen la interfaz entre el procesamiento de la información -generada por los sensores- y el proceso mecánico. Reciben señales eléctricas desde la Unidad de Control Electrónica, según su programación, para controlar los sistemas encargados de corregir los parámetros de funcionamiento del motor, tales como: cantidad de combustible inyectado, cantidad de aire necesario en los cilindros, suministro de combustible a los inyectores, purga de canistel y accionamiento de electromotores.

#### 1.5.2.1 Inyectores:

Los inyectores -llamados también válvulas de inyección o electroválvulas- son elementos electromagnéticos que dosifican y pulverizan la cantidad exacta de combustible para cada uno de los cilindros, en función de la información generada por los sensores, la cual es procesada por la Unidad de Control Electrónica. Se alimentan de 12V.

Su pulso de masa está comandado por la ECU, por lo que, cuando el circuito se cierra a masa, se acumula corriente en el bobinado del inyector hasta el momento en que la ECU retira el pulso de masa, generando un pico de tensión que puede sobrepasar los 70V.

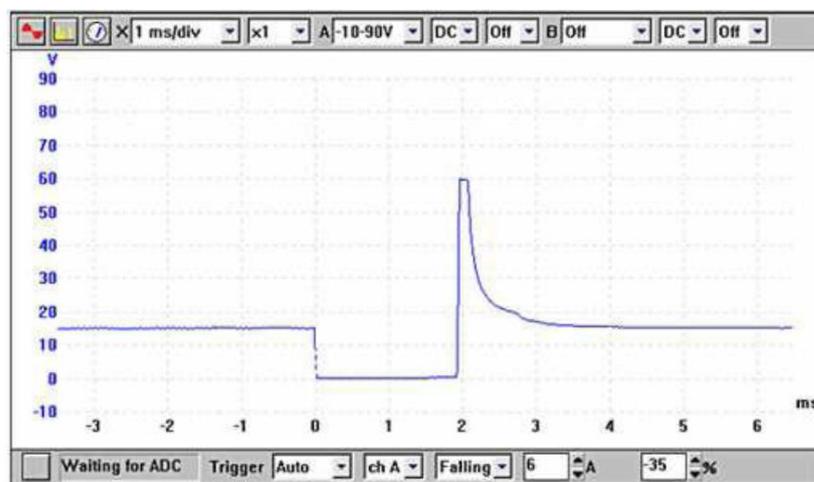


Figura 18. "Señal del inyector"

Fuente: Calderón; Calaguillin, (2011).

### 1.5.2.2 Bobinas de encendido:

Su finalidad es proporcionar alta tensión en las bujías, directamente o por medio de cables, según el tipo de sistema de encendido que posea el vehículo:



Figura 19. “Tipos de bobinas de encendido”

Fuente: <http://www.innovateq.com.co/website/images/bobinas.jpg>.

El voltaje suministrado hacia las bujías dependerá del tipo de bobina(s) que posea el sistema de encendido. Para producir el salto de la chispa, el sistema de encendido con distribuidor genera en las bujías una tensión de 10kV a 15kV; el sistema DIS, provee una tensión mayor a 40kV en las bujías; y, el sistema de encendido de bobinas independientes, produce en las bujías una tensión de 45kV.

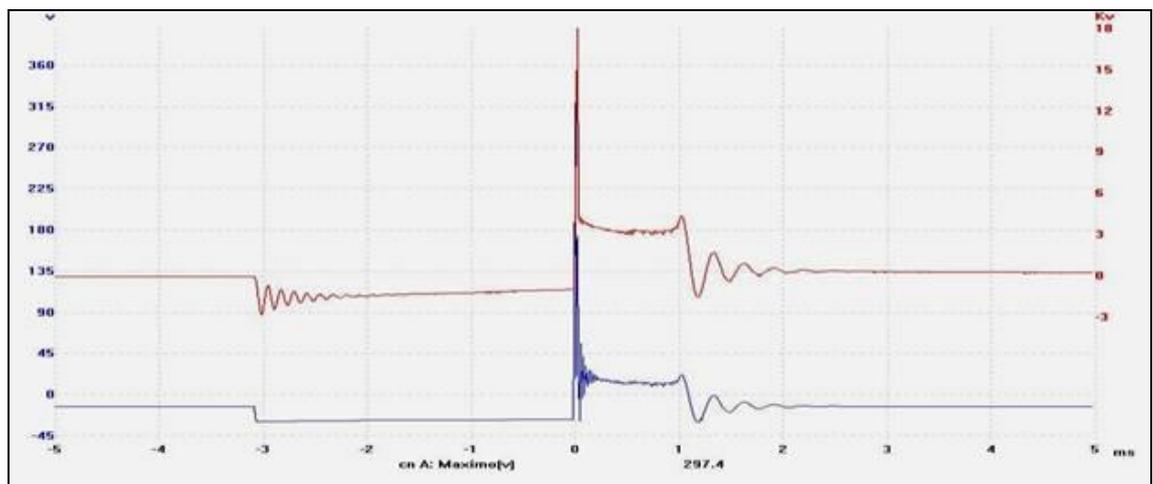


Figura 20. “Señal de la bobina de encendido”

Fuente: <http://www.guiamecanica.com.ar/articulos/itsa%201.htm>.

### 1.5.2.3 Actuador de ralentí:

Es el encargado de regular y mantener estable el régimen de revoluciones del motor en ralentí, en cualquier condición de funcionamiento que éste se encuentre. El actuador de ralentí, en su mayoría, es controlado por impulsos eléctricos generados por la Unidad de Control Electrónica.

Existen varios tipos de actuadores de regulación de ralentí, tales como:

- a. Válvula de ralentí
- b. Válvula de aire adicional
- c. Motor paso a paso
- d. Motor de corriente continua

### 1.5.2.4 Bomba de combustible:

Es la encargada de suministrar el combustible a presión, a todo el sistema de alimentación, transformando la energía eléctrica en energía mecánica. Está constituida por: un rotor, un estator, una galería de aspiración y una galería de impulsión.

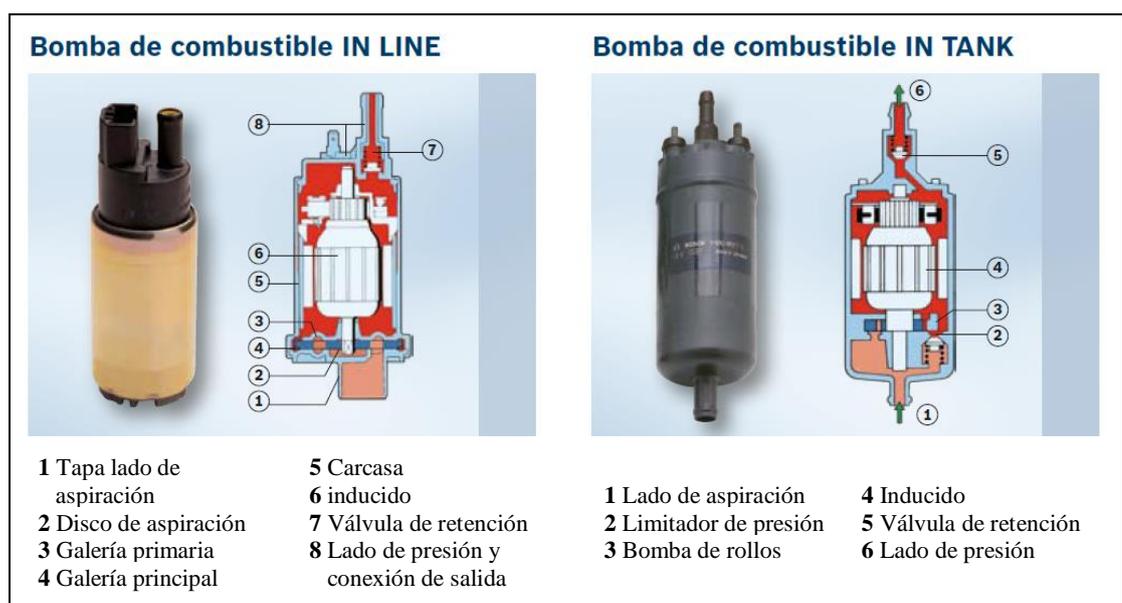


Figura 21. "Bomba de combustible electrónica"

Fuente: © ROBERT BOSCH, GmbH. *Sistemas de inyección electrónica.*

### 1.5.2.5 Solenoide de purga de Canister:

Dosifica la mezcla de aire-combustible y limita la formación de NOX cuando las temperaturas de la combustión son elevadas y la mezcla es pobre. La función de esta válvula es la de controlar -mediante la computadora- la cantidad de vapores de combustible, aspirados por el filtro de carbón activo y dirigidos al múltiple de admisión.

La ECU regula la apertura de la válvula “Solenoide de purga de Canister” durante el arranque, la cual permanece cerrada impidiendo que los vapores del depósito de combustible enriquezcan la mezcla. Cuando el motor está en marcha, la computadora envía a la válvula mencionada una señal para regular su apertura.



Figura 22. “Válvula de ventilación del tanque”

Fuente: © ROBERT BOSCH, GmbH. *Sistemas de inyección electrónica.*

### 1.6 Conclusiones:

Para poder detectar una falla en el sistema de inyección de un vehículo, es necesario comprender el funcionamiento de una ECU, así como también su estructura interna, sus etapas de procesamiento de datos, sus posibles fallas y averías, sus sistemas de abordo, sus sensores y sus actuadores.

## **CAPÍTULO 2**

### **BANCO COMPROBADOR DE ECUS**

#### **2.1 Introducción:**

En este capítulo se detallará las características y componentes del banco comprobador de ECUS; la metodología para la obtención de la señal de los sensores CKP, CMP y Hall; y, la programación de la tarjeta de adquisición de datos Arduino con el programa LabVIEW.

#### **2.2 Características:**

Las Unidades de Control Electrónicas pueden sufrir diversas averías (descritas en el capítulo anterior), requiriendo un mantenimiento correctivo para que la ECU vuelva a funcionar.

Para realizar el mantenimiento de la ECU se requiere de uno o varios equipos, los cuales -conjuntamente- permiten diagnosticar las fallas de la Unidad de Control Electrónica. Estos equipos generan las señales de entrada que requiere la ECU para su funcionamiento, como las señales de sensores; además, la ECU, genera señales eléctricas para activar a los actuadores del sistema de inyección (señales de salida).

##### **2.2.1 Constitución del banco comprobador de ECUS:**

El banco de pruebas para la ECU, básicamente consta de:

- a. Fuente de alimentación:** Permite energizar al banco comprobador de ECUS. Esta puede ser una batería automotriz de 12V DC; o, una fuente de 110V AC a 12V DC de 500mA.



Figura 23. “Fuente de alimentación de 110V AC a 12VDC de 500mA”

**b. Tablero de instrumentos:** Es aquel que contiene a todos los componentes, tales como: alimentación de la ECU 12V, tierras, señal de *switch* (voltaje de ignición), luz de *check engine*, bomba de combustible, simuladores de los actuadores que serán representados por luces led y válvula IAC. Todos estos componentes permitirán diagnosticar el estado en el que se encuentra la Unidad de Control Electrónica.

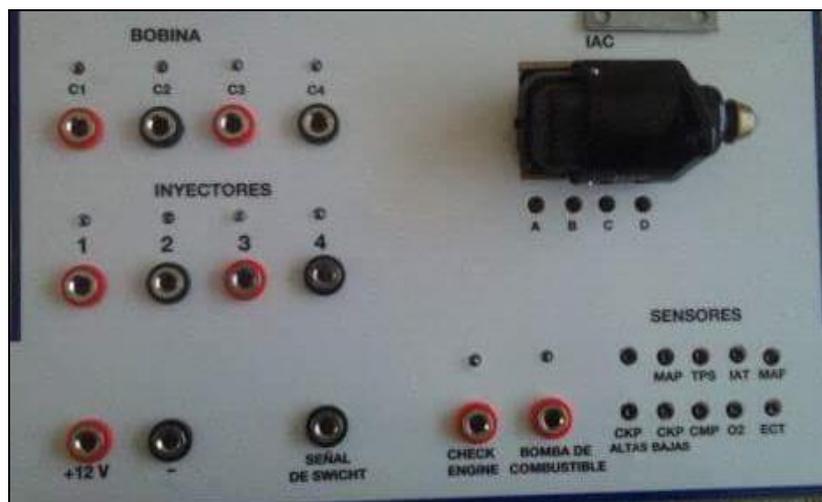


Figura 24. “Tablero de instrumentos”

- c. **Programa informático LabVIEW con la tarjeta Arduino:** Estos permiten la simulación y el control de los sensores existentes en el sistema de inyección de un automóvil:

**i. Tarjeta de adquisición de datos Arduino:**

“Arduino nació a *Ivrea Interaction Design Institute* como una herramienta fácil para prototipado rápido, dirigido a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciar su oferta de tablas simples de 8 bits a los productos de la *IO* aplicaciones, la impresión 3D portátil y entornos integrados. Todas las placas Arduino son completamente de código abierto, permitiendo a los usuarios crear de forma independiente y, finalmente, adaptarlos a sus necesidades particulares. El software también es de código abierto, y está creciendo a través de las aportaciones de los usuarios en todo el mundo” (<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>).

Arduino interactúa con el programa informático mediante un puente de conexión llamado “*Interface for Arduino Toolkit*”, que se encuentra en las herramientas del programa informático. Esta comunicación permite controlar y obtener datos desde o hacia la tarjeta.



Figura 25. “Tarjeta Arduino”

Tabla 1. Características de la tarjeta de adquisición Arduino Mega 2560

Microcontrolador	<i>ATmega 2560</i>
Voltaje Operativo	5V
Voltaje de Entrada	7-12V
Voltaje de Entrada (límites)	6-20V
Pines digitales de Entrada / Salida	54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
Pines análogos de entrada	16
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida	40 mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB (8KB usados por el bootloader)
<i>SRAM</i>	8KB
<i>EEPROM</i>	4KB
Clock Speed	6 MHz

**ii. Programa informático LabVIEW:** Es “un entorno de desarrollo diseñado específicamente para acelerar la productividad de ingenieros y científicos. Con una sintaxis de programación gráfica que facilita visualizar, crear y codificar sistemas de ingeniería, LabVIEW es incomparable en ayudar a ingenieros a convertir sus ideas en realidad, reducir tiempos de pruebas y ofrecer análisis de negocio basado en datos recolectados. Desde desarrollar máquinas inteligentes hasta garantizar la calidad de los dispositivos conectados” (Fuente: <http://www.ni.com/labview/esa/>).

### 2.3 Medidas consideradas en la construcción del proyecto:

Para la elaboración del banco de pruebas es necesario considerar las siguientes medidas y características, las cuales permitirán el funcionamiento óptimo del mismo.

#### 2.3.1 Estructura:

La estructura debe ser ergonómica, proporcionando comodidad al usuario durante la utilización del banco de pruebas, permitiendo así un fácil manejo. Debe contener a todos los elementos necesarios que permiten realizar -de una manera precisa- pruebas de funcionamiento de la ECU.

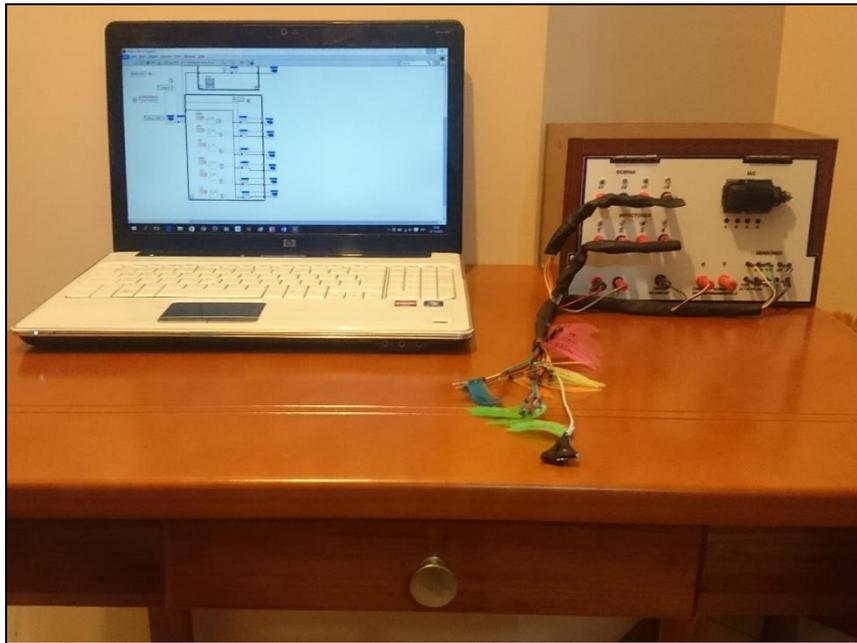


Figura 26. "Estructura del banco comprobador"

### 2.3.2 Programa informático LabVIEW con Arduino:

Debe ser de fácil manejo y contener todos los componentes para que la ECU funcione de forma adecuada; permitiendo de esta manera, poder verificar las señales de entrada y de salida, es decir, su funcionamiento.

### 2.3.3 Grabador de Señales:

Para grabar las señales de los sensores se utiliza un transformador de 110V a 12V de 500mA; y, se lo instala de la siguiente manera:

- En su extremo de 110V se coloca un par de agujas (una en cada cable) para introducirlas en los pines de los sensores: la una aguja, en el pin de tierra; y, la otra, en la de señal.
- En el otro extremo, se pone un conector de audio, el cual se conecta al puerto de micrófono de la PC para grabar la señal generada por los sensores, en formato de audio.

Este tipo de transformador se utiliza como protección para evitar daños en el puerto del micrófono de la PC, debido a que al momento de grabar la señal, los sensores producen picos de voltaje que lo pueden dañar.



Figura 27. “Transformador de 110 a 12 V”

## **2.4 Señales de entrada y salida de la Unidad de Control Electrónica:**

### **2.4.1 Señales de entrada:**

Son básicamente las señales emitidas desde los sensores hacia la Unidad de Control Electrónica. A la mayoría de los sensores existentes en el vehículo se los puede simular en el programa informático, excepto los sensores de régimen de revoluciones, cuya señal se graba en formato de audio.

- **Señal de régimen de revoluciones:** Esta señal varía dependiendo del tipo de sensor, pudiendo ser una señal sinusoidal (sensor inductivo CKP) o cuadrada (sensor tipo Hall u óptico).

