



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR PARA EL**  
**DIAGNÓSTICO DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO**  
**DE MOTOR (ECU) EN UN VEHÍCULO MARCA HYUNDAI**  
**ACCENT”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO**

**Para optar al Grado Académico de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTOR: CANDO CHANGO ALEX ROBERTO**

**TUTORA: Ing. ZABALA HARO MÓNICA ANDREA, MSc.**

Riobamba – Ecuador

2017

©2017, Alex Roberto Cando Chango

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR PARA EL DIAGNOSTICO DE LA UNIDAD DE CONTROL DE MOTOR (ECU) EN UN VEHÍCULO MARCA HYUNDAI ACCENT” de responsabilidad del Señor Alex Roberto Cando Chango, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Washington Luna Encalada  
**DECANO DE LA FACULTAD DE  
INFROMATICA Y ELECTRÓNICA**

\_\_\_\_\_

Ing. Freddy Chávez V.  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN  
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

\_\_\_\_\_

Ing. Mónica Zabala Haro  
**TUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

Ing. Jorge Yuquilema I.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

“Yo, **ALEX ROBERTO CANDO CHANGO**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

---

Alex Cando

## DEDICATORIA

La alegría de tener a mi lado a las personas que más amo, hace que siempre tenga fuerzas para seguir adelante. Es por eso que quiero dedicar mi trabajo de titulación a quienes sobre todas las cosas estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos de mi carrera. A mi padre José Cando por ser el pilar fundamental mi ejemplo de vida, mi consejero, mi apoyo perseverante sabiéndome guiar por el camino del bien, para que cada día sea mejor persona. A mi Madre América Chango mi segundo pilar quien me demuestra cada día que nada es imposible y que cuando te lo propones lo logras, gracias a su amor, paciencia, perseverancia, consejos, vivencias, a pesar de las adversidades ha sabido llevarme de la mano dándome ánimo para no decaer ante nada ni nadie siguiendo el camino correcto. Padre y Madre los amo mucho.

A mi ñaño Jhony por ser mi compañero de vida, mi hermanito menor con quien he compartido y sigo compartiendo alegrías, tristezas y hasta travesuras. Eres el mejor y te admiro mucho.

A mi tío Mariano Cando por siempre estar pendiente de mi a la distancia que se encuentra, por apoyarme por confiar en mí y sobre todo ser como un segundo padre. Gracias por la confianza que en mí transmite.

Y sobre todo quiero dedicar mi trabajo de titulación, para unas personitas muy importantes que ya no están conmigo, a mis abuelitos Segundo y María a quienes me hubiera gustado muchísimo conocerlos y darles muchos abrazos, a mi abuelita Etelvina por sus bendiciones y sus buenos deseos hacia mí, llevo conmigo sus historias y sobre todo un bonito recuerdo de amor. A mi tía Edelmira, de quien recuerdo que cuando estaba a punto de rendirme, se me presento en un sueño diciéndome que siga adelante y no me dé por vencido, nunca olvidare eso y siempre los llevare en mi corazón.

Para toda mi familia, cada uno de ellos son muy importantes en mi vida, mi abuelito Pedro, mis primos, mis tíos, los quiero mucho ya que todos ellos aportaron un granito de arena en mí. Este logro no es solo mío. Por ustedes y para ustedes.

Alex.

## AGRADECIMIENTO

A Dios y a nuestro señor de los milagros por la salud, vida, protección y sobretodo la fuerza para seguir adelante, por permitirme compartir esta felicidad con mis padres, mi familia y por permitirme conocer a una persona muy especial en mi vida y mi corazón, quien gracias a su apoyo y amor incondicional a sabido acompañarme a lo largo de mi proceso de titulación. A mis padres José y América por su apoyo moral y económico, gracias a ellos ahora este sueño de ser Ingeniero Electrónico se hizo realidad. A mi tío Mariano por su apoyo moral y económico, gracias a su apoyo y confianza hacia mí, me permitió salir adelante y demostrarle que si puedo. A mi tío Carlos (Mega) por regalarme mi primera computadora al momento que comencé mis estudios, gracias a su apoyo logre mi objetivo. A mis amigos Hugo, Fabián, Roberto, Byron, Kleber, Alexis, que más que amigos para mí son como mi familia, por siempre estar unidos en los buenos y en las malos momentos, gracias a su apoyo hemos cosechado triunfos para nuestro equipo “Dexter’s Electronics” y también para nuestra institución. A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por permitirme formar parte de tan prestigiosa institución. A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales por transmitirme sus conocimientos y formarme como profesional, de manera especial a la Ingeniera Mónica Zabala por sus sugerencias y apoyo al momento de la realización de este trabajo de titulación

Alex.

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURA .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Introducción.....</b>	<b>4</b>
<i>1.1.1 La evolución en el sector automotriz .....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2 Evolución mecánica a Electrónica.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3 Ventajas de los sistemas electrónicos en el área automotriz .....</i>	<i>7</i>
<b>1.2 Unidad de control electrónica de motor (ECU) .....</b>	<b>7</b>
<i>1.2.1 Introducción.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2 Partes de la unidad electrónica de control.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3 Como funciona la unidad electrónica de control. ....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.4 Casos de Avería .....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.5 Señales de entrada de la unidad de control electrónica de motor (ECU).....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.6 Señales de salida de la unidad de control electrónica de motor (ECU).....</i>	<i>10</i>
<b>1.3 Sensores Automotrices. ....</b>	<b>11</b>
<i>1.3.1 Sensor de Posición de Cigüeñal (CKP).....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.1.1 Introducción.....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.1.2 Funcionamiento .....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.1.3 Señal Sensor de posición de cigüeñal (CKP) .....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.2 Sensor de Posición de Árbol de Levas (CMP). ....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.2.1 Introducción.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.2.2 Funcionamiento .....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.2.3 Características Sensor de posición de Árbol de Levas (CMP) .....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2.4 Señal Sensor de posición de Árbol de Levas (CMP) .....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.3 Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT).....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.3.1 Introducción.....</i>	<i>15</i>

1.3.3.2	<i>Funcionamiento</i> .....	16
1.3.3.3	<i>Características Sensor de Temperatura de Anticongelante (ECT)</i> .....	17
1.3.3.4	<i>Señal Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT)</i> .....	17
<b>1.3.4</b>	<b><i>Sensor de Oxígeno (O2)</i></b> .....	<b>18</b>
1.3.4.1	<i>Introducción</i> .....	18
1.3.4.3	<i>Características Sensor de Oxígeno (O2)</i> .....	19
1.3.3.4	<i>Señal Sensor de Oxígeno (O2)</i> .....	19
<b>1.3.5</b>	<b><i>Sensor de Posición de Aceleración (TPS)</i></b> .....	<b>20</b>
1.3.5.1	<i>Introducción</i> .....	20
1.3.5.2	<i>Funcionamiento</i> .....	21
1.3.5.3	<i>Características Sensor de Posición de Aceleración (TPS)</i> .....	22
1.3.5.4	<i>Señal Sensor de Posición de Aceleración (TPS)</i> .....	22
<b>1.3.6</b>	<b><i>Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)</i></b> .....	<b>22</b>
1.3.6.1	<i>Introducción</i> .....	22
1.3.6.2	<i>Funcionamiento</i> .....	23
1.3.6.3	<i>Características Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)</i> .....	24
1.3.6.4	<i>Señal Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)</i> .....	24
<b>1.3.7</b>	<b><i>Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP)</i></b> .....	<b>24</b>
1.3.7.1	<i>Introducción</i> .....	24
1.3.7.2	<i>Funcionamiento</i> .....	25
1.3.7.3	<i>Características Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP)</i> .....	26
1.3.7.4	<i>Señal Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)</i> .....	26
<b>1.3.8</b>	<b><i>Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)</i></b> .....	<b>26</b>
1.3.8.1	<i>Introducción</i> .....	26
1.3.8.2	<i>Funcionamiento</i> .....	27
1.3.8.3	<i>Características Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)</i> .....	28
1.3.8.4	<i>Señal Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)</i> .....	28
<b>1.4</b>	<b>Tarjetas De Desarrollo Electrónica</b> .....	<b>28</b>
<b>1.4.1</b>	<b><i>Introducción</i></b> .....	<b>28</b>
<b>1.4.2</b>	<b><i>Tarjeta de desarrollo Arduino</i></b> .....	<b>29</b>
1.4.2.1	<i>Introducción</i> .....	29
1.4.2.2	<i>Clasificación de Tarjeta de desarrollo arduino</i> .....	30
1.4.2.3	<i>Distribución de Pines de Arduino</i> .....	30
1.4.2.4	<i>Ventajas de utilizar Tarjetas de desarrollo Arduino</i> .....	31
1.4.2.5	<i>Programación de Tarjetas de desarrollo arduino</i> .....	31
<b>1.5</b>	<b>Interfaz Hombre – Máquina (HMI)</b> .....	<b>32</b>

<b>1.5.1</b>	<b>Introducción</b> .....	32
<b>1.5.2</b>	<b>Pantalla HMI</b> .....	33
1.5.2.1	Definición .....	33
1.5.2.2	Características.....	33
<b>1.5.3</b>	<b>Entorno pantalla HMI</b> .....	34
<b>1.6</b>	<b>Instrumento de Visualización Electrónico</b> .....	34
<b>1.6.1</b>	<b>Introducción</b> .....	34
<b>1.6.2</b>	<b>Osciloscopio Digital DSO138</b> .....	35
1.6.2.1	Descripción y Características .....	35
<b>1.7</b>	<b>Equipos Actuales</b> .....	36
<b>1.7.1</b>	<b>Introducción</b> .....	36
<b>1.7.2</b>	<b>Simuladores para Sensores Automotrices Actuales</b> .....	37
<b>CAPITULO II</b>		
<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	38
<b>2.1</b>	<b>Introducción</b> .....	38
<b>2.3</b>	<b>Etapas 1: Generador de Señales</b> .....	40
<b>2.3.1</b>	<b>Introducción</b> .....	40
<b>2.3.2</b>	<b>Generación de señales PWM con tarjeta de desarrollo Arduino Nano</b> .....	40
2.3.2.1	Características de la señal PWM .....	42
<b>2.3.3</b>	<b>Conversión de señal PWM digital a señal analógica</b> .....	42
2.3.3.1	Aplicación y Estructura del Amplificador operacional LM358. ....	43
2.3.3.2	Constante de Tiempo de Carga del conversor PWM digital a PWM analógico. ....	44
<b>2.3.4</b>	<b>Diseño del circuito para la Señal Sensor de posición de aceleración (TPS)</b> .....	45
2.3.4.1	Diseño Circuito Esquemático – Entorno ISIS .....	45
<b>2.3.5</b>	<b>Diseño Señal Sensor Temperatura de Refrigerante (ECT)</b> .....	47
2.3.5.1	Diseño Circuito esquemático – Entorno ISIS.....	47
<b>2.3.6</b>	<b>Diseño Señal del Sensor de Temperatura de Aire de Admisión (IAT)</b> .....	48
2.3.6.1	Diseño Circuito Esquemático – Entorno ISIS .....	49
<b>2.3.7</b>	<b>Diseño Señal del Sensor de Presión Absoluta del múltiple de Admisión (MAP)</b> .....	50
2.3.7.1	Diseño circuito esquemático – Entorno ISIS.....	50
<b>2.3.8</b>	<b>Diseño Señal del Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)</b> .....	51
2.3.8.1	Diseño circuito esquemático – Entorno ISIS.....	51
<b>2.3.9</b>	<b>Diseño de la placa de circuito impreso (PCB) – Entorno ARES</b> .....	55
2.3.9.1	Visualización del diseño en un entorno 3D .....	56
<b>2.3.10</b>	<b>Implementación de la placa de circuito impreso.</b> .....	57
2.3.10.1	Armado de la placa de circuito impreso.....	57

<b>2.4</b>	<b>Etapa 2: Diseño de Señales de los sensores CKP y CMP</b> .....	588
<b>2.4.1</b>	<b>Introducción</b> .....	588
2.4.1.1	<i>Diseño circuito esquemático – Entorno ISIS</i> .....	59
2.4.1.2	<i>comunicación entre tarjetas de desarrollo arduino nano.</i> .....	61
<b>2.4.2</b>	<b>Diseño de la placa de circuito impreso PCB – Entorno ARES</b> .....	63
<b>2.4.3</b>	<b>Implementación de la placa de circuito impreso</b> .....	63
2.4.3.1	<i>Armado de la placa de circuito impreso</i> .....	64
<b>2.5</b>	<b>Etapa 3: Diseño del probador para inyectores y bobinas del vehículo</b> .....	65
<b>2.5.1</b>	<b>Diseño del probador para inyectores</b> .....	65
<b>2.5.2</b>	<b>Diseño del probador para Bobinas</b> .....	66
<b>2.5.3</b>	<b>Diseño de la placa de circuito impreso (PCB) – entorno ARES</b> .....	67
<b>2.6</b>	<b>Pantalla HMI</b> .....	68
<b>2.6.1</b>	<b>Introducción</b> .....	68
<b>2.6.2</b>	<b>Diseño de la interfaz gráfica HMI</b> .....	68
<b>2.7</b>	<b>Osciloscopio DSO138</b> .....	69
<b>2.7.1</b>	<b>Características y funcionamiento del Osciloscopio DSO138</b> .....	69
2.7.1.1	<i>características</i> .....	69
<b>2.8</b>	<b>Módulo Voltímetro – Amperímetro Digital</b> .....	70
<b>2.8.1</b>	<b>Introducción</b> .....	70
2.8.1.1	<i>conexión voltímetro – amperímetro Digital</i> .....	71
<b>2.9</b>	<b>Diseño y construcción de la carcasa del simulador</b> .....	71
<b>2.9.1</b>	<b>Introducción</b> .....	71
2.9.1.1	<i>Diseño de la carcasa</i> .....	71
2.9.1.2	<i>Corte laser de la carcasa</i> .....	72
2.9.1.3	<i>Ensamblaje de la carcasa</i> .....	73
<b>2.10</b>	<b>Armado total del simulador</b> .....	73
<b>2.10.1</b>	<b>Simulador V1.0 - Resultado final</b> .....	74
<b>2.11</b>	<b>Costos del Simulador V1.0</b> .....	75
<b>CAPITULO III</b>		
<b>3</b>	<b>PRUEBAS RESULTADOS</b> .....	77
<b>3.1</b>	<b>Introducción</b> .....	77
<b>3.2</b>	<b>Análisis Ensayo y Error</b> .....	77
<b>3.2.1</b>	<b>Diagnóstico ECU – 1</b> .....	78
<b>3.2.2</b>	<b>Diagnóstico ECU – 2</b> .....	79
<b>3.2.3</b>	<b>Diagnóstico ECU – 3</b> .....	80
<b>3.2.4</b>	<b>Diagnóstico ECU – 4</b> .....	81

<b>3.2.5</b>	<b>Diagnóstico ECU – 5</b> .....	<b>822</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Diagnóstico ECU – 6</b> .....	<b>833</b>
<b>3.2.7</b>	<b>Efectividad total del simulador V1.0</b> .....	<b>844</b>
<b>3.3</b>	<b>Análisis de comparación de costos entre un simulador comercial con el simulador implementado actualmente</b> .....	<b>84</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>86</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>88</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>89</b>
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 – 1:</b>	Evolución Automotriz Mecánica – Electrónica .....	5
<b>Tabla 2 – 1:</b>	Producción española de vehículos a motor (4 ruedas) .....	6
<b>Tabla 3 – 1:</b>	Marcas y Costos de Simuladores en diferentes Países .....	37
<b>Tabla 1 – 2:</b>	Pines de salida PWM en tarjetas controladoras Arduino. ....	40
<b>Tabla 2 – 2:</b>	Composición del amplificador LM358. ....	43
<b>Tabla 3 – 2:</b>	Características de la fuente conmutada LM2596. ....	54
<b>Tabla 4 – 2:</b>	Materiales utilizados en el armado de la placa de circuito impreso. ....	57
<b>Tabla 5 – 2:</b>	Especificaciones del módulo shield DF player mini .....	59
<b>Tabla 6 – 2:</b>	Materiales utilizados en el armado de la placa de circuito impreso. ....	64
<b>Tabla 7 – 2:</b>	Funciones de los sliders en la pantalla HMI. ....	69
<b>Tabla 8 – 2:</b>	especificaciones del osciloscopio DSO138.....	69
<b>Tabla 9 – 2:</b>	Fuentes de alimentación.....	70
<b>Tabla 10 – 2:</b>	Medidas de la carcasa.....	71
<b>Tabla 11 – 2:</b>	Elementos del simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónica de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent.....	74
<b>Tabla 12 – 2:</b>	Costos de fabricación del simulador V1.0.....	75
<b>Tabla 13 – 2:</b>	Porcentaje de costos por material.....	76
<b>Tabla 1 – 3:</b>	Tiempos de diagnóstico manual y con el método simulador V1.0 .....	777
<b>Tabla 2 – 3:</b>	Tiempos de diagnóstico ECU – 1.....	788
<b>Tabla 3 – 3:</b>	Tiempos de diagnóstico ECU – 2.....	799
<b>Tabla 4 – 3:</b>	Tiempos de diagnóstico ECU – 3.....	80
<b>Tabla 5 – 3:</b>	Tiempos de diagnóstico ECU – 4.....	81
<b>Tabla 6 – 3:</b>	Tiempos de diagnóstico ECU – 5.....	822
<b>Tabla 7 – 3:</b>	Tiempos de diagnóstico ECU – 6.....	833
<b>Tabla 8 – 3:</b>	Costo simuladores en diferentes países.....	844
<b>Tabla 9 – 3:</b>	Costo simuladores en porcentajes .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 – 1:</b>	Unidad de Control de Motor Electrónica de Motor. ....	8
<b>Figura 2 – 1:</b>	Unidad de Control de Motor Electrónica de Motor. ....	9
<b>Figura 3 – 1:</b>	Unidad de Control de Motor Electrónica de Motor. ....	11
<b>Figura 4 – 1:</b>	Sensor de Posición de Cigüeñal (CKP) Hyundai Accent. ....	12
<b>Figura 5 – 1:</b>	Posición Sensor (CKP) Hyundai Accent – Rueda recolectora. ....	12
<b>Figura 6 – 1:</b>	Señal Sensor (CKP) Hyundai Accent. ....	13
<b>Figura 7 – 1:</b>	Sensor (CMP) Hyundai Accent. ....	14
<b>Figura 8 – 1:</b>	Señal Sensor (CMP) Hyundai Accent. ....	14
<b>Figura 9 – 1:</b>	Señal Sensor (CMP) Hyundai Accent. ....	15
<b>Figura 10 – 1:</b>	Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT) Hyundai Accent. ....	16
<b>Figura 11 – 1:</b>	Ubicación Sensor (ECT) con Unidad de Control Electrónica (ECU) . ....	17
<b>Figura 12 – 1:</b>	Forma de Onda Sensor (ECT) Hyundai Accent. ....	18
<b>Figura 13 – 1:</b>	Sensor de Oxígeno (O2) Hyundai Accent. ....	18
<b>Figura 14 – 1:</b>	Ubicación Sensor de Oxígeno (O2) Hyundai Accent . ....	19
<b>Figura 15 – 1:</b>	Forma de Onda Sensor de Oxígeno (O2) Hyundai Accent . ....	20
<b>Figura 16 – 1:</b>	Sensor de Posición de Aceleración (TPS) Hyundai Accent. ....	20
<b>Figura 17 – 1:</b>	Ubicación Sensor (TPS) con Unidad de Control Electrónica (ECU). ....	21
<b>Figura 18 – 1:</b>	Forma de Onda Sensor de Posición de Aceleración (TPS) Hyundai Accent ..	22
<b>Figura 19 – 1:</b>	Sensor Flujo de Masa de Aire (MAF) Hyundai Accent . ....	23
<b>Figura 20 – 1:</b>	Ubicación Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF) Hyundai Accent. ....	23
<b>Figura 21 – 1:</b>	Ubicación Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF) Hyundai Accent. ....	24
<b>Figura 22 – 1:</b>	Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP) Hyundai Accent. ....	25
<b>Figura 23 – 1:</b>	Ubicación Sensor (MAP) con Unidad de Control Electrónica (ECU) . ....	25
<b>Figura 24 – 1:</b>	Señal Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP) Hyundai Accent . ....	26
<b>Figura 25 – 1:</b>	Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT) Hyundai Accent. ....	27
<b>Figura 26 – 1:</b>	Ubicación Sensor (IAT) Hyundai Accent . ....	27
<b>Figura 27 – 1:</b>	Forma de Onda Sensor (IAT) Hyundai Accent. ....	28
<b>Figura 28 – 1:</b>	Tarjeta de Desarrollo Arduino . ....	30
<b>Figura 29 – 1:</b>	Diagrama de pines ATmega328. ....	31
<b>Figura 30 – 1:</b>	Entorno de Desarrollo Arduino . ....	32
<b>Figura 31 – 1:</b>	Pantalla HMI . ....	33
<b>Figura 32 - 1:</b>	Entorno Pantalla HM. ....	34
<b>Figura 33 – 1:</b>	Osciloscopio DSO138. ....	36
<b>Figura 34 – 1:</b>	Simuladores de Sensores Automotrices comerciales . ....	37
<b>Figura 1 – 2:</b>	Diseño de una señal PWM con Arduino . ....	41
<b>Figura 2 – 2:</b>	Forma de onda de una señal PWM con Arduino. ....	41
<b>Figura 3 – 2:</b>	Circuito para conversión señales Digitales - Analógicas . ....	45
<b>Figura 4 – 2:</b>	Diseño Circuito Señal del Sensor de posición de aceleración (TPS) . ....	46
<b>Figura 5 – 2:</b>	Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 1 PWM . ....	46
<b>Figura 6 – 2:</b>	Diseño del circuito – Señal del Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT) .....	47
<b>Figura 7 – 2:</b>	Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 2 PWM . ....	48
<b>Figura 8 – 2:</b>	Diseño del circuito – Señal del Sensor Temperatura de Aire de Admisión (IAT) . ....	49
<b>Figura 9 – 2:</b>	Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 2 PWM . ....	49

<b>Figura 10 – 2:</b>	Diseño del circuito – Señal sensor (MAP).....	50
<b>Figura 11 – 2:</b>	Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 3 PWM.....	51
<b>Figura 12 – 2:</b>	Diseño del circuito – Señal sensor (MAF).....	52
<b>Figura 13 – 2:</b>	Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 4 PWM.....	52
<b>Figura 14 – 2:</b>	Diseño esquemático completo.....	53
<b>Figura 15 – 2:</b>	Fuente conmutada de voltaje LM2596.....	53
<b>Figura 16 – 2:</b>	Serial de conexión para LCD.....	54
<b>Figura 17 – 2:</b>	Serial de comunicación para HMI.....	55
<b>Figura 18 – 2:</b>	Serial de comunicación para HMI.....	56
<b>Figura 19 – 2:</b>	Visualización 3D de la placa del circuito.....	56
<b>Figura 20 – 2:</b>	Fabricación placa de circuito en maquina CNC.....	57
<b>Figura 21 – 2:</b>	Resultado final placa de circuito impreso.....	58
<b>Figura 22 – 2:</b>	Modulo DF player Mini.....	59
<b>Figura 23 – 2:</b>	Modulo puente H.....	60
<b>Figura 24 – 2:</b>	Diseño generador de señales CKP/CMP.....	61
<b>Figura 25 – 2:</b>	Diseño esquemático de comunicación.....	62
<b>Figura 26 – 2:</b>	Diseño esquemático general.....	62
<b>Figura 27 – 2:</b>	Diseño PCB placa generadora de señal CKP/CMP.....	63
<b>Figura 28 – 2:</b>	Corte en maquina CNC.....	63
<b>Figura 29 – 2:</b>	Armado placa generadora de señales CKP/CMP.....	64
<b>Figura 30 – 2:</b>	transistores PNP/NPN.....	65
<b>Figura 31 – 2:</b>	Diseño esquemático probador de inyectores.....	66
<b>Figura 32 – 2:</b>	Diseño esquemático probador de bobinas.....	67
<b>Figura 33 – 2:</b>	Diseño PCB probador de bobinas e inyectores.....	67
<b>Figura 34 – 2:</b>	Interfaz gráfica HMI - LABVIEW.....	68
<b>Figura 35 – 2:</b>	Conexión voltímetro amperímetro.....	71
<b>Figura 36 – 2:</b>	Diseño y Medidas Carcasa.....	72
<b>Figura 37 – 2:</b>	Corte de la carcasa.....	73
<b>Figura 38 – 2:</b>	Ensamblaje de la carcasa.....	73
<b>Figura 39 – 2:</b>	Simulador V1.0.....	74

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1 – 2:</b>	Etapas del Diseño e Implementación del Simulador V1.0.....	38
<b>Gráfico 2 – 2:</b>	Estructura del Simulador V1.0.....	39
<b>Gráfico 1 - 3:</b>	Porcentajes de diagnóstico ECU - 1 manual y con simulador V1.0.....	788
<b>Gráfico 2 - 3:</b>	Porcentajes de diagnóstico ECU - 2 manual y con simulador V1.0.....	799
<b>Gráfico 3 – 3:</b>	Porcentajes de diagnóstico ECU - 3 manual y con simulador V1.0.....	80
<b>Gráfico 4 – 3:</b>	Porcentajes de diagnóstico ECU - 4 manual y con simulador V1.0.....	81
<b>Gráfico 5 – 3:</b>	Porcentajes de diagnóstico ECU - 4 manual y con simulador V1.0.....	82
<b>Gráfico 6 – 3:</b>	Porcentajes de diagnóstico ECU - 6 manual y con simulador V1.0.....	833
<b>Gráfico 7 – 3:</b>	Porcentaje de diferencia de costos entre simuladores .....	855

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1 - 2:</b>	Ecuación para calcular el tiempo en que tarda el PWM en completar un ciclo .....	42
<b>Ecuación 2 - 2:</b>	Ecuación del tiempo de carga del condensador.....	44
<b>Ecuación 1 – 3:</b>	Ecuación de la media.....	844

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Código software arduino etapa 1
- Anexo B:** Código software arduino etapa 2
- Anexo C:** Programación interfaz en software Labview para HMI
- Anexo D:** Partes del Simulador V1.0
- Anexo E:** Pruebas del Simulador V1.0 con la unidad de control electrónica (ECU)
- Anexo F:** Certificado de Funcionalidad emitido por el centro de diagnóstico electromecánico “COP”

## ÍNDICE DE ABREVIATURA

<b>ECU</b>	Unidad de control electrónica
<b>CKP</b>	Sensor de posición de cigüeñal
<b>CMP</b>	Sensor de posición de árbol de levas
<b>TPS</b>	Sensor de posición de aceleración
<b>ECT</b>	Sensor de temperatura de refrigerante
<b>IAT</b>	Sensor de temperatura de aire de Admisión
<b>MAP</b>	Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión
<b>MAF</b>	Sensor de flujo de masa de aire
<b>O2</b>	Sensor de oxígeno
<b>PCB</b>	Placa de circuito impreso
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>Ms</b>	Milisegundos
<b>V</b>	Voltios
<b>VDC</b>	Voltaje de corriente continúa
<b>USB</b>	Universal serial plus
<b>MHZ</b>	Mega Hertz
<b>Mm</b>	Milímetros
<b>PWM</b>	Modulación por ancho de pulso
<b>mA</b>	Miliamperios
<b>UART</b>	Transmisor receptor asíncrono universal
<b>KΩ</b>	Kilohmios
<b>Hz</b>	Hertz
<b>F</b>	Frecuencia
<b>T</b>	Tiempo
<b>Uf</b>	Microfaradios
<b>Rx</b>	Receptor
<b>Tx</b>	Transmisor
<b>CNC</b>	Control numérico computarizado

## **RESUMEN**

Se desarrolló un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónico de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent. Se evaluaron las diferentes tecnologías para el diseño e implementación del mismo a través del método heurístico. El simulador se implementó en cuatro etapas, la primera etapa es la generación de las señales del sensor de posición de aceleración (TPS), sensor de temperatura de refrigerante (ECT), sensor de temperatura de aire de admisión (IAT), sensor de oxígeno (O2), sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP) y sensor de flujo de masa de aire (MAF), la segunda etapa se componen de la generación de las señales del sensor de posición de cigüeñal CKP y sensor de posición de árbol de levas (CMP), utilizando tarjetas de desarrollo Arduino nano con el fin de programar y propiciar la simulación de pulsos PWM analógicos característicos emitidos por los sensores automotrices a través de la conversión digital- analógica usando amplificadores operacionales (OPAM). La conexión de la interfaz hombre máquina (HMI) se estableció como tercera etapa, el diseño e implementación se realizó mediante la interfaz gráfica desarrollada en Labview y su manejo a través del dispositivo de manipulación táctil. La cuarta etapa complementó el diagnóstico de los inyectores y bobinas utilizando transistores NPN 3904 y PNP 3906 que permiten la detección de pulsos emitidos en caso de falla o buen estado. El simulador se denominó V1.0. Se diseñó y construyó la carcasa final a través del software Solidwork con el fin de proporcionar protección al mismo. Las pruebas y resultados ejecutados permitieron comprobar la funcionalidad y eficiencia del dispositivo, al verificar una mejora del tiempo de diagnóstico y monitoreo sobre unidad de control electrónica (ECU) en un 73.5%. Se recomienda seguir el proceso de manipulación indicada por el autor.