A continuación se detalla la obtención de las señales de los siguientes vehículos:

#### **2.4.1.1 Chevrolet Spark:**

Este vehículo utiliza un sistema de inyección de combustible multipunto semi-secuencial; y, la chispa es proporcionada por una bobina de chispa perdida (Sistema

DIS). En el motor se encuentran los sensores CKP y CMP, cuya ubicación debe ser considerada para grabar las señales; el sensor CKP se encuentra en la parte inferior.

Tabla 2. “Características del automóvil Chevrolet Spark”

Marca:	Chevrolet.
Modelo:	Spark
Año de fabricación	2011
Tipo:	Coupe
Mecanismo Valvular:	16V DOCH
Desplazamiento:	1000cc
Sistema de inyección:	MPFI.



Figura 28. “Vehículo estudiado, Chevrolet Spark”



Figura 29. “Obtención de la señal de sensor CKP”

Las señales obtenidas se las puede visualizar a través de un programa informático de edición musical, en este caso se utilizó el programa *Sound Forge 7.0*. La forma de onda del sensor CKP es sinusoidal debido a que es un sensor inductivo; y, la señal del sensor CMP es de forma cuadrada por ser un sensor tipo Hall.

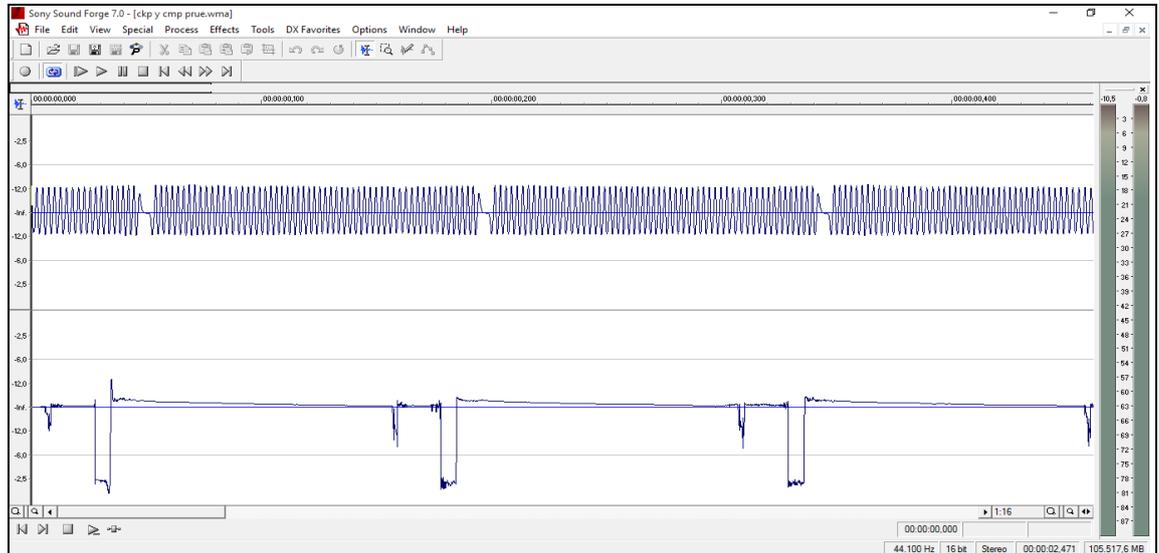


Figura 30. “Señal grabada de Chevrolet Spark, Señal CKP y CMP”

#### 2.4.1.2 Chevrolet Aveo Activo:

Este automóvil utiliza el sistema de inyección de combustible multipunto semi-secuencial, con un sistema de encendido tipo DIS. Al igual que con el Chevrolet Spark, se ubica la posición de los sensores CKP y CMP; y, se procede con la obtención de las señales de estos sensores.

Tabla 3. “Características del automóvil Chevrolet Aveo Activo”

Marca:	Chevrolet
Modelo:	Aveo activo
Año de fabricación	2013
Tipo:	Coupe
Mecanismo Valvular:	16V DOCH
Desplazamiento:	1500cc
Sistema de inyección:	MPI

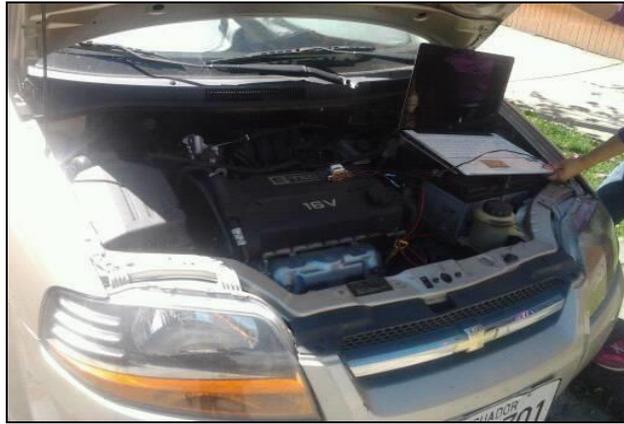


Figura 31. “Vehículo Chevrolet Aveo Activo”

La señal del sensor CKP del Aveo es sinusoidal debido a que es un sensor inductivo; y, la señal del sensor CMP es de forma cuadrada por ser un sensor tipo Hall.

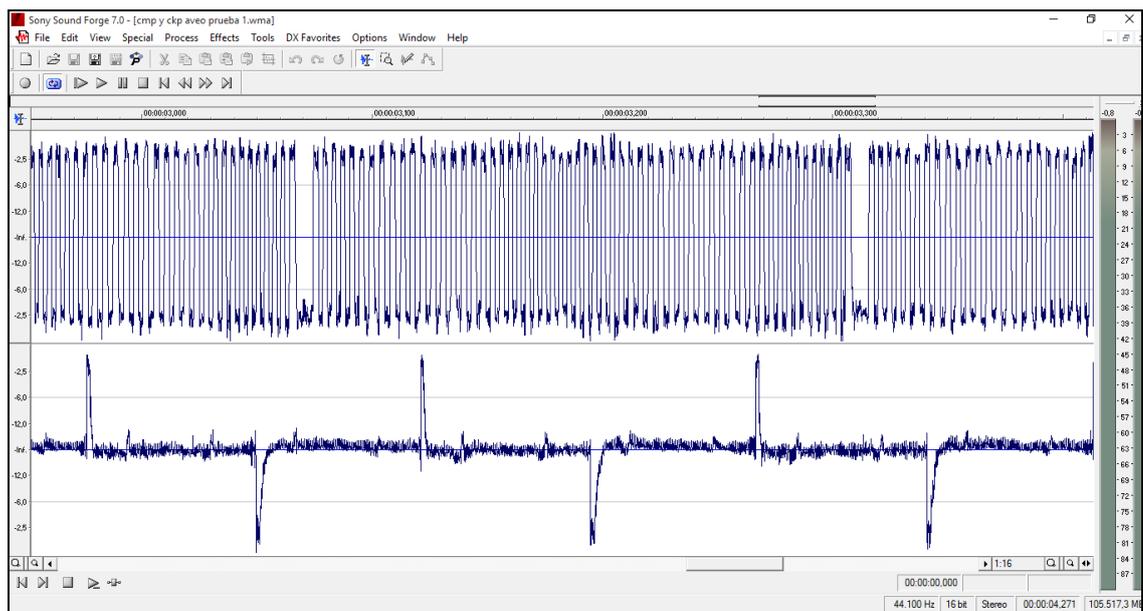


Figura 32. “Señal de los sensores CKP y CMP de Chevrolet Aveo Activo”

#### 2.4.1.3 Mazda B2200:

En el caso de este automóvil, el sensor de régimen de revoluciones de efecto Hall, se encuentra en el distribuidor; y, siguiendo el mismo proceso que en los anteriores automóviles, se graba la señal producida por el sensor. La forma de onda es cuadrada, la cual es utilizada por la ECU para controlar el sistema de inyección.

Tabla 4. “Características del automóvil Mazda B2200”

Marca:	Mazda
Modelo:	B2200
Año de fabricación	2002
Tipo:	Pick Up
Motor:	F2
Mecanismo Valvular:	8V OHC
Desplazamiento:	2200cc
Sistema de inyección:	FI



Figura 33. “Mazda B2200”

En la siguiente fotografía se muestra la señal del sensor Hall de la Mazda B2200 obtenida, la cual es de forma cuadrada:

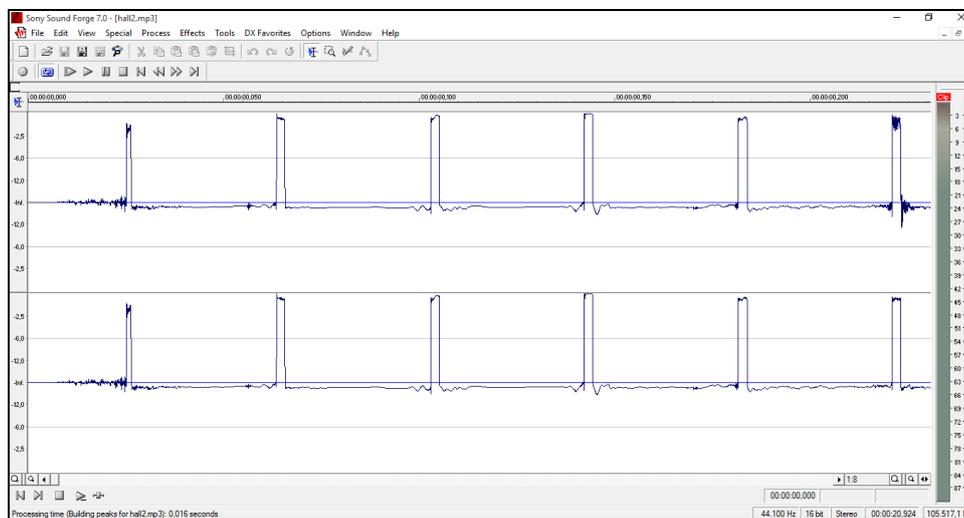


Figura 34. “Señal del sensor Hall de Mazda B2200”

#### 2.4.1.4 Toyota Yaris:

Este vehículo posee un sistema de inyección electrónica de combustible multipunto de tipo secuencial, con bobinas independientes para cada cilindro. Dispone de un sensor de posición de cigüeñal (CKP) y un sensor de posición de árbol de levas (CMP).

Tabla 5. “Características del automóvil Toyota Yaris”

Marca:	Toyota
Modelo:	Yaris
Año de fabricación	2003
Tipo:	Sedán
Motor:	1AZ-FE
Mecanismo Valvular:	16V DOCH VVT-I
Desplazamiento:	1497cc
Sistema de inyección:	EFI



Figura 35. “Vehículo Toyota Yaris”

En este automóvil se obtuvo la señal del sensor CKP, la cual es sinusoidal debido a que es un sensor inductivo y la señal del sensor CMP de forma cuadrada por ser un sensor tipo Hall.

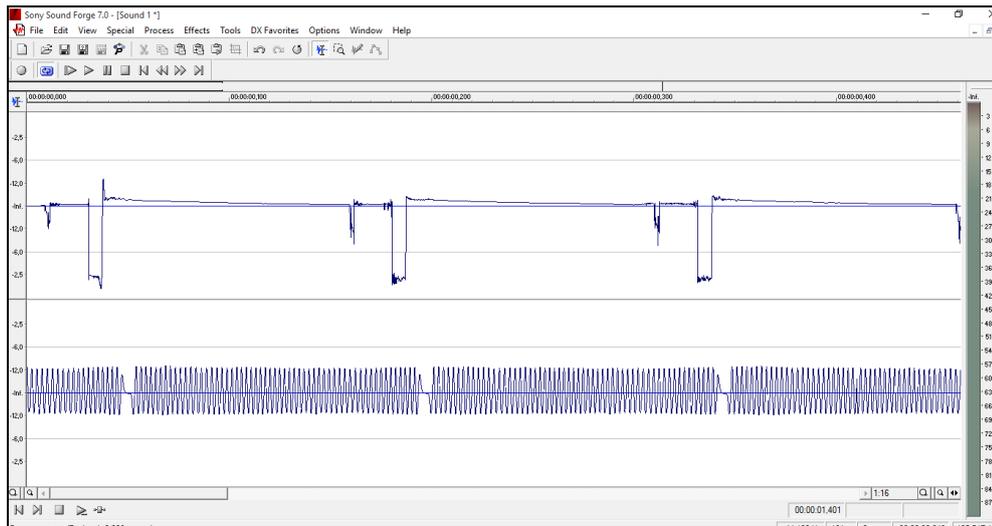


Figura 36. “Señal de sensor CKP y CMP de Toyota Yaris”

## 2.4.2 Señales de salida:

### 2.4.2.1 Inyectores:

Los pulsos de inyección enviados desde la ECU se pueden visualizar en el tablero de instrumentos mediante un led; y, de este modo, verificar si los transistores de potencia de los inyectores están en buen estado.

### 2.4.2.2 Bomba de combustible:

Ésta funciona cuando se alimenta a la *ECU*, es decir, conectando: el positivo de la batería, la señal de *switch* y las tierras. Una vez realizado este proceso, se puede visualizar el encendido de la bomba de combustible por medio de un led en el tablero de instrumentos. El tiempo de activación de la bomba dependerá de la ECU del vehículo, en este caso:

Tabla 6. “Tiempos de activación de la Bomba de combustible”

ECU de vehículo	Tiempo de activación de bomba de combustible
Chevrolet Spark	3 segundos
Chevrolet Aveo	3 segundos
Mazda B2200	Se activa al dar arranque o enviando la señal de sensor Hall
Toyota Yaris	3 segundos



Figura 37. "Bomba de combustible"

#### 2.4.2.3 Bobinas de encendido:

Al igual que en el caso de los inyectores, se utiliza un led para visualizar la activación de las bobinas; las señales de activación son enviadas desde la ECU.



Figura 38. "Bobinas"

#### 2.4.2.4 IAC:

Es un motor "paso a paso". Los pulsos para comandarlo está dado por la ECU; y, su programación, en la mayoría de los vehículos, posee cuatro cables.

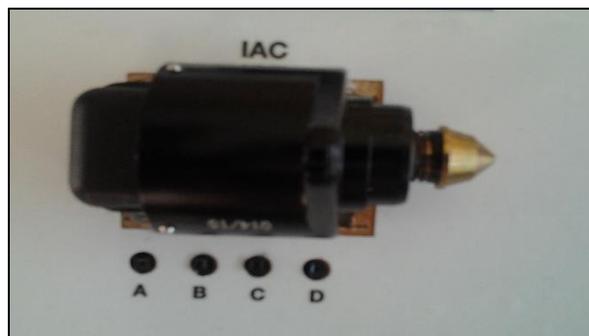


Figura 39. "Válvula IAC"

## **2.5 Programación:**

Como se indicó, el presente proyecto de investigación está basado principalmente en el programa informático LabVIEW y en la programación de la tarjeta de adquisición de datos Arduino con dicho programa.

Es necesario, primero, instalar el programa informático LabVIEW; y, luego, la interface del programa con la tarjeta Arduino, mediante la herramienta Package Manager del mismo programa.

La simulación de los sensores se realiza mediante la programación gráfica del programa informático; durante este proceso, se establece los valores a los cuales los sensores funcionan correctamente, como si estuvieran en el automóvil.

A continuación se detalla la programación de la interfaz de Arduino con LabVIEW.

### **2.5.1 Interfaz Arduino en LabVIEW:**

LabVIEW es un programa informático mediante el cual se puede realizar una programación gráfica de diferentes circuitos electrónicos. También, posibilita procesar datos a través de la tarjeta Arduino, permitiendo conseguir una mejor interacción entre el programa y los circuitos mencionados, sin el temor de dañarlos o de averiar el microcontrolador; es necesario considerar que los circuitos se encuentran en forma digital.

#### **2.5.1.1 Instalación del Software y el Hardware:**

Los pasos para la instalación de la herramienta LIFA de LabVIEW para Arduino son:

1. Instalar LabVIEW: Todas las versiones a partir de LabVIEW 2009 tienen compatibilidad con LIFA, por lo que se puede elegir la versión favorita.
2. Instalar los controladores VISA NI: Estos controladores se encuentran disponibles en la página de NI (<http://latam.ni.com>).

Instalar JKI VI *Package Manager (VIPM) Community Edition*. Disponible de manera gratuita en varias páginas o foros de NI (<http://latam.ni.com>).