**PALABRAS CLAVES:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA (ECU)>, <DIAGNOSTICO>, <ARDUINO (SOFTWARE-HARDWARE)>, <AMPLIFICADORES OPERACIONALES (OPAM)>, <INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)>, <SIMULACIÓN>, <SENSORES>, <MONITOREO>

## SUMMARY

A simulator was developed for the diagnosis of the electronic engine control unit (ECU) on a Hyundai Accent Brand vehicle. The different technologies were evaluated, for the desing and implementation of the same through the heuristic method. The simulator was implemented in four stages. The first stage is the signal generations of the throttle position sensor. (TPS) The engine coolant temperatura sensor. (ECT) The intake air temperature sensor. (IAT) The oxygen sensor. (O2) Intake manifold absolute pressure sensor. (MAP) and Mass air flow sensor (MAF). The second stage is composed of the generation of signals from the CKP crankshaft position sensor and camshaft position sensor (CMP) by using the development card arduino nano with the aim of programming and promoting the simulation of PWM pulses, analog characteristics emitted by the automotive sensors, through the converter digital – analog by using of operational amplifiers (OPAM). The connection of the Human Machine Interface (HMI) was established as the third stage, the desing and implementation were done by using the graphical interface developed in Labview and its handling through the tactile manipulation device. The fourth stage complemented the diagnosis of the injectors and coils by using NPN 3904 and PNP 3906 transistors that allow the detection of pulses emitted in case of failure or good condition. The simulator was denominated V1.0. The final housing was designed and built through the Solidwork software with the objective of referring protection. The tests and executed results allowed to check the functionality and efficiency of the device when verifying an improvement of the diagnosis time, and monitoring on the electronic control unit. (ECU) by 73.5 %. It is recommended to follow manipulation process indicated by the autor.

**Key words:** < TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES >, <ENGINEERING AND ELECTRONIC TECHNOLOGY>, <ELECTRONIC CONTROL UNIT (ECU)>, <DIAGNOSTIC>, <ARDUINO (SOFTWARE - HARDWARE)>, <OPERATIONAL AMPLIFIERS (OPAM)>, <HUMAN – MACHINE INTERFACE (HMI)>, <SIMULATION>, <SENSORS>, <MONITORING>

## **INTRODUCCIÓN**

### **ANTECEDENTES**

Hoy en día la tecnología ha revolucionado la industria, siendo la ingeniería electrónica el pilar fundamental en el mejoramiento y automatización de procesos, aportando a varias ramas de ingeniería entre estas el área automotriz.

En estos últimos años la industria automotriz ha evolucionado de lo mecánico a lo electrónico ofreciendo mejores prestaciones en el funcionamiento del vehículo, todo esto controlado por la ecu (unidad de control de motor).

El mercado automotriz en su mayoría proviene de países extranjeros por lo que el acceso a repuestos e instalaciones especializadas para el mantenimiento de los mismos resulta costoso y poco accesible.

Actualmente en Ecuador existen escasos centros que permiten el diagnóstico del ecu (unidad de control de motor) por marca, por lo que no existe dispositivos estandarizados sectorizando el mercado.

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Según una investigación en los diferentes centros de diagnóstico especializado en la ciudad de Santo Domingo y en otras partes del Ecuador, no existen simuladores para el diagnóstico, la lectura y visualización del estado de los principales sensores automotrices para la verificación y reparación de daños en ecu (unidad de control electrónico de motor).

Es por tal motivo que se plantea este proyecto como una alternativa de solución para lograr un diagnóstico acertado en la prueba y reparación de las Ecus en los diferentes sistemas controlados electrónicamente en el vehículo automotriz marca Hyundai Accent.

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuántos centros automotrices especializados en el Ecuador trabajan con simuladores para diagnosticar la unidad de control electrónico de motor (ECU).

¿Dichos simuladores constan de las funciones necesarias para la comodidad de sus usuarios?

¿Las marcas de vehículos que más utilizan diagnóstico del ecu?

## **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Por medio de este proyecto de investigación se pretende implementar un simulador con características extras que permita diagnosticar el funcionamiento o la avería de una unidad de control electrónico de motor (ECU).

El trabajador o usuario podrá manipular funciones que otros simuladores no poseen permitiendo así una mayor comodidad y desempeño en el diagnóstico de un ecu, y así poder lograr el fortalecimiento de habilidades y prácticas formativas con el fin de fortalecer el aprendizaje también en el ámbito estudiantil.

## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

Actualmente existen simuladores para ECU que no constan con los requerimientos necesarios para el usuario ya que en algunas ocasiones se necesitan de funciones extras como la de una sincronización entre sensores tal sea el caso del sensor de posición cigüeñal (CKP) con el sensor de posición árbol de levas (CMP), lo cual es muy importante en el diagnóstico del vehículo.

Adicionalmente se necesita que el dispositivo tenga una interfaz para conexión del módulo inmovilizador y algunas otras funciones que se le puede agregar al simulador como un pequeño osciloscopio que nos pueda visualizar las señales que emiten cada sensor del vehículo marca Hyundai Accent.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseño e implementación de un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónico de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar las diferentes tecnologías que existen en nuestro país, para la construcción de un simulador para ECU automotriz.
- Investigar los diferentes tipos de diagnóstico, establecer prioridades entre ellos de acuerdo a sus características.
- Investigar el funcionamiento, características de la unidad de control electrónico de motor (ECU).
- Seleccionar los dispositivos electrónicos más óptimos para la construcción de dicho simulador.
- Construir los diseños electrónicos en un software con entorno integrado para la realización de proyectos electrónicos.
- Realizar estudios de pruebas y resultados.

# CAPITULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1 Introducción

En este capítulo se detalla todo acerca de cómo por medio de la electrónica varios campos tecnológicos llegan a desarrollarse de una manera excepcional tal sea el caso del campo automotriz, con la implementación de un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónica de motor más conocida como ECU en un vehículo de marca Hyundai Accent.

#### *1.1.1 La evolución en el sector automotriz*

La evolución en el sector automotriz ha ido avanzando a pasos agigantados gracias a la intervención de nuevas especialidades que han aportado de gran manera en este ámbito, como es la ingeniería electrónica. *La que bien podría denominarse era del automóvil se inicia formalmente el 29 de enero de 1886 con la presentación por Karl Benz ante la Oficina Imperial de Berlín de una patente para triciclo propulsado por motor de gas, ideado y diseñado por él, en el que el gas se genera a partir de materias gasificables en un aparato que el vehículo lleva consigo.*

(Muñoz, R. 1993, p. 291)

*A partir de 1886 fueron surgiendo los progresos técnicos aportados por aquellos que, de una forma u otra, sintonizaban con la dinámica renovadora de aquel tiempo, y sin los que el automóvil no habría sido posible en 1929 Rafael Muñoz Ramírez la forma en que hoy lo conocemos. Salvo el diseño, sigue siendo básicamente el mismo vehículo en sus principios mecánicos y de automoción.*

*A él se han incorporado importantes innovaciones, pero hoy, como entonces, seguimos hablando de sistemas de encendido, carburación, transmisión, cambio y frenos, si bien es verdad que no todo se inventó y perfeccionó al mismo tiempo.* (Muñoz, R. 1993, p.291)

**Tabla 1 - 1:** Evolución Automotriz Mecánica – Electrónica

AÑO	ACTUALIZACION	SISTEMAS IMPLEMENTADOS
1960	Electrónico, nivel sistema	Ignición, mecánico
1980	Confort	Mecánico - electrónico
2000	Confort electrónico	Memorias automotrices
2015	Sistemas totalmente electrónicos	Memorias ECU
2017	HIBRIDOS	Varias memorias Varias ECU en un solo vehículo

**Fuente:**[http://www.elsevier.es/ficheros/publicaciones/01861042/0000005900000002/v2\\_201505081449/S0186104214712537/v2\\_201505081449/es/main.assets/gr1.jpeg](http://www.elsevier.es/ficheros/publicaciones/01861042/0000005900000002/v2_201505081449/S0186104214712537/v2_201505081449/es/main.assets/gr1.jpeg)

**Realizado por:** CANDO, Alex, 2017

Hoy en día la gran aportación de los medios tecnológicos y electrónicos, en el sentido amplio de la palabra, ha hecho posible el intercambio de ideas y formas de pensar de los hombres para la aportación de tecnologías e inventos en el área automotriz.

Cuando se inventó el primer automóvil se comenzó de la nada, solo existían los buques y el ferrocarril que servían de transporte para las personas y productos en general, es cuando nace la idea de crear un automóvil que dotado de un motor que permita movilizar a las personas de manera eficiente y con una característica esencial, que sea sencillo de manejar en base a la demanda de la población. (Muñoz, R. 1993, p.292)

Con la creación del automóvil aceleró el desarrollo social de forma espectacular ya que con la intervención de la mano del hombre en mejoras se pudo disponer de un medio capaz de satisfacer las necesidades de las personas y que pueda movilizarlos a diferentes lugares. Desde el año 1886 que se llevó a cabo el desarrollo automovilístico en el mundo ha ido avanzando a pasos agigantados hasta los años de 1990 que la tecnología ha ido desarrollándose conjuntamente con el ámbito electrónico, este desarrollo impulsó un fecundo periodo de ideas y proyectos.

Para los años de 1990 la industria automovilística ya producía alrededor de dos millones de vehículos, y esto implicaba que cada año los usuarios adquirirían nuevos vehículos y las empresas comenzaban a adquirir grandes ganancias. La dimensión alcanzada por estas empresas en países conocidos como España, Alemania, Francia e Italia ha tomado gran ventaja. (Muñoz, R. 1993, p.296)

**Tabla 2 - 1:** Producción española de vehículos a motor (4 ruedas)

AÑOS	UNIDADES
1978	1.143.831
1980	1.181.660
1985	1.417.395
1990	2.053.350

Fuente: <https://revistas.ucm.es/index.php/CESE/article/viewFile/CESE9393110289A/11097>

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

### ***1.1.2 Evolución mecánica a Electrónica.***

A medida que el tiempo ha ido transcurriendo la evolución automovilística ha avanzado de forma satisfactoria del ámbito mecánico al ámbito electrónico, ya que la intervención de la rama electrónica dentro de estos procesos ha sido una de las más importantes en la comodidad y manejo de los automóviles.

El inicio de esta evolución mecánica – electrónica tiene sus inicios en los años 60, esto se basó en reemplazar partes mecánicas del vehículo en electrónicas con el objetivo de ser más fiable. Un claro ejemplo se dio en el año de 1965 en donde el principal cambio fue sustituir el encendido por ruptor al encendido transistorizado del vehículo, luego de esto la electrónica siguió interviniendo con el desarrollo tecnológico ya que en 1978 llegó el ABS.

(Gemacar, 2014, <http://www.solucionesguemacar.es/blog/entry/la-evolucion-de-los-sistemas-electronicos-de-los-automoviles.1>.)

*La eclosión de la electrónica digital, a base de transistores, marca verdaderamente la era de la electrónica del automóvil gracias a la posibilidad de minimizar el tamaño de los componentes. El hecho de hacer componentes electrónicos más pequeños (diminutos e, incluso, microscópicos) ha permitido la integración de un mayor número de funciones en el interior de un mismo calculador o centralita. Y, además, ha conferido a los sistemas electrónicos las prestaciones que los hacen hoy insustituibles.*

(GEMACAR, 2014, <http://www.solucionesguemacar.es/blog/entry/la-evolucion-de-los-sistemas-electronicos-de-los-automoviles.1>.)

La importancia de la intervención de los sistemas electrónicos en los vehículos ha permitido facilitar el funcionamiento con la electrónica en los captadores y los actuadores, esta tecnología basada en la electrónica tuvieron un verdadero auge en los años 90, fue así que en estos años se incluyeron los sistemas electrónicos en vehículos de baja y alta gama.

Pero a partir de año 2000 la tecnología electrónica en el automóvil comenzó a crecer con la intervención de la meca trónica, cuyo objetivo principal dentro de este sistema fue integrar y optimizar todos los sistemas dentro del vehículo, incluyendo componentes electrónicos, electromecánicos y programas tales como la ECU (Unidad de control electrónica de motor). (Gemacar, 2014, <http://www.solucionesguemacar.es/blog/entry/la-evolucion-de-los-sistemas-electronicos-de-los-automoviles>. 1.)

### ***1.1.3 Ventajas de los sistemas electrónicos en el área automotriz***

La ventaja de estos sistemas electrónicos en un vehículo son muchos dentro del funcionamiento, pongamos un ejemplo sencillo anteriormente para dar apertura a la ventana del vehículo se necesitaba hacerlo de forma manual por medio de una perilla, pero con la intervención de estos sistemas totalmente electrónicos basta con solo pulsar un botón para que realice la misma función sin la necesidad de ningún esfuerzo.

La inyección electrónica ha mejorado ya que este sistema puede calibrar casi a la precisión milimétrica, al contrario de un carburador mecánico. Llegando a la conclusión que al poseer una inyección electrónica en el vehículo tendremos la ventaja de que será más confiable y menos costosa para el usuario.

Pero tomaremos en cuenta una de las ventajas más importantes en la evolución mecánica – electrónica, es decir, la intervención de sensores en el vehículo sensores que nos permiten monitorear el correcto funcionamiento de las diferentes partes del mismo, tales como: oxígeno, temperatura de aire, maza de flujo de aire, velocidad del vehículo, posición del cigüeñal, árbol de levas, etc.

## **1.2 Unidad de control electrónica de motor (ECU)**

### ***1.2.1 Introducción***

Finalizando el año 1970 se comenzaron a incorporar las unidades de control dentro de un automóvil como parte de la inclusión electrónica dentro de esta área automovilística, se añadieron una variedad de sensores al vehículo los mismos que fueron controlados por la unidad de control (ECU), este sistema fue implementado principal mente para controlar las emisiones de gases contaminantes y facilitar el diagnóstico de averías.

(Alaniz, 2017, <https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf>. 1. )

A comienzos del año 1980 las innovaciones en el ámbito automotriz provienen principalmente de la incorporación de la ingeniería electrónica más no de la parte mecánica, hasta este tiempo se añadieron más de 200 sensores al vehículo y una variedad de unidades de control de motor. Pero es a finales de los años 90 que los sistemas electrónicos en el vehículo se volvieron más complejos, los innovadores e ingenieros electrónicos comenzaron añadirles firmware que puedan ser capaces de actualizarse y corregir errores.

(Alaniz, 2017, [https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf. 1.](https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf.1))



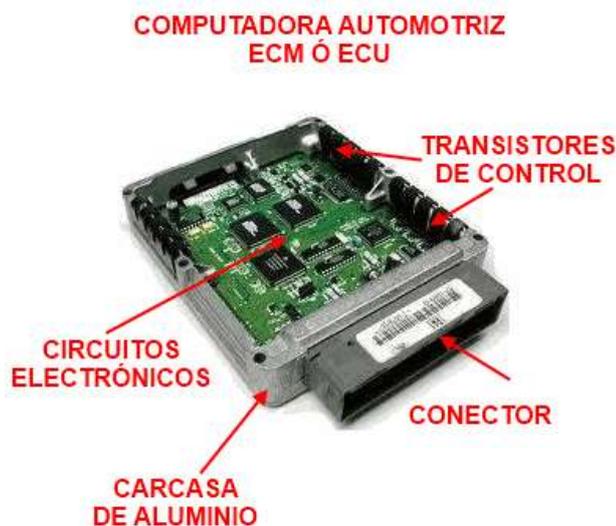
**Figura 1 - 1:** Unidad de Control de Motor Electrónica de Motor.

Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/iQgx48AfMRg/hqdefault.jpg>

### ***1.2.2 Partes de la unidad electrónica de control***

Dentro del funcionamiento y la estructura de estas unidades de control electrónica de motor estas poseen una gran variedad de dispositivos electrónicos tales como: microprocesadores, micro controlador, resistencias, transistores todos estos montados en una placa impresa de cobre. Estos dispositivos conocidos como ECU o memoria deben estar protegidas contra polvos, agua, aceite, vibraciones y altas temperaturas, estos dispositivos son diseñados para funcionar entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $+140^{\circ}\text{C}$ .

(Alaniz, 2017, [https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf. 1.](https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf.1))



**Figura 2 – 1:** Unidad de Control de Motor Electrónica de Motor.  
Fuente: <http://www.autodaewoospark.com/imagenes/diagramas-electricos/computadora-automotriz-ECM-ECU.png>

### 1.2.3 Como funciona la unidad electrónica de control.

*Las señales que recibe la ECU de los distintos sensores son evaluadas continuamente, en el caso de que falle alguna señal o sea defectuosa, la ECU adopta valores sustitutivos fijos que permitan la conducción del vehículo hasta que se puedan arreglar las averías. Si existe algunas averías en el motor esta se registrara en la memoria de la ECU, la información sobre la avería podrá leerla el mecánico en el taller conectando un aparato de diagnóstico o un simulador para ECU.*

*Si se averían los sensores o los elementos de ajuste que podrían suponer daños en el motor o conducir a un funcionamiento fuera de control del vehículo, se desconecta entonces el sistema de inyección parándose lógicamente el vehículo.*

(Alaniz, 2017, <https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf>. 1.)

### 1.2.4 Casos de Avería

- El motor del vehículo se vuelve inestable tiende a poseer vibraciones.
- el vehículo comienza a consumir más combustible de lo normal.
- Emisión de humo negro, provocando contaminación en el medio ambiente.
- Falta de potencia en el vehículo.
- El vehículo reacciona de forma lenta al momento de la aceleración

(Hernandez, 2017, <https://es.scribd.com/document/186787004/Casos-Fallas-de-La-ECU>. primera edicion.)

### ***1.2.5 Señales de entrada de la unidad de control electrónica de motor (ECU).***

Dentro de las señales de entrada en una unidad de control tenemos las siguientes:

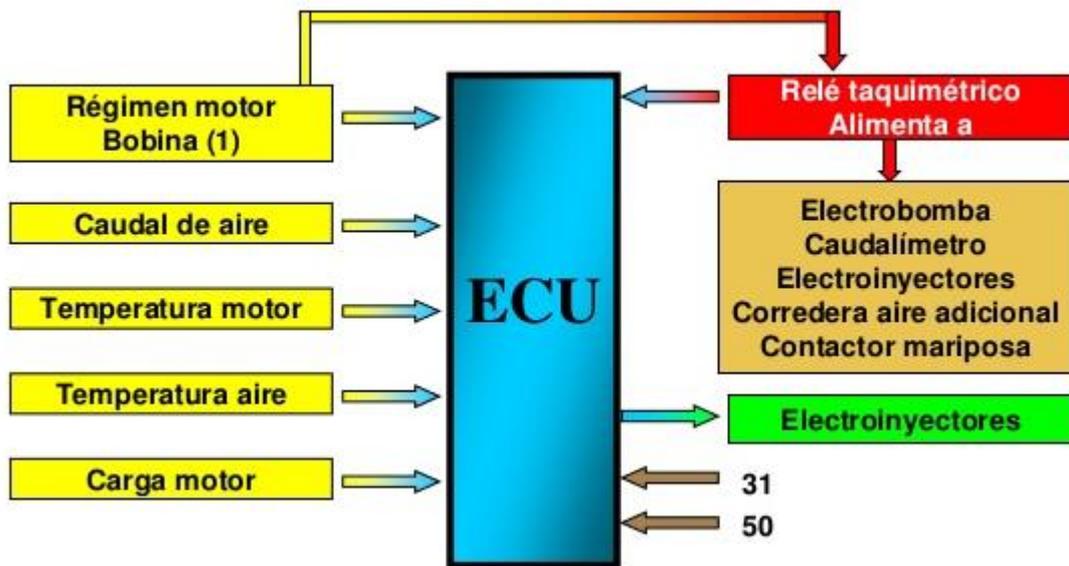
- Temperatura de refrigerante (sensor ECT).
- Sensor para oxígeno (Sensor O<sub>2</sub>).
- Sensor de posición de cigüeñal (SENSOR CKP).
- Sensor de posición de árbol de levas (SENSOR CMP).
- Sensor de posición de aceleración (SENSOR TPS).
- Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (SENSOR MAP).
- Sensor de temperatura de aire de admisión (SENSOR IAT).
- Sensor de flujo de masa de aire (SENSOR MAF).

(Alaniz, 2017, <https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf>. 1.)

### ***1.2.6 Señales de salida de la unidad de control electrónica de motor (ECU).***

- *Inyectores.*
- *Relés de mando.*
- *Válvula IAC.*
- *Mariposa de aceleración.*
- *Válvula de Canister.*
- *Bomba de combustible.*
- *Ventilador del radiador.*
- *Control del A/C.*

(Alaniz, 2017, <https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf>. 1.)



**Figura 3 – 1:** Unidad de Control de Motor Electrónica de Motor.  
Fuente: <https://goo.gl/xr89Mw>

### 1.3 Sensores Automotrices.

En la actualidad la implementación de sensores en el vehículo ha generado auge, este tipo de sistemas electrónicos pueden detectar daños, incluso saber exactamente en donde se encuentra el daño, son manejados por la unidad de control ayudando a la gestión del automóvil en especial al motor.

Dentro de los sensores más conocidos y más importantes utilizados e implementados dentro del automóvil tenemos los siguientes:

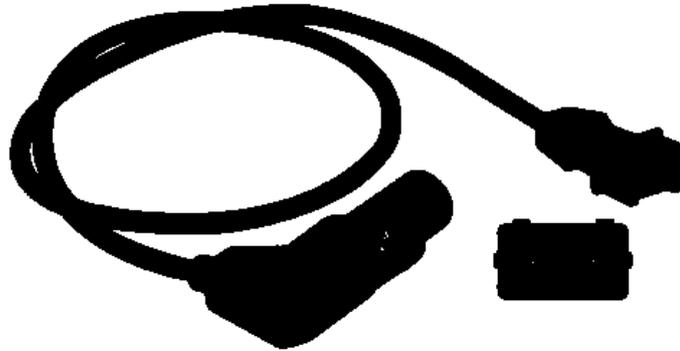
#### 1.3.1 Sensor de Posición de Cigüeñal (CKP).

##### 1.3.1.1 Introducción

El sensor de posición de cigüeñal más conocido como CKP es uno de los sensores más importantes y fundamentales dentro del funcionamiento electrónico del vehículo, existen 2 tipos de sensores de posición de cigüeñal: inductivo y de efecto hall.

La función principal de este sensor es detectar las variaciones de campo magnético cuando se produce los cambios de posición el cigüeñal. Este sensor aporta con gran información a la ECU

del vehículo sobre las RPM del vehículo y la posición del cigüeñal, produciendo un voltaje alterno sinusoidal de frecuencia y amplitud variable. (Avalos D, Brito R, 2014, p. 9)

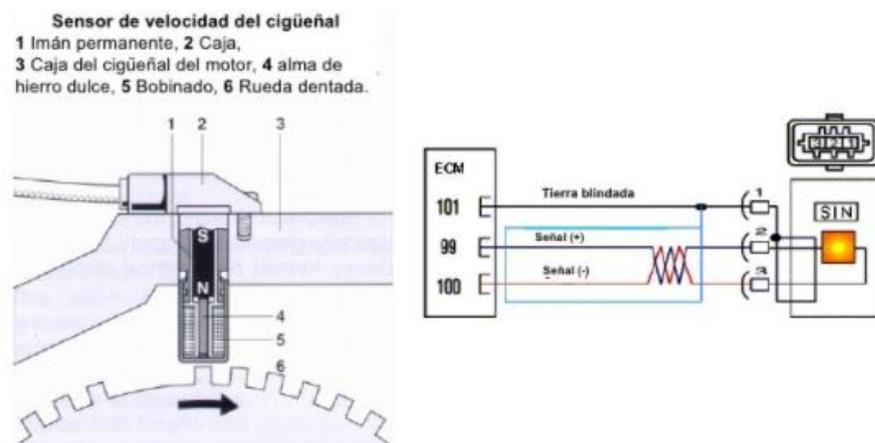


**Figura 4 – 1:** Sensor de Posición de Cigüeñal (CKP) Hyundai Accent.

Fuente: [https://http2.mlstatic.com/D\\_NQ\\_NP\\_871298-MEC25896758147\\_082017-OD.webp](https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_871298-MEC25896758147_082017-OD.webp)

### 1.3.1.2 Funcionamiento

El sensor CKP inductivo está colocado en una rueda recolectora en forma de dientes la misma que puede variar entre 18, 32, 72 dientes acoplada al cigüeñal, este sensor depende de las revoluciones del motor, su funcionamiento es cuando un diente de la rueda recolectora pasa por el sensor CKP, el cambio resultante en el campo magnético crea un pulso de encendido y apagado según el número de RPM, y entonces la señal resultante de este sensor tiene una amplitud y una frecuencia variable. (Avalos D, Brito R, 2014, p. 10)



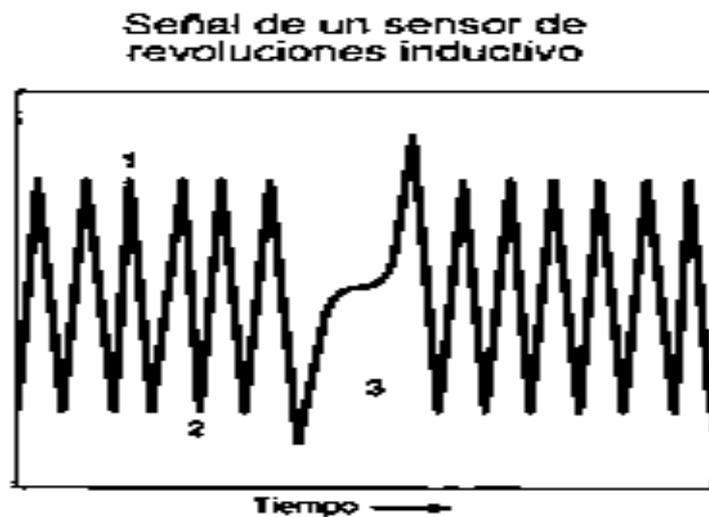
**Figura 5 – 1:** Posición Sensor (CKP) Hyundai Accent – Rueda recolectora

Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/commonrailboschmanual-111101205033-phpapp01/95/common-rail-boschmanual-28-728.jpg?cb=1320180728>

### 1.3.1.3 Señal Sensor de posición de cigüeñal (CKP)

El sensor de posición de cigüeñal de un vehículo Hyundai Accent nos entrega un tipo de onda sinusoidal, existe una parte dentro la señal que la interpreta como punto muerto superior para el cilindro número 1, en este caso el osciloscopio calibrado a 2v por división y un tiempo de 2ms a fin de tener más visible la señal.

(Omar, 2015, <http://mecanicabasicacr.com/osciloscopio/forma-de-onda-de-un-sensor-de-posicion-de-ciguenal-ckp.html>.)