3. Instalar la Interface de LabVIEW para Arduino: Utilizando JKI VI Package Manager se instala la interfaz de Arduino, como se ve en la siguiente figura:

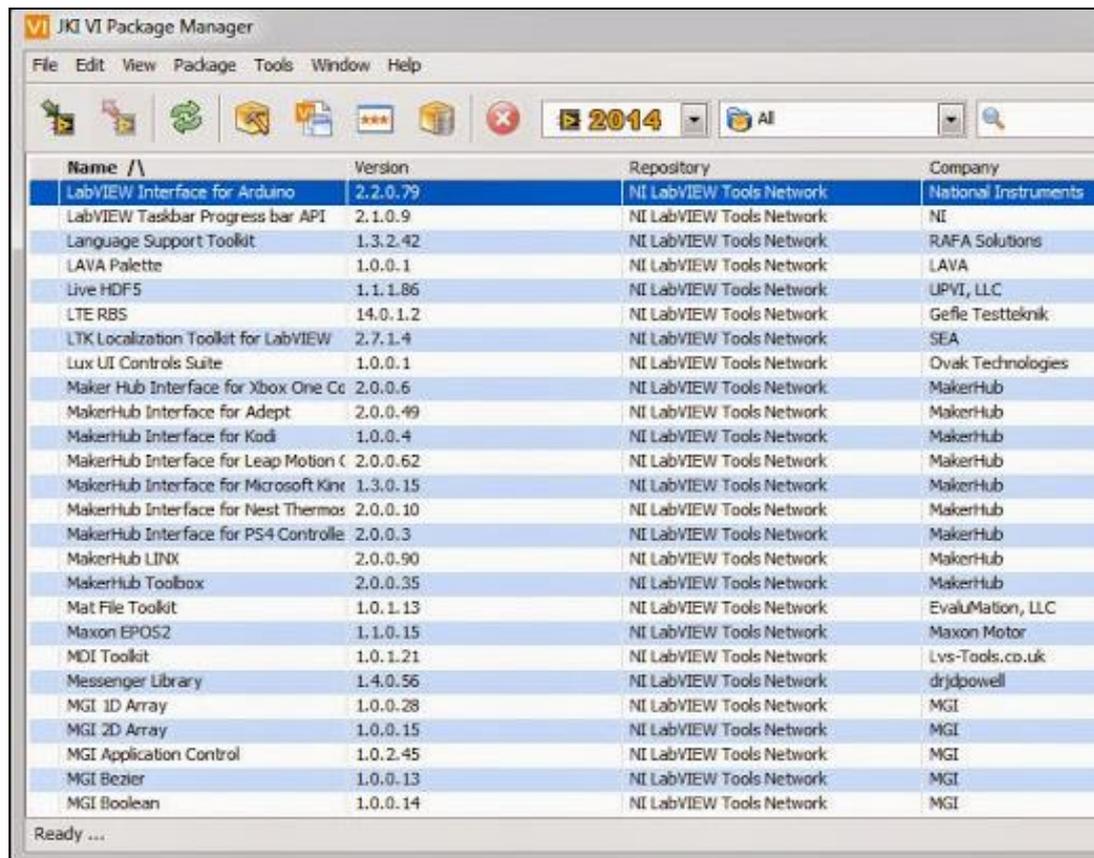


Figura 40. “Instalación de la interface de LabVIEW para Arduino”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

### 2.5.1.2 Carga de la interfaz de LabVIEW para *firmware*:

El *firmware* se encuentra en el siguiente enlace: \ vi.lib Interface \ LabVIEW para Arduino \ *Firmware* \ LVIFA\_Base. Para implementar este *firmware* se utiliza el IDE de Arduino, de la siguiente manera:

1. Se abre el IDE de Arduino. En la opción fichero, se elige “Abrir”; y, se busca el fichero LVIFA\_Base.pde.

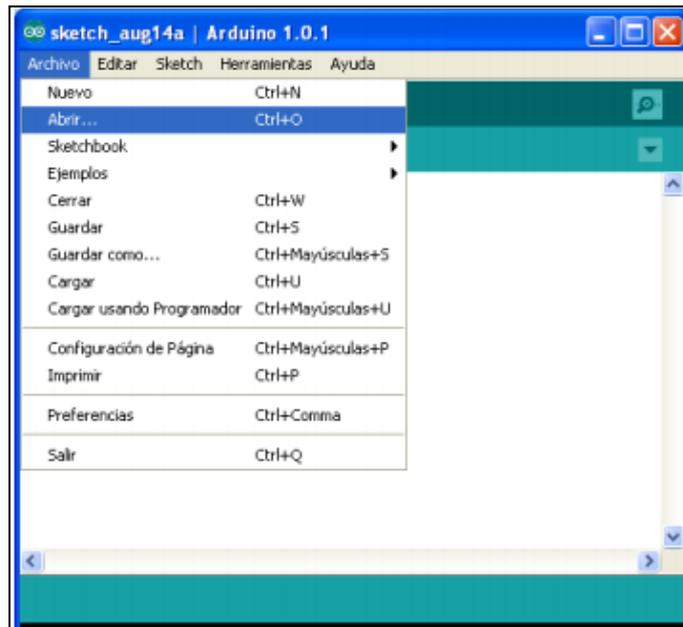


Figura 41. “Fichero para abrir LVIFA\_Base.pde.”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control

2. Una vez cargado el fichero en el IDE Arduino, se elige la tarjeta con la que se va a trabajar. Para el presente proyecto de investigación se utilizó la tarjeta Arduino Mega 2560.

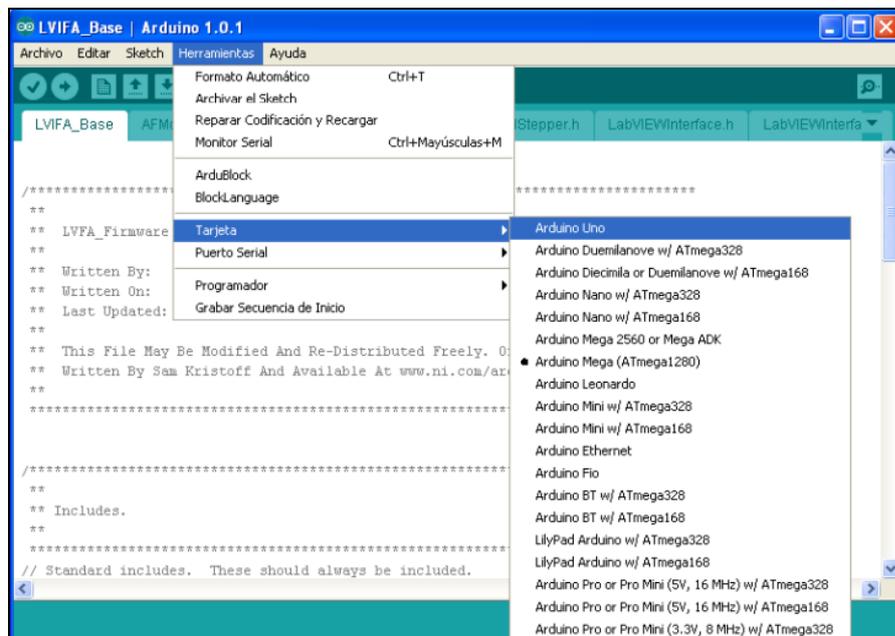


Figura 42. “Selección de tipo de la tarjeta Arduino”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

3. Se selecciona el puerto por el cual se va a realizar la descarga del *firmware* hacia la tarjeta Arduino.



Figura 43. “Selección del puerto serial de la PC para Arduino”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

4. Realizadas las operaciones anteriores, en la barra de menú se pulsa la opción denominada “Sketch”, para que se transfiera el fichero a la tarjeta, permitiendo de esta manera, la comunicación de LabVIEW con Arduino.



Figura 44. “Carga de sketch IDE para Arduino”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008

## 2.5.2 Elaboración de un nuevo circuito electrónico en LabVIEW con Arduino:

Una vez realizado la interface de la tarjeta Arduino con el programa LabVIEW, se ejecuta el programa.

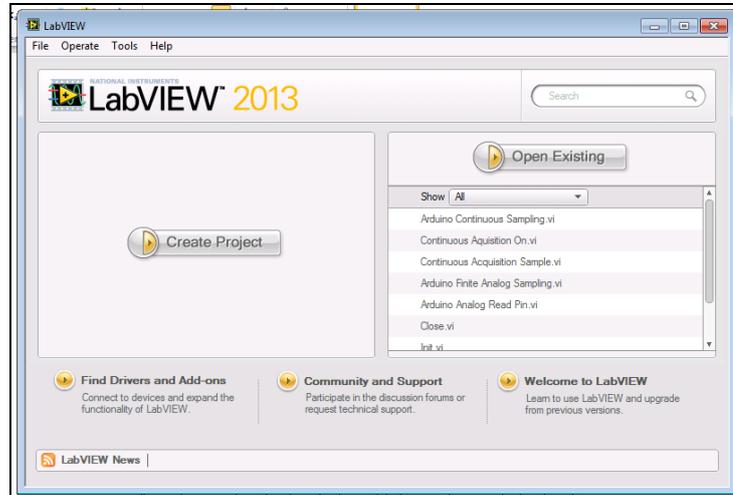


Figura 45. “Ejecución de programa LabVIEW”

Para crear un nuevo archivo o circuito electrónico, se selecciona en la barra de menú la opción denominada “File”; y, luego se elige “New VI”.



Figura 46. “File / New VI, para elaborar un nuevo circuito electrónico”

Seguidamente se abren dos ventanas: una de ellas se denomina “Block Diagram”, en la cual se realiza la programación de todos los componentes y circuitos; mientras

que, en la otra ventana, “*Front Panel*”, se visualiza los dispositivos utilizados y su funcionamiento.

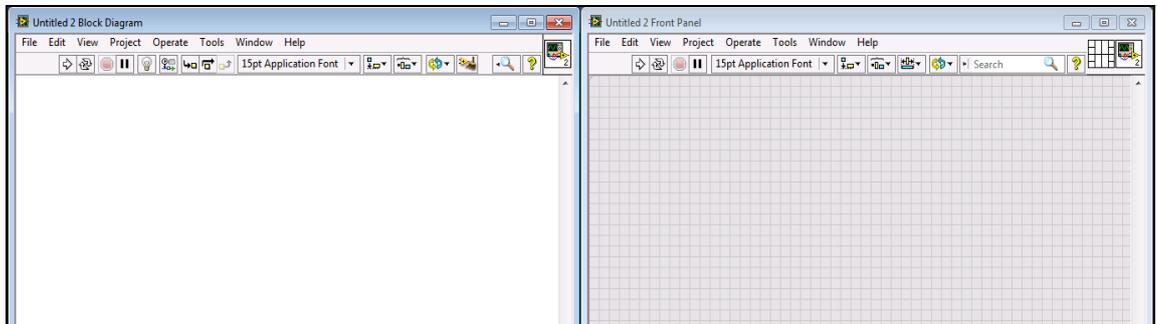


Figura 47. “Ventanas de trabajo, programación y funcionamiento”

Al dar clic derecho en la ventana “*Block Diagram*”, se ingresa a las diversas herramientas de programación, que incluyen a la tarjeta Arduino, la cual contiene más herramientas de programación que se utilizan en este proyecto.

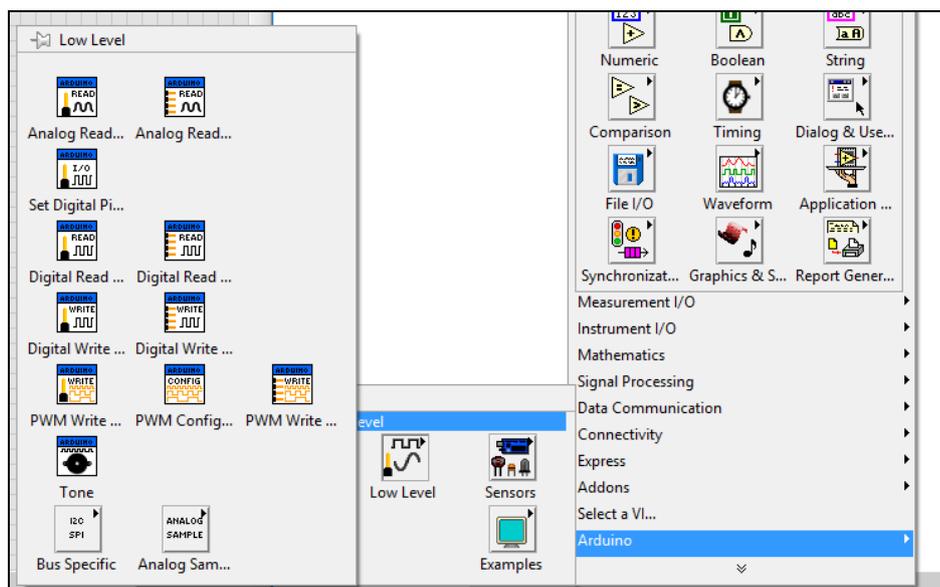


Figura 48. “Herramientas de programación”

### 2.5.3 Herramientas de Arduino:

Para facilitar la conexión y monitoreo de las distintas señales del vehículo, es ineluctable conocer detalladamente acerca de las herramientas que posee la librería de Arduino. Para empezar, se debe configurar Arduino, es decir, poner el bloque

“*Init*”, al que se le asignó los siguientes parámetros:

- a. Puerto de comunicación.
- b. Velocidad de transmisión.
- c. Tipo de tarjeta Arduino.
- d. Número de bits de los paquetes de comunicación.
- e. Tipo de puerto de comunicación.

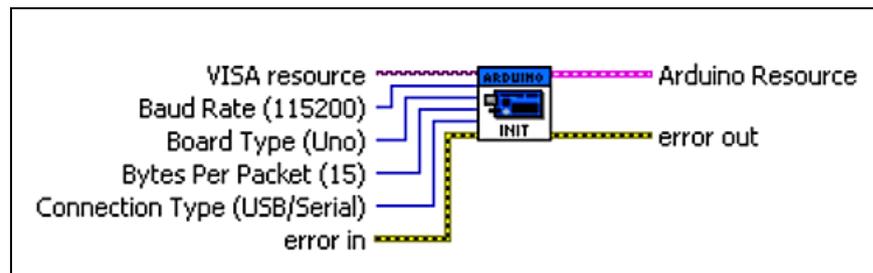


Figura 49. “Configuración de *Init*”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

Luego es necesario insertar una estructura de tipo *While loop*, que permite elaborar circuitos electrónicos dentro de la misma, como si fuese un *proto board* pero de forma digital.

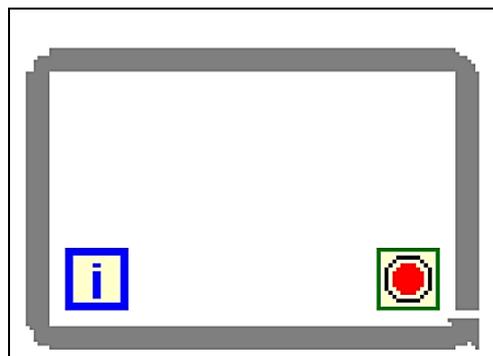


Figura 50. “*While Loop*”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se utilizó los siguientes bloques de programación:

- a. Digital I/O: Para señales cuadradas.
- b. *Analog Read Pin*: Para simular los sensores de tipo potenciómetro.
- c. PWM

- a. **Digital I/O:** En el puerto *Pin Mode* se debe seleccionar *Input*; mientras que, en Digital I/O PIN, se debe enlazar con PIN Digital, para crear el control correspondiente en el Panel.

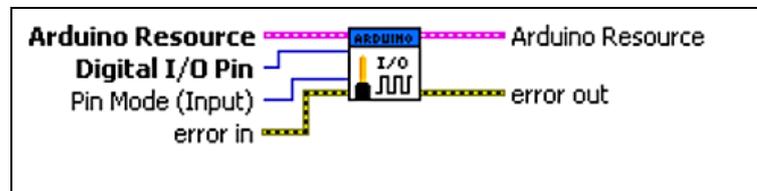


Figura 51. "Digital I/O"

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

- b. **Analog Read Pin:** Se debe colocar el valor del canal de entrada analógica "*Analog Input Pin*", para que en la salida genere un valor de tipo *Double*.

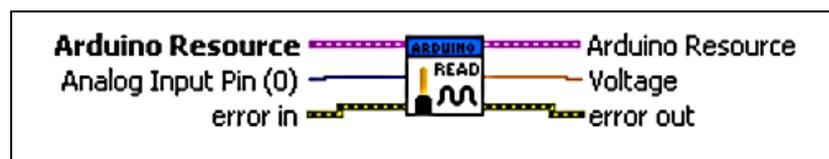


Figura 52. "Analog Read Pin"

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

- c. **PWM:** Esta herramienta ayuda a generar señales tipo potenciómetros para poder simular los sensores del vehículo.

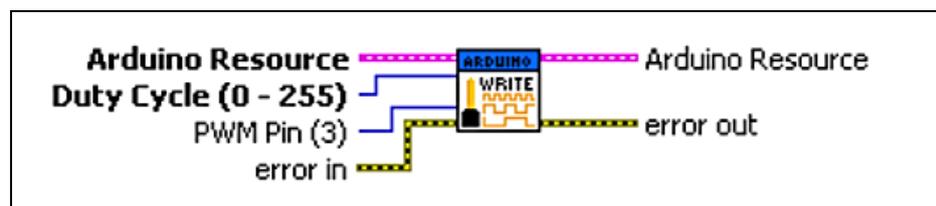


Figura 53. "PWM"

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

Una vez realizado y considerado lo indicado en párrafos anteriores, se debe colocar el bloque "*Close*" y el de error; esto permite indicar los posibles errores que se pueden producir dentro del *While loop*.

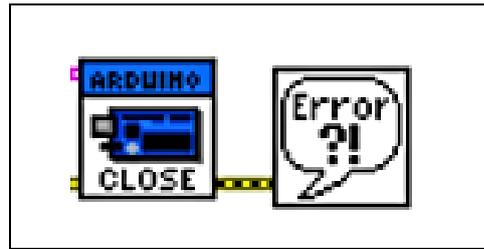


Figura 54. “Bloque *Close*”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

Un ejemplo de un bloque completo, usando todas estas herramientas, se puede observar en el siguiente gráfico:

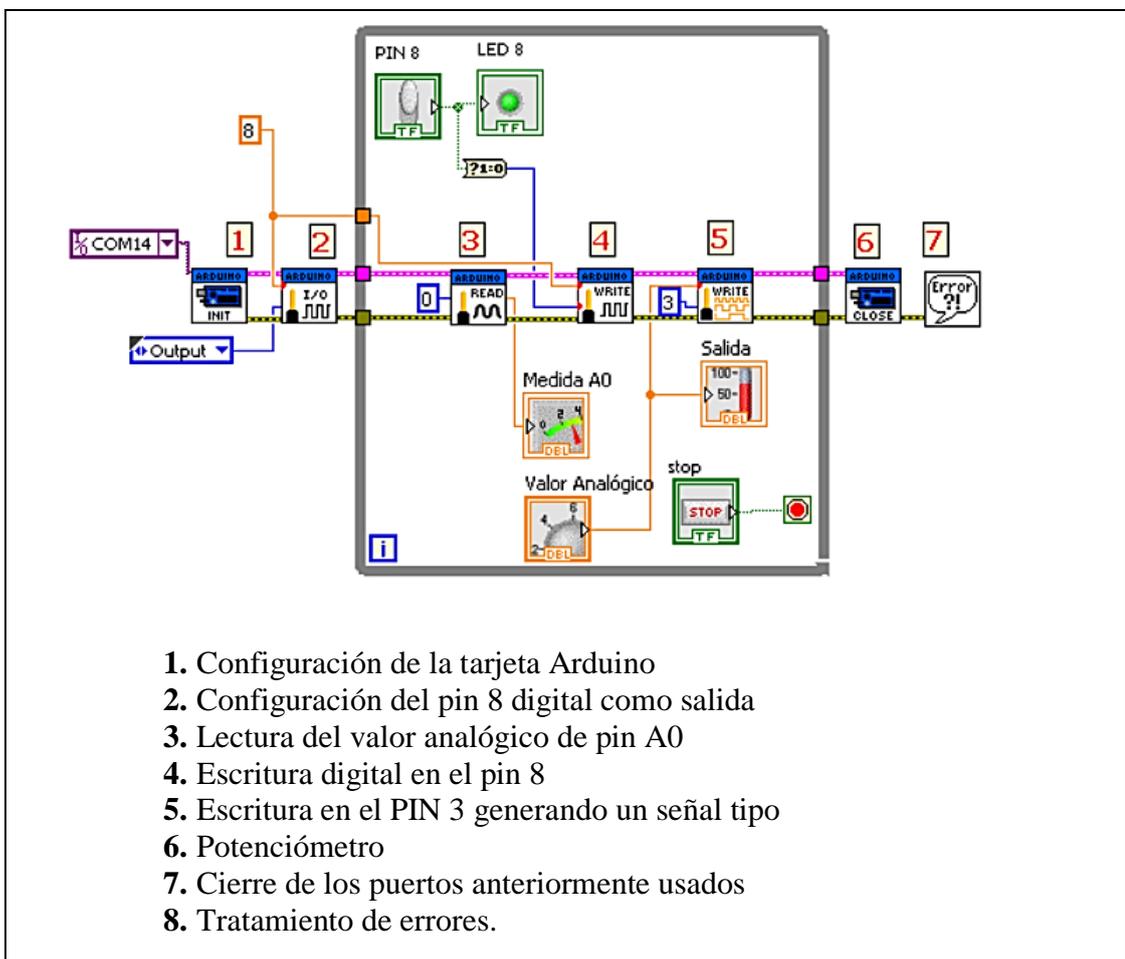


Figura 55. “Ejemplo utilizando en los bloques de Arduino”

Fuente: Educación Secundaria y Universitaria: Robótica Control Simulación © 2008.

## **2.6 Conclusiones:**

Este capítulo permitió conocer acerca de los componentes de un banco comprobador de ECUS; las medidas consideradas para su construcción; las señales de entrada y salida de una ECU; y, la interface/interacción del programa LabVIEW con la tarjeta de adquisición de datos Arduino; con el propósito de poder realizar pruebas de funcionamiento de las ECUS.

## **CAPÍTULO 3**

### **CONSTRUCCIÓN DEL BANCO COMPROBADOR**

#### **3.1 Introducción:**

Este capítulo se detallará la construcción del banco comprobador de ECUS; las pruebas previas que se deben realizar en una ECU; y, la comprobación del correcto funcionamiento del programa LabVIEW con la tarjeta Arduino.

#### **3.2 Materiales utilizados:**

Para el desarrollo de este proyecto investigativo, se requirió de los diversos componentes que contiene el tablero de instrumentos, los cuales permitieron realizar varias comprobaciones de la ECU en el banco, teniendo en cuenta la ergonomía para los usuarios. Los materiales utilizados fueron:

- a. Estructura del banco:** Consta de una mesa, un tablero de instrumentos y una fuente de alimentación de 12 V.
- b. Manuales:** Son los diagramas de las ECUS mencionados en este trabajo de investigación.
- c. Computadora:** Aparato mediante el cual se dispuso del programa informático LabVIEW, el cual contiene diferentes configuraciones para el funcionamiento de las ECUS de los vehículos.
- d. Tarjeta de adquisición de datos Arduino:** Es la encargada de transmitir la información de la ECU y la computadora, tanto de entrada como de salida.
- e. Interface:** Permite la comunicación entre la computadora, la tarjeta Arduino y la ECU. Esta interface se realiza con el cableado previsto para cada caso de la ECU a comprobar.

- f. **Luces led:** Sirven como indicadores del funcionamiento de los actuadores del vehículo.

### 3.3 Ensamblaje del banco:

Una vez identificado los materiales necesarios para la construcción del banco, se procede a su ensamblaje, como se detalla a continuación:

#### 3.3.1 Armado del tablero de instrumentos:

Se procede a armar el tablero de instrumentos, el cual contiene los accesorios necesarios para comprobar el funcionamiento de una ECU, tales como: los conectores para los sensores del vehículo; y, las luces led, las cuales representan a los actuadores del vehículo (bomba de combustible, luz de *check engine*, bobinas, inyectores con sus respectivos conectores y válvula IAC). Para los accesorios citados, hay que tener en cuenta su disposición, de tal manera que se pueda obtener un fácil manejo de ellos y una clara visibilidad durante el funcionamiento.

Una vez ubicado sus componentes en el tablero de instrumentos, se procede a la sujeción de los conectores y al cableado interno del banco.



Figura 56. “Tablero de instrumentos”

#### 3.3.2 Incorporación de tarjeta Arduino al banco comprobador:

Una vez realizada la programación de la tarjeta; y, comprobada la interface entre la computadora con la tarjeta Arduino; se procede a ubicar la tarjeta dentro del

compartimento del tablero de instrumentos, con su respectivo cable de datos, y a enlazar los pines del Arduino, con los sensores, en el tablero mencionado.

### **3.4 Pruebas previas al funcionamiento:**

Para un correcto funcionamiento del banco de pruebas y evitar futuros inconvenientes, es necesario realizar pruebas preliminares, las cuales son realizadas tanto con las ECUS cuanto con el programa informático.

#### **3.4.1 Pruebas en las ECUS:**

Estas pruebas consisten -básicamente- en verificar el *pinout* de cada ECU con el correspondiente diagrama de ésta. Con la ayuda de un multímetro se comprueba cada uno de los pines de la ECU y su función. Lo que se comprueba es:

- a. Las alimentaciones: Por lo general son dos señales: 12V de batería y voltaje de ignición.
- b. Alimentaciones negativas, también conocidas como tierras: Varían de acuerdo con el diagrama de cada ECU.
- c. Las señales de entrada y salida, tanto de sensores como de actuadores.

Si el diagrama es correcto con el *pinout* de la ECU, se procede a energizarla. Una vez energizada, se procede a verificar -con la ayuda de una lámpara de comprobación- que se enciendan constantemente la luz testigo de motor (*check engine*) y la señal de la activación de la bomba de gasolina,

#### **3.4.1.1 Pruebas previas en la ECU de Chevrolet Spark:**

De acuerdo con el diagrama de esta ECU, se obtuvo la siguiente tabla de *pinout* y su función:

ECM CHEVROLET SPARK																													
90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Figura 57. “Forma del conector de la ECU de Chevrolet Spark”

Tabla 7. “Pinout de la ECU de Chevrolet Spark”

Número de Pin	Función
6	Control de relevador de bomba de combustible
22	Señal de sensor CMP
29	Voltaje de ignición
30	Voltaje de alimentación de batería
31	Señal de activación de ignición para bujías 1-4
32	Señal de activación de ignición para bujías 2-3
39	Luz de <i>Check</i>
42	IAC B bajo (Cañal C de IAC)
54	Señal de referencia alto de CKP
59	Inyector de combustible número 1
60	Inyector de combustible número 3
70	IAC A bajo (Cañal A de IAC)
71	IAC A alto (Canal B de IAC)
72	IAC B alto (Cañal D de IAC)
Número de Pin	Función
74	Señal de sensor TPS
75	Señal de sensor MAP
76	Señal de sensor ECT
78	Señal de sensor IAT
85	Señal de referencia bajo de CKP
89	Inyector de combustible número 4
90	Inyector de combustible número 2
3, 24, 28, 33, 67, 81	Tierra

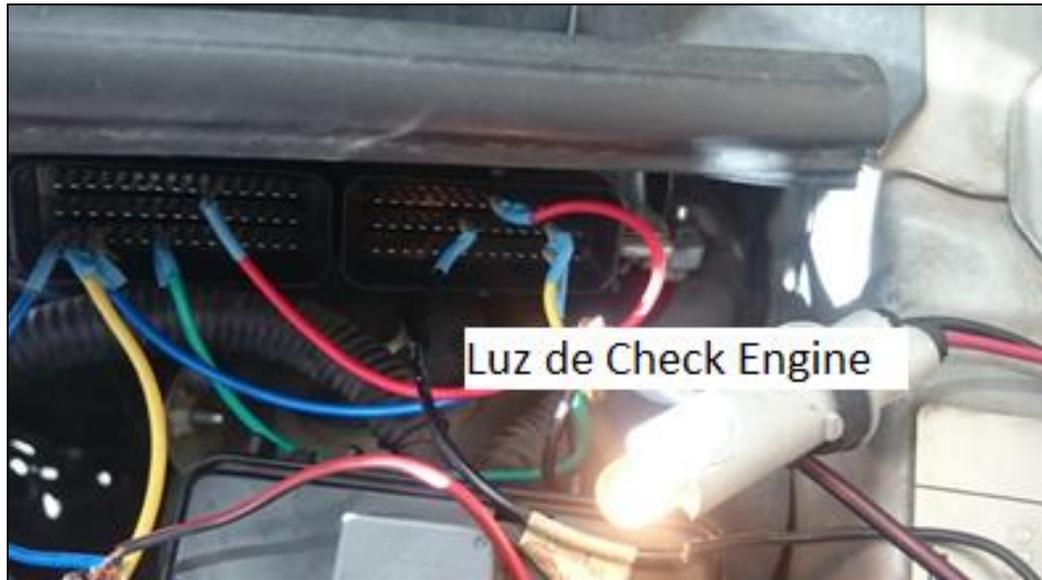


Figura 58. “Alimentación de la ECU, luz Check Engine encendido”

#### 3.4.1.2 Pruebas previas en la ECU de Chevrolet Aveo:

Para esta ECU, la cual posee dos conectores: A (gris) y B (negro), se tuvo la siguiente forma del conector y la consiguiente tabla de *pinout*:

Tabla 8. “Forma del conector de la ECU de Chevrolet Spark”

CONECTOR (A) GRIS		CONECTOR (B) NEGRO	
16	32	17	1
15	31	18	2
14	30	19	3
13	29	20	4
12	28	21	5
11	27	22	6
10	26	23	7
9	25	24	8
8	24	25	9
7	23	26	10
6	22	27	11
5	21	28	12
4	20	29	13
3	19	30	14
2	18	31	15
1	17	32	16

Tabla 9. “Pinout de ECU de Chevrolet Aveo”

Número de Pin	Función
3 (B)	Voltaje de ignición
6 (A)	Señal de referencia bajo de CKP
7 (A)	Señal de sensor TPS
8 (A)	Inyector de combustible número 3
9 (A)	Inyector de combustible número 1
11 (A)	Señal de sensor ECT
12 (A)	Señal de sensor Lambda
13 (A)	IAC alto B (Canal B de IAC)
18 (A)	Señal de activación de ignición para bujías 2-3
1,2, 17 (A)	Tierra
19 (A)	Señal de activación de ignición para bujías 1-4
2, 18 (B)	Voltaje de alimentación de batería
21 (A)	Señal de referencia alta de CKP
22 (A)	Inyector de combustible número 2
23 (A)	Señal de sensor IAT
24 (A)	Señal de sensor MAP
25 (A)	Señal de sensor CMP
26 (B)	Control de relevador de bomba de combustible
26 (A)	Inyector de combustible número 4
28 (A)	IAC alto A (Canal D de IAC)
29 (A)	IAC bajo B (Canal A de IAC)
30 (A)	IAC bajo A (Canal C de IAC)
32 (B)	Luz de <i>Check</i>

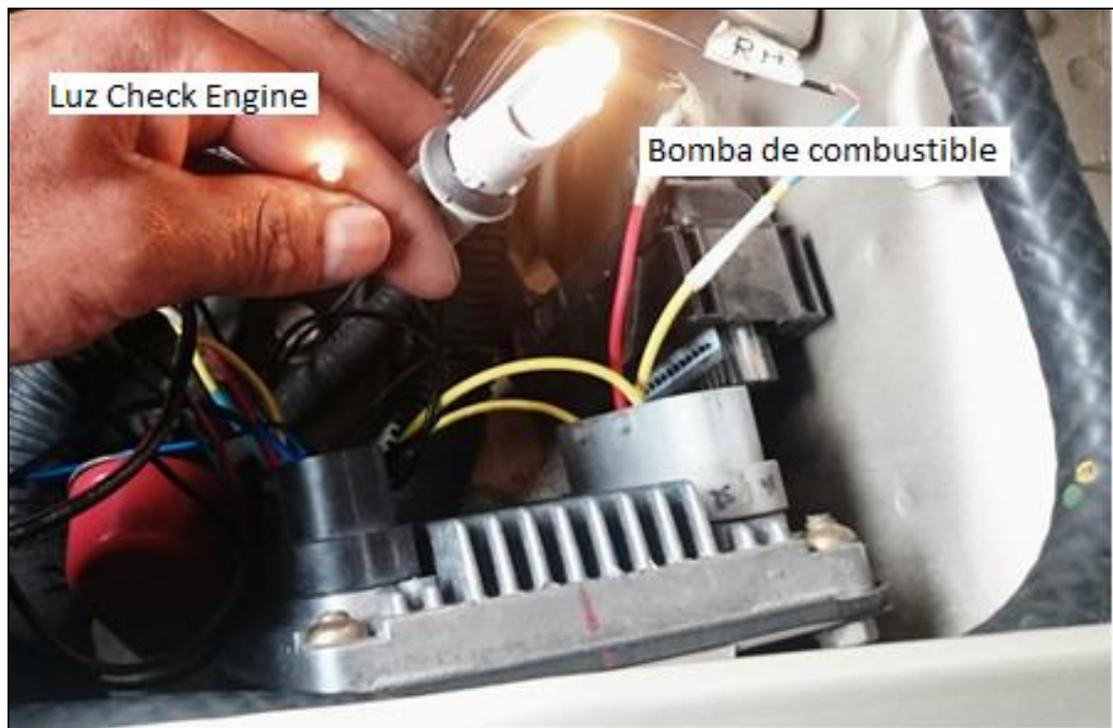


Figura 59. “Luz de Check Engine y bomba de combustible encendido, en Chevrolet Aveo”

**3.4.1.3 Pruebas previas en la ECU de Mazda B2200:**

Esta ECU consta de dos conectores: 1 y 2. La numeración, designación y función de los pines se detalla a continuación:

ECM MAZDA B2200																							
2"Y"	2"W"	2"U"	2"S"	2"Q"	2"O"	2"M"	2"K"	2"J"	2"G"	2"E"	2"C"	2"A"	1"U"	1"S"	1"Q"	1"O"	1"M"	1"K"	1"J"	1"G"	1"E"	1"C"	1"A"
2"Z"	2"X"	2"V"	2"T"	2"R"	2"P"	2"N"	2"L"	2"J"	2"H"	2"F"	2"D"	2"B"	1"V"	1"T"	1"R"	1"P"	1"N"	1"L"	1"J"	1"H"	1"F"	1"D"	1"B"

Figura 60. “Conector de ECU de Mazda B2200”

Tabla 10. “Pinout de ECU de Mazda B2200”

Número de Pin	Función
1 (A)	Voltaje de alimentación de batería
1 (B)	Voltaje de ignición
1 (E)	Luz de <i>Check</i>
1 (H)	Control de relevador de bomba de combustible
2 (E)	Señal del Sensor Hall
2 (F)	Señal de activación de la bobina
2 (L)	Señal de sensor IAT
2 (N)	Señal de sensor Lambda
2 (O)	Señal de sensor MAF
2 (Q)	Señal de sensor ECT
2 (U)	Inyector de combustible número 3
2 (U)	Inyector de combustible número 1
2 (V)	Inyector de combustible número 2
2 (V)	Inyector de combustible número 4
2(A), 2(B), 2(C), 1(N), 1(O)	Tierra
2(M)	Señal de sensor TPS



Figura 61. “Luz de Check Engine y bomba de combustible encendido, en Mazda B2200”

#### 3.4.1.4 Pruebas previas en la ECU de Toyota Yaris:



Figura 62. "ECU de Toyota Yaris"



Figura 63. "Alimentación de la ECU, luz Check Engine encendido"

#### 3.5 Pruebas en el programa informático y la tarjeta de adquisición de datos:

Para el óptimo funcionamiento del banco comprobador, es necesario verificar que los simuladores de los sensores generen los valores de voltaje correctos, lo que permite que la configuración del programa para cada ECU esté trabajando de forma adecuada. También, es necesario comprobar la interface entre el programa y la tarjeta Arduino.