**Figura 6 – 1:** Señal Sensor (CKP) Hyundai Accent  
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/imagesdiesel/sensor-inductivo-onda.jpg>

### 1.3.2 Sensor de Posición de Árbol de Levas (CMP).

#### 1.3.2.1 Introducción

El segundo sensor más importante en un vehículo marca Hyundai Accent es el sensor de posición de árbol de levas más conocido como CMP cuyo significado es: (Camshaft Position sensor).

Este sensor es muy necesario en motores de inyección, este sensor se encuentra ubicado del lado de la distribución frente a la polea del árbol de levas, en este caso trabajamos con un sensor tipo efecto hall. (Calderon J, Caluguillin L, 2011, p. 73)



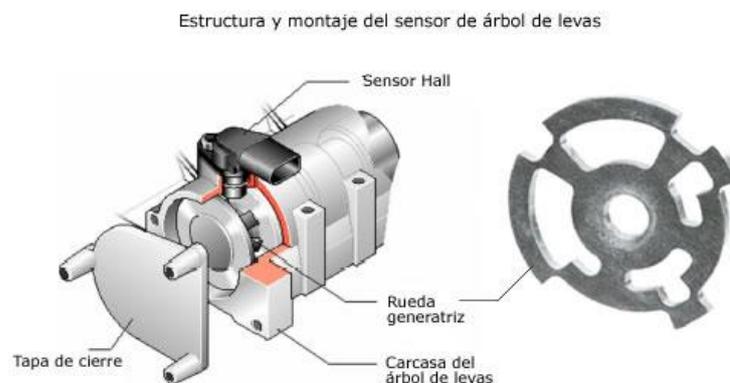
**Figura 7 – 1:** Sensor (CMP) Hyundai Accent

**Fuente:** [https://http2.mlstatic.com/sensor-posicion-ciguenal-hyundai-original-accent-13-15-D\\_NQ\\_NP\\_225305-MLV20865136494\\_082016-F.webp](https://http2.mlstatic.com/sensor-posicion-ciguenal-hyundai-original-accent-13-15-D_NQ_NP_225305-MLV20865136494_082016-F.webp)

### 1.3.2.2 Funcionamiento

*El sensor de posición de árbol de levas determina la secuencia adecuada de inyección. El sensor del árbol de levas es el sensor de la identificación del cilindro número 1 y se utiliza a veces como referencia para medir el tiempo de la inyección secuencial del combustible. Además este sensor informa a la computadora, la posición exacta de las válvulas. Opera como un hall-efecto switch, esto permite que la bobina de encendido genere la chispa de alta tensión.*

(Calderon J, Calaguillin L, 2011, p. 73)



**Figura 8 – 1:** Señal Sensor (CMP) Hyundai Accent

**Fuente:** <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-sensores/sensor-hall-arbol.jpg>

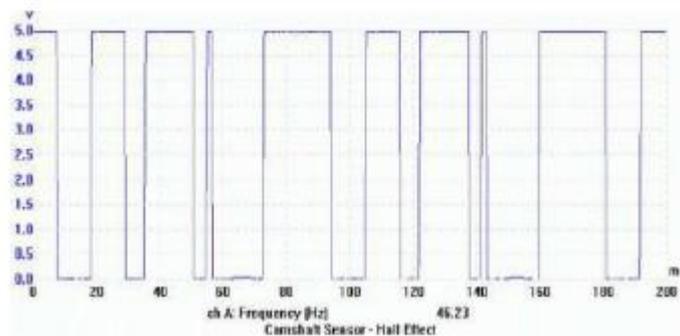
### 1.3.2.3 Características Sensor de posición de Árbol de Levas (CMP)

- Sensor con 3 terminales: alimentación, señal, masa.
- Alimentación de 5v o 12v.

### 1.3.2.4 Señal Sensor de posición de Árbol de Levas (CMP)

Este sensor reemplaza la función del distribuidor. La forma de onda de la señal puede ser o una onda magnética senoidal (alterna) o una onda tipo cuadrada.

(Calderon J, Caluguillin L, 2011, p. 73)



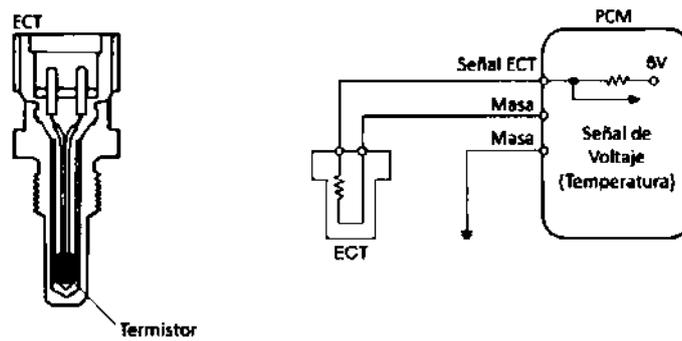
**Figura 9 – 1:** Señal Sensor (CMP) Hyundai Accent  
Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1334/3/65T00024.pdf>

### 1.3.3 Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT).

#### 1.3.3.1 Introducción

Este sensor de temperatura de refrigerante conocido como ECT, está diseñado para medir la temperatura de refrigerante del motor por medio de una resistencia, dicha resistencia provoca una caída de voltaje a la unidad de control electrónica de motor (ECU) para esta pueda ajustar la mezcla de aire y combustible como también envía una señal de aviso a la computadora para que se active el ventilador del motor. (Conevyt, 2017, p. 49)

### Circuito ECT (Engine Coolan Temperature)



**Figura 10 – 1:** Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT) Hyundai Accent  
Fuente: <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1334/3/65T00024.pdf>

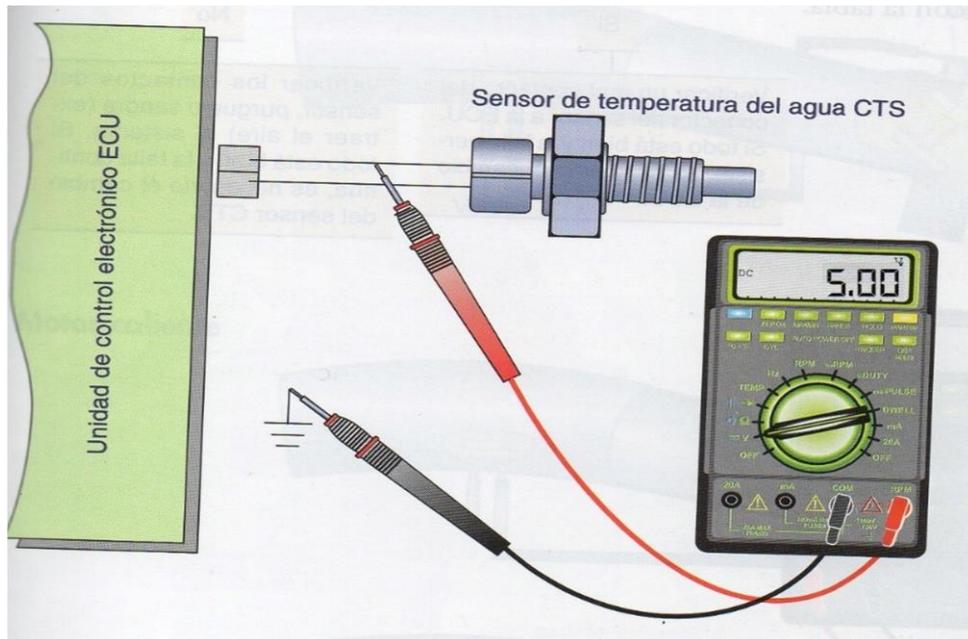
#### 1.3.3.2 Funcionamiento

El sensor ECT denominado como sensor de temperatura de refrigerante es un TERMISTOR, lo cual significa que es una resistencia que cambia con respecto a la temperatura, es decir, entre más se calienta el sensor menor es su resistencia. (Coneyvt, 2017, p. 51)

La unidad de control de motor (ECU) proporciona 5v al sensor de temperatura de refrigerante que está conectado en serie a una resistencia de valor fijo y este mide la variación de voltaje entre la resistencia de valor fijo y el sensor de temperatura, cuando el sensor se encuentra frío, la resistencia del sensor es alta aumentando la tensión de la señal aumenta y a medida que el sensor se calienta la resistencia disminuye y disminuye la tensión de la señal, es en ese momento que la ECU determina la temperatura de refrigerante, el aire de admisión y gases de escape.

(E-auto, 2016, [http://www.e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=224](http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=224).)

El sensor de temperatura de refrigerante (ECT) devuelve a la unidad de control electrónica (ECU) una señal que cambia entre 4.0 y 4.5 voltios en una temperatura normal de funcionamiento del motor. (Rueda, 2006, p. 228)



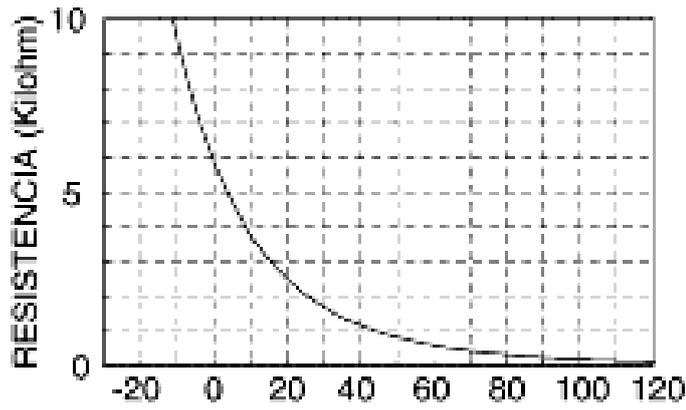
**Figura 11 – 1:** Ubicación Sensor (ECT) con Unidad de Control Electrónica (ECU)  
Fuente: RUEDA, Jesús, 2006

#### 1.3.3.3 Características Sensor de Temperatura de Anticongelante (ECT)

- Sensor con 2 terminales: señal ECT, Masa.
- Alimentación de 5v .

#### 1.3.3.4 Señal Sensor de Temperatura de Refrigerante (ECT)

A medida que el sensor permanece frío la tención de la señal aumenta, A medida que el sensor se calienta la tención de la señal disminuye.



**Figura 12 – 1:** Forma de Onda Sensor (ECT) Hyundai Accent  
**Fuente:** <https://goo.gl/G8CgK3>

### 1.3.4 Sensor de Oxígeno (O<sub>2</sub>).

#### 1.3.4.1 Introducción

El sensor de oxígeno más conocido como O<sub>2</sub> es un dispositivo que genera una reacción química, la misma que informa a la unidad de control la calidad de los gases de escape, dicha computadora o unidad de control utiliza esa información para ajustar la mezcla aire – combustible.

(Conevyt, 2017, p. 94)



**Figura 13 – 1:** Sensor de Oxígeno (O<sub>2</sub>) Hyundai Accent  
**Fuente:** [http://www.conevyt.org.mx/educamba/guias\\_emprendizaje/sensor5.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educamba/guias_emprendizaje/sensor5.pdf)

#### 1.3.4.2 Funcionamiento

El funcionamiento del sensor de oxígeno es medir la cantidad de oxígeno en los gases de escape del vehículo, dicho sensor envía una señal de voltaje de 0.1V a 0.9V a la unidad de control del motor (ECU) la misma que ajusta la mezcla aire – combustible al nivel óptimo, si existiese demasiado oxígeno a la salida de los gases del escape del vehículo emitirá voltaje de 0.65V 0.9V, si existiese poco oxígeno a la salida de los gases del escape del vehículo emitirá voltaje de 0.1V 0.45V. (Conevyt, 2017, pp. 94-95 )



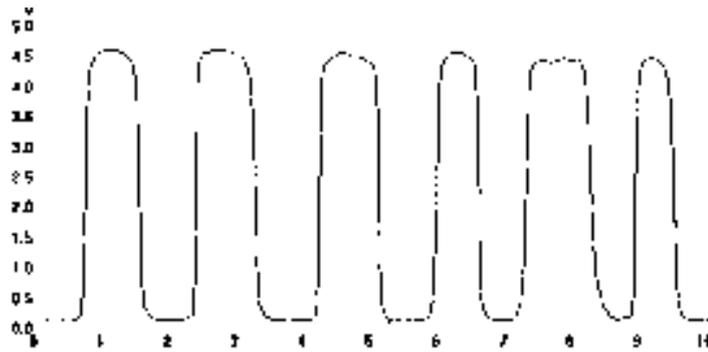
**Figura 14 – 1:** Ubicación Sensor de Oxígeno (O2) Hyundai Accent  
Fuente: [http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias\\_emprendizaje/sensor5.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sensor5.pdf)

#### 1.3.4.3 Características Sensor de Oxígeno (O2)

- Sensor con 2 terminales: señal O2, Masa.
- Alimentación de 5v .

#### 1.3.3.4 Señal Sensor de Oxígeno (O2)

A continuación se muestra una forma de onda emitida por un sensor de oxígeno O2.



**Figura 15 – 1:** Forma de Onda Sensor de Oxígeno (O2) Hyundai Accent  
**Fuente:** [http://4.bp.blogspot.com/\\_fcJ3h3KpAO0/RxeyG9Zby6I/AAAAAAAAAHl/bQLk7cXoQzM/s320/o2chart.gif](http://4.bp.blogspot.com/_fcJ3h3KpAO0/RxeyG9Zby6I/AAAAAAAAAHl/bQLk7cXoQzM/s320/o2chart.gif)

### 1.3.5 Sensor de Posición de Aceleración (TPS).

#### 1.3.5.1 Introducción

Este sensor de posición del acelerador (TPS) es un tipo de resistor variable más conocido como potenciómetro, este sensor consta de una pieza de tipo rotativo o de tipo lineal, este sensor envía una señal a la unidad de control de motor (ECU) indicando la posición del acelerador.

La unidad de control electrónica de motor (ECU) utiliza la posición del acelerador para determinar el estado de operación ya sea: NEUTRO, ACELERACION INTENSA, CRUZERO.

(Conevyt, 2017, p. 66)



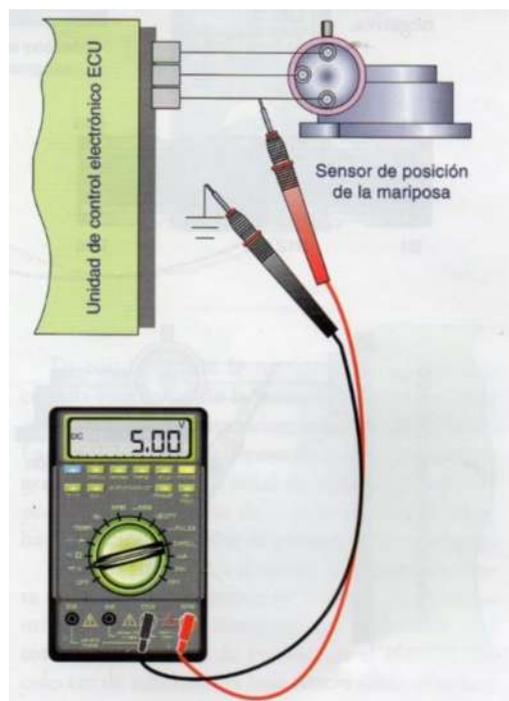
**Figura 16 – 1:** Sensor de Posición de Aceleración (TPS) Hyundai Accent  
**Fuente:** [http://4.bp.blogspot.com/\\_fcJ3h3KpAO0/RxeyG9Zby6I/AAAAAAAAAHl/bQLk7cXoQzM/s320/o2chart.gif](http://4.bp.blogspot.com/_fcJ3h3KpAO0/RxeyG9Zby6I/AAAAAAAAAHl/bQLk7cXoQzM/s320/o2chart.gif)

### 1.3.5.2 Funcionamiento

Este sensor consiste en un potenciómetro de 3 polos y su función es traducir el Angulo de la posición de la mariposa en una señal eléctrica que es enviada a la unidad d control electrónica (ECU). Por intermedio del sensor de posición de aceleración (TPS), la unidad de control electrónica obtiene información de aceleraciones o desaceleraciones deseadas por el conductor. Esta información es utilizada como factor de cálculo de la cantidad de combustible requerido por el motor.

La unidad de control electrónica identifica las condiciones de marcha mínima, aceleraciones rápidas, cargas parciales y carga plena. (Rueda, 2006, p. 223)

La unidad de control alimenta el sensor con un voltaje de referencia de 5 voltios y la respuesta del sensor varía entre 0.25 y 4.8 voltios. (Rueda, 2006, p. 223)

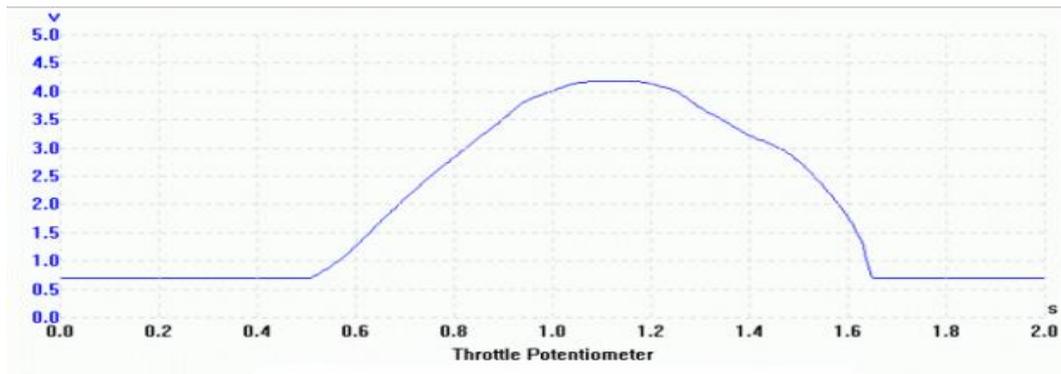


**Figura 17 – 1:** Ubicación Sensor (TPS) con Unidad de Control Electrónica (ECU)  
Fuente: RUEDA, Jesús, 2006

### 1.3.5.3 Características Sensor de Posición de Aceleración (TPS)

- Sensor con 3 terminales: Señal TPS, Voltaje, Tierra.
- Alimentación de 5v.

### 1.3.5.4 Señal Sensor de Posición de Aceleración (TPS)

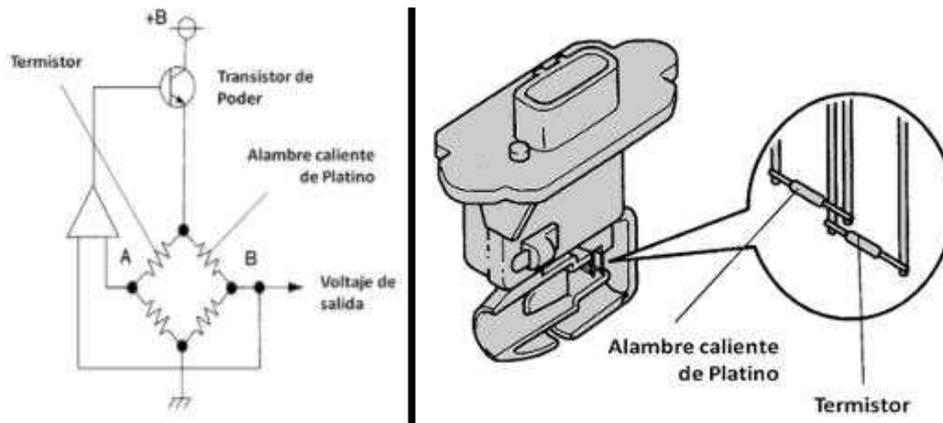


**Figura 18 – 1:** Forma de Onda Sensor de Posición de Aceleración (TPS) Hyundai Accent  
Fuente: [https://equipoautomotrizjavaz.com/datos\\_tecnicos/sensor\\_tps.pdf](https://equipoautomotrizjavaz.com/datos_tecnicos/sensor_tps.pdf)

### 1.3.6 Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF).

#### 1.3.6.1 Introducción

El sensor de flujo de masa de aire (MAF) mide el volumen de aire que entra al motor, incluyendo el aire que pasa por la válvula IAC. Su señal es interpretada en gramos por segundo de caudal. Al entrar un mayor flujo de aire al motor se aumentan las RPM. El sensor MAF y el sensor MAP son primordiales para calcular el tiempo de inyección. Cuando el sensor MAF falla, produce principalmente humo negro que indica alto consumo de combustible. (Conevyt, 2017, p. 112)



**Figura 19 – 1:** Sensor Flujo de Masa de Aire (MAF) Hyundai Accent

Fuente: [http://www.e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=222](http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=222)

### 1.3.6.2 Funcionamiento

La función del sensor de flujo de masa de aire es medir la cantidad de aire que ingresa al motor del vehículo y la unidad de control de motor (ECU) usa esa información para controlar la mezcla aire – combustible y el ajuste de encendido, este sensor está ubicado entre el filtro de aire y la entrada del múltiple de admisión. (Conevyt, 2017, pp. 114-115)



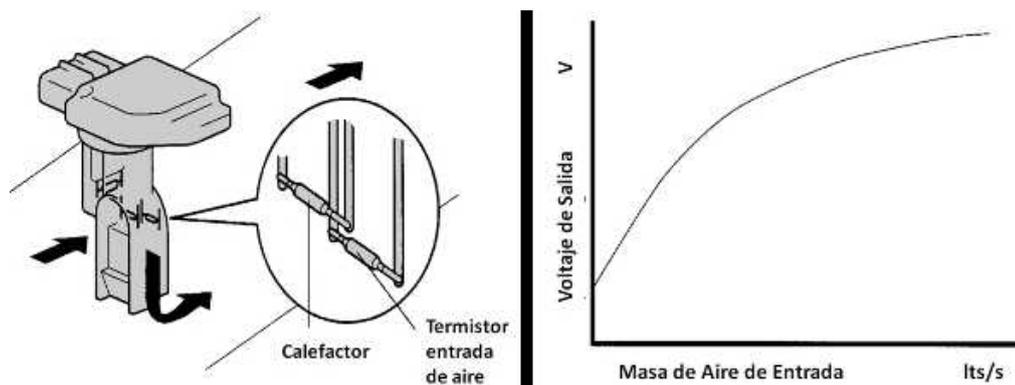
**Figura 20 – 1:** Ubicación Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF) Hyundai Accent

Fuente: [http://www.conevyt.org.mx/educambia/guias\\_emprendizaje/sensor7.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educambia/guias_emprendizaje/sensor7.pdf)

### 1.3.6.3 Características Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)

- Sensor con 3 terminales: señal MAF, tierra, voltaje
- Alimentación de 5v

### 1.3.6.4 Señal Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)



**Figura 21 – 1:** Ubicación Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF) Hyundai Accent  
Fuente: <http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/MAF-04.jpg>

### 1.3.7 Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP).

#### 1.3.7.1 Introducción

Este sensor se encarga de controlar la distribución de combustible hacia el motor dependiendo a carga y la aceleración del vehículo. Dicho sensor está constituido por un sensor piezoeléctrico montado en un circuito integrado para medir las variaciones de presión, vacío entregando una señal de voltaje a la unidad de control electrónica de motor. El voltaje de señal del sensor de presión Absoluta del Múltiple puede variar de 0.2V a 4.8VDC.

(Auto daewoo spark, 2017, <http://www.autodaewoospark.com/sensor-MAP.php>.)



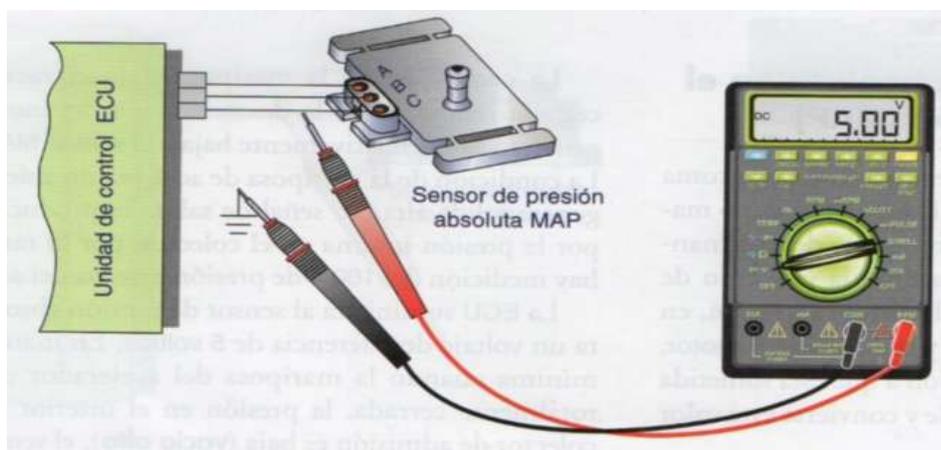
**Figura 22 – 1:** Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP) Hyundai Accent  
**Fuente:** <http://www.autodaewoospark.com/sensor-MAP.p>

### 1.3.7.2 Funcionamiento

La función del sensor MAP es informar a la unidad de control (ECU) la variación de presión en el interior del colector de admisión, en función del régimen de carga y la rotación del motor, es decir, que informa la presión a que está sometida la mezcla de aire combustible y convierte este vapor en salida de voltaje.

La unidad de control electrónica (ECU) suministra al sensor de presión absoluta un voltaje de referencia de 5 voltios. En marcha mínima cuando la mariposa del acelerador está totalmente cerrada, la presión en el interior del colector de admisión es baja (vacío alto), el sensor MAP envía una señal a la ECU una señal que pueda variar entre 0.8 y 2.0 voltios.

Con la mariposa del acelerador totalmente abierta, la presión en el interior del colector de admisión es alta (vacío bajo), el sensor MAP envía a la ECU una señal que puede variar entre 3.8 y 4.6 voltios.

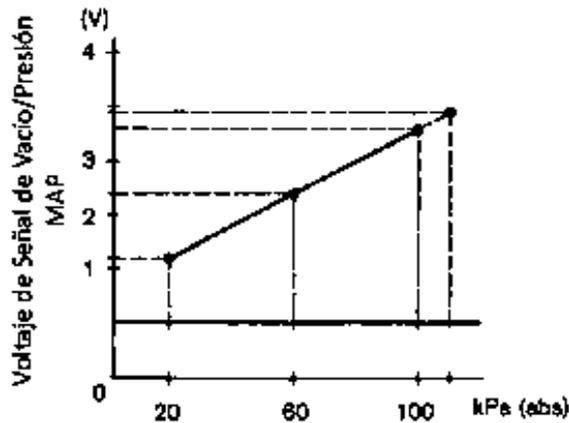


**Figura 23 – 1:** Ubicación Sensor (MAP) con Unidad de Control Electrónica (ECU)  
**Fuente:** RUEDA, Jesús, 2006

### 1.3.7.3 Características Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP)

- Sensor con 3 terminales: señal MAP, tierra, voltaje
- Alimentación de 5v.

### 1.3.7.4 Señal Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)



**Figura 24 – 1:** Señal Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP)

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster05.pdf>

### 1.3.8 Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT).

#### 1.3.8.1 Introducción

El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) permite a la unidad de control electrónica de motor (ECU) corregir el tiempo de inyección en base a la densidad del aire que ingresa a las cámaras de combustión del vehículo. Dependiendo de la temperatura de aire emitida será la cantidad de oxígeno que ingresa, entonces la unidad de control de motor (ECU) tiene que regular la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico. (Conevyt, 2017, p. 58)



**Figura 25 – 1:** Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT) Hyundai Accent  
**Fuente:** [http://www.conevyt.org.mx/educamba/guias\\_emprendizaje/sensor2.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educamba/guias_emprendizaje/sensor2.pdf)

### 1.3.8.2 *Funcionamiento*

El sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT) es un termistor que quiere decir: es una resistencia que cambia su estado con respecto a la temperatura emitida por el vehículo, entre más se calienta el sensor menor es su resistencia. Este sensor esta enroscado dentro del múltiple de la toma de aire, en el armazón del acelerador en el conjunto posterior del filtro de aire del vehículo. (Conevyt, 2017, pp. 59-60)

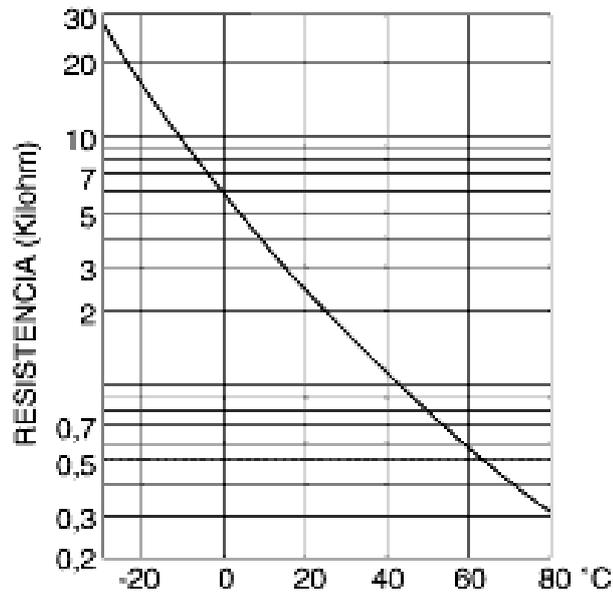


**Figura 26 – 1:** Ubicación Sensor (IAT) Hyundai Accent  
**Fuente:** [http://www.conevyt.org.mx/educamba/guias\\_emprendizaje/sensor2.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educamba/guias_emprendizaje/sensor2.pdf)

### 1.3.8.3 Características Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)

- Sensor con 2 terminales: señal IAT, voltaje
- Alimentación de 5v.

### 1.3.8.4 Señal Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)



**Figura 27 – 1:** Forma de Onda Sensor (IAT) Hyundai Accent  
Fuente: <https://goo.gl/hxyV5J>

## 1.4 Tarjetas De Desarrollo Electrónica

### 1.4.1 Introducción

El avance tecnológico conjuntamente con la electrónica ha ido aportando de gran manera a la sociedad en todas partes del mundo debido al nivel de investigación y conocimiento que esta engloba, teniendo en cuenta el diseño tecnológico se ha venido dando solución a problemas de toda índole en esta época actual con la implementación y construcción de dispositivos electrónicos que nos aporten mayor facilidad en el control y automatización de diferentes procesos en el ámbito industrial , estudiantil, etc.

Y es así como nacen las tarjetas de desarrollo electrónicas diseñadas para diseños de prototipos digital y analógico las mismas que constan de microprocesadores, microcontroladores y elementos electrónicos que conformaban el diseño estándar.

Los microcontroladores ahora son tan usuales que tendrá que seleccionar el suyo entre cientos de marcas y modelos, desde le súper-simple al terriblemente complejo. En algún lugar entre todos estos se encuentras arduino, raspberry Pi, Intel Galileo, etc. Estas accesibles tarjetas de desarrollo se han convertido rápidamente en una especie de superestrellas.

Lo que convierte a estas tarjetas de desarrollo en la sensación de los frikis de todo el mundo por su diseño en hardware como su software son sistemas abiertos. Eso significa que los demás pueden tomar sus mejores ideas y mejorarlas, todo sin pagar gastos de licencias.

(Mccomb, 2012, p. 529)

## ***1.4.2 Tarjeta de desarrollo Arduino***

### *1.4.2.1 Introducción*

Creado en 2005, Arduino ha pasado por numerosas interacciones, revisiones y mejoras. Por lo cual Arduino es una placa de circuito impreso que mide aproximadamente 55mm x 70mm que contiene un chip microcontroladores Atmel ATmega que funciona a 16 MHz, un conector de alimentación para Jack de 2.1mm (positivo en el centro), y u conector USB tipo B para conectarla a un ordenador host, una serie de 28 conectores hembra permiten la conexión de dispositivos externos a Arduino. Los conectores van separados por grupos: alimentación, entradas analógicas y entradas/salidas digitales.

De los 28 pines, 20 están dedicados a entrada y salida. Hay 6 pines de entrada analógica, que también puede servir como E/S digital de propósito general. Los 14 pines de entrada/salida digital incluyen 6 que se pueden utilizar para generar señales PWM útiles para controlar la velocidad de los motores. Todos los pines E/S se pueden utilizar como salidas digitales y pueden absorber o generar hasta 40 mA. (Mccomb, 2012, p. 530)



**Figura 28 – 1:** Tarjeta de Desarrollo Arduino

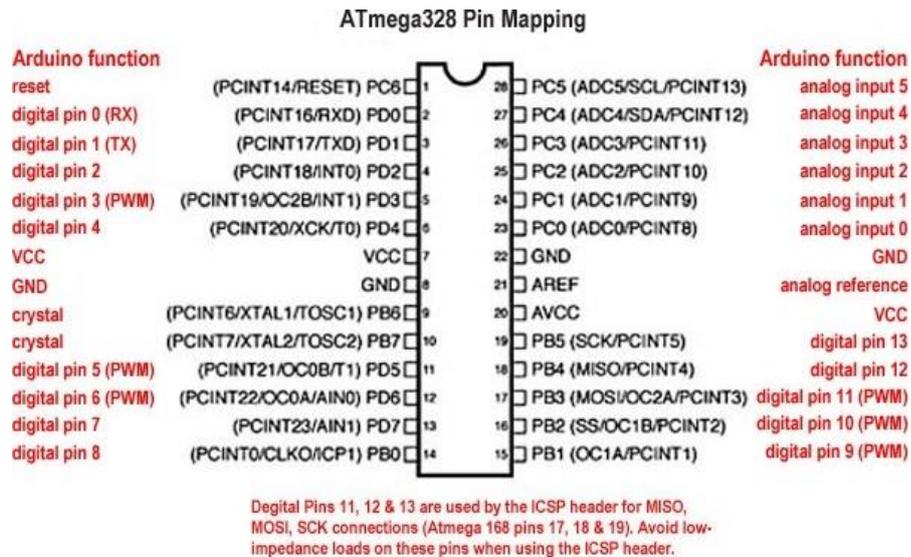
**Fuente:** <https://a.pololu-files.com/picture/OJ7808.1200.jpg?810c5e85aeb9493d9ec9fed8abe68464>

#### *1.4.2.2 Clasificación de Tarjeta de desarrollo arduino*

- *Arduino Uno*
- *Arduino Mega*
- *Arduino Mega ADK*
- *Arduino Nano*
- *Arduino Due*
- *Arduino Leonardo*
- *Arduino Micro*
- *Arduino Pro Mini*
- *Arduino Yun*
- *Arduino Fio*

#### *1.4.2.3 Distribución de Pines de Arduino*

Arduino utiliza su propia nomenclatura para sus pines de E/S, y los nombres y números de sus pines no se correlacionan con los que aparecen en el microcontroladores ATmega. A continuación en la siguiente figura se muestra la asignación de pines entre Arduino y el microcontrolador ATmega.



**Figura 29 – 1:** Diagrama de pines ATmega328  
Fuente: <https://qph.ec.quoracdn.net/main-qimg-41cf06fcd32a0c404f0587c3c106593b-c>

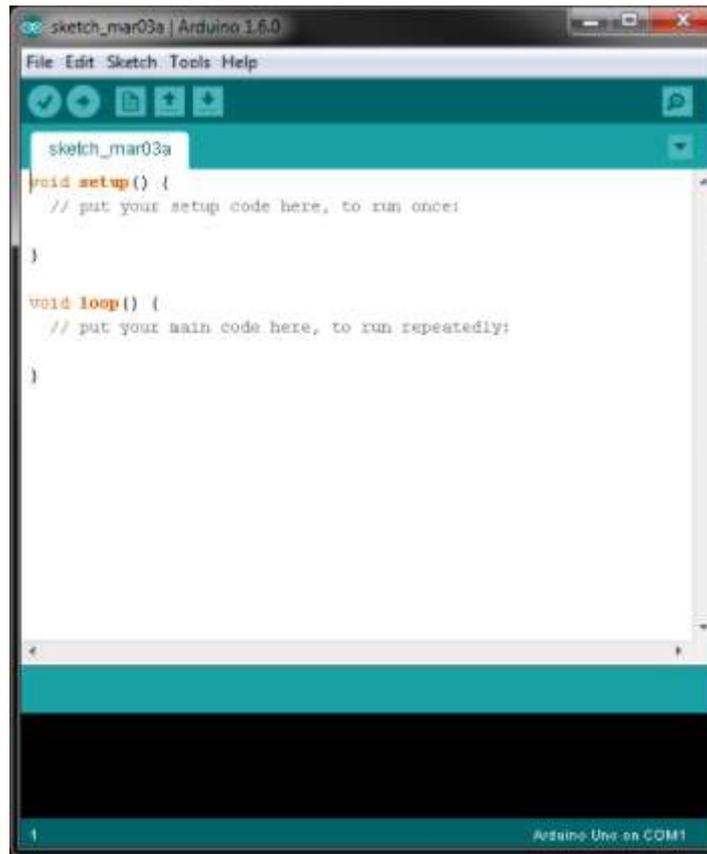
#### 1.4.2.4 Ventajas de utilizar Tarjetas de desarrollo Arduino

- Trabajar con Arduino simplifica el proceso al trabajar con microcontroladores.
- Funciona en todos los sistemas operativos ya sea: Windows, Macintosh OSX y Linux.
- Su entorno es fácil de usar para principiante y flexible para los usuarios avanzados.
- La licencia de Arduino es de distribución libre y está preparado para ser utilizada por programadores preparados.
- Su software es abierto.

#### 1.4.2.5 Programación de Tarjetas de desarrollo arduino

Los microcontroladores dependen de un ordenador host para desarrollar y compilar los programas. El software utilizado en el ordenador host se conoce como entorno de desarrollo integrado, o IDE. El lenguaje de Arduino está basado en el conocido lenguaje C.

Para comenzar a programar la placa Arduino utilizando su IDE, es necesario descargar el instalador e instalarlo en un sistema operativo de nuestra preferencia. (Mccomb, 2012, p. 533)



**Figura 30 – 1:** Entorno de Desarrollo Arduino  
Fuente: [https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/3/4/9/Arduino\\_template.png](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/3/4/9/Arduino_template.png)

## 1.5 Interfaz Hombre – Máquina (HMI)

### 1.5.1 Introducción

En la actualidad los sistemas de control son de vital importancia de los procesos industriales modernos y la manufactura, debido a que dan un desempeño óptimo de los sistemas dinámicos mejorando la producción, disminuyendo la repetitividad y las operaciones rutinarias, eliminando las probabilidades de error, entre otras cosas. Pero para que un sistema de control sea óptimo es necesario dar mucha importancia a la etapa de diseño e implementación del sistema.

La necesidad actual que se presenta tiene que ver con la forma en que los seres humanos interactúan y se relacionan con las máquinas, siempre con el fin de hacer un óptimo aprovechamiento de las tecnologías informáticas. Esto a través de interfaces que permiten al usuario u operador ingresar y recibir información de una manera fácil, rápida, y lo más cercano a una comunicación humana, esto se define como una interfaz hombre máquina. (Arenas, 2017, p. 1)

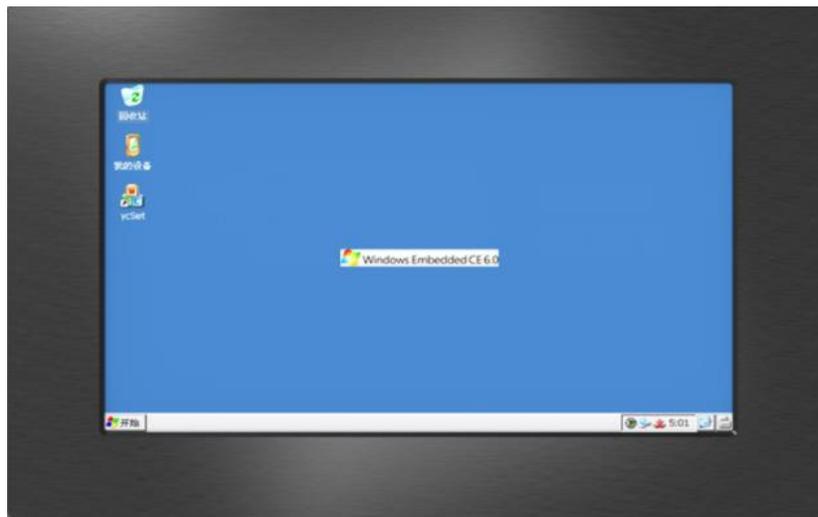
## 1.5.2 Pantalla HMI

### 1.5.2.1 Definición

*Solución Human Machine Interface (HMI) que proporciona una interfaz de control y visualización entre un humano, máquina y un proceso, Es la mejor solución para reemplazar la pantalla LCD tradicional.*

*Esta solución incluye hardware en parte de una serie de placas de TFT y utiliza un puerto serie para hacer la comunicación. El editor HMI tiene componentes masivos tales como botones, texto, barra de progreso, slider, panel de instrumentos, etc. para enriquecer el diseño de su interfaz. Es fácil de adaptar la familia HMI a los proyectos existentes, sólo tiene que proporcionar un protocolo UART.*

(Eduardo, 2015, <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/pantalla-nextion-arduino/>.)



**Figura 31 – 1:** Pantalla HMI

Fuente: <https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1GC2HMVXXXXdapXXq6xXFXXu/512MB-RAM-7-inch-industrial-hmi-touch.jpg>

### 1.5.2.2 Características

- Resolución de pantalla 320 x 240
- Pantalla táctil TFT
- Compatibilidad Arduino
- Ranura para tarjeta de memoria SD
- Alimentación 5 voltio

### 1.5.3 Entorno pantalla HMI

El entorno de las pantallas HMI es compatible con cualquier sistema operativo: Windows, Macintosh OSX y Linux. Su software en abierto de fácil acceso a su licencia.



**Figura 32 - 1:** Entorno Pantalla HM

Fuente: <http://3.bp.blogspot.com/-vAgDMSAhQHI/TyqoOYO2hMI/AAAAAAAAAGc/vs73ALB12SE/s640/TabbedSubPanel.PNG>

## 1.6 Instrumento de Visualización Electrónico

### 1.6.1 Introducción

Los instrumentos de Visualización Electrónicos son denominados como osciloscopio utilizados para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Estos instrumentos son muy usados en Electrónica, el osciloscopio presenta los valores de las señales eléctricas en forma de ondas y coordenadas estas se visualizan en una pantalla, en las que normalmente el eje X (horizontal) representa tiempos y el eje Y (vertical) representa tensiones. En si la imagen obtenida se denomina oscilograma.

(Dirind, 2014, [https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla\\_id=12.](https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla_id=12.))

## **1.6.2 Osciloscopio Digital DSO138**

### *1.6.2.1 Descripción y Características*

- La memoria del osciloscopio es un microcontrolador STM32 F103 que trabaja a 8 MHz. Esta memoria se encarga de manejar todas las funciones del osciloscopio desde la conversión analógica a digital.
- Su pantalla es pequeña TFT LCD retro iluminada (ILI9341) DE 2.4 pulgadas.
- Consta de 3 pequeños conmutadores deslizantes de tres posiciones o vías y 5 pulsadores normalmente abiertos.
- Alimentación 9 VDC.
- La señal analógica de entrada es tratada mediante un circuito integrado TL084 el cual contiene 4 amplificadores operacionales. Su primera etapa actúa como seguidor, junto tras la selección del acoplamiento (GND, DC, AC) y el atenuador de la señal de entrada (1X, 0.1X, 0.1X).

*A continuación, le sigue otro atenuador pasivo (selección 1x, 2x, 5x) y una segunda etapa del TL084 que proporciona una ganancia de 1.7 hacia la entrada de un Conversor Analógico a Digital (ADC) del microcontrolador (la ganancia se ha aumentado de 1.7 a 7.7 en la última versión v060, R11 pasa de 1.5K a 150Ω). Tras todo este tratamiento, la señal analógica se ha introducido al ADC con un rango dinámico entre 1.75-1.59V (1.99-1.35v en la última versión) y un voltaje de referencia de 1.67V.*

(GarageLaboratory,2015,<http://garagelaboratory.blogspot.com/2015/09/montando-un-osciloscopio-de-01mhz-dso138.html>. )



**Figura 33 – 1:** Osciloscopio DSO138

Fuente: <http://garagelaboratory.blogspot.com/2015/09/montando-un-osciloscopio-de-01mhz-dso138.html>

## 1.7 Equipos Actuales

### 1.7.1 Introducción

En la actualidad existen simuladores para la unidad de control electrónico (ECU) los cuales son diseñados para medir, probar e incluso simular señales de los sensores automotrices para determinar el correcto funcionamiento de los sensores.

La escases de este tipo de simuladores de señales para sensores automotrices en nuestro país ya sea por su elevado costo y su difícil adquisición ha hecho que las empresas destinadas a los servicios automotrices no brinden un óptimo servicio. Se estima que el costo de un simulador de sensores automotrices bordea los 4000 dólares americanos.



**Figura 34 – 1:** Simuladores de Sensores Automotrices comerciales

**Fuente:** <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1UbufOVXXXXbaVXXq6xXFXXJ/-font-b-ecu-b-font-testing-repair-tools-font-b-ecu-b-font-font-b.jpg>

### 1.7.2 Simuladores para Sensores Automotrices Actuales

Se encuentra en países como Estados Unidos, España, México y Venezuela existen diferentes marcas que varían sus costos según sus funciones específicas, como se describe en la tabla 3-1

**Tabla 3 – 1:** Marcas y Costos de Simuladores en diferentes Países

SIMULADORES COMERCIALES	COSTOS	PAIS
PROBADOR MST9000	\$ 3.500	CHINA
PROBADOR CKP,CMP (JAKY)	\$ 600	ARGENTINA
PROBADOR CKP,CMP (200)	\$ 800	MEXICO
PROBADOR CKP,CMP (JAKY)	\$ 700	VENESUELA
PROBADOR COMPLETO (200)	2100	MEXICO

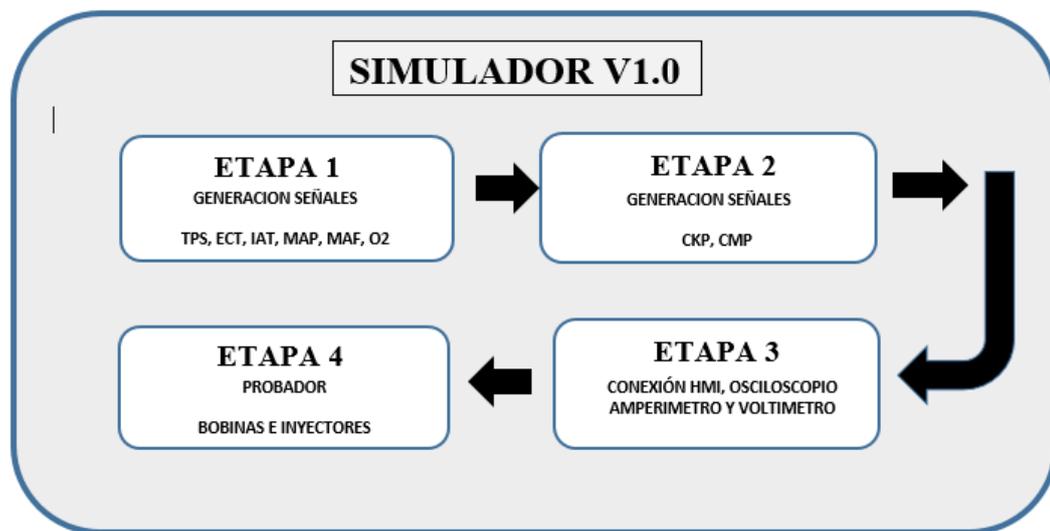
**Fuente:** <http://www.electronicayservicio.com/Modules/melbastudioCommerce/Main/Src/Catalog/Items/CKP22.pdf>  
**Realizado por:** CANDÓ, Alex, 2017

## CAPITULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Introducción

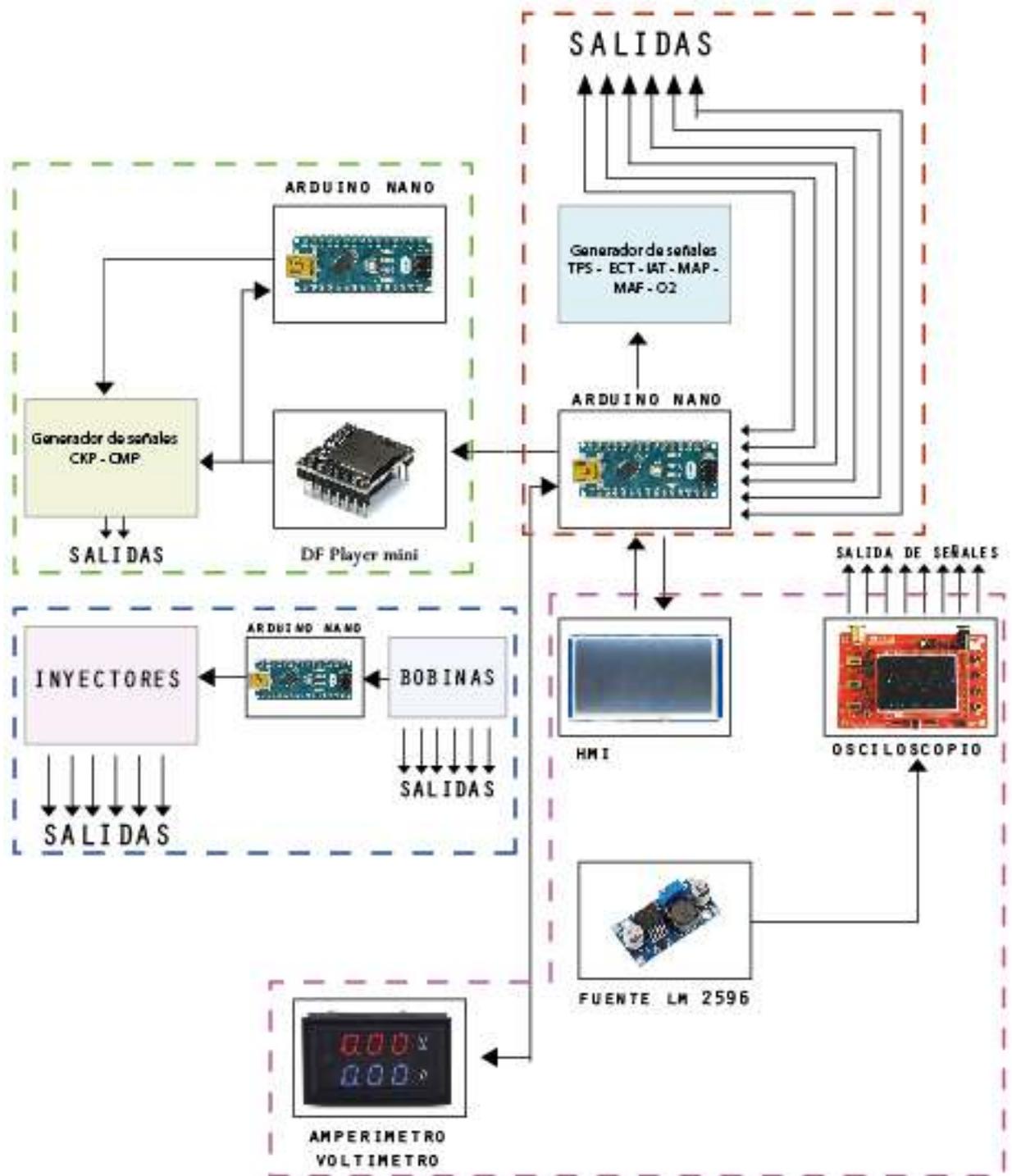
Se detalla el procedimiento que se realizara durante el diseño e implementación de un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónico de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent, dentro de la cual se evaluó las diferentes tecnologías para la construcción del mismo utilizando el método heurístico. En el gráfico 1-2 se da a conocer las etapas que conforma la realización del proyecto.



**Gráfico 1 – 2:** Etapas del Diseño e Implementación del Simulador V1.0.  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

En el Gráfico 2 – 2 se describe la estructura del diseño e implementación de un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónico de motor (ECU) de un vehículo marca Hyundai Accent.

## 2.2 Estructura Diseño e Implementación del Simulador V1.0



**Gráfico 2 – 2:** Estructura del Simulador V1.0.  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

## 2.3 Etapa 1: Generador de Señales

### 2.3.1 Introducción

Para el diseño de la señal o forma de onda del Sensores del vehículo, teniendo en cuenta que las señales que emiten algunos sensores son señales analógicas, se procede a realizar un diseño basado en un PWM (Modulación por ancho de pulso).

### 2.3.2 Generación de señales PWM con tarjeta de desarrollo Arduino Nano

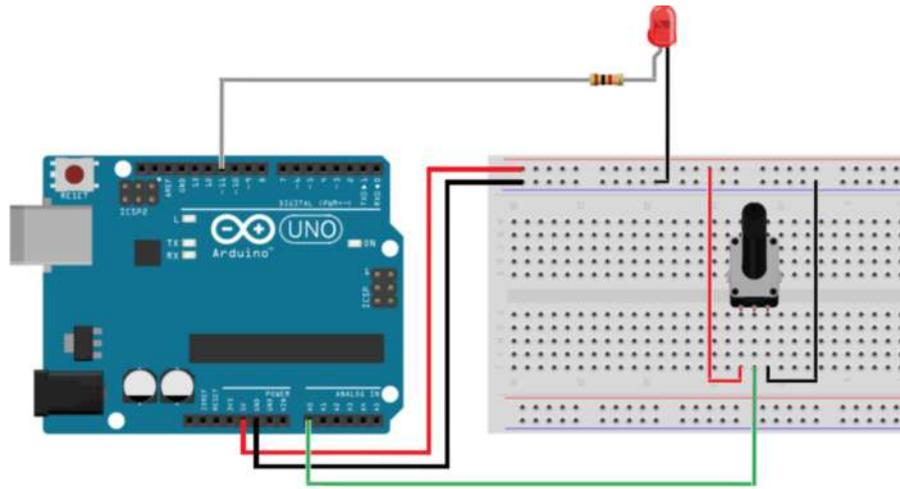
Para la generación de señales digitales PWM (Modulación por Ancho de Pulso) es necesario tener en cuenta los pines de la tarjeta de desarrollo Arduino que puedes ser utilizado como salidas PWM, los pines que trabajan con señales PWM se describe en la Tabla 1 – 2.

**Tabla 1 – 2:** Pines de salida PWM en tarjetas controladoras Arduino.

TARGETAS	PINES
ARDUINO UNO	3,5,6,9,10,11
ARDUINO NANO	3,5,6,9,10,11
ARDUINO MEGA	2 al 13 y 44 al 46

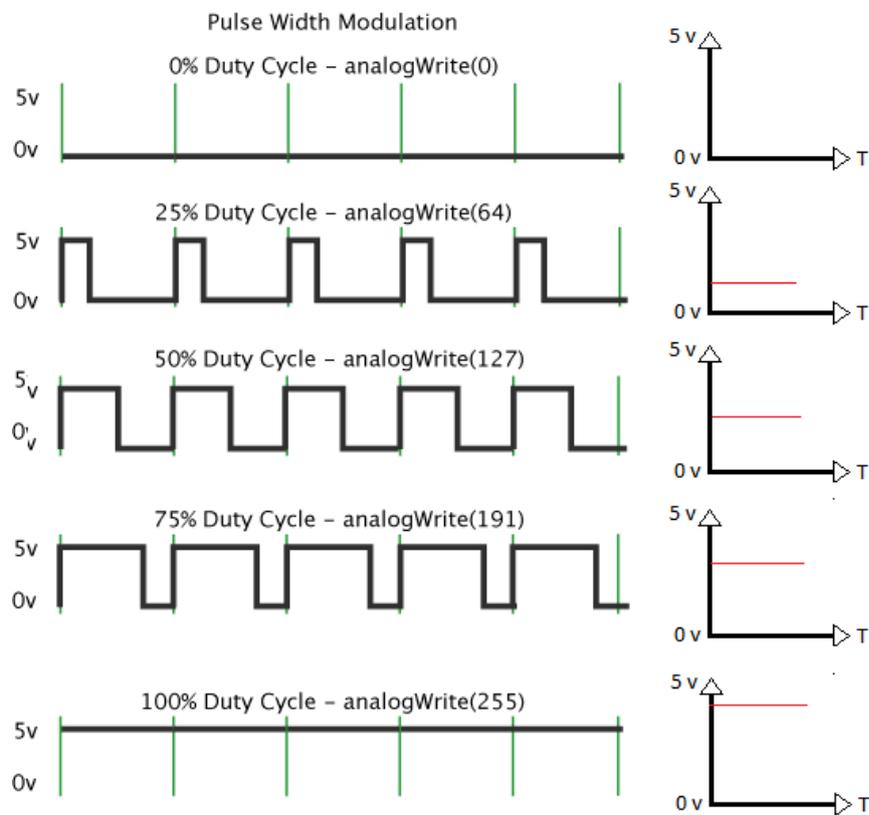
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Se realiza un diseño para extraer una señal PWM con una tarjeta de desarrollo arduino utilizando un diseño sencillo que nos permite facilitar la generación de dichas señales, como se describe en la figura 1 - 2.