### 3.5.1 Verificar la interfaz de la tarjeta de adquisición de datos Arduino con la computadora:

Se debe conectar con un cable de datos de la tarjeta Arduino a la computadora; y, observar que se encienda las luces del Arduino, como se observa en la fotografía:

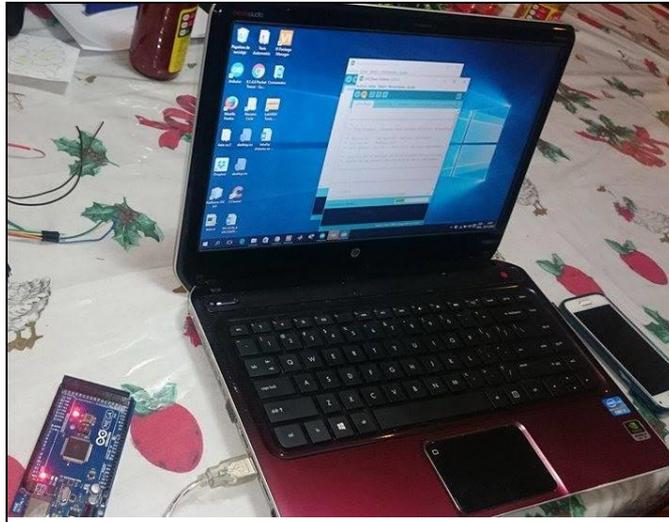


Figura 64. “Interfaz Tarjeta Arduino con la computadora”

### 3.5.2 Verificar la programación de los sensores simulados en el programa LabVIEW:

Para verificar lo mencionado, se debe considerar lo siguiente:

1. Ingresar en el programa del banco de pruebas para ECUS.

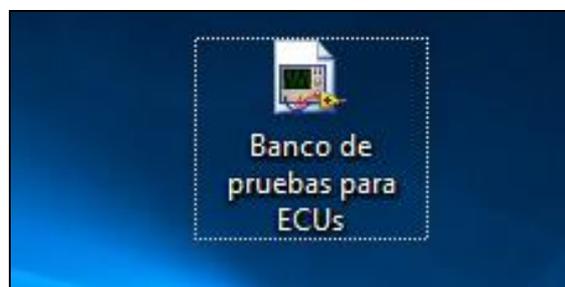


Figura 65. “Ícono de ingreso al programa”

2. Seguidamente se despliega una ventana, donde se muestra un menú para seleccionar el tipo de vehículo:

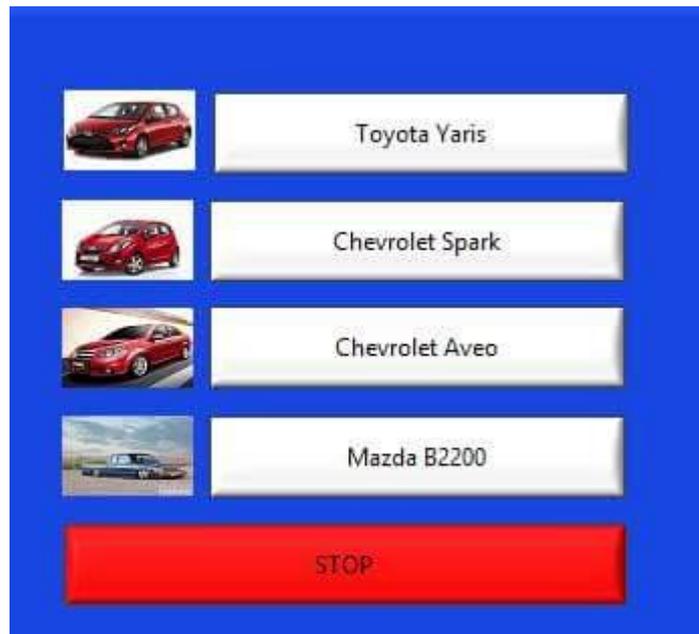


Figura 66. "Menú Inicio del programa con los respectivos vehículos"

3. Una vez elegido el tipo de vehículo, se abre una ventana en la cual se encuentra la programación y simulación de los sensores del vehículo:

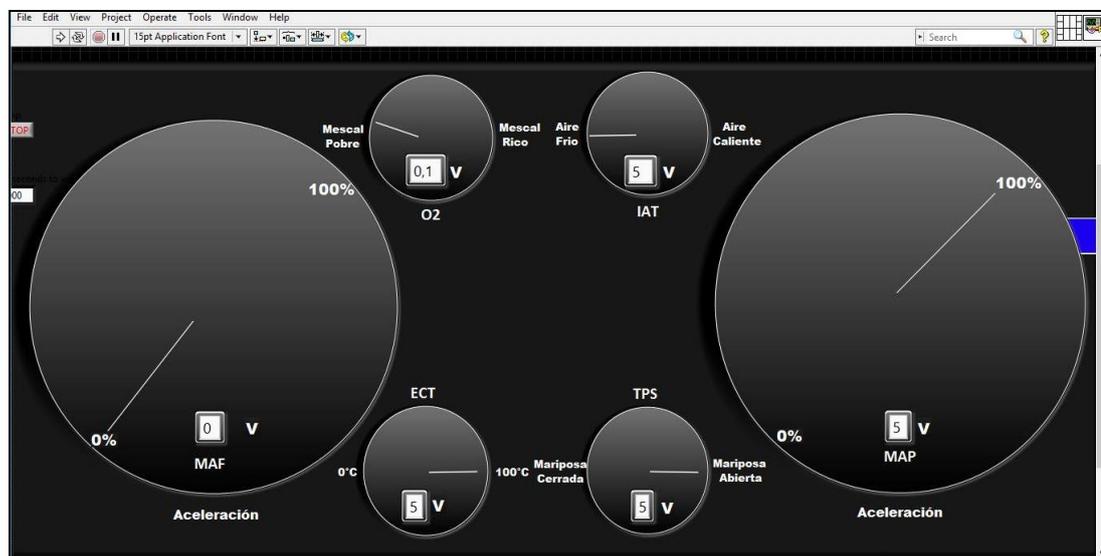


Figura 67. "Menú de simulación de sensores"

4. Para iniciar con las pruebas de funcionamiento de los sensores, se debe correr el programa haciendo clic en "Run".

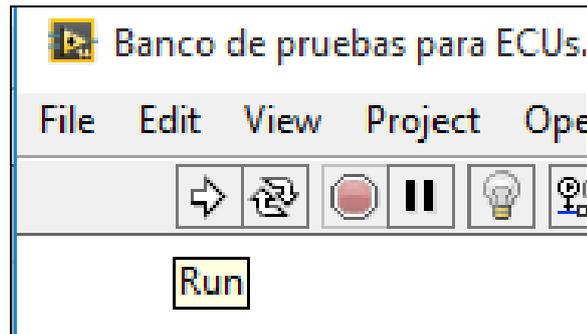


Figura 68. "Ejecución del programa"

5. Lo indicado, permite visualizar el funcionamiento de los sensores simulados en función de su comportamiento, por ejemplo: para observar como varía el voltaje de señal del sensor TPS, se debe mover su manecilla de la posición "cerrado" a "abierto".

### 3.6 Conclusiones:

Utilizando el diagrama y un multímetro, se comprobó que la ECU está alimentada de una forma correcta por el encendido de la luz de *check engine* y la luz de la bomba de combustible. También se verificó que la interface de la programación de LabVIEW con la tarjeta Arduino, funciona adecuadamente, lo que permite realizar diversas pruebas de funcionamiento de la ECU.

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

#### **4.1 Introducción:**

En este capítulo se detallará los resultados obtenidos al realizar las pruebas de funcionamiento del banco comprobador de ECUS.

#### **4.2 Pruebas en las ECUS:**

La prueba en las ECUS permite verificar que la interface entre: el programa LabVIEW, la tarjeta de adquisición de datos, la ECU y los simuladores de actuadores; se encuentre correctamente conectada.

Una vez conectada la ECU en el banco comprobador, primero es necesario verificar que se enciendan las luces de la bomba de combustible y la luz de *check engine*, para constatar que las ECUS se encuentran alimentadas correctamente. Se debe considerar que, en el caso del vehículo Mazda, la luz de la bomba de combustible se enciende cuando se envía la señal del sensor Hall hacia la ECU; mientras que, en el Spark, el Aveo y el Yaris, la bomba enciende durante 3 segundos.

A continuación se exterioriza cómo se realiza las pruebas en cada una de la ECUS.

#### **4.3 Pruebas en sensores:**

Estas pruebas se efectúan constatando que los simuladores de los sensores estén enviando correctamente todas las señales hacia la ECU. Una vez comprobadas las señales de los sensores, se verifica que éstos no presenten ninguna avería; es decir, que el motor se encuentre en condiciones ideales de funcionamiento: que las rpm sean mínimas, que la temperatura se encuentre normal y que los actuadores se activen de forma precisa.

Otra de las pruebas que se realiza a los sensores, para poder visualizar el tiempo de activación de los actuadores, consiste en: simular el fallo de uno de ellos y efectuar una variación de la señal emitida por los sensores. Por ejemplo: el fallo del sensor MAP y/o la variación de la señal del sensor ECT.

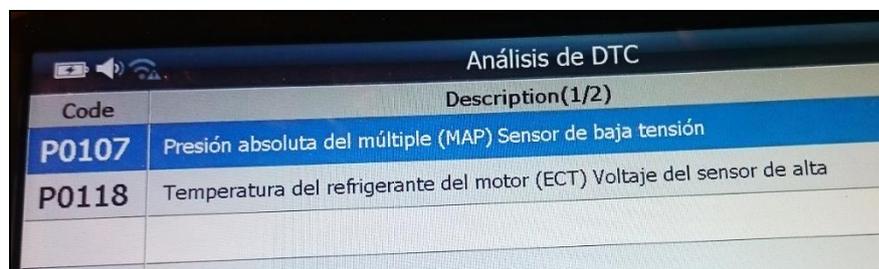
A continuación se indica dos ejemplos de cómo se efectúa las pruebas en una ECU de un vehículo con la ayuda de un escáner, mediante los cuales se podrá observar datos del automóvil en tiempo real y su variación en el momento de fallo.

- **Ejemplo de pruebas en Chevrolet Spark:**



Nombre de artículo(P.1/4)	Valor	Unidad	Nombre de artículo(P.2/4)	Valor	Unidad
ESTADO DEL MOTOR	Idle		INYECCIÓN DE TIEMPO	2.0	ms
Régimen mínimo deseado	800	rpm	START INJECTION TIME	17.7	ms
VELOCIDAD DEL MOTOR	795	rpm	VOLTAJE DE BATERIA	14.1	V
MAP	26.5	kPa	MTIA DUTY	17.1	%
SENSOR DE TP	5.6	'	Avance del encendido	TDC 0	'
REFRIGERANTE DEL MOTOR TEMP	93.0	'F	KNOCK SENSOR DE VOLTAJE	0.7	V
TOMA DE TEMPERATURA DEL AIRE	45.0	'F	CANISTER PURGE DUTY	0.0	%
PRESION BAROMETRICA	73.9	kPa	EGR COMANDO	0.0	%
SENSOR DE O2	73	mV	ACTUAL MTIA	0.0	'
CLIMATIZADA DEL SENSOR DE O2	411	mV	DESEADO MTIA	26.2	'

Figura 69. “Cuadro de datos, ECU y sensores en óptimo funcionamiento”



Code	Description(1/2)
P0107	Presión absoluta del múltiple (MAP) Sensor de baja tensión
P0118	Temperatura del refrigerante del motor (ECT) Voltaje del sensor de alta

Figura 70. “Prueba con falla en los sensores MAP y ECT”

Análisis de Datos(Todos los artículos)					
Nombre de artículo(P.1/4)	Valor	Unidad	Nombre de artículo(P.2/4)	Valor	Unidad
<b>ESTADO DEL MOTOR</b>	Idle		INYECCIÓN DE TIEMPO	2.5	ms
Régimen mínimo deseado	800	rpm	START INJECTION TIME	17.7	ms
VELOCIDAD DEL MOTOR	794	rpm	VOLTAJE DE BATERIA	14.1	V
MAP	50.0	kPa	MTIA DUTY	16.7	%
SENSOR DE TP	5.6	'	Avance del encendido	TDC 0	'
REFRIGERANTE DEL MOTOR TEMP	93.8	'F	KNOCK SENSOR DE VOLTAJE	0.6	V
TOMA DE TEMPERATURA DEL AIRE	45.8	'F	CANISTER PURGE DUTY	0.0	%
PRESION BAROMETRICA	99.9	kPa	EGR COMANDO	0.0	%
SENSOR DE O2	919	mV	ACTUAL MTIA	0.0	'
CLIMATIZADA DEL SENSOR DE O2	411	mV	DESEADO MTIA	27.7	'

Figura 71. “Cuadro de datos, falla en los sensores MAP y ECT”

Análisis de DTC	
Code	Description(1/4)
<b>P0107</b>	Presión absoluta del múltiple (MAP) Sensor de baja tensión
<b>P0118</b>	Temperatura del refrigerante del motor (ECT) Voltaje del sensor de alta
<b>P0351</b>	Control de encendido circuito A Fallo
<b>P0352</b>	Control de encendido circuito B Fallo

Figura 72. “Falla en los sensores MAP y ECT, y falla en la bobina de encendido”

Análisis de Datos(Todos los artículos)					
Nombre de artículo(P.1/4)	Valor	Unidad	Nombre de artículo(P.2/4)	Valor	Unidad
ESTADO DEL MOTOR	CRANK		<b>INYECCIÓN DE TIEMPO</b>	<b>9.6</b>	<b>ms</b>
Régimen mínimo deseado	800	rpm	START INJECTION TIME	17.3	ms
VELOCIDAD DEL MOTOR	449	rpm	VOLTAJE DE BATERIA	11.4	V
MAP	65.2	kPa	MTIA DUTY	39.4	%
SENSOR DE TP	10.8	'	Avance del encendido	BTDC 6	'
REFRIGERANTE DEL MOTOR TEMP	91.5	'F	KNOCK SENSOR DE VOLTAJE	4.9	V
TOMA DE TEMPERATURA DEL AIRE	46.5	'F	CANISTER PURGE DUTY	0.0	%
PRESION BAROMETRICA	73.9	kPa	EGR COMANDO	0.0	%
SENSOR DE O2	220	mV	ACTUAL MTIA	0.0	'
CLIMATIZADA DEL SENSOR DE O2	411	mV	DESEADO MTIA	15.1	'

Figura 73. “Cuadro de datos, falla en los sensores MAP y ECT, y falla en la bobina de encendido”

- **Ejemplo de pruebas en Chevrolet Aveo:**

Nombre de Sensor(16/16)	MID	Valor	Unidad
Manifold Absolute Pressure Sensor	11	29	kPa
Velocidad del Motor	11	798	RPM
Sensor de Velocidad del Vehículo	11	0	km/h
Ignition Timing Advance for 1 Cylinder	11	-3	'
Sensor de Temperatura de Aire de Admisión	11	42	'C
Absolute Throttle Position Sensor	11	5.1	%
Oxygen Sensor-Bank1/Sensor1	11	150	mV
Short Term Fuel Trim-Bank1/Sensor1	11	6.3	%
OBD Requirement	11	OBDI	-
Distance After MIL On	11	0	km

Figura 74. “Cuadro de datos, ECU y sensores en buen funcionamiento”

Code	Description(1/1)	State
P0107	Presión absoluta del múltiple (MAP) Sensor de baja tensión	

Figura 75. “Prueba con falla del sensor MAP”

Nombre de artículo(P.1/4)	Valor	Unidad	Nombre de artículo(P.2/4)	Valor	Unidad
ESTADO DEL MOTOR	PART LOAD		INYECCIÓN DE TIEMPO	4.7	ms
Régimen mínimo deseado	800	rpm	START INJECTION TIME	17.7	ms
VELOCIDAD DEL MOTOR	3617	rpm	VOLTAJE DE BATERIA	14.1	V
MAP	50.0	kPa	MTIA DUTY	24.7	%
SENSOR DE TP	18.7	'	Avance del encendido	BTDC 33	'
REFRIGERANTE DEL MOTOR TEMP	89.3	'F	KNOCK SENSOR DE VOLTAJE	1.8	V
TOMA DE TEMPERATURA DEL AIRE	45.8	'F	CANISTER PURGE DUTY	3.1	%
PRESION BAROMETRICA	99.9	kPa	EGR COMANDO	0.0	%
SENSOR DE O2	963	mV	ACTUAL MTIA	0.0	'
CLIMATIZADA DEL SENSOR DE O2	411	mV	DESEADO MTIA	3.9	'

Figura 76. “Cuadro de datos, con falla del sensor MAP”

Análisis de DTC	
Code	Description(1/4)
P0107	Presión absoluta del múltiple (MAP) Sensor de baja tensión
P0118	Temperatura del refrigerante del motor (ECT) Voltaje del sensor de alta
P0351	Control de encendido circuito A Fallo
P0352	Control de encendido circuito B Fallo

Figura 77. “Prueba con falla de sensor MAP, ECT y Bobina de encendido”

Análisis de Datos(Todos los artículos)					
Nombre de artículo(P.1/4)	Valor	Unidad	Nombre de artículo(P.2/4)	Valor	Unidad
ESTADO DEL MOTOR	CRANK		INYECCIÓN DE TIEMPO	7.6	ms
Régimen mínimo deseado	800	rpm	START INJECTION TIME	17.2	ms
VELOCIDAD DEL MOTOR	457	rpm	VOLTAJE DE BATERIA	12.7	V
MAP	67.3	kPa	MTIA DUTY	40.8	%
SENSOR DE TP	10.3	'	Avance del encendido	BTDC 6	'
REFRIGERANTE DEL MOTOR TEMP	92.3	'F	KNOCK SENSOR DE VOLTAJE	0.9	V
TOMA DE TEMPERATURA DEL AIRE	46.5	'F	CANISTER PURGE DUTY	0.0	%
PRESION BAROMETRICA	73.9	kPa	EGR COMANDO	0.0	%
SENSOR DE O2	377	mV	ACTUAL MTIA	0.0	'
CLIMATIZADA DEL SENSOR DE O2	411	mV	DESEADO MTIA	22.3	'

Figura 78. “Cuadro de datos, con falla en los sensores MAP, ECT y bobinas de encendido”

#### 4.4 Pruebas en actuadores:

Estas pruebas se ejecutan verificando visualmente que todos los simuladores -luces led- se enciendan óptimamente y en el orden preciso. Además, también se comprueba las señales de los actuadores mediante el uso de un osciloscopio, permitiendo de esta manera visualizar cómo cambia la forma de la señal de los actuadores, tal como la variación del ancho del pulso de un inyector.