**Figura 1 – 2:** Diseño de una señal PWM con Arduino  
 Fuente: <http://www.electronicshub.org/wp-content/uploads/2016/11/Arduino-PWM-1.png>

Se muestra la forma de onda PWM extraída del diseño anterior en la figura 2 – 2.



**Figura 2 – 2:** Forma de onda de una señal PWM con Arduino  
 Fuente: <http://www.electronicshub.org/wp-content/uploads/2016/11/Arduino-PWM-2.png>

### 2.3.2.1 Características de la señal PWM

Existen 2 frecuencias predeterminadas en una tarjeta de desarrollo Arduino. La primera frecuencia es de 980 Hz y la segunda es de 490Hz, en este caso ocupamos la segunda frecuencia. Para calcular el tiempo en que tarda en completar un ciclo la señal ocupamos la siguiente formula:

**Ecuación 1 - 2:** Ecuación para calcular el tiempo en que tarda el PWM en completar un ciclo

$$T = \frac{1}{F} [seg]$$

$$F = 490 [Hz]$$

$$t = \frac{1}{f}$$

$$t = \frac{1}{490}$$

$$t = 2[mseg]$$

Esto quiere decir que el tiempo que tarda la señal PWM en completar un ciclo es 2 milisegundos aproximadamente.

### 2.3.3 Conversión de señal PWM digital a señal analógica

La señal PWM (Modulación por Ancho de Pulso) emitida con una tarjeta de desarrollo arduino es una señal completamente digital, como anteriormente en la Figura 18 – 1 *Forma de Onda Sensor de Posición de Aceleración (TPS) Hyundai Accent*, la señal emitida por el sensor TPS (Sensor de Posición de Aceleración) es una señal analógica.

Para convertir una señal PWM digital a una señal PWM analógica se realiza el diseño electrónico de un circuito conversor que consta principalmente de un Amplificador Operacional LM358, basándonos en el circuito como se describe en la figura 3-2.

### 2.3.3.1 Aplicación y Estructura del Amplificador operacional LM358.

El amplificador operacional aumenta cualquier tipo de señal ya sea de voltaje o de corriente alterna o directa, se describe su composición en la Tabla 2-2

**Tabla 2 – 2:** Composición del amplificador LM358.

TERMINAL	DESCRIPCION
- input	Entrada Inversora
+ input	Entrada no Inversora
Output	Salida
+ Vss	Alimentación Positiva
-Vss	Alimentación Negativa

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

La aplicación del amplificador operacional LM358 dentro de la conversión de señal Digital – Analógica es aplicar una señal PWM (Modulación por ancho de Pulso), debemos tener en cuenta algunas características, las cuales son:

- El periodo de la señal.
- La amplitud de la señal.
- El tiempo en que la señal esta activada.

El condensador C1 agregado al OPAM conjuntamente con la resistencia R1 están en una configuración llamada Filtro de Pasa Bajo, esto implica que el circuito está diseñado para pasar frecuencias más bajas mientras bloquea frecuencias más altas y establece una constante de tiempo lo cual nos permite obtener el valor de la salida PWM emitida por la tarjeta de desarrollo Arduino.

De manera general, aplicamos una forma de onda PWM a la entrada del circuito, el condensador C1 carga a un valor medio del PWM, de forma que el OPAM eleva la salida de manera que el pin 2 es igual al valor en el pin 3.

### 2.3.3.2 Constante de Tiempo de Carga del conversor PWM digital a PWM analógico.

Para el tiempo de carga del conversor PWM digital a PWM analógico, del diseño de la Figura 3-2, se utiliza una resistencia de 4700 ohmios y un capacitor de 10uF. Mediante la siguiente formula se determina el tiempo de carga del conversor.

**Ecuación 2 - 2:** Ecuación del tiempo de carga del condensador

$$TIEMPO\_DE\_CARGA = resistencia \times condensador$$

$$t = R \times C$$

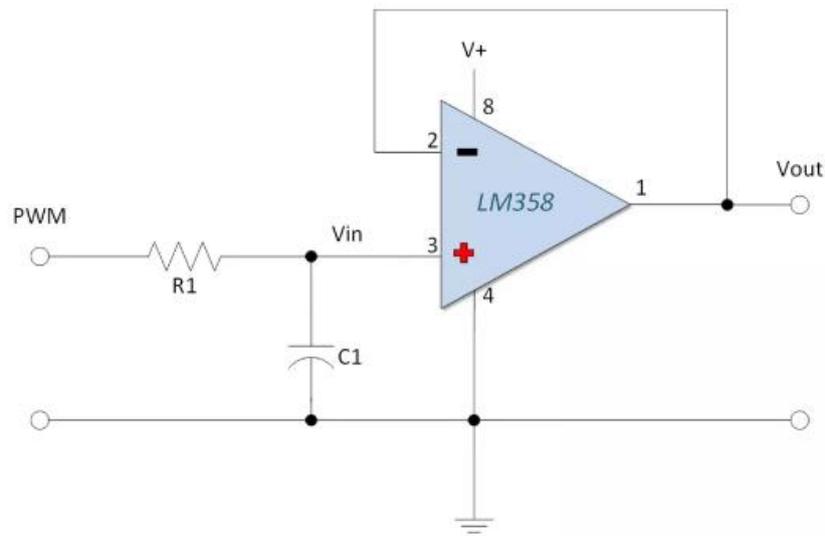
$$t = 4700 \times 0.000010$$

$$t = 0.047 \text{segundos}$$

El tiempo de carga del conversor PWM digital a PWM analógico nos da como resultado 0.047 segundos

El diseño de la Figura 3-2 se utiliza para obtener la señal analógica con diferente programación para cada una de las señales de los siguientes sensores del vehículo:

- Sensor de posición de aceleración (TPS)
- Sensor de temperatura de refrigerante (ECT)
- Sensor de temperatura de aire de admisión (IAT)
- Sensor de oxígeno (O2)
- Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)
- Sensor de flujo de masa de aire (MAF)



**Figura 3 – 2:** Circuito para conversión señales Digitales - Analógicas  
**Fuente:** <http://www.electronicshub.org/wp-content/uploads/2016/11/Arduino-PWM-2.png>

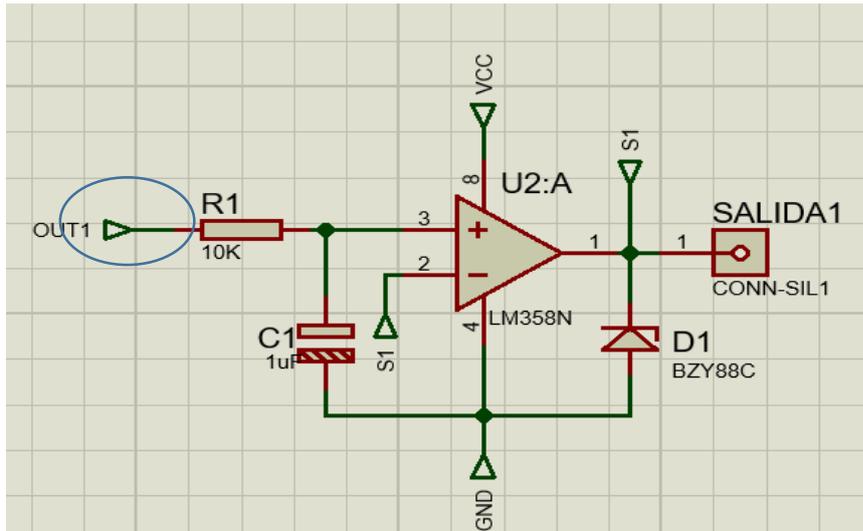
La ventaja de usar un amplificador operacional es que tiene una buena impedancia de salida y ofrece un alto grado de protección al usar una tarjeta de desarrollo arduino.

### ***2.3.4 Diseño del circuito para la Señal Sensor de posición de aceleración (TPS) Con software PROTEUS***

El diseño esquemático y la placa física están diseñada en el software PROTEUS, software que trabaja en dos entornos ISIS y ARES.

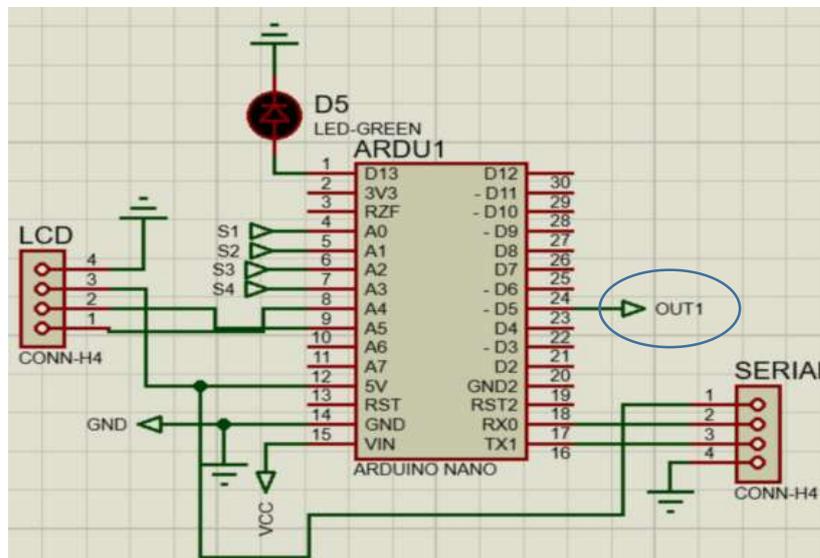
#### ***2.3.4.1 Diseño Circuito Esquemático – Entorno ISIS***

Para la realización del circuito esquemático se utilizó el software de diseño PROTEUS a través del entorno ISIS permitiendo realizar un diseño funcional con elementos electrónicos, como se describe en la figura 4 – 2.



**Figura 4 – 2:** Diseño Circuito Señal del Sensor de posición de aceleración (TPS)  
 Fuente: CANDO, Alex, 2017

El circuito está equipado principalmente de un amplificador operacional LM358N para convertir ingresar una señal PWM digital en una salida de señal analógica. El voltaje que maneja el sensor de posición de aceleración (TPS) es 5 voltios, para mantener los cinco voltios constantes a la salida de voltaje del circuito se agregó un diodo Zener 1N4733A.



**Figura 5 – 2:** Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 1 PWM  
 Realizado por: CANDO, Alex, 2017

La tarjeta de desarrollo Arduino envía una señal PWM digital por el pin de conexión D5, al ingresar al circuito la salida de la señal es analógica, a través de una programación obteniendo la señal requerida.

### 2.3.5 Diseño Señal Sensor Temperatura de Refrigerante (ECT)

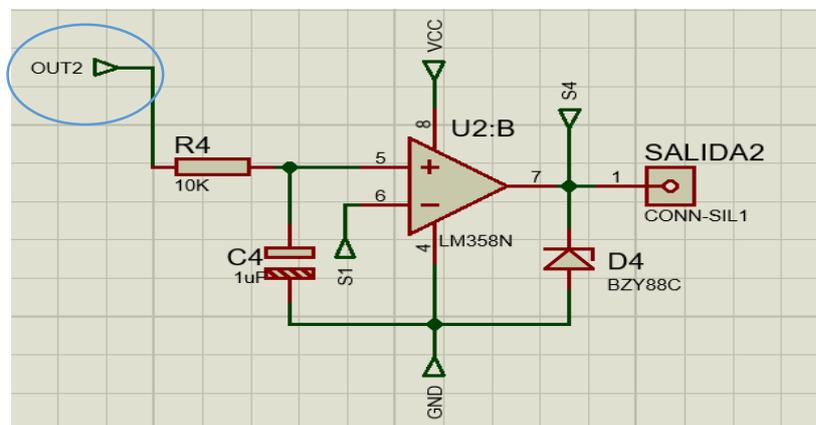
Teniendo en cuenta la señal que emite el sensor de Temperatura de refrigerante (ECT) es una señal analógica, se procede a realizar un diseño basado en una señal PWM (Modulación por ancho de pulso) que emite la tarjeta de desarrollo Arduino conjuntamente con una programación óptima.

Al emitir una señal digital PWM (Modulación por ancho de pulso), el siguiente paso es convertir esa señal digital a una señal completamente analógica utilizando el mismo circuito de conversión que utilizamos en la Figura 3-2.

De la misma manera al ingresar una señal digital al amplificador operacional este dispositivo la convierte en señal analógica.

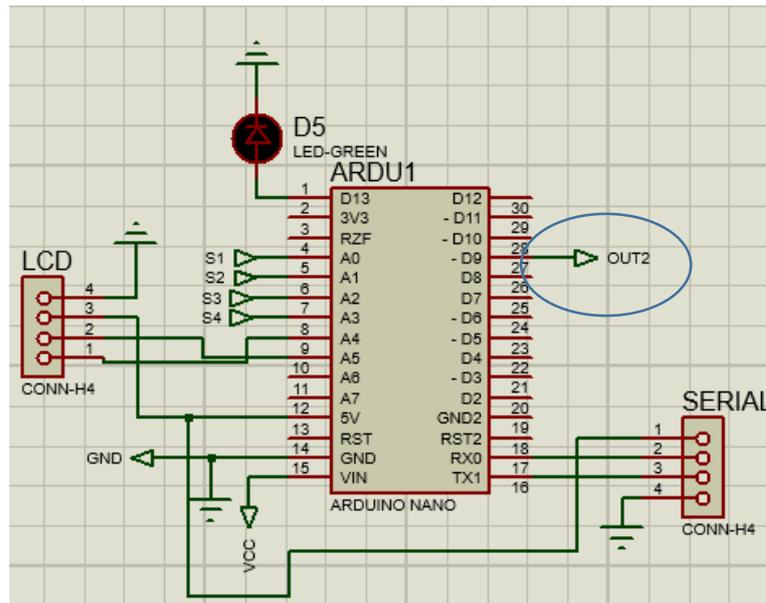
#### 2.3.5.1 Diseño Circuito esquemático – Entorno ISIS

Se realiza el diseño esquemático del circuito para la señal del sensor de Temperatura de refrigerante (ECT), basando en la Figura 3-2.



**Figura 6 – 2:** Diseño del circuito – Señal del Sensor (ECT)  
Fuente: CANDÓ, Alex, 2017

La tarjeta de desarrollo Arduino envía una señal PWM digital por el pin de conexión D9, el mismo que al ingresar al circuito la salida de señal es analógica obteniendo como resultado una señal requerida mediante una programación óptima.



**Figura 7 – 2:** Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 2 PWM  
 Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Al ser un sensor se constituye de un termistor el cual es sensible a la temperatura, esto quiere decir que la resistencia eléctrica cambia de acuerdo con la variación de temperatura del líquido refrigerante del motor, cuando el motor está frío la resistencia eléctrica del sensor es alta y cuando el motor está caliente la resistencia del motor es baja.

### 2.3.6 Diseño Señal del Sensor de Temperatura de Aire de Admisión (IAT)

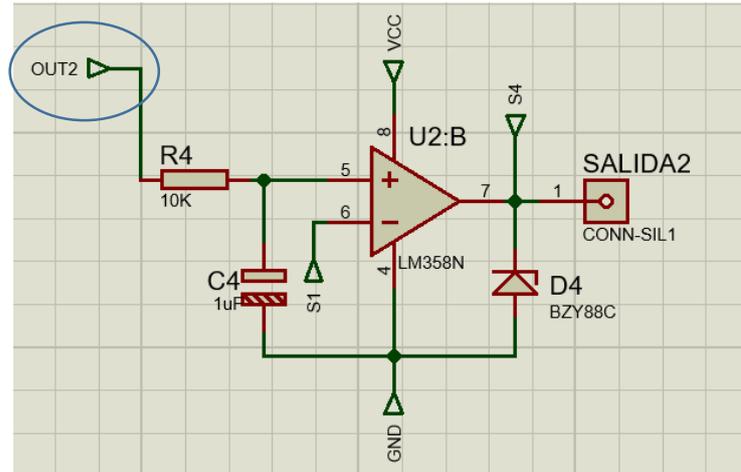
Este sensor denominado de temperatura de aire de admisión (IAT) está constituido de un termistor el cual al igual que el sensor de temperatura de refrigerante (ECT) es muy sensible a la temperatura producida por el vehículo.

Es por ello que se ocupa el mismo diseño de la Figura 3-2, ya que el comportamiento de la señal del sensor de temperatura de admisión (IAT) varía es decir, cuando la temperatura del aire de admisión está en frío la resistencia del sensor es alta y cuando la temperatura del aire de admisión está caliente la resistencia del sensor es baja.

El voltaje del sensor de temperatura de aire de admisión trabaja máximo con 5V, por lo cual el voltaje varía según el comportamiento de la resistencia térmica.

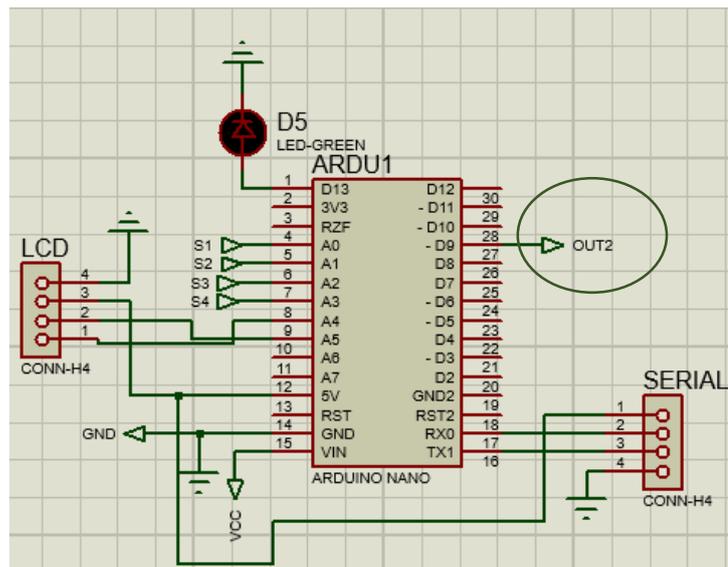
### 2.3.6.1 Diseño Circuito Esquemático – Entorno ISIS

Como la señal emitida por el sensor de temperatura de aire de admisión está constituida en un termistor y es parecida a la señal que emite el sensor de temperatura del refrigerante (ECT), se procede a realizar el circuito esquemático basado en el diseño de la Figura 3-2.



**Figura 8 – 2:** Diseño del circuito – Señal del Sensor (IAT)  
Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

En este caso la entrada OUT 3 del diseño esquemático convertidor de señales PWM Digitales – Analógicas, viene de una salida de la tarjeta de desarrollo Arduino específicamente del pin D9 como se observa en la Figura 9 – 2.



**Figura 9 – 2:** Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 2 PWM  
Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

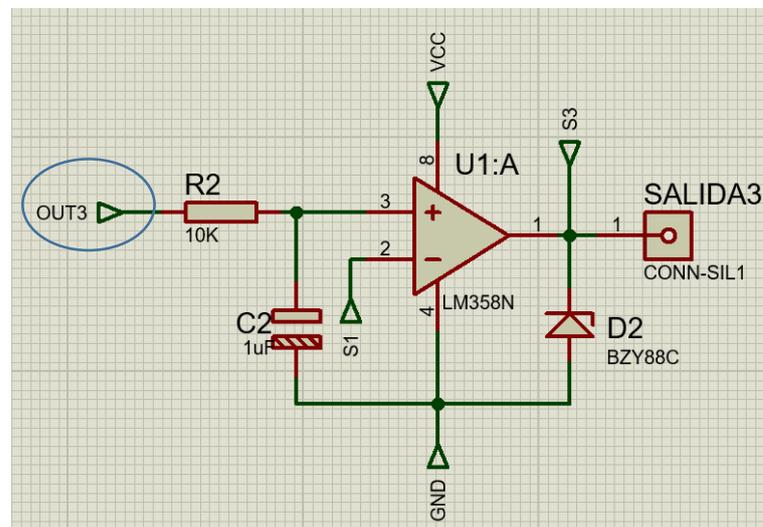
### 2.3.7 Diseño Señal del Sensor de Presión Absoluta del múltiple de Admisión (MAP)

Para realizar el diseño del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP) se toma en cuenta que el sensor informa a la unidad de control electrónica (ECU) la presión de la mezcla del aire de combustible y convierte este valor en salida de voltaje.

#### 2.3.7.1 Diseño circuito esquemático – Entorno ISIS

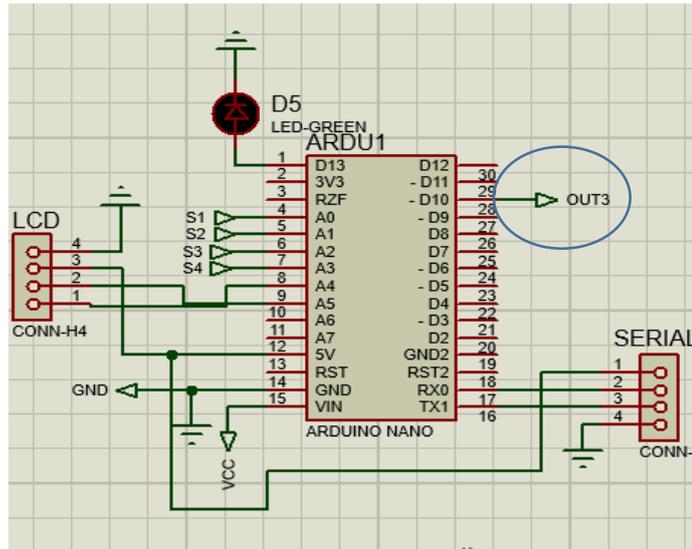
Un dato importante es que la condición de la mariposa de aceleración abierta genera una salida alta. El voltaje que proporciona la unidad de control electrónica de motor (ECU) es 5V aproximadamente, por lo cual para mantener el voltaje en el diseño del circuito se añade un diodo Zener D3

La señal emitida por el sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP) es una señal analógica, entonces el procedimiento para generar dicha señal se basa en la Figura 3-2.



**Figura 10 – 2:** Diseño del circuito – Señal sensor (MAP)  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

En este caso la entrada OUT 3 del diseño esquemático convertidor de señales PWM Digitales – Analógicas, viene de una salida de la tarjeta de desarrollo Arduino específicamente del pin D10 como se observa en la Figura 11 – 2.



**Figura 11 – 2:** Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 3 PWM  
 Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

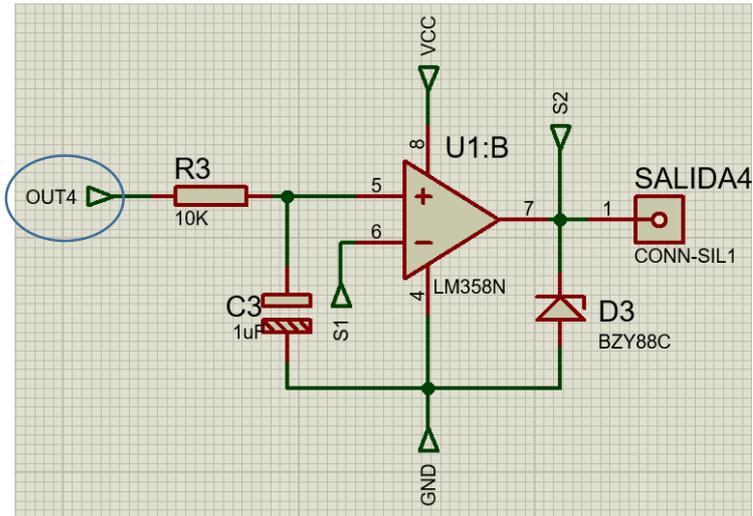
### 2.3.8 Diseño Señal del Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)

Este sensor trabaja con 5V, dicho sensor lee la cantidad de aire que está ingresando al motor y envía la información a la unidad electrónica de control (ECU) para que envíe la cantidad exacta de combustible hacia el motor del vehículo de acuerdo a la cantidad de aire que ingresa.

Para poder simular la señal emitida del sensor MAF, se debe tener en cuenta que la señal del sensor es una señal analógica, basado en el diseño de un circuito transformador de señales digitales – analógicas como se muestra en la Figura 3-2.

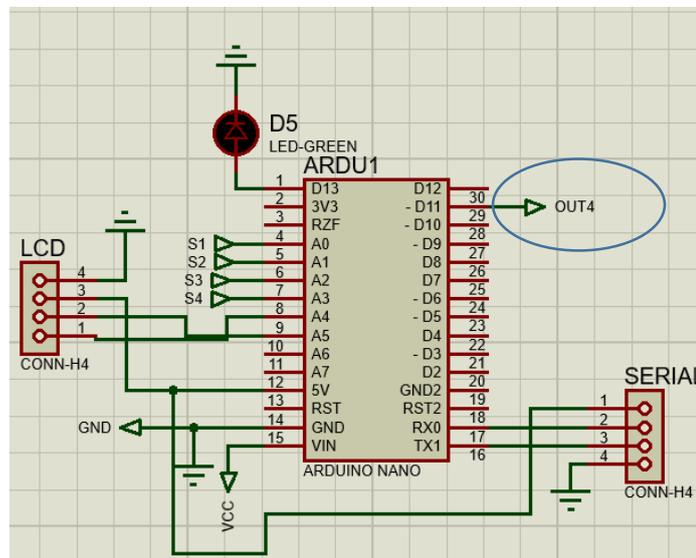
#### 2.3.8.1 Diseño circuito esquemático – Entorno ISIS

Una vez analizado el circuito se procede a su desarrollo en el software PROTEUS, específicamente en el entorno de diseño esquemático ISIS como se muestra a continuación en la Figura 12 - 2.



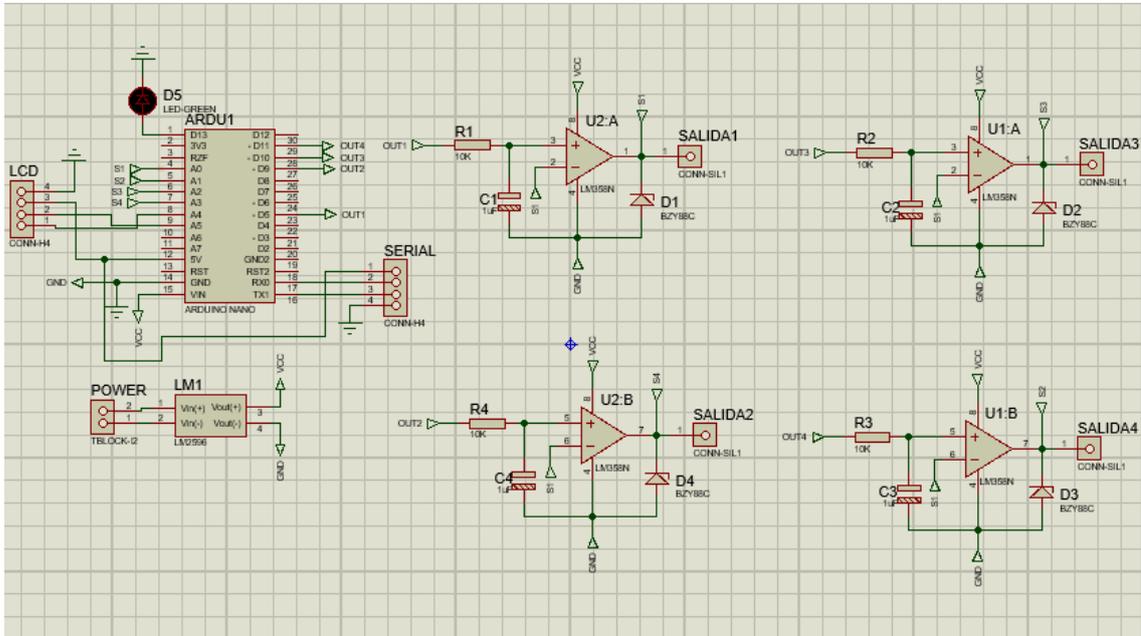
**Figura 12 – 2:** Diseño del circuito – Señal sensor (MAF)  
 Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

En este caso la salida OUT4 que viene de la tarjeta de desarrollo Arduino ingresa al circuito con señal digital, el amplificador operacional mediante su diseño transforma esa señal digital en señal analógica, como se muestra en la Figura 3 - 2, el diseño esquemático realizado en una tarjeta de desarrollo Arduino nano, en la cual se visualiza una salida D11 digital PWM (modulación por ancho de pulso).



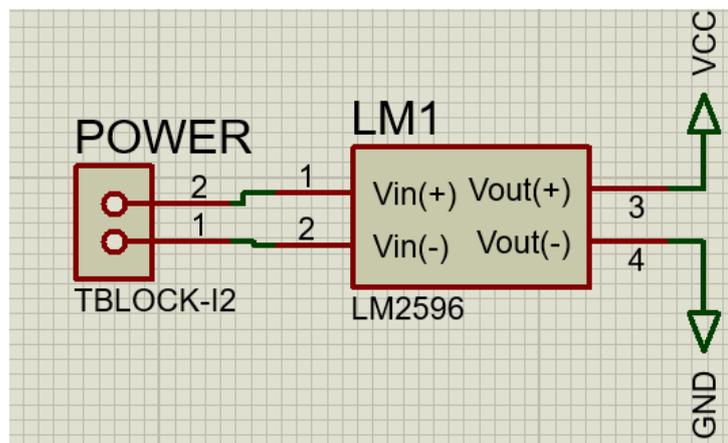
**Figura 13 – 2:** Diseño esquemático Arduino nano – Salidas OUT 4 PWM  
 Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

Finalizado el diseño de cada uno de los circuitos simuladores de las señales de los sensores del vehículo, procedemos a unir todo en el entorno ISIS logrando optimizar el diseño en una sola ventana de diseño como se muestra en la Figura 14 – 2.



**Figura 14 – 2:** Diseño esquemático completo  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Al diseño está equipado con una fuente convertidor de voltaje y corriente DC-DC LM2596 para tener un voltaje controlado a la entrada del circuito, es importante el uso de esta fuente cuando se trabaja con microcontroladores y tarjetas de desarrollo Arduino, esta fuente de alimentación conmutada es eficiente porque se puede regular el voltaje de 1 a 12V exactos.



**Figura 15 – 2:** Fuente conmutada de voltaje LM2596  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Se detallan las características de la fuente de voltaje conmutada LM2596 en la Tabla 3-2.

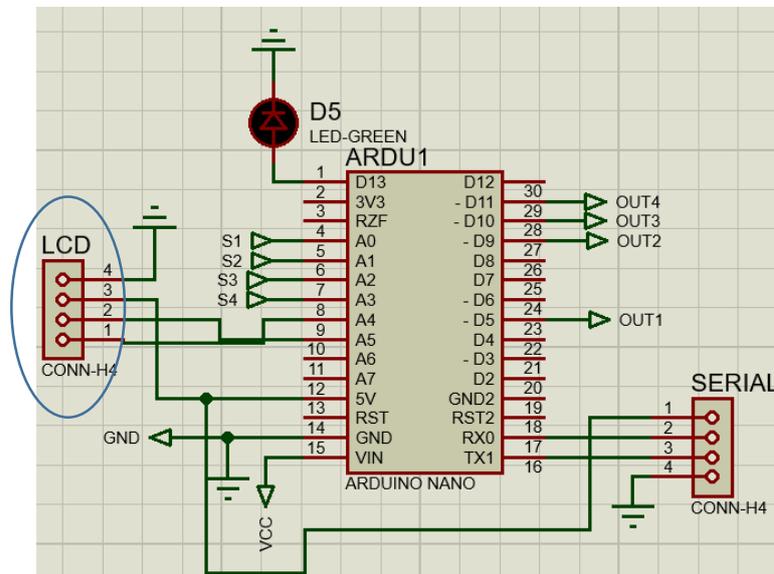
**Tabla 3 – 2:** Características de la fuente conmutada LM2596.

CARACTERÍSTICA	DETALLE TÉCNICO
Voltaje de Entrada	4.5 – 40V
Voltaje de Salida	1.5 – 35V (Ajustable)
Corriente de Salida	Máxima 3A
Dimensiones	43 x 20 x 14mm
Frecuencia de Switching	150 KHZ

Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

Adicional el diseño del circuito tiene 4 pines para la conexión de una LCD los pines de conexión vienen de la tarjeta de desarrollo Arduino A4 y A5 con una alimentación de 5v y conexión a tierra.

En esta LCD se mostrara los voltajes de salida que emiten las señales simuladas de los sensores del vehículo.

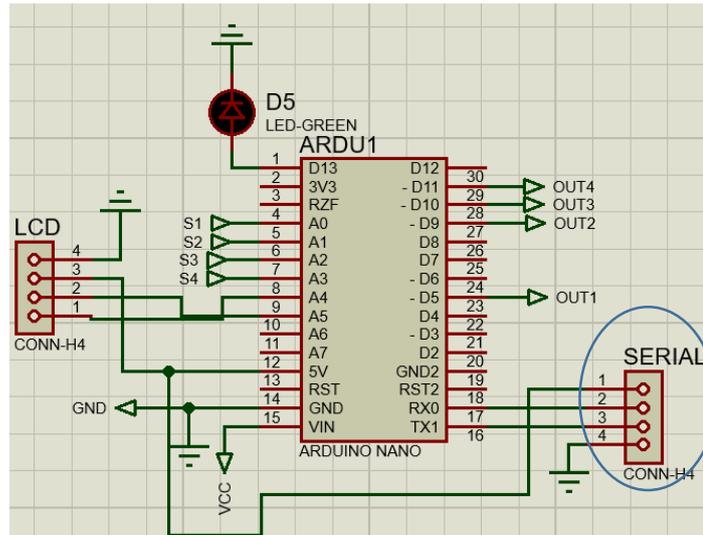


**Figura 16 – 2:** Serial de conexión para LCD

Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

Como último paso dentro del diseño del circuito se añade una etapa de comunicación para una HMI con la tarjeta de desarrollo arduino que se detalla más adelante.

Esta conexión va desde los pines de comunicación de la tarjeta de desarrollo arduino RX y TX con una alimentación de 5voltios y conexión a tierra.

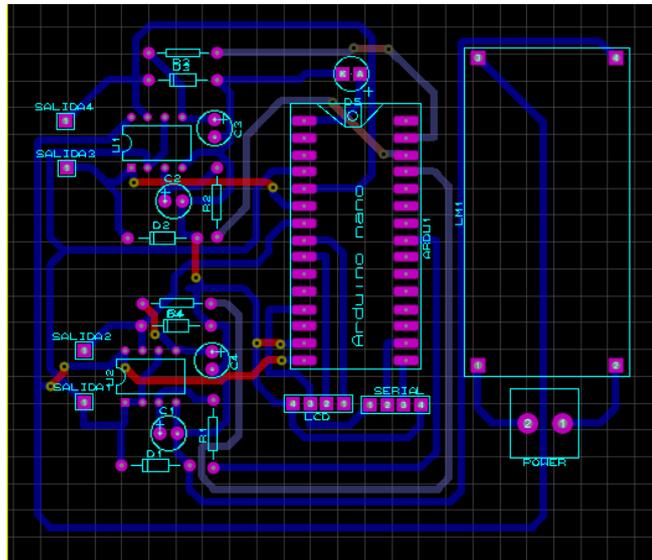


**Figura 17 – 2:** Serial de comunicación para HMI  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

### 2.3.9 Diseño de la placa de circuito impreso (PCB) – Entorno ARES

Finalizado el diseño esquemático de los circuitos que simularan las señales analógicas de los sensores del vehículo TPS, ECT, IAT, MA,MAF, O2, se procede a diseñar la placa de circuito impreso en el software Proteus específicamente en el entorno ARES, el mismo que nos permite crear un PCB y luego poder implementarlo manera física siguiendo algunos procedimientos de fabricación.

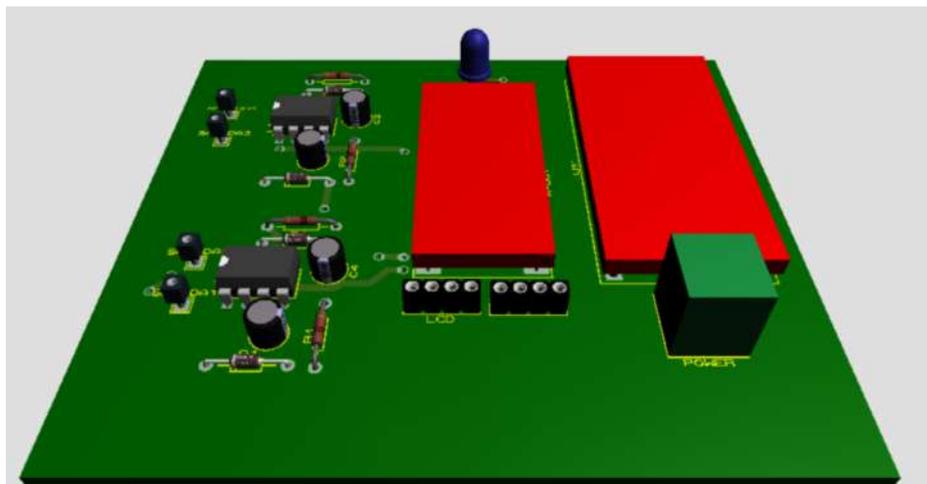
Para abaratar costos en el diseño del simulador de señales del vehículo se realizó el diseño del simulador de señales del vehículo en una sola placa de circuito impreso como se muestra en la Figura 18 – 2.



**Figura 18 – 2:** Serial de comunicación para HMI  
 Realizado por: CANDO, Alex, 2017

### 2.3.9.1 Visualización del diseño en un entorno 3D

Terminado el diseño en el entorno ARES del software Proteus se visualiza el circuito terminado en un entorno 3D, en el cual se observa virtualmente.

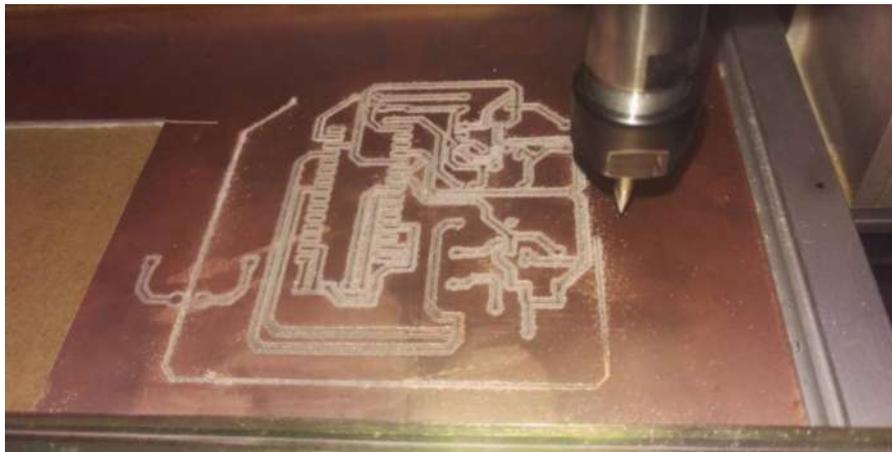


**Figura 19 – 2:** Visualización 3D de la placa del circuito.  
 Realizado por: CANDO, Alex, 2017

### 2.3.10 Implementación de la placa de circuito impreso.

Se traslada el diseño a una máquina de control numérico por computadora (CNC) para realizar el corte y la impresión del diseño realizado anteriormente en la Figura 20 - 2.

La máquina CNC a través de comandos permite supervisar las coordenadas del diseño y seguir una trayectoria determinada.



**Figura 20 – 2:** Fabricación placa de circuito en maquina CNC.  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

#### 2.3.10.1 Armado de la placa de circuito impreso

Finalizado el corte en una máquina de control numérico por computadora (CNC) se procede al armado de la placa de circuito impreso con los materiales que se detallan en la Tabla 4-2.

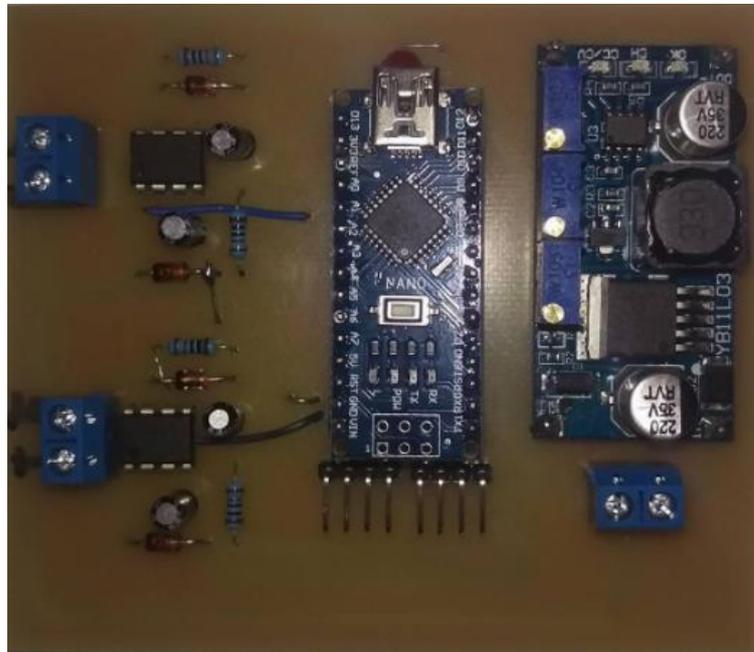
**Tabla 4 - 2:** Materiales utilizados en el armado de la placa de circuito impreso.

CANTIDAD	ELEMENTO	CARACTERISTICA
1	Fuente reductora	LM2596
1	Arduino	Nano
2	Opams	LM358N

4	Capacitores	1uf
4	Diodos Zener	1N4733A
4	Resistencias	10 k
1	Diodo led	Rojo
14	Bornes de conexión	Hembra y macho

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Finalizado el armado del circuito de diseño impreso con todos los materiales requeridos el resultado final es una placa física completamente funcional como se muestra en la Figura 21-2



**Figura 21 – 2:** Resultado final placa de circuito impreso.

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

## 2.4 Etapa 2: Diseño de Señales de los sensores CKP y CMP

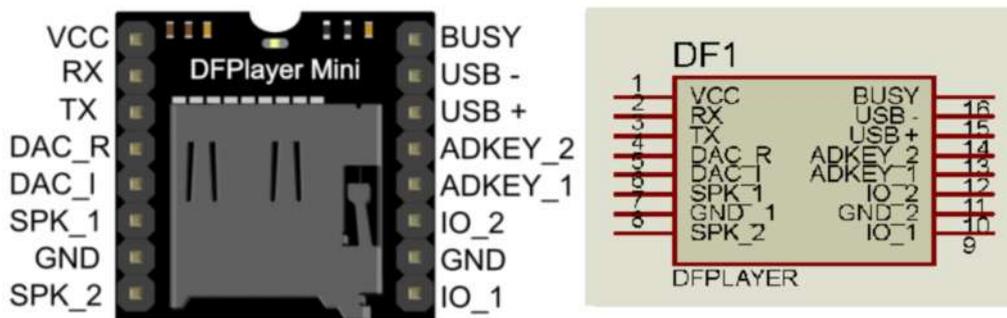
### 2.4.1 Introducción

Para realizar la simulación de las señales emitidas por el sensor de posición de cigüeñal (CKP) y del sensor de posición de árbol de levas (CMP), se toma en cuenta que dichos sensores trabajan con 5 Voltios, son señales cuya amplitud y frecuencia aumenta dependiendo las revoluciones del motor.

### 2.4.1.1 Diseño circuito esquemático – Entorno ISIS

Se procede a diseñar el circuito para emitir dos señales de los sensores CKP y CMP, el circuito consta de una comunicación entre 2 tarjeta de desarrollo arduino nano para que no exista saturación al momento de ejecutar las funciones designadas a las tarjetas de desarrollo.

La tarjeta de desarrollo AR1 está conectada a un módulo shield DF player mini



**Figura 22 – 2:** Módulo DF player Mini  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

El módulo shield DF player mini reproduce audio grabado en una tarjeta micro SD, los audios son revoluciones emitidas por motores de diferentes marcas, estos audios conjuntamente con una programación emitida por la tarjeta Arduino convierte el audio en forma de onda que pueden ser visualizadas mediante un osciloscopio, por medio de este dispositivo se emite una primera señal CKP.

Se toma en cuenta las especificaciones técnicas del dispositivo, detallada en la Tabla 5 – 2.

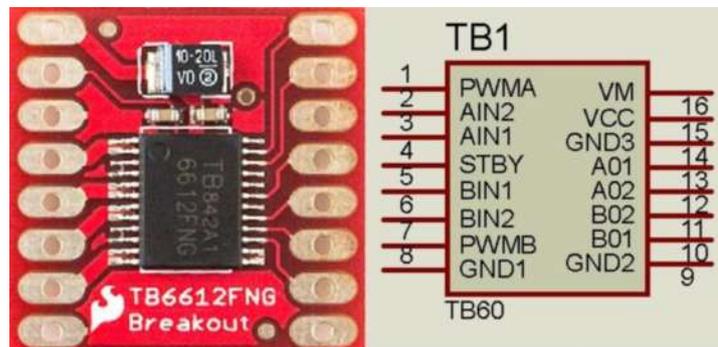
**Tabla 5 - 2:** Especificaciones del módulo shield DF player mini

PIN	DESCRIPCION	NOTA
VCC	Voltaje de entrada	DC 3.2-5.0V; Type: DC 4.2 V
RX	UART serial input	
TX	UART serial output	
DAC_R	Audio output right channel	Drive earphone and amplifier
DAC_L	Audio output left channel	Drive earphone and amplifier

SPK2	Speaker-	Drive speaker less that 3W
GND	Ground	Power GND
SPK1	Speaker+	Drive Speaker less that 3W
IO1	Trigger port 1	Short press to play previous
GND	Ground	Power GND
IO2	Trigger port 2	Short press to play next
ADKEY1	AD Port 1	Trigger play first segment
ADKEY2	AD Port 2	Trigger play first segment
USB+	USB + DP	USB Port
USB-	USB – DM	USB Port
BUSY	Playing Status	Low means playing / high means no

Realizado por: CANDI, Alex, 2017

Dentro del diseño esquemático se incluye un puente h TB622A1 el cual modula la señal emitida por PWM (Modulación por ancho de pulso), por medio de este dispositivo electrónico se emite una segunda señal del sensor CKP.



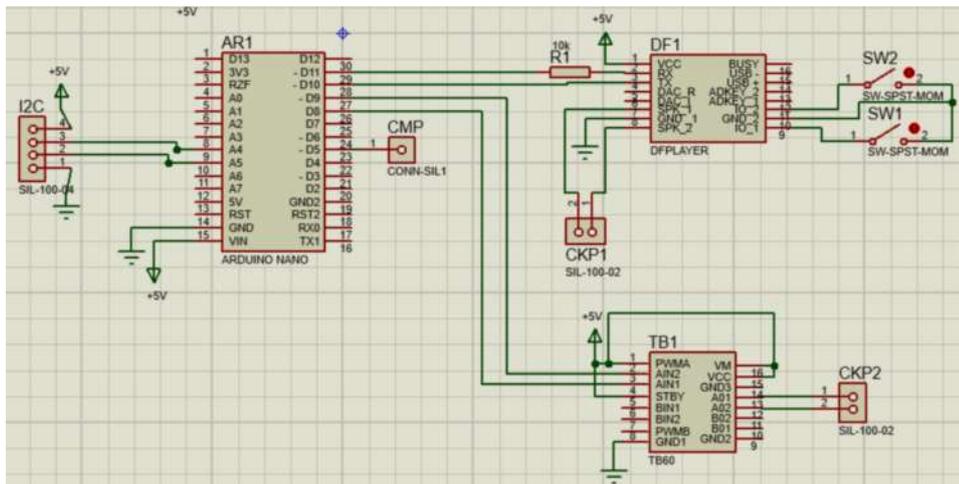
**Figura 23 – 2:** Modulo puente H  
Realizado por: CANDI, Alex, 2017

Las formas de onda son modificadas mediante la programación en la tarjeta de desarrollo arduino, dando como resultado la simulación de señales de los señores CKP y CMP.

De manera general, la tarjeta de desarrollo arduino nano está conectada con el módulo DF player el cual procesa el audio en Mp3 y envía señales visibles al osciloscopio, el pin RX del módulo DF player está conectada al pin D11 conjuntamente con una resistencia de 10k para eliminar interferencias, no obstante que el pin TX está conectado con el pin D10 del arduino para que exista comunicación.

Los habilitadores 1 y 2 del módulo puente h TB622A1 están conectados con los pines D9 y D8 de la tarjeta de desarrollo arduino, esta conexión permite controlar por medio del módulo una señal PWM (modulación por ancho de pulso) la velocidad de la señal.

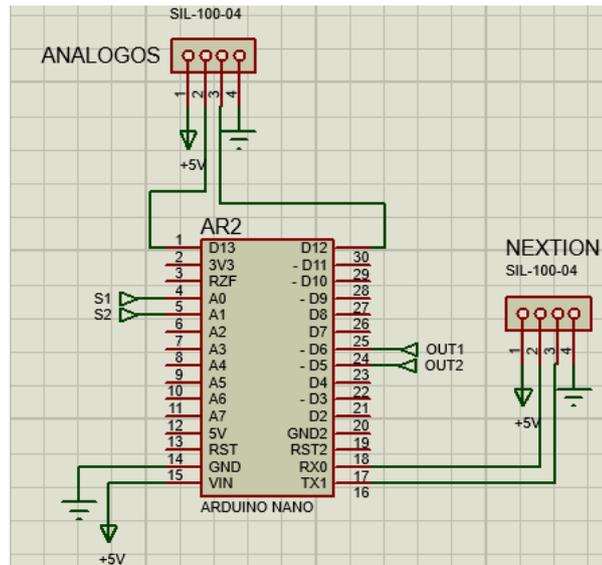
En la Figura xx se detalla el diseño del circuito generador de las señales de los sensores CKP y CMP.



**Figura 24 – 2:** Diseño generador de señales CKP/CMP  
Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

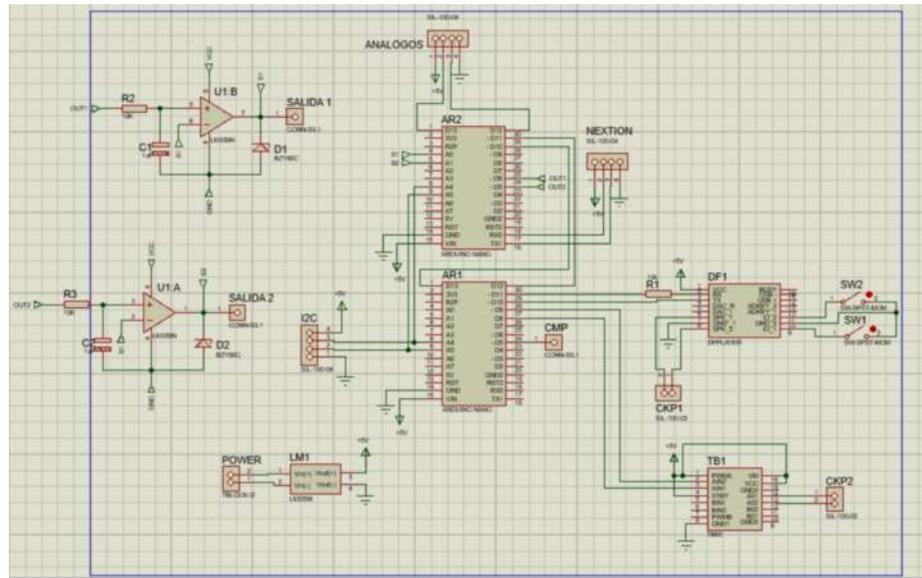
#### 2.4.1.2 comunicación entre tarjetas de desarrollo arduino nano.

Se realiza una comunicación entre dos tarjetas de desarrollo arduino para garantizar el correcto funcionamiento del circuito, el objetivo es no saturar la tarjeta arduino AR1 es por eso que se añade una tarjeta arduino AR2, la misma que tiene como función establecer comunicación con la pantalla HMI y el serial de la placa generadora de señales de los sensores TPS, ECT, IAT, O2, MAP, MAF.



**Figura 25 – 2:** Diseño esquemático de comunicación  
 Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

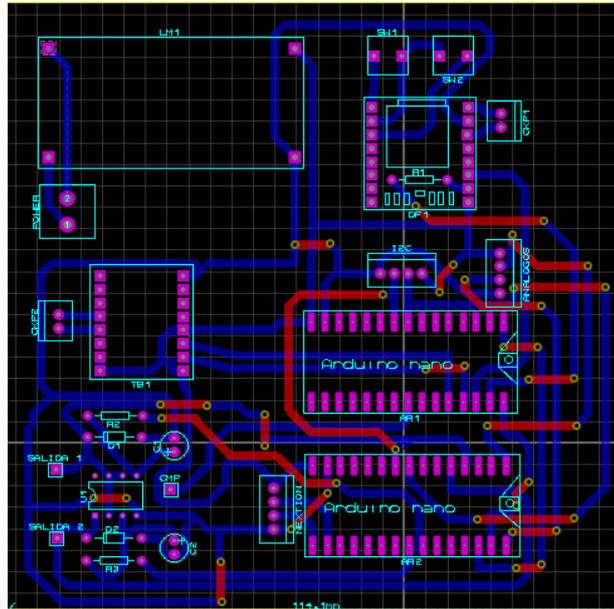
Para reducir el costo del prototipo se realiza el circuito en un solo diseño esquemático.



**Figura 26 – 2:** Diseño esquemático general  
 Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

### 2.4.2 Diseño de la placa de circuito impreso PCB – Entorno ARES

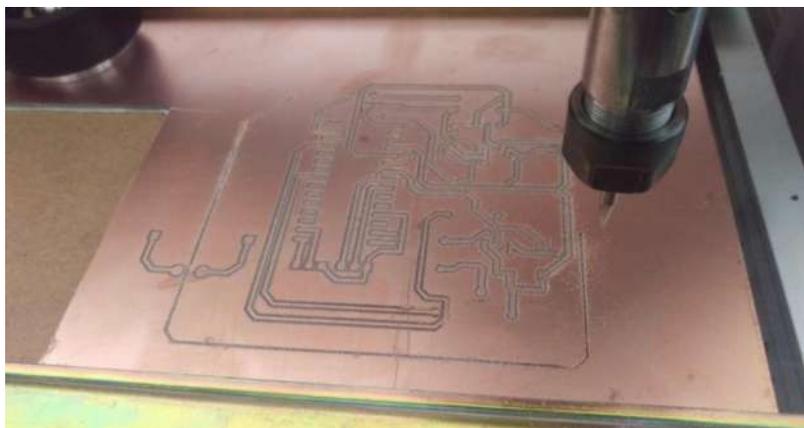
Finalizando el diseño esquemático del circuito en el entorno ISIS, se procede a realizar el diseño de la placa de circuito impreso en el entorno ARES como se muestra en la Figura 27 – 2.



**Figura 27 – 2:** Diseño PCB placa generadora de señal CKP/CMP  
Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

### 2.4.3 Implementación de la placa de circuito impreso

Una vez finalizado el diseño en el entorno ARES se traslada el diseño a una máquina de control numérico por computadora (CNC) para realizar el corte y la impresión del circuito impreso.