#### 4.4.1 Pruebas en Chevrolet Spark:

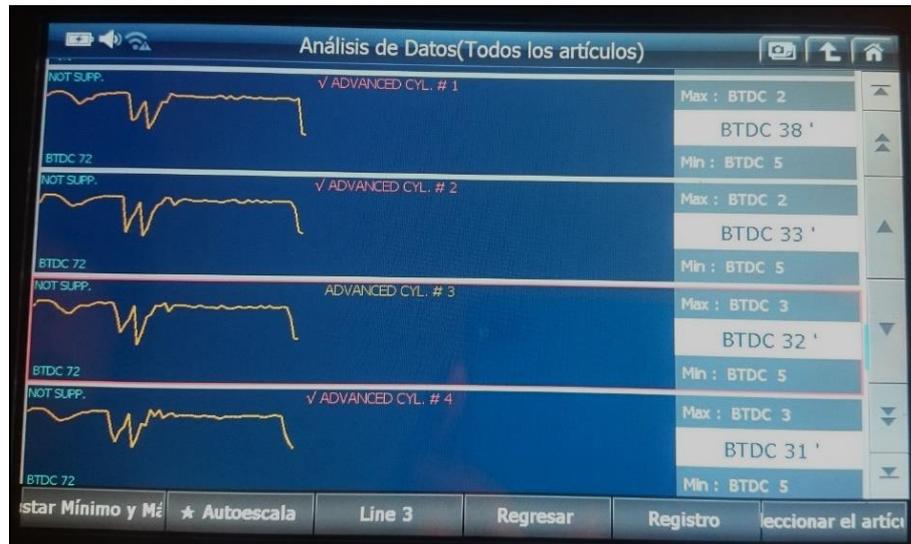


Figura 79. "Señal de inyectores, funcionamiento normal"

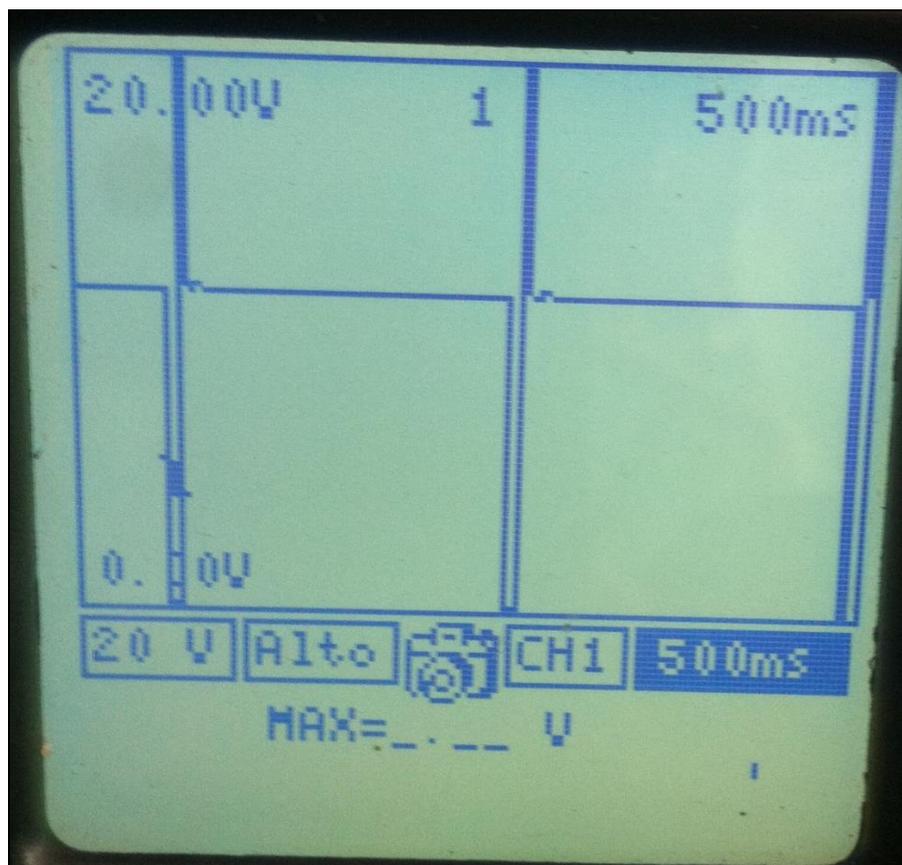


Figura 80. "Señal del inyector, funcionamiento normal"

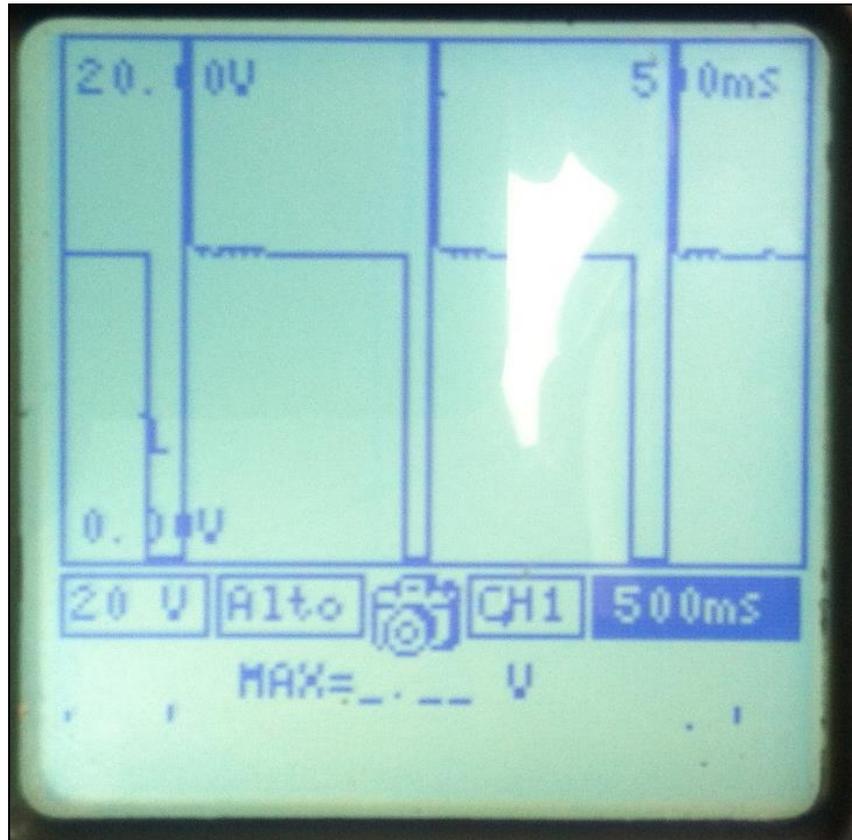


Figura 81. "Señal del inyector, con falla del sensor MAP"

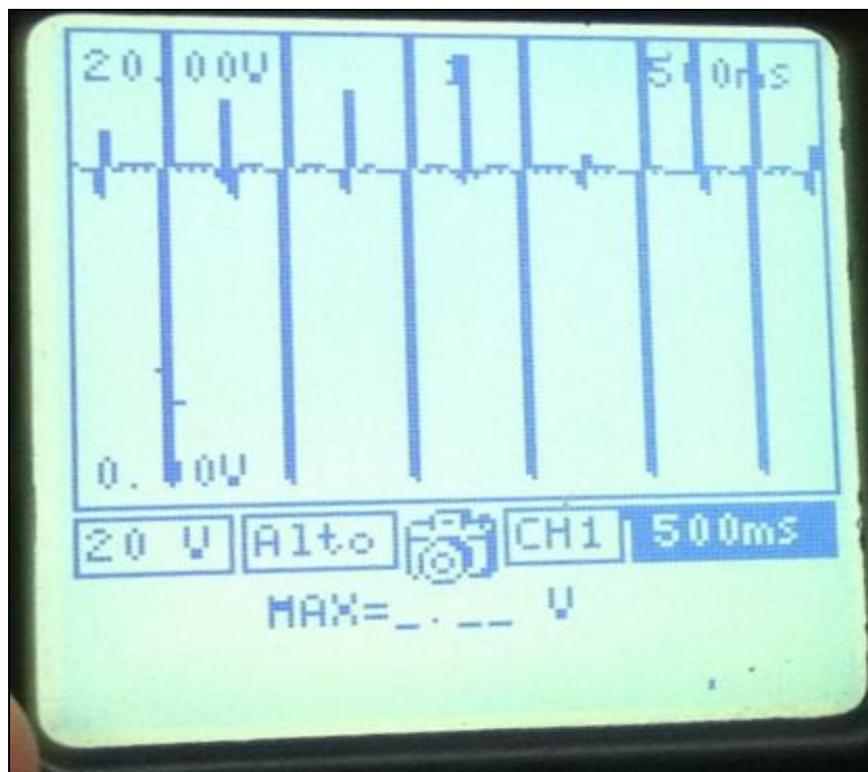


Figura 82. "Señal de la bobina, en funcionamiento normal"

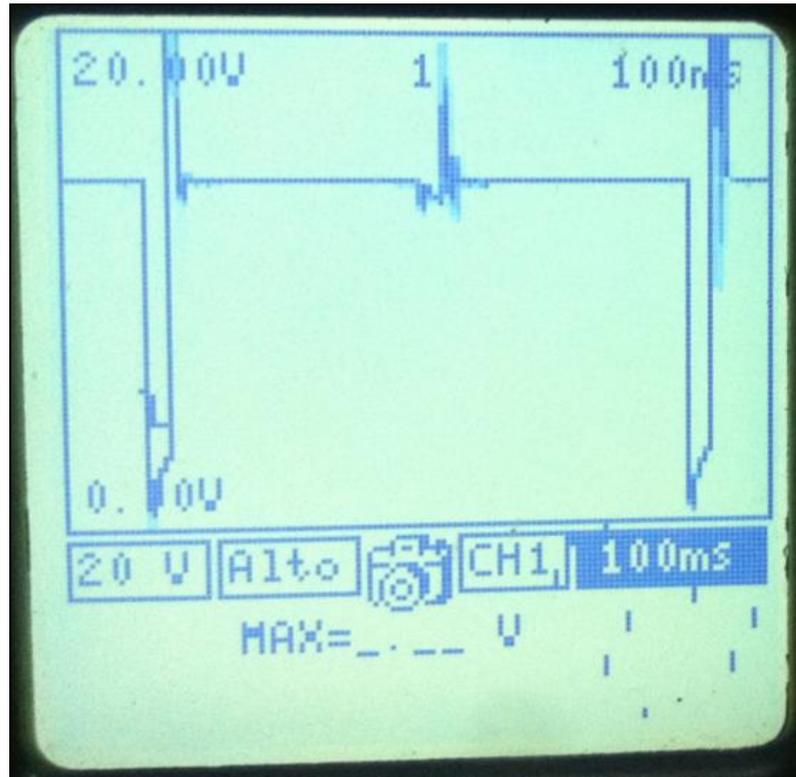


Figura 83. “Señal de la bobina de encendido, con falla del sensor MAP”

#### 4.4.2 Pruebas en Chevrolet Aveo:

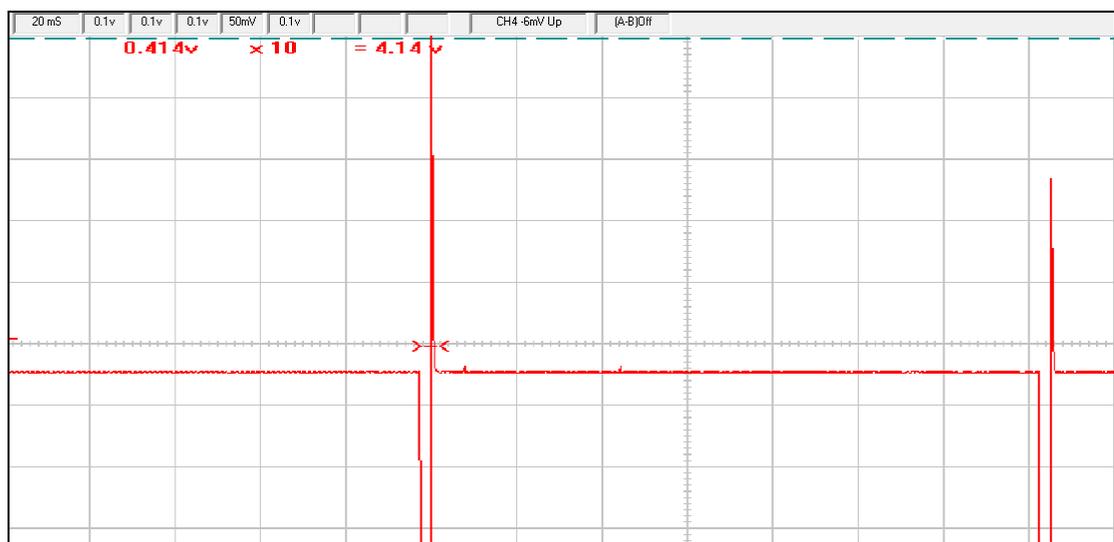


Figura 84. “Señal del pulso de inyección, correcto funcionamiento”

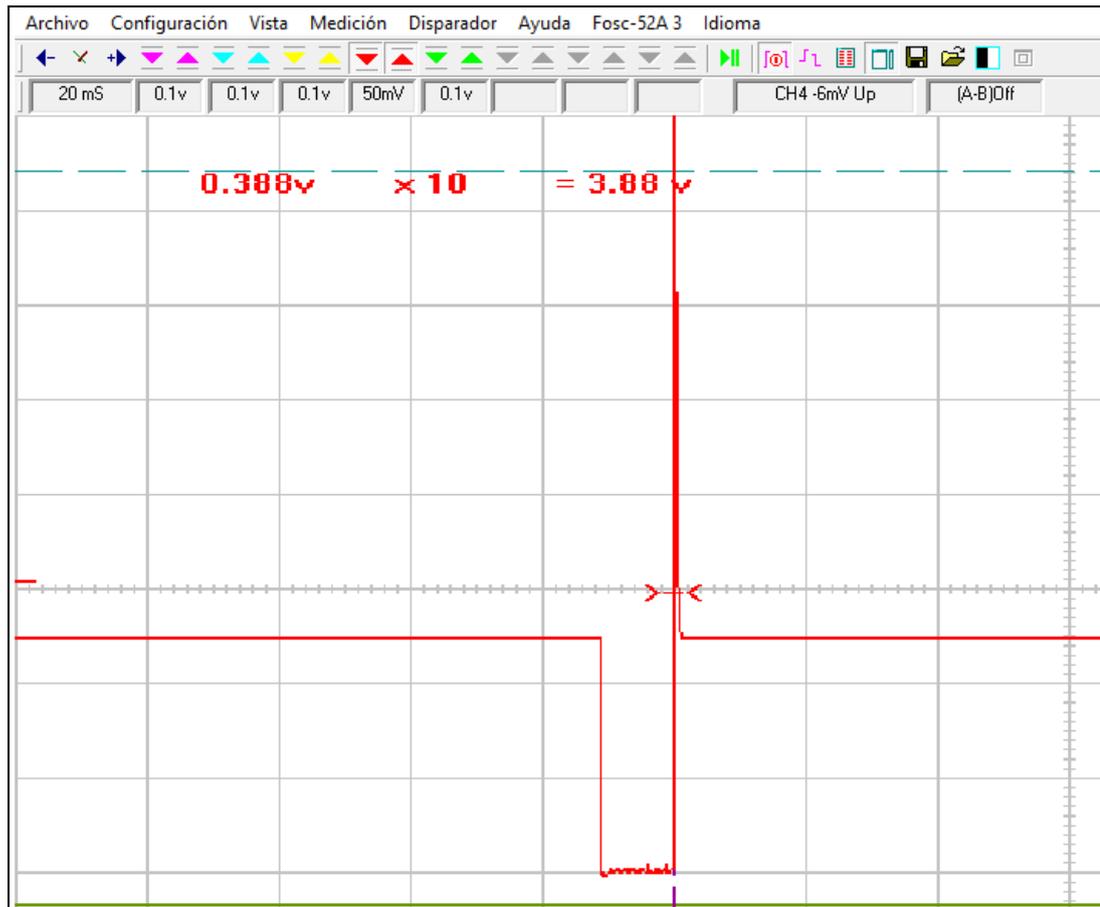


Figura 85. "Señal del pulso de inyección, con falla del sensor MAP"



Figura 86. "Señal de las bobina de encendido: verde (cilindros 1 y 4) y rojo (cilindros 3 y 2)"

#### 4.4.3 Pruebas en Mazda B2200:

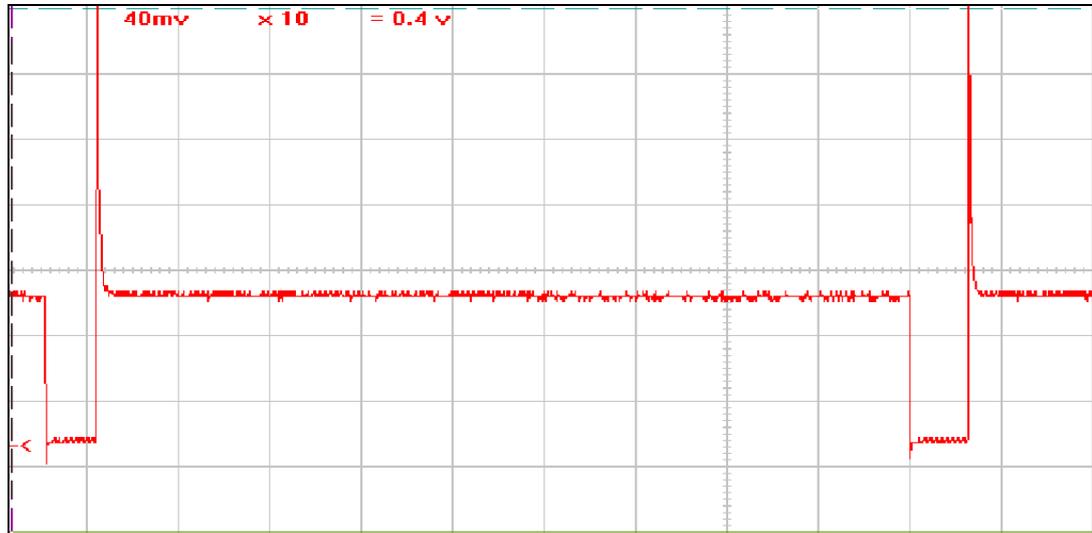


Figura 87. “Señal de un inyector, con valor de señal de sensor ECT de 4,0V”

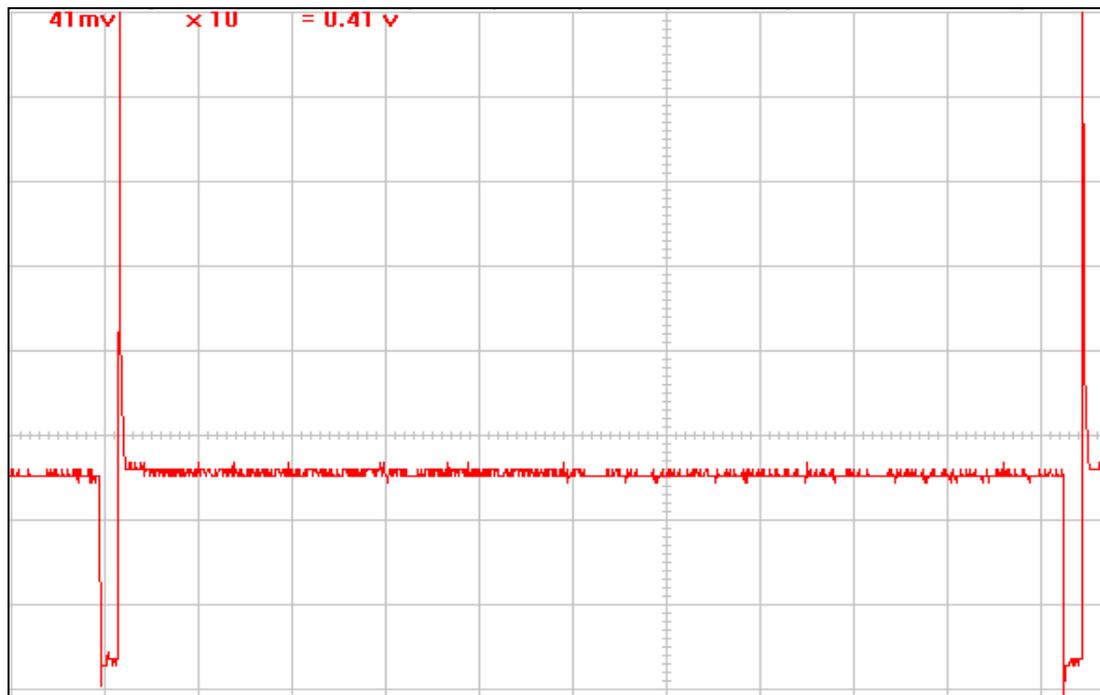


Figura 88. “Señal de un inyector, con valor de señal de sensor ECT de 0,5V”