**Figura 28 – 2:** Corte en maquina CNC  
Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

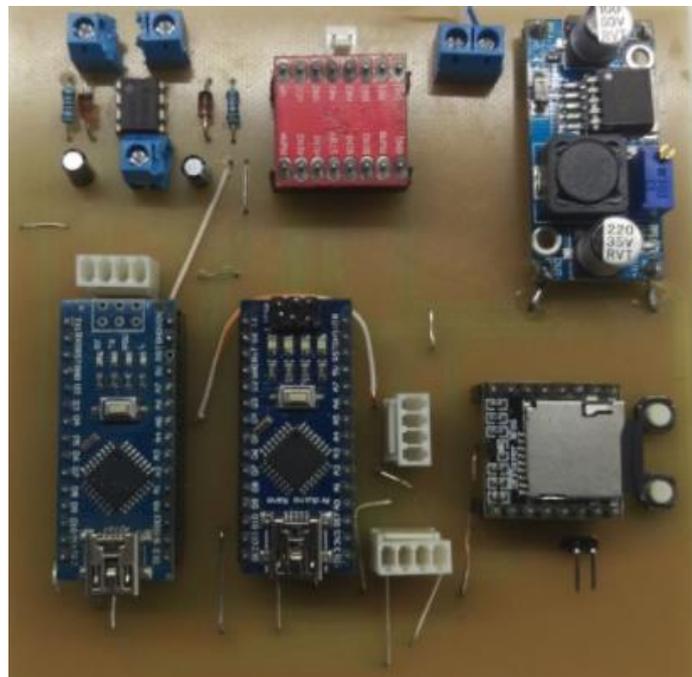
### 2.4.3.1 Armado de la placa de circuito impreso

Finalizado el corte en maquina CNC se procede armar el circuito con los materiales requeridos a continuación en la Tabla 6 – 2.

**Tabla 6 – 2:** Materiales utilizados en el armado de la placa de circuito impreso.

CANTIDAD	ELEMENTO	CARACTERISTICA
1	OPAM	Lm
1	Modulo DF Player	Mp3
2	Arduino nano	Nano
2	resistencias	10 K
2	capacitores	1uf
2	Diodos Zener	1n4147
2	pulsadores	normales
5	bornes	normales

Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017



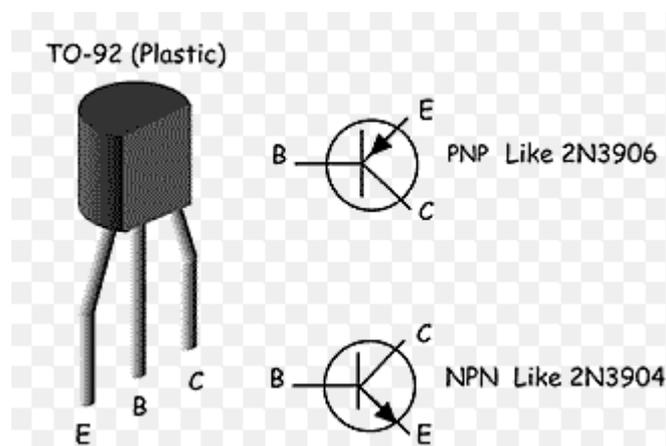
**Figura 29 – 2:** Armado placa generadora de señales CKP/CMP

Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

## 2.5 Etapa 3: Diseño del probador para inyectores y bobinas del vehículo

Una etapa dentro del diseño e implementación del simulador es diseñar un probador de inyectores y bobinas del vehículo, para este diseño se analiza la utilización de 2 tipos de transistores:

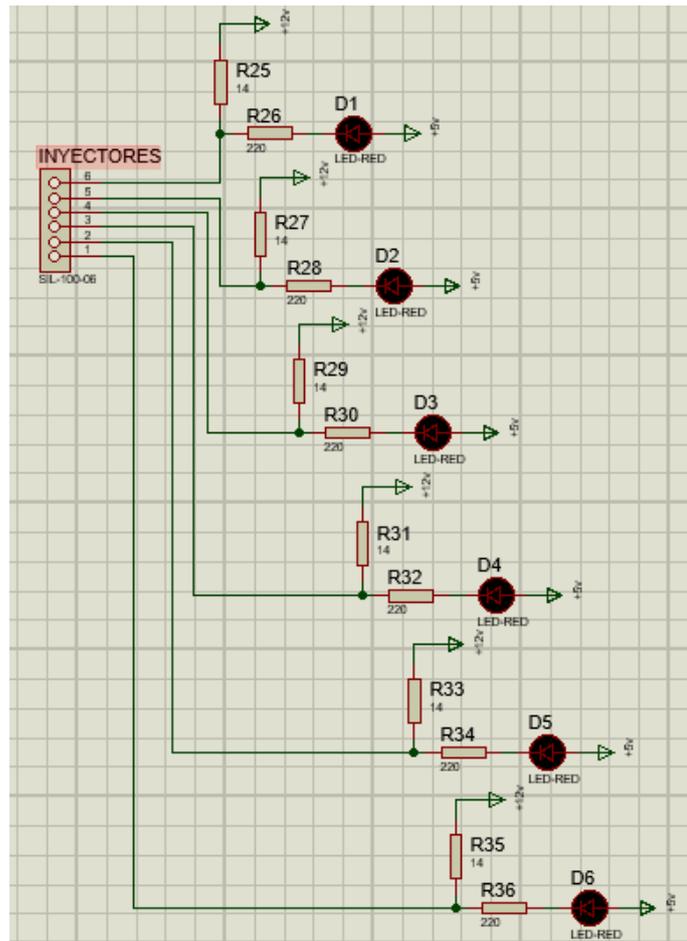
- Transistor NPN 3904
- Transistor PNP 3906



**Figura 30 – 2:** transistores PNP/NPN  
Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

### 2.5.1 Diseño del probador para inyectores

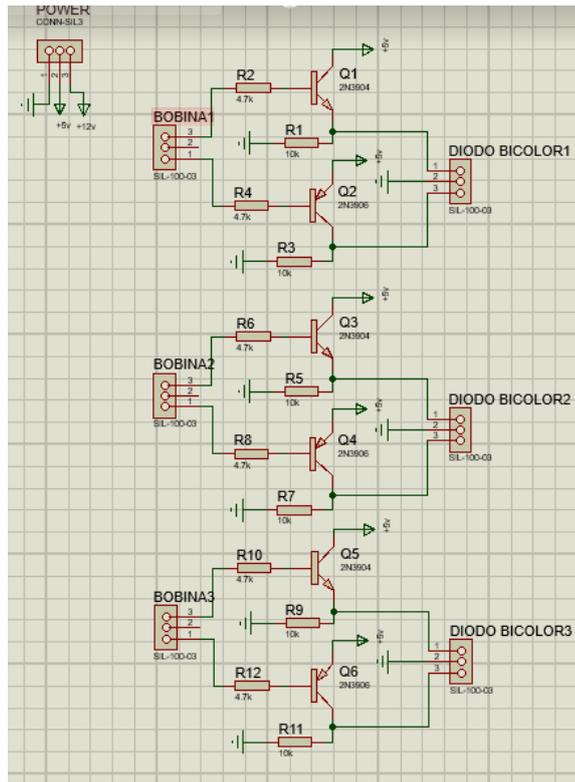
Teniendo en cuenta que las señales emitidas por los inyectores del vehículo son negativas, se procede a realizar el diseño de un circuito que simule un inyector, para ello se toma en cuenta una resistencia de 14 ohmios la cual simula la señal que la unidad de control electrónico (ECU) quiere recibir, conjuntamente con un diodo led y una resistencia de 220 de protección a la corriente. La señal negativa ingresa al cátodo del diodo led, el mismo que esta alimentado a 5 voltios, produciendo que el led se encienda. En la Figura 31 – 2, se muestra el diseño esquemático del probador para 6 inyectores.



**Figura 31 – 2:** Diseño esquemático probador de inyectores  
 Realizado por: CANDO, Alex, 2017

### 2.5.2 Diseño del probador para Bobinas

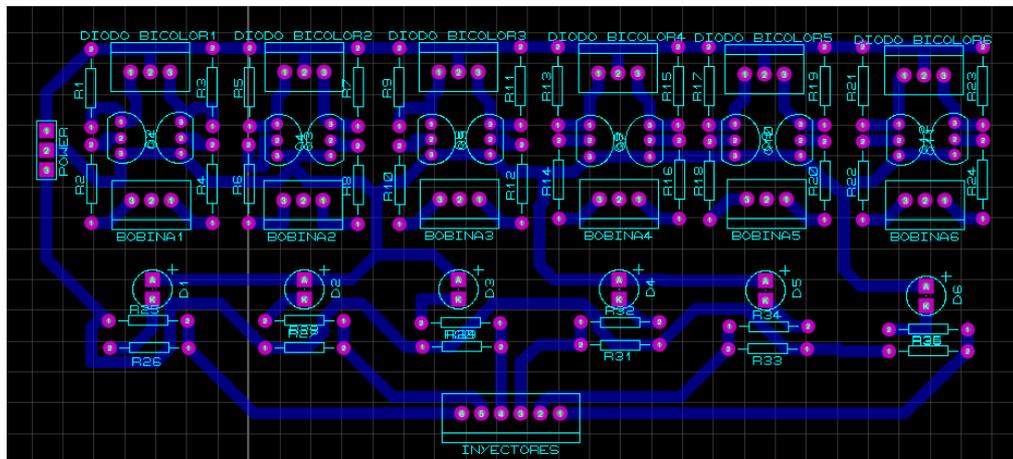
Tomando en cuenta que las señales emitidas por las bobinas del vehículo tienen lógica positiva y negativa, se toma en cuenta la utilización de 2 tipos de transistores de tipo NPN 3904 y PNP 3906, los cuales conjuntamente con un interruptor de 3 tiempos me permiten controlar ambas lógicas. Cuando el interruptor está activado en su primer tiempo la función del transistor 3904 es encender un led al recibir un voltaje positivo y cuando el interruptor está activado en su tercer tiempo la función del transistor 3906 es encender otro led de distinto color al recibir un pulso negativo. En la Figura 32 – 2, muestra el diseño esquemático de un probador para 6 bobinas.



**Figura 32 – 2:** Diseño esquemático probador de bobinas  
Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

### 2.5.3 Diseño de la placa de circuito impreso (PCB) – entorno ARES

Para optimizar el diseño del probador de inyectores y bobinas se realiza un solo diseño en el entorno ARES.



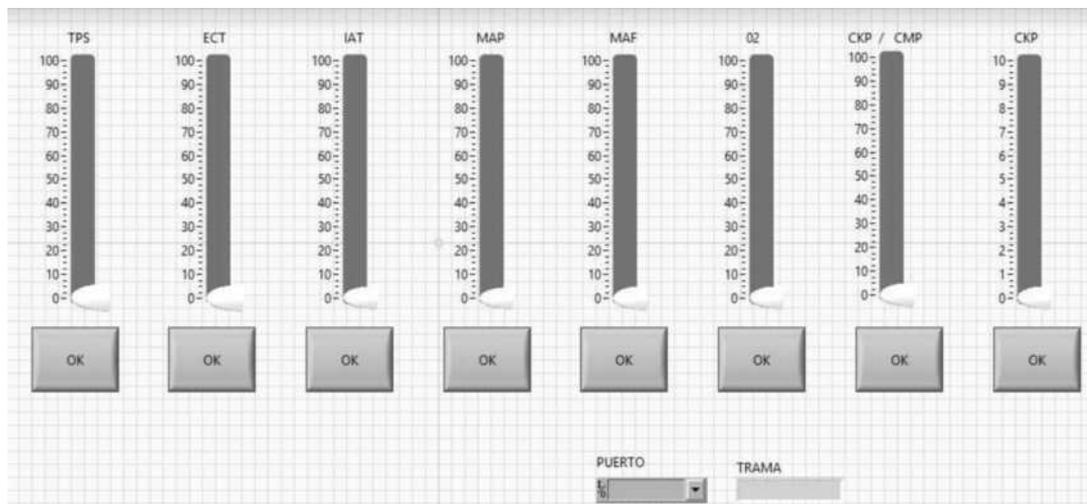
**Figura 33 – 2:** Diseño PCB probador de bobinas e inyectores  
Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

## 2.6 Pantalla HMI

### 2.6.1 Introducción

Para tener una comunicación hombre- máquina y facilitar el manejo de manera táctil y tecnológica, Se implementa al diseño del simulador una pantalla HMI.

### 2.6.2 Diseño de la interfaz gráfica HMI



**Figura 34 – 2:** Interfaz gráfica HMI - LABVIEW

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Se realiza el diseño de la interfaz gráfica para la pantalla HMI, para ello se utiliza el software Labview en el cual se desarrolla una interfaz que contiene 8 sliders con los nombres de los sensores del vehículo a ser diagnosticados, es decir, CKP, CMP, TPS, ECT, IAT, MAP, MAF, O2, dichos slider varían los voltajes en los sensores de manera táctil.

Adicional consta de un botón que despliega los puestos de comunicación con la pantalla HMI y la tarjeta de desarrollo arduino nano que comanda el circuito en general.

**Tabla 7 – 2:** Funciones de los sliders en la pantalla HMI.

<b>BOTON</b>	<b>FUNCION</b>
PUERTO COM	Asigna el puerto de comunicación
OK	Confirma la orden
TRAMA	Establece la comunicación
SLIDER CKP	Varia el voltaje de sensor CKP simulado
SLIDER CMP	Varia el voltaje de sensor CMP simulado
SLIDER TPS	Varia el voltaje de sensor TPS simulado
SLIDER ECT	Varia el voltaje de sensor ECT simulado
SLIDER IAT	Varia el voltaje de sensor IAT simulado
SLIDER MAP	Varia el voltaje de sensor MAP simulado
SLIDER MAF	Varia el voltaje de sensor MAF simulado
SLIDER O2	Varia el voltaje de sensor O2 simulado

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

## 2.7 Osciloscopio DSO138

### 2.7.1 Características y funcionamiento del Osciloscopio DSO138

La función principal del osciloscopio dentro del prototipo simulador es diagnosticar las señales analógicas emitidas por el simulador de señales, mediante el cual se puede comprobar un correcto funcionamiento de la unidad de control electrónica de motor (ECU) y descartar el fallo directo de los sensores del automóvil.

#### 2.7.1.1 características

En la Tabla 8 – 2, se muestra las características del osciloscopio DSO138 utilizado en el simulador sensores del vehículo.

**Tabla 8 – 2:** especificaciones del osciloscopio DSO138

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Muestra máxima en tiempo real	1MSa/s

Ancho de banda analógico	0—200khz
Rango de sensibilidad	10mV/div-5V/div
Tensión de entrada máxima	50 Vpk (1 x sonda)
Impedancia de entrada	1 M ohmios/20pF
Resolución	12 bits
Longitud de registro	1024 puntos
Rango e base de tiempo	500 s/Div—10us/div
Modos de activación	Auto, Normal y solo
Rango de posición del gatillo	50 %
Fuente de alimentación	9 VDC (8-12 v)
Consumo actual	120 mA
Dimensiones	117 x 76 x 15mm
Peso	70 gramos (sin sonda)

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

## 2.8 Módulo Voltímetro – Amperímetro Digital

### 2.8.1 Introducción

Se utilizan 4 módulos voltímetro – amperímetro digital para la construcción de 4 fuentes de alimentación. Se detallan las fuentes en la Tabla 9-2

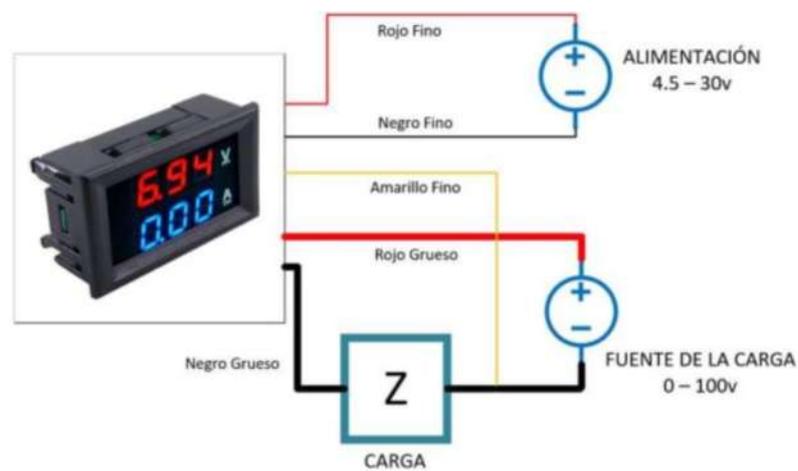
**Tabla 9 – 2:** Fuentes de alimentación

FUENTE	TIPO	VOLTAJE IN /OUT
LM2596	Reductora	int: 12V – out: 1 /9V
LM2596	Reductora	int: 12V – out: 5V
LM2596	Reductora	int: 12V – out: 12V
XL0009	Elevadora	int: 12V – out: 24V

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Las fuentes diseñadas son de 4 tipos de voltajes de salida: 5, 12, 24 y una fuente regulable, dichas fuentes proveen el voltaje necesario según el requerimiento de la unidad de control electrónica (ECU).

### 2.8.1.1 conexión voltímetro – amperímetro Digital



**Figura 35 – 2:** Conexión voltímetro amperímetro  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

## 2.9 Diseño y construcción de la carcasa del simulador

### 2.9.1 Introducción

Se diseña una carcasa que permita dar una mejor estética al simulador de señales de la unidad de control electrónica (ECU), para este proceso se diseñó un bosquejo en el software Solidwork.

#### 2.9.1.1 Diseño de la carcasa

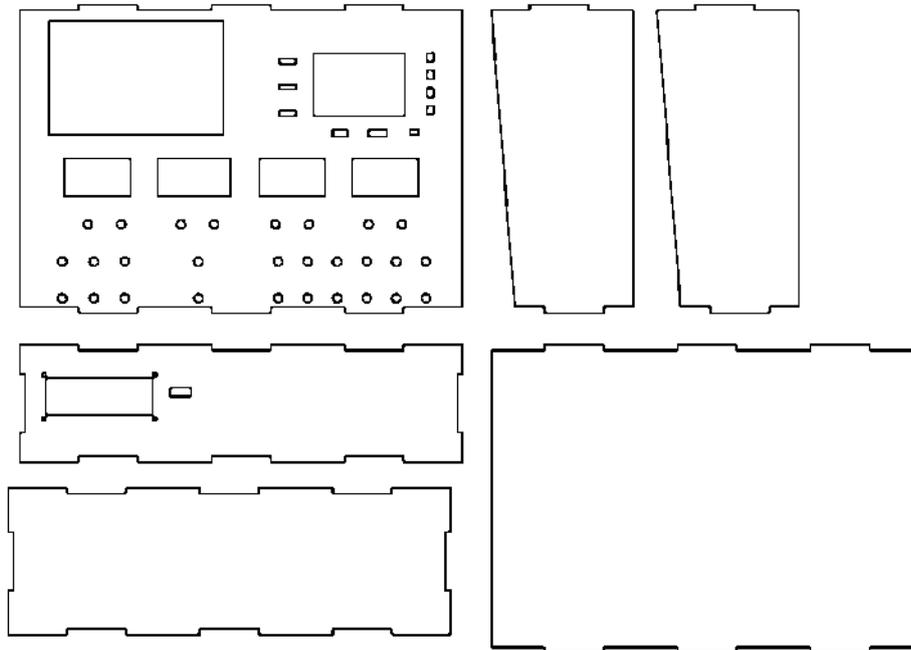
Para que las medidas de la carcasa sean correctas se realizó el diseño el diseño en el software solidwork, en la Tabla 10 - 2 se muestra las medias del diseño.

**Tabla 10 – 2:** Medidas de la carcasa

PARTE	MEDIDA
Tapa Superior	15 x 30 cm
Tapa Inferior	15 c 30 cm

Tapa Lateral Derecha	8 x 15 cm
Tapa lateral Izquierda	8 x 15 cm
Pantalla HMI	7.8 x 12 cm
Osciloscopio	6.2 x 4.3 cm
Voltímetro - Multímetro	2.5 x 4.5 cm
Bornes	11 cm radio

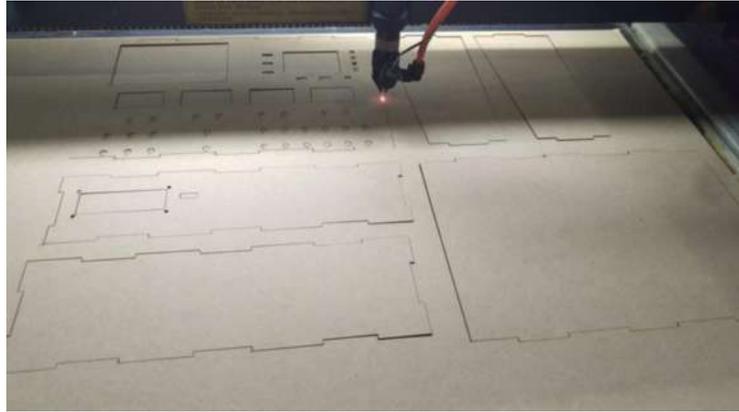
Realizado por: CANDO, Alex, 2017



**Figura 36 – 2:** Diseño y Medidas Carcasa  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

### 2.9.1.2 Corte laser de la carcasa

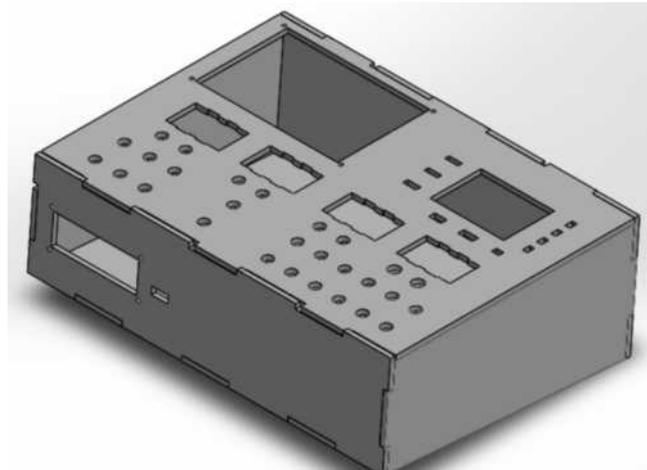
Terminado el diseño se traslada a una máquina de corte laser, el material utilizado es MDF de 4mm.



**Figura 37 – 2:** Corte de la carcasa  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

### 2.9.1.3 Ensamblaje de la carcasa

Se realiza la unión de todas las partes realizadas en solidwork, teniendo como resultado final una carcasa lista para su corte y montaje.



**Figura 38 – 2.** Ensamblaje de la carcasa  
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

## 2.10 Armado total del simulador

Finalizado el diseño y cortado de la carcasa así como de las placas de circuito impreso que simularan las señales de los sensores del vehículo, se procede a colocar todos los elementos y módulos en la carcasa, dando por terminado la fabricación del diseño e implementación de un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónica de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent.

**Tabla 11 – 2:** Elementos del simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónica de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent.

ELEMENTO	FUNCION
Pantalla HMI	Permite la conexión hombre – maquina
Osciloscopio	Visualiza las señales simuladas del sensor
Amperímetro – voltímetro	Muestra voltajes y corrientes de los sensores
Bornes banana hembra	Para extraer la señal del sensor
LCD	Pantalla auxiliar
Placa de circuito impreso 1	Genera señales TPS,ECT,IAT,MAP,MAF
Placa de circuito impreso 2	Genera señales CKP, CMP

**Realizado por:** CANDO, Alex, 2017

### 2.10.1 Simulador V1.0 - Resultado final

Se muestra el resultado final denominado Simulador V1.0 cuya función es el diagnóstico de la unidad de control electrónica de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent



**Figura 39 – 2:** Simulador V1.0  
**Realizado por:** CANDO, Alex, 2017

## 2.11 Costos del Simulador V1.0

Para el diseño e implementación del simulador se utilizaron elementos y módulos óptimos para su funcionamiento, haciendo una comparación con simuladores comerciales existentes en otros países, e incluso pocos simuladores existentes en nuestro país adquiridos por medio de importaciones. En la Tabla 12 - 2 se detalla el costo de fabricación total del simulador 1.0.

**Tabla 12 – 2:** Costos de fabricación del simulador V1.0.

CANTIDAD	MATERIALES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
3	Arduino Nano	6.00	18.00
1	Pantalla HMI	80.00	80.00
1	Osciloscopio	40.00	40.00
4	Mod. Volt/Amp	10.00	40.00
7	Fuentes lm2596	6.00	42.00
1	Pantalla LCD	10.00	10.00
28	Bornes banana	0.20	5.60
3	Opams lm	0.40	1.20
6	Diodo zener	0.15	0.90
8	resistencias	0.10	0.80
6	Espadines hembra	0.20	1.20
6	Condensadores 1uf	0.20	1.20
1	Modulo Puente H	5.00	5.00
1	Modulo DF Player	5.00	5.00
1	Baquelita fibra vidrio	10.00	10.00
1	Carcasa	20.00	20.00
1	Corte laser	15.00	15.00
1	Corte CNC	20.00	20.00
1	Otros	20.00	20.00
1	INVESTIGACION Y CONOCIMIENTO	464.10	464.10
TOTAL			800 DOLARES

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Con el programa Excel se realizó un análisis comparativo en porcentajes, para verificar cual es el material que más influye dentro de la construcción del simulador, en la Tabla 13 - 2 se detallan los porcentajes por material.

**Tabla 13 – 2:** Porcentaje de costos por material

MATERIALES	COSTO	% COSTO
ARDUINO NANO	18	2%
PANTALLA HMI	80	10%
OSCILOSCOPIO	40	5%
MOD AMP/VOL	40	5%
FUENTES LM2596	42	5%
PANTALLA LCD	10	1%
BORNES BANANA	5,6	1%
OPAMS	1,2	0%
DIODO ZENER	0,9	0%
RESISTENCIAS	0,8	0%
ESPADINES	1,2	0%
CONDENSADORES	1,2	0%
PUENTE H	5	1%
MOD DFPLAYER	5	1%
BAQUELITA	10	1%
CARCASA	20	3%
CORTE LASER	15	2%
CORTE CNC	20	3%
OTROS	20	3%
INVEST/CONOCIMIENTO	464,1	58%
TOTAL	800	100%

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Se toma como referencia el 100% equivalente al total de los materiales y gastos de fabricación, en este caso 800, extrayendo un porcentaje de cada elemento y notando que la investigación y conocimiento representa un 58 % del total del costo de los materiales, la pantalla HMI representa un 10 %.

## CAPITULO III

### 3 PRUEBAS RESULTADOS

#### 3.1 Introducción

Finalizado el diseño e implementación del simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónico de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent, se procede a realizar la comprobación del funcionamiento de las etapas del dispositivo y sus módulos.

#### 3.2 Análisis Ensayo y Error

Se realizó un análisis tiempos para probar la efectividad del dispositivo denominado Simulador V1.0, las pruebas de tiempo de detección de errores en las unidades de control electrónicas (ECU) se las realizo en el centro de diagnóstico “COP” ubicado en la ciudad de Santo Domingo provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. Se realizó dichas pruebas utilizando 2 métodos, el método manual y el método con el simulador V1.0, obteniendo los siguientes resultados en la tabla 1 - 3.

**Tabla 1 – 3:** Tiempos de diagnóstico manual y con el método simulador V1.0

METODO	ECU	FALLO	TIEMPO ESTIMADO DE DIAGNOSTICO
MANUAL	ECU 1	In 2 Inyectores	3 horas
	ECU 2	In sensor TPS	1 hora
	ECU 3	In sensor MAP	2 horas
	ECU 4	Fallo total	5 horas
	ECU 5	ECT / 2 boninas	3 horas
	ECU 6	In sensor CKP	2 horas
SIMULADOR V1.0	ECU 1	In 2 Inyectores	1 hora
	ECU 2	In sensor TPS	30 minutos
	ECU 3	In sensor MAP	30 minutos
	ECU 4	Fallo total	45 minutos
	ECU 5	ECT / 2 boninas	20 minutos
	ECU 6	In sensor CKP	30 minutos

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

### 3.2.1 Diagnóstico ECU – 1

Se realizó una regla de tres tomando en cuenta el 100%, basado en el tiempo de diagnóstico manual de 3 horas equivalente a 180 minutos, como se detalla en la tabla 2 – 3.