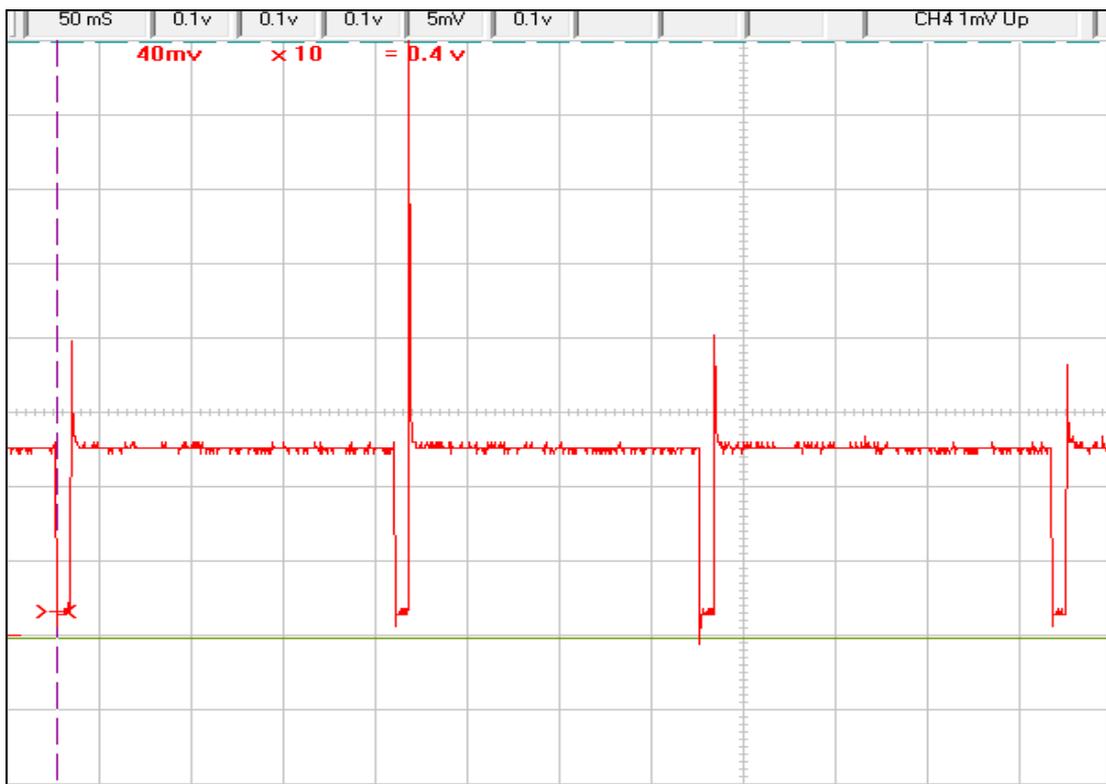


Figura 89. “Señal de un inyector, con valor de señal de sensor TPS de 3,8V”

#### 4.4.4 Pruebas en Toyota Yaris:

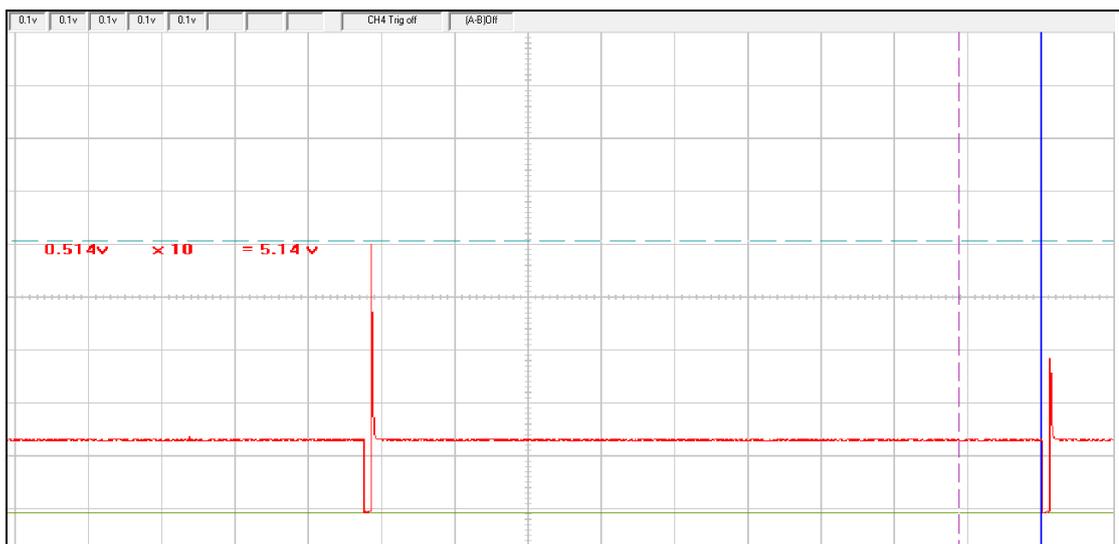


Figura 90. “Señal del inyector, con funcionamiento normal”

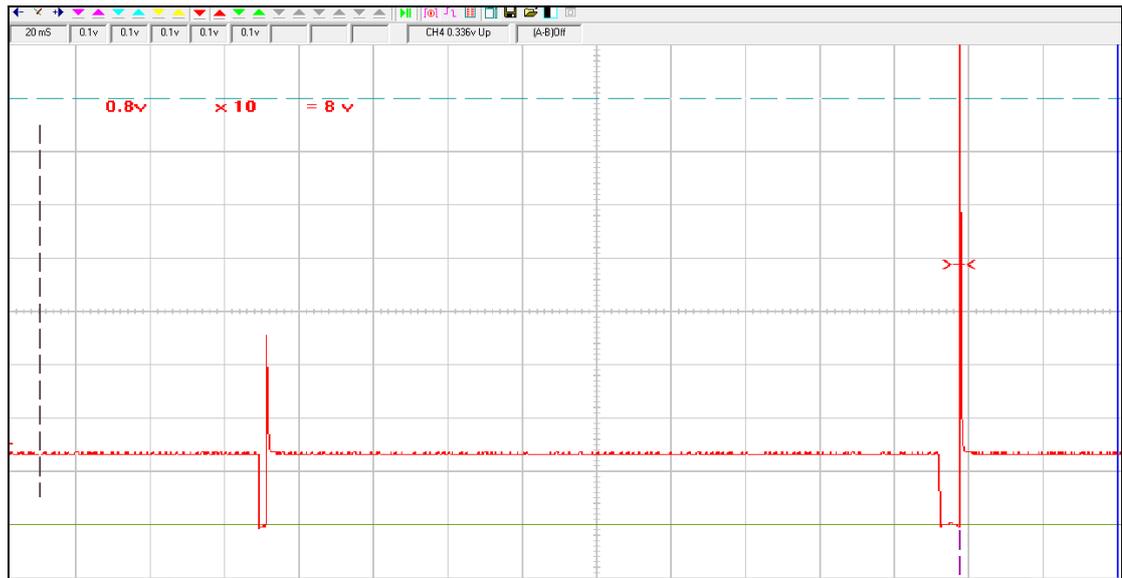


Figura 91. “Señal de un inyector, con falla en el sensor MAP”

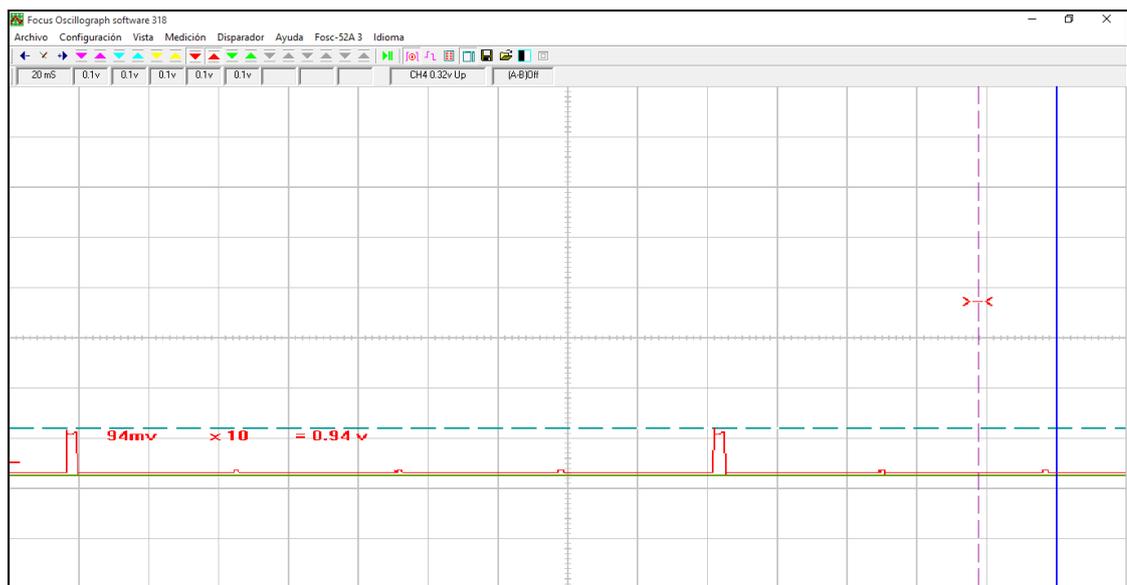


Figura 92. “Señal de la bobina de encendido”

#### 4.5 Resultados obtenidos:

A continuación se detallará los resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento, en sensores y en actuadores, en los vehículos: Chevrolet Spark, Chevrolet Aveo, Mazda B2200 y Toyota Yaris.

#### **4.5.1 Resultados en Chevrolet Spark:**

1. En este automóvil, cuando los sensores están funcionando óptimamente y el motor se encuentra en el régimen de ralentí, el ancho del pulso de inyección es de 1,7ms.
2. Los sensores que influyen directamente al funcionamiento de los actuadores son: MAP, TPS y ECT.
3. Los pulsos de inyección varían notablemente con la señal del sensor MAP. Cuando el valor de la señal del sensor es próximo a 0V o el sensor está desconectado, el ancho del pulso de inyección se incrementa hasta 2,5ms.
4. Cuando los sensores MAP y ECT presentan fallos o se encuentran desconectados, el ancho del pulso de inyección se incrementa hasta 3ms.
5. Al instante del arranque, cuando la bobina de encendido está desconectada o presenta alguna falla, la señal del ancho de pulso de inyección asciende a 9ms.
6. Al momento de emular una avería en uno a varios sensores, el ancho de pulso de la señal de las bobinas de encendido no cambia; únicamente se incrementa o disminuye su frecuencia.

#### **4.5.2 Resultados en Chevrolet Aveo:**

1. En este vehículo, cuando los sensores están funcionando óptimamente y el motor se encuentra en el régimen de ralentí, el ancho del pulso de inyección es de 2ms.
2. Los sensores que afectan directamente al funcionamiento de los actuadores son: MAP, TPS y ECT.
3. Los pulsos de inyección varían notablemente con la señal del sensor MAP. Cuando el valor de la señal del sensor es próximo a 0V o el sensor está desconectado, el ancho del pulso de inyección se incrementa hasta 5ms.

4. Cuando los sensores MAP y ECT presentan fallos o se encuentran desconectados, el ancho del pulso de inyección se incrementa hasta 3ms.
5. Al momento del arranque, cuando la bobina de encendido está desconectada o presenta alguna falla, la señal del ancho de pulso de inyección asciende a 8ms.
6. Al momento de emular una avería en uno a varios sensores, el ancho de pulso de la señal de las bobinas de encendido no cambia; únicamente se incrementa o disminuye su frecuencia.

#### **4.5.3 Resultados en Mazda B2200:**

1. Los sensores que afectan directamente al funcionamiento de los actuadores son: ECT y TPS.
2. La frecuencia de los pulsos de inyección varía con la señal del sensor TPS. Cuando el valor de la señal del sensor es próximo a 0V, la frecuencia del pulso de inyección disminuye; y, ésta aumenta en función del incremento de la señal del sensor. Al momento que el sensor registra un voltaje de 3,8V, se genera un corte de los pulsos de inyección, ocasionando que la ECU deje de funcionar.
3. El cambio más notorio en la señal de los inyectores se presenta al momento que se modifica el valor de la señal del sensor ECT. El ancho de pulso de apertura del inyector asciende hasta 5ms cuando el sensor envía una señal de 4V (motor frío); y, desciende hasta 3 ms, cuando la señal es de 0,5V (motor caliente).
4. La señal de la bobina de encendido es siempre constante debido a que en este vehículo, el salto de la chispa está dada por el distribuidor.

#### **4.5.4 Resultados en Toyota Yaris:**

1. En este automóvil, el ancho del pulso de inyección es de 2ms cuando los sensores están funcionando óptimamente.
2. Los sensores que influyen directamente al funcionamiento de los actuadores son: MAP, TPS y ECT.
3. Los pulsos de inyección varían notablemente con la señal del sensor MAP. Cuando el valor de la señal del sensor es próximo a 0V o el sensor está desconectado, el ancho del pulso de inyección se incrementa hasta 4ms.
4. Cuando los sensores MAP y ECT presentan fallos o se encuentran desconectados, el ancho del pulso de inyección se incrementa hasta 4ms.
5. No varía el ancho de pulso de la señal de las bobinas de encendido, siendo la señal de honda cuadrada de 1,08V; únicamente se incrementa o disminuye su frecuencia.

#### **4.6. Conclusiones**

Los sensores MAP, TPS y ECT, son los que más influyen en la variación del pulso de inyección. Cuando falla el sensor MAP, el pulso de inyección se vuelve inestable, tendiendo a incrementarse y a acortar el tiempo de apertura del inyector hasta provocar que el motor se apague. El sensor TPS, en todas las ECUS, actúa como un mecanismo de seguridad, cortando los pulsos de inyección cuando alcanza un voltaje de 3,8V. El sensor ECT, en función de la señal que emite, disminuye el ancho del pulso de inyección.

Las señales de las bobinas de encendido no sufren ninguna variación en el ancho del pulso; únicamente se incrementa o disminuye la frecuencia de los pulsos de estas bobinas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Para poder diagnosticar una posible avería en el sistema de inyección de gasolina de un vehículo, es ineluctable comprender el funcionamiento de una ECU, así como también su estructura interna, sus etapas de procesamiento de datos, sus posibles fallas y averías, sus sistemas de abordó, sus sensores y sus actuadores.
- La construcción de un banco comprobador de ECUS permitió comprender: cuáles pueden ser sus componentes; las medidas necesarias para su construcción, la cual dependerá de los requerimientos de los usuarios; sus señales de entrada y de salida; y, la interface / interacción del programa LabVIEW con la tarjeta de adquisición de datos Arduino.
- Para alimentar una ECU y evitar cualquier daño en la misma, es imprescindible comprobar su *pinout* con la ayuda del diagrama correspondiente y de un multímetro. Para la programación y simulación de los sensores de un vehículo, se utiliza el programa LabVIEW y se lo interactúa con la tarjeta de Adquisición de datos Arduino.
- Los sensores que más influyen en la variación del pulso de inyección son: MAP, TPS y ECT. Cuando falla el sensor MAP, el pulso de inyección se vuelve inestable, tendiendo a incrementarse y a acortar el tiempo de apertura del inyector hasta provocar que el motor se apague. En todas las ECUS, el sensor TPS actúa como un mecanismo de seguridad, cortando los pulsos de inyección cuando alcanza un voltaje de 3,8V. El sensor ECT, en función de la señal que emite, disminuye el ancho del pulso de inyección.
- Las señales de las bobinas de encendido no sufren ninguna variación en el ancho del pulso; únicamente se incrementa o disminuye la frecuencia de los pulsos de estas bobinas.

- El banco comprobador permite realizar diferentes pruebas de funcionamiento de las ECUS, lo que facilitará a los usuarios poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos, así como desarrollar nuevas destrezas; además, podrá servir como un equipo de diagnóstico al Laboratorio de Autotrónica del Taller de Mecánica Automotriz, de la Universidad del Azuay, por ser un banco de aprendizaje y perfeccionamiento para los estudiantes.

**Recomendaciones:**

- Para efectuar las diferentes pruebas de funcionamiento de las ECUS, es necesario conocer previamente lo concerniente a la Electrónica y saber interpretar los diagramas electrónicos automotrices; así como también, comprender la estructura de la ECU y sus procedimientos de verificación. Para evitar intermitencias durante la comprobación, se recomienda utilizar - en lo posible- el conector original; de no tenerlo, se sugiere usar conectores adecuados al tamaño de los pines de la ECU.
- Se recomienda usar manecillas anti estáticas para evitar daños en los circuitos y micro controladores, cuando se vaya a o sustituir uno de estos componentes por encontrarse dañados.

## BIBLIOGRAFÍA

- ☞ ASTUDILLO, M., (2010). *Tecnología del Automóvil*. Madrid, España. Ediciones Paraninfo.
- ☞ MURILLO J., (2007). *Control usando Simulink y Arduino*. (1<sup>ra</sup> ed.). Colombia.
- ☞ PALOCS-ANDRESEN M., (2012). *Onboard Diagnostics and Measurement in the Automotive Industry, Shipbuilding, and Aircraft Construction*. Warrendale PA, USA, SAE International. Corporation.
- ☞ PENAGOS J., (2009). *Manual de Mantenimiento Chevrolet Spark 800cc/Daewoo Matiz*. Argentina.
- ☞ RUEDA J, (2008). *Fuel Injection*. Tomo 1, (1<sup>ra</sup> ed.). Colombia, Diseli.
- ☞ RUIZ J., (2012). *Arduino + LabVIEW*. (1<sup>ra</sup> ed.).
- ☞ TOYOTA, (2007). *Toyota Yaris Repair Manual*. (1<sup>ra</sup> ed.), Japón, Toyota Motor Corporation.
- ☞ TOYOTA, (2009). *Toyota Prius Repair Manual*. (1<sup>ra</sup> ed.), Japón, Toyota Motor.

### Tesis:

- ☞ CALDERÓN, José; CALUGUILLIN, Luis, (2011). *Construcción de un banco didáctico de un motor de inyección electrónica multipunto, para la escuela de ingeniería de la ESPOCH*. Tesis de grado.
- ☞ GUERRERO, Fernando, (2006). *Diseño y construcción del banco de pruebas para comprobación y verificación de computadores automotrices con inyección electrónica a gasolina*. Proyecto de Grado. 2014-05-28.
- ☞ JARA, Edison, (2011). *Desarrollo de un banco emulador universal para señales de sensores automotrices resistivos, inductivos y efecto Hall, e implementación para los laboratorios de la escuela de Ingeniería Automotriz*. Tesis de grado.

- ☞ MARIÑO, David, VILLAGÓMEZ, Diego, (2009). *Diseño y construcción de un módulo interface con la ECU para el control de operación de las RPM del motor*. Proyecto de Grado. 2009-11.
- ☞ MORA, José; NIOLA, Fausto, (2013). *Diseño y construcción de un motor, virtual para el diagnóstico d la ECU de un vehículo Chevrolet Spark*. Tesis de grado.

**Sitios web:**

- ☞ ARDUINO, (2012). *Arduino: Arduino Mega2560*. Disponible en: <http://arduino.cc/es/Main/ArduinoBoardMega>. [Fecha de consulta: 8 de septiembre de 2014].
- ☞ ©. ARDUINO USA ONLY. *Genuino Outsite Usa, Arduino*. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2015].
- ☞ EDUCACIÓN SECUNDARIA Y UNIVERSITARIA, E. S., (2008). *Robótica Control Simulación, LabVIEW+ Arduino*. Disponible en <http://josemanuelruizgutierrez.blogspot.com/>. [Fecha de consulta: 4 de junio de 2015].
- ☞ GUARELLA, J. Heredia, J. RODRÍGUEZ, L y BAGATTO, I, (2011). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Plata. *Proyecto de motores: sensores y actuadores en motores*. Disponible en: [http://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/M0639/descargar.php?id=PHPSESSID&doc=root0\\_APUNTESENSORES Y ACTUADORES.pdf&dir=root0](http://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/M0639/descargar.php?id=PHPSESSID&doc=root0_APUNTESENSORES Y ACTUADORES.pdf&dir=root0). [Fecha de consulta: 5 de febrero de 2015].
- ☞ HU, JIM, (1998). *Ecu, Unidad de Control Electrónico*. Disponible en: <http://www.oocities.org/mecanicoweb/12.htm>. [Fecha de consulta: 8 de agosto de 2014].
- ☞ LAICA, William, (2012). *Implementación de un Banco de Pruebas para la Unidad de Control Electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Tesis de Grado. Riobamba, Ecuador. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1862/1/65T00033.pdf>.

[Fecha de consulta: 5 de agosto de 2014].

- ☞ © LINKEDIN CORPORATION, (2015). *Inyeccion de gasolina, actuadores*. Disponible en: [http://www.slideshare.net/waltertinoco/inyeccion-de-gasolina-actuadores?qid=6a40f69c-d7fc-408f-9187-0e0ed48668db&v=qf1&b=&from\\_search=1](http://www.slideshare.net/waltertinoco/inyeccion-de-gasolina-actuadores?qid=6a40f69c-d7fc-408f-9187-0e0ed48668db&v=qf1&b=&from_search=1). [Fecha de consulta: 9 de febrero de 2015].
- ☞ MATHWORKS, (2013 a). *Documentation center: Arduino Hardware*. Disponible en: <http://www.mathworks.com/help/simulink/arduino.html>. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2014].
- ☞ MATHWORKS, (2013 b). *Documentation center: Tune and Monitor Model Running on Arduino Mega 2560 Hardware*. Disponible en: <http://www.mathworks.com/help/simulink/ug/remotely-monitoring-and-controlling-an-application-on-arduino-hardware.html>. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2014].
- ☞ NATIONAL INSTRUMENTS, (2013). *Soporte: LabVIEW Interfaz para Arduino*. Disponible en: [www.digital.ni.com/public.nsf/allkb/4A4E44DA1DD933978625799D007D2DDz](http://www.digital.ni.com/public.nsf/allkb/4A4E44DA1DD933978625799D007D2DDz). [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2014].
- ☞ © NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION, (2015). *National Instruments, Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW*. Disponible en: <http://www.ni.com/labview/esa/>. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2015].
- ☞ NOSSOVITCH, Pedro y Cía. S.A, (2006). *Las computadoras (E.C.U.) en los Vehículos (Electronic Control Unit)*. Disponible en: [http://www.nosso.com.ar/spanish/tech\\_topics/ecu\\_01.php](http://www.nosso.com.ar/spanish/tech_topics/ecu_01.php). [Fecha de consulta: 19 de agosto de 2014].
- ☞ © ROBERT BOSCH, S. *Piezas de automóviles de Bosch*. Disponible en [http://br.bosch-automotive.com/es/internet/parts/startpage/startpage\\_1.html](http://br.bosch-automotive.com/es/internet/parts/startpage/startpage_1.html). [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2015].
- ☞ © ROBERT BOSCH, GmbH. *Sistemas de inyección electrónica*. Disponible en [http://www.potenciestaller.com/assets/documents/manuals/manu\\_sistema\\_inyeccionelectrica.pdf](http://www.potenciestaller.com/assets/documents/manuals/manu_sistema_inyeccionelectrica.pdf). [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2015].

- ☞ UIS / UPS, *Unidad de control*. Disponible en:  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-inyector7.htm>. [Fecha de consulta: 8 de abril de 2014].
- ☞ VERKIA, (Alicante). *Electricidad y electrónica, Cómo hacer un circuito impreso*. España. Disponible en: <http://www.todomecanica.com/articulos-formativos/electricidad-y-electronica/>. [Fecha de consulta: 10 de agosto de 2014].

## ANEXO 1

### CÓMO SIMULAR UN SENSOR EN LABVIEW CON ARDUINO

Para la elaboración de este proyecto de graduación se realizó la simulación de los diversos sensores del sistema de inyección de combustible. A continuación se mencionará cómo realizar la simulación de un sensor en el programa LabVIEW con la tarjeta de Adquisición de datos Arduino, considerando el siguiente procedimiento:

1. Se utiliza la herramienta de *While Loop* y, los bloques “*Init*” y “*Close*”; los cuales permiten la comunicación del programa con la tarjeta Arduino.



Figura 93. “Bloques *Init*, *Close* y herramienta *While Loop*”

2. Se configura el bloque *Init* con las características del programa LabVIEW y de la tarjeta Arduino. En este procedimiento, se selecciona el control de *Visa Resource*, la velocidad de transmisión de datos (Baud Rate), y el tipo de tarjeta Arduino (*Board Type*); como se muestra en el siguiente gráfico:

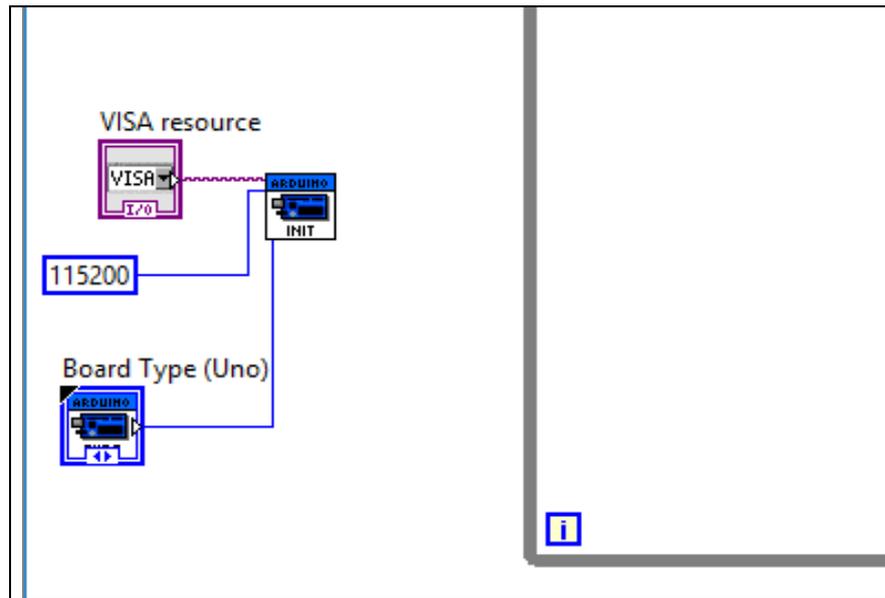


Figura 94. "Configuración del bloque *Init*"

3. Se inserta el bloque Digital I/O y PWM Write dentro de *While Loop*:

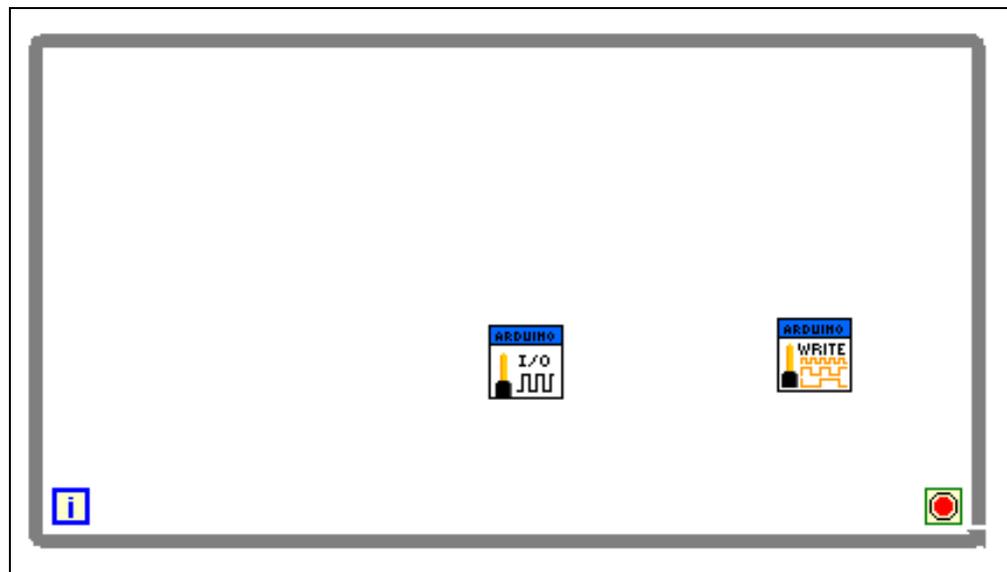


Figura 95. "Bloques Digital I/O y PWM Write, insertados en *While Loop*"

4. Se realiza la comunicación de todos los bloques:

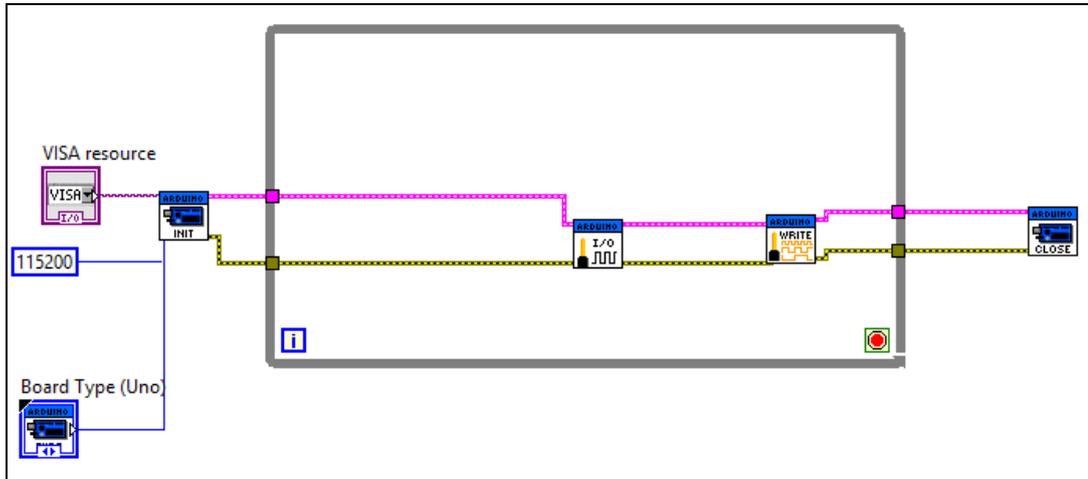


Figura 96. “Enlace de todos los bloques”

5. Se configura los bloques Digital I/O y PWM Write. Para configurar el bloque Digital I/O, se elige un pin de la tarjeta Arduino en la opción de Digital I/O Pin; en este caso se escogió el pin 3; además, es necesario configurar el Pin Mode como salida (*output*). El bloque PWM se configura así: se genera un control para el ciclo de trabajo en la opción *Duty Cycle*; y, se enlaza el PWM Pin con el Digital I/O Pin.

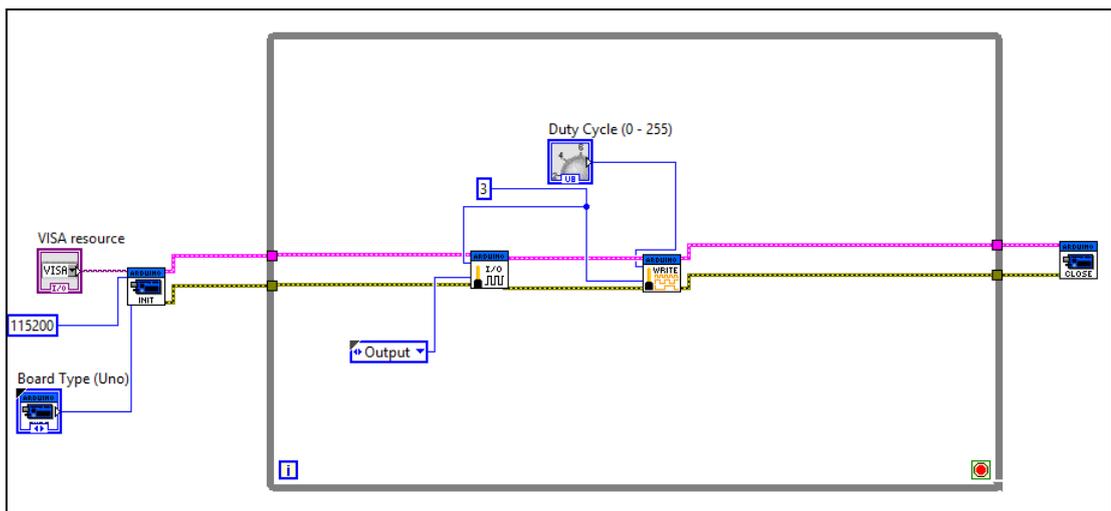


Figura 97. “Configuración de los bloques Digital I/O y PWM Write”

6. Luego de haber configurado los bloques, se inserta un bloque *Stop* para detener el programa:

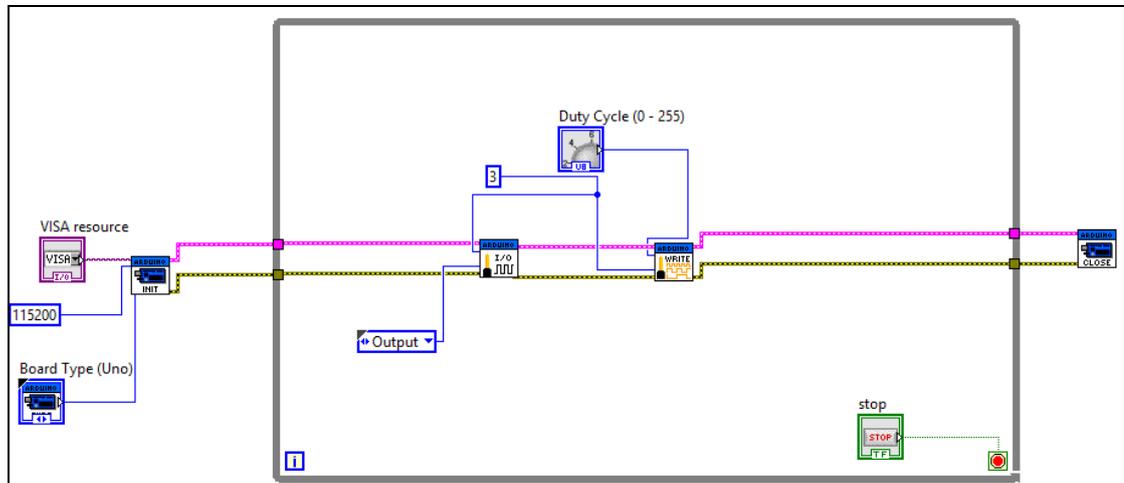


Figura 98. "Inserción del bloque *Stop*"

En el siguiente gráfico se puede apreciar el panel de *Block Diagram*, en donde se muestra la configuración de los bloques utilizados; mientras que, en la ventana de *Front Panel*, se visualiza los indicadores y controladores del sensor simulado en el panel *Block Diagram*:

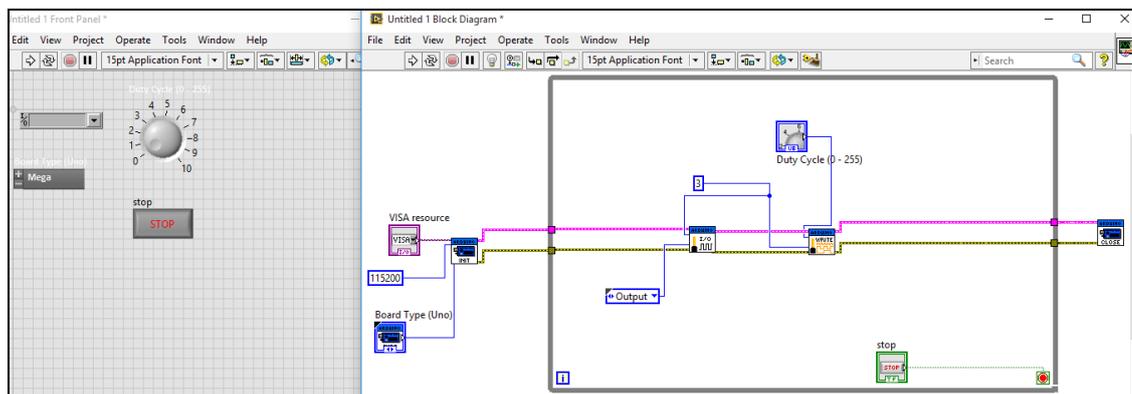


Figura 99. "Vista final de la simulación de un sensor"