3 Horas = 180 minutos

1 Hora = 60 minutos

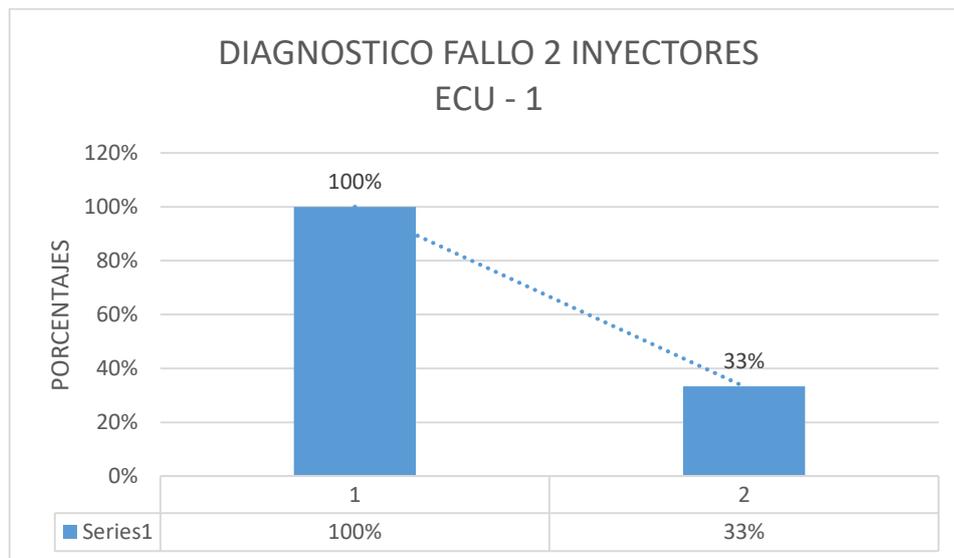
**Tabla 2 – 3:** Tiempos de diagnóstico ECU – 1

	<b>METODO</b>	<b>TIEMPO (Minutos)</b>	<b>% TIEMPO</b>
1	<b>MANUAL</b>	180	100%
2	<b>SIMULADOR V1.0</b>	60	33%
	<b>REFERENCIA</b>	180	100%

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

1 = MÉTODO MANUAL

2= SIMULADOR V1.0



**Gráfico 1 - 3:** Porcentajes de diagnóstico ECU - 1 manual y con simulador V1.0

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

En el gráfico 1-3 se compara el tiempo en minutos y en porcentajes que se tardó en diagnosticar el fallo de 2 entradas de inyectores en una unidad de control electrónica (ECU), el tiempo que tarda el diagnóstico de forma manual fue de 3 horas equivalentes a 180 minutos, la cual tomamos como tiempo promedio de diagnóstico o de referencia que representa el 100 % mientras que con el simulador V1.0 se tardó 1 hora equivalente a 60 minutos (33%) lo que incluye el proceso de conexión y verificación de funcionamiento y se observa un ahorro de tiempo del 67%.

### 3.2.2 Diagnóstico ECU – 2

Se realizó una regla de tres tomando en cuenta el 100%, basado en el tiempo de diagnóstico manual de 1 hora equivalente a 60 minutos, como se detalla en la tabla 3 – 3.

1 hora = 60 minutos

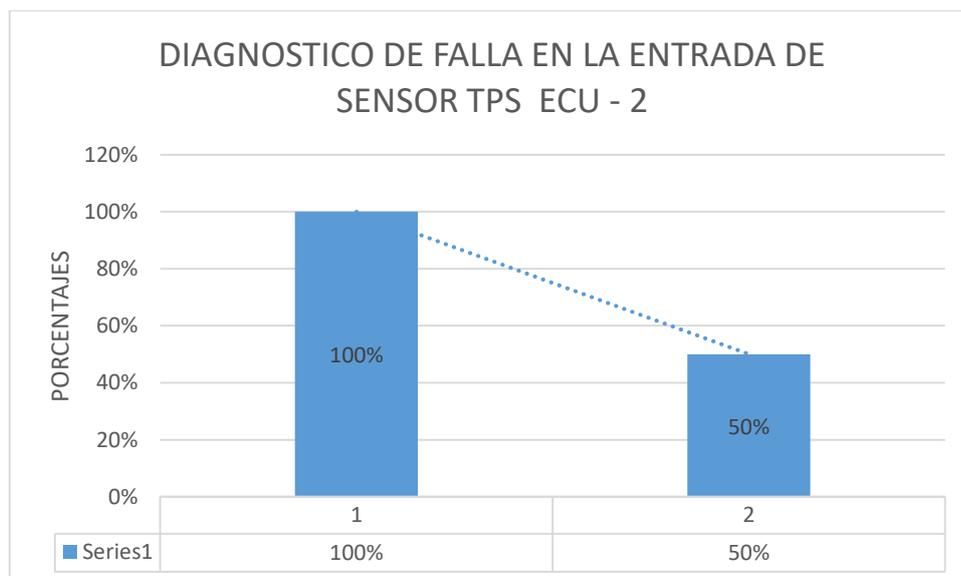
**Tabla 3 – 3:** Tiempos de diagnóstico ECU – 2

	<b>METODO</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>% TIEMPO</b>
1	<b>MANUAL</b>	60	100%
2	<b>SIMULADOR V1.0</b>	30	50%
	<b>REFERENCIA</b>	60	100%

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

1 = MÉTODO MANUAL

2= SIMULADOR V1.0



**Gráfico 2 - 3:** Porcentajes de diagnóstico ECU - 2 manual y con simulador V1.0

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

En el gráfico 2-3 se compara el tiempo en minutos y en porcentajes que se tardó en diagnosticar el fallo de 2 entradas de inyectores en una unidad de control electrónica (ECU), el tiempo que tarda el diagnóstico de forma manual fue de 1 hora equivalentes a 60 minutos, la cual tomamos como tiempo promedio de diagnóstico o de referencia que representa el 100 % mientras que con el simulador V1.0 se tardó 30 minutos (50%) lo que incluye el proceso de conexión y verificación de funcionamiento, , se calcula un ahorro de tiempo del 50%

### 3.2.3 Diagnóstico ECU – 3

Se realizó una regla de tres tomando en cuenta el 100%, basado en el tiempo de diagnóstico manual de 2 horas equivalente a 120 minutos, como se detalla en la tabla 4 – 3.

2 horas = 120 minutos

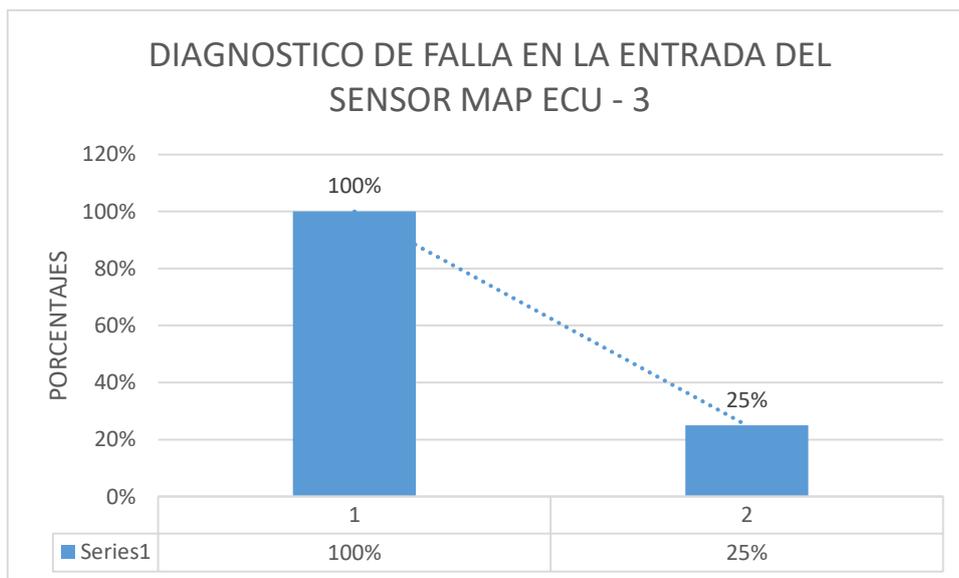
**Tabla 4 – 3:** Tiempos de diagnóstico ECU – 3

	<b>METODO</b>	<b>TIEMPO (Minutos)</b>	<b>% TIEMPO</b>
1	<b>MANUAL</b>	120	100%
2	<b>SIMULADOR V1.0</b>	30	25%
	<b>REFERENCIA</b>	120	100%

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

1 = MÉTODO MANUAL

2= SIMULADOR V1.0



**Gráfico 3 – 3:** Porcentajes de diagnóstico ECU - 3 manual y con simulador V1.0

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

En el gráfico 3-3 se compara el tiempo en minutos y en porcentajes que se tardó en diagnosticar el fallo de 1 entrada del sensor MAP en una unidad de control electrónica (ECU), el tiempo que tarda el diagnóstico de forma manual fue de 2 horas equivalentes a 120 minutos, la cual tomamos como tiempo promedio de diagnóstico o de referencia que representa el 100 % mientras que con el simulador V1.0 se tardó 30 minutos (25%) lo que incluye el proceso de conexión y verificación de funcionamiento, se calcula un ahorro de tiempo del 75%.

### 3.2.4 Diagnóstico ECU – 4

Se realizó una regla de tres tomando en cuenta el 100%, basado en el tiempo de diagnóstico manual de 5 horas equivalente a 300 minutos, como se detalla en la tabla 5 – 3.

5 horas = 300 minutos

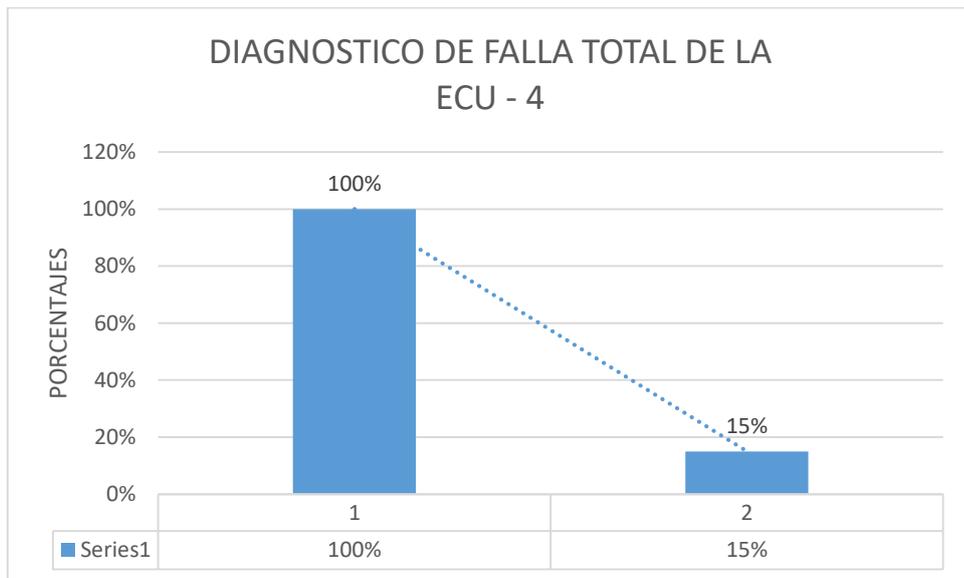
**Tabla 5 – 3:** Tiempos de diagnóstico ECU – 4

	<b>METODO</b>	<b>TIEMPO (Minutos)</b>	<b>% TIEMPO</b>
1	<b>MANUAL</b>	300	100%
2	<b>SIMULADOR V1.0</b>	45	15%
	<b>REFERENCIA</b>	300	100%

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

1 = MÉTODO MANUAL

2= SIMULADOR V1.0



**Gráfico 4 – 3:** Porcentajes de diagnóstico ECU - 4 manual y con simulador V1.0

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

En el gráfico 4-3 se compara el tiempo en minutos y en porcentajes que se tardó en diagnosticar el fallo total de sus entradas en una unidad de control electrónica (ECU), el tiempo que tarda el diagnóstico de forma manual fue de 5 horas equivalentes a 300 minutos, la cual tomamos como tiempo promedio de diagnóstico o de referencia que representa el 100 % mientras que con el simulador V1.0 se tardó 45 minutos (15%) lo que incluye el proceso de conexión y verificación de funcionamiento, se calcula un ahorro de tiempo del 85%.

### 3.2.5 Diagnóstico ECU – 5

Se realizó una regla de tres tomando en cuenta el 100%, basado en el tiempo de diagnóstico manual de 3 horas equivalente a 180 minutos, como se detalla en la tabla 6 – 3.

3 horas = 180 minutos

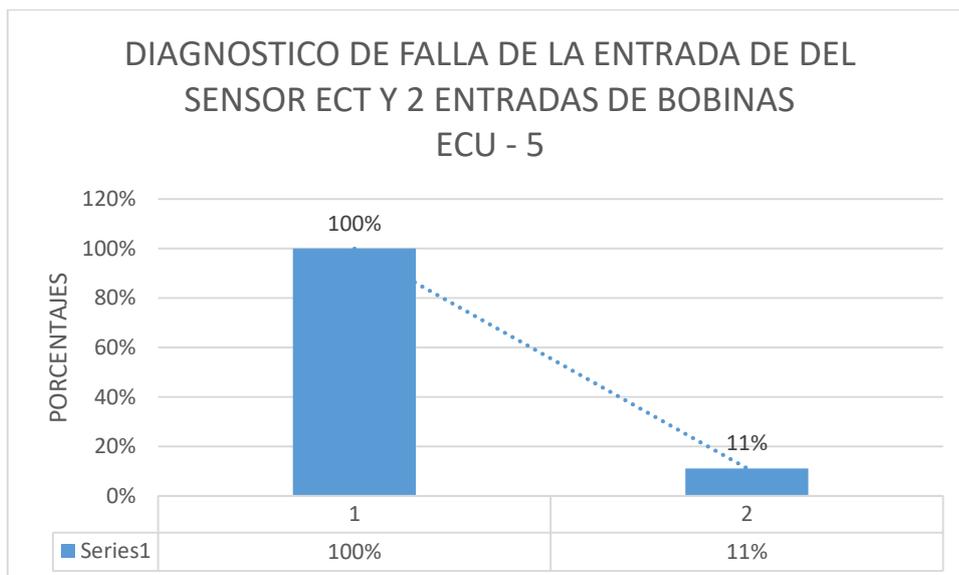
**Tabla 6 – 3:** Tiempos de diagnóstico ECU – 5

	<b>METODO</b>	<b>TIEMPO (Minutos)</b>	<b>% TIEMPO</b>
1	<b>MANUAL</b>	180	100%
2	<b>SIMULADOR V1.0</b>	20	11%
	<b>REFERENCIA</b>	180	100%

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

1 = MÉTODO MANUAL

2= SIMULADOR V1.0



**Grafico 5 – 3:** Porcentajes de diagnóstico ECU - 5 manual y con simulador V1.0

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

En el gráfico 5-3 se compara el tiempo en minutos y en porcentajes que se tardó en diagnosticar el fallo en la entrada del sensor ECT y en la entrada de 2 bobinas, en una unidad de control electrónica (ECU), el tiempo que tarda el diagnóstico de forma manual fue de 3 horas equivalentes a 180 minutos, la cual tomamos como tiempo promedio de diagnóstico o de referencia que representa el 100 % mientras que con el simulador V1.0 se tardó 20 minutos (11%) lo que incluye el proceso de conexión y verificación de funcionamiento, se calcula un ahorro de tiempo del 89%.

### 3.2.6 Diagnóstico ECU – 6

Se realizó una regla de tres tomando en cuenta el 100%, basado en el tiempo de diagnóstico manual de 2 horas equivalente a 120 minutos, como se detalla en la tabla 7 – 3.

2 horas = 120 minutos

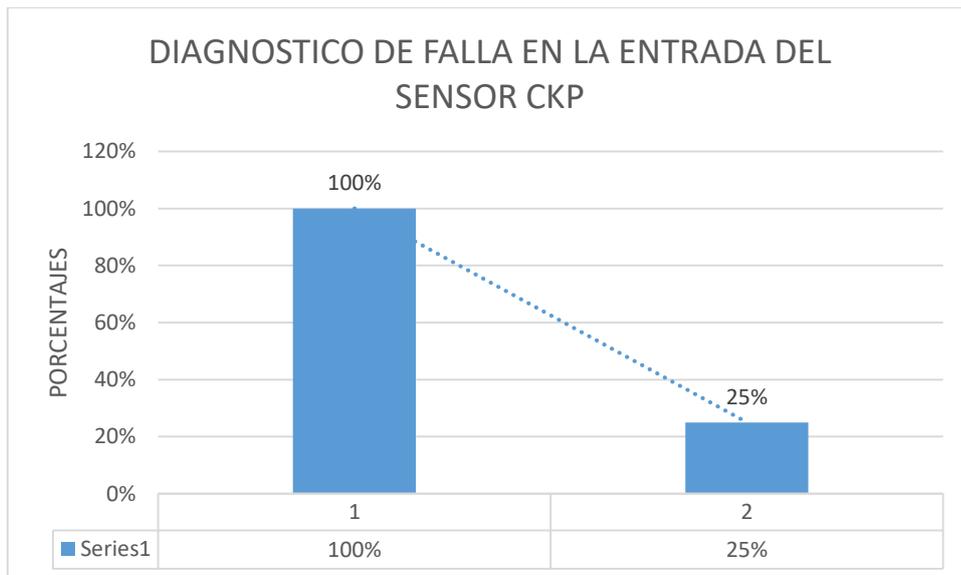
**Tabla 7 – 3:** Tiempos de diagnóstico ECU – 6

	<b>METODO</b>	<b>TIEMPO (Minutos)</b>	<b>% TIEMPO</b>
1	<b>MANUAL</b>	120	80%
2	<b>SIMULADOR V1.0</b>	30	20%
	<b>REFERENCIA</b>	150	100%

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

1 = MÉTODO MANUAL

2= SIMULADOR V1.0



**Gráfico 6 – 3:** Porcentajes de diagnóstico ECU - 6 manual y con simulador V1.0

Realizado por: CANDO, Alex, 2017

En el gráfico 6-3 se compara el tiempo en minutos y en porcentajes que se tardó en diagnosticar el fallo en la entrada del sensor CKP en una unidad de control electrónica (ECU), el tiempo que tarda el diagnóstico de forma manual fue de 2 horas equivalentes a 120 minutos, la cual tomamos como tiempo promedio de diagnóstico o de referencia que representa el 100 % mientras que con el simulador V1.0 se tardó 30 minutos (25%) lo que incluye el proceso de conexión y verificación de funcionamiento, se calcula un ahorro de tiempo del 75%.

### 3.2.7 Efectividad total del simulador V1.0

Para realizar una prueba de efectividad del dispositivo denominado Simulador V1.0 se realizó una media con los resultados arrojados en porcentajes del ahorro promedio de tiempo utilizado al diagnosticar y encontrar el fallo en una unidad de control electrónica (ECU).

Encontrando que el ahorro de tiempo empleado en diagnosticar y encontrar la falla en la ECU – 1 fue del 50%, en la ECU – 2 un 34 %, en la ECU -3 un 60 %, en la ECU – 4 un 74 %, en la ECU – 5 un 80% y finalmente en la ECU – 6 un ahorro de tiempo del 60%, para el porcentaje total se realizó la siguiente ecuación:

**Ecuación 1 – 3:** Ecuación de la media

$$\mu = \frac{\sum xi}{N}$$

$$\%TOTAL = \frac{\%(1) + \%(2) + \%(3) + \%(4) + \%(5) + \%(6)}{NUMERO\_DE\_PORCENTAJES}$$

$$\%TOTAL = \frac{67 + 50 + 75 + 85 + 89 + 75}{6}$$

$$TOTAL = 73.5\% \text{ EFECTIVIDAD}$$

### 3.3 Análisis de comparación de costos entre un simulador comercial con el simulador implementado actualmente

Para este tipo de análisis se hizo una comparación entre los costos del simulador de señales implementado actualmente y otros dispositivos simuladores comerciales existentes en 4 países como son: China, Argentina, México y Venezuela.

**Tabla 8 – 3:** Costo simuladores en diferentes países

SIMULADOR	COSTO	PAIS
MST9000	1.500 Dólares	China
Probador CKP/CMP (JAKY)	600 Dólares	Argentina
Probador CKP/CMP (200)	800 Dólares	México
Probador CKP/CMP (JAKY)	700 Dólares	Venezuela
Probador completo (200)	1.200 Dólares	México
Simulador V1.0	800 Dólares	Ecuador

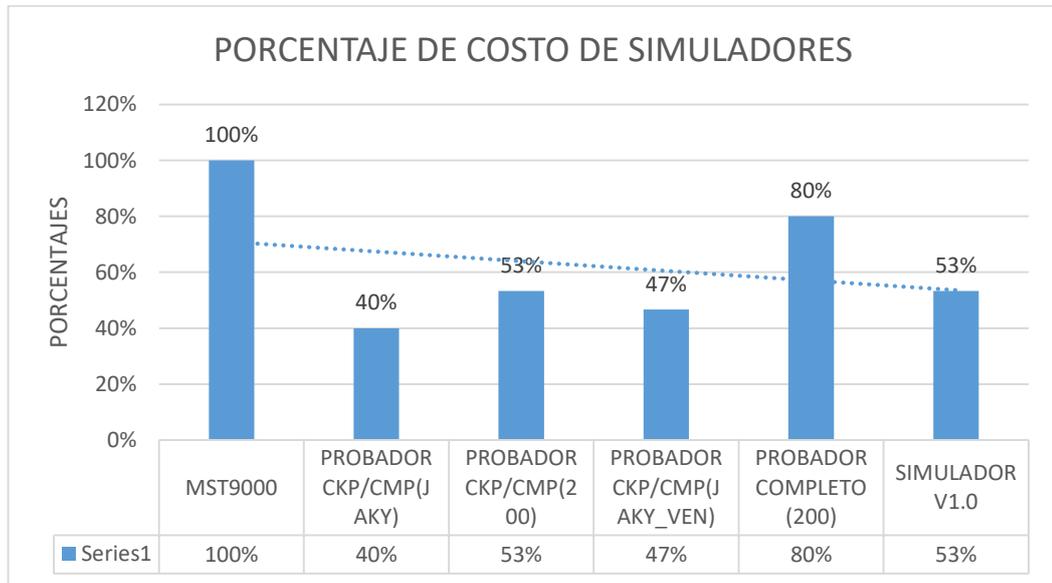
Realizado por: CANDO, Alex, 2017

Se insertó los valores de costos de los simuladores en el programa Excel para realizar un análisis comparativo y verificar cual es el simulador más económico en porcentajes.

**Tabla 9 – 3:** Costo simuladores en porcentajes

<b>SIMULADOR</b>	<b>COSTO</b>	<b>% COSTO</b>
MST9000	1500	100%
PROBADOR CKP/CMP(JAKY)	600	40%
PROBADOR CKP/CMP(200)	800	53%
PROBADOR CKP/CMP(JAKY_VEN)	700	47%
PROBADOR COMPLETO (200)	1200	80%
SIMULADOR V1.0	800	53%
<b>REFERENCIA</b>	<b>1500</b>	<b>100%</b>

Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017



**Gráfico 7 – 3:** Porcentaje de diferencia de costos entre simuladores

Realizado por: CANDÓ, Alex, 2017

La Grafica muestra la diferencia que existe en los costos de los simuladores comerciales y el simulador implementado actualmente, tomando en cuenta un valor aproximado al simulador de mayor costo, se observa que el simulador MST900 representa un 100% del costo, Probador CKP/CMP (JAKY) un 40%, Probador CKP/CMP (200) un 53%, Probador CKP/CMP (JAKY VEN) un 47%, Probador completo un 80% y el simulador V1.0 un 53%.

## CONCLUSIONES

- En base al análisis de la mejor tecnología existente en nuestro país, se realizó el diseño e implementación de un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónico de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent, con la seguridad que si en algún momento existiera algún desperfecto del equipo, este pueda ser reparado con facilidad ya que los elementos y módulos que contiene el equipo actualmente existen en nuestro país.
- En nuestro país los centros especializados en diagnosticar la unidad de control electrónica de motor (ECU) lo hacen de manera manual en el mismo vehículo, esto hace que el tiempo empleado al diagnóstico sobrepase las 3 horas de trabajo, algunos centros especializados constan de scanner que no cumplen los requerimientos y en muchos casos son incompletos.
- La unidad de control electrónica de motor (ECU) es la parte más importante dentro del funcionamiento del vehículo, este dispositivo electrónico recibe y emite señales a los diferentes sensores del vehículo para su correcto funcionamiento y desempeño, este el caso de los sensores CKP, CMP, TPS, ECT, IAT, MAP, MAF, O2. Las cuales han sido evaluados a través del simulador V1.0.
- La implementación de tarjetas de desarrollo arduino nano dentro del diseño de un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónico de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent ha sido de vital importancia, es decir, se puede programar y reprogramar el equipo según los requerimientos del usuario, ya que el software que utilizan las tarjetas de desarrollo arduino nano son de uso libre y de fácil acceso.
- El diseño e implementación de los circuitos electrónicos en el software Proteus, específicamente dentro de los entornos de diseño ISIS y ARES permite que las placas de circuito impreso (PCB) sean más robustas, permitiendo que el equipo sea de fácil manipulación y transporte.
- Se observa que el prototipo denominado simulador V1.0 representa una diferencia y ahorro de tiempo del 67 % equivalente a 60 minutos, al momento del diagnóstico de fallo y monitoreo en la entrada de 2 inyectores en una unidad de control electrónica (ECU - 1), lo cual hace que el simulador sea fiable.
- Se observa que el prototipo denominado simulador V1.0 representa una diferencia y ahorro de tiempo del 50 % equivalente a 30 minutos, al momento del diagnóstico de fallo y

monitoreo de 1 entrada del sensor TPS en una unidad de control electrónica (ECU - 2), lo cual hace que el simulador sea fiable.

- Se observa que el prototipo denominado simulador V1.0 representa una diferencia y ahorro de tiempo del 75 % equivalente a 30 minutos, al momento del diagnóstico de fallo y monitoreo de 1 entrada del sensor MAP en la unidad de control electrónica (ECU - 3), lo cual hace que el simulador sea fiable.
- Se observa que el prototipo denominado simulador V1.0 representa una diferencia y ahorro de tiempo del 85 % equivalente a 45 minutos, al momento del diagnóstico del fallo total en una unidad de control electrónica (ECU - 4), lo cual hace que el simulador sea fiable.
- Se observa que el prototipo denominado simulador V1.0 representa una diferencia y ahorro de tiempo del 89 % equivalente a 20 minutos, al momento del diagnóstico de fallo y monitoreo de 1 entrada del sensor ECT y 2 entradas de bobinas en una unidad de control electrónica (ECU - 5), lo cual hace que el simulador sea fiable.
- Se observa que el prototipo denominado simulador V1.0 representa una diferencia y ahorro de tiempo del 75 % equivalente a 30 minutos, al momento del diagnóstico de fallo y monitoreo de 1 entrada del sensor CKP en una unidad de control electrónica (ECU - 6), lo cual hace que el simulador sea fiable.
- Se realizó una media con todos los porcentajes adquiridos en las pruebas de las 6 unidades de control electrónica (ECU), el ahorro de tiempo que el simulador V1.0 aporta en el diagnóstico y monitoreo de fallos es del 73.5 %.
- El simulador V1.0 es más accesible económicamente, establece una diferencia de costo con los simuladores importados de otros países del 60, 47, 53, 20% de ahorro económico.
- Se implementó un prototipo simulador de señales que permita realizar el análisis y diagnóstico de fallos en una unidad de control electrónica (ECU), realizando un seguimiento de las señales por medio del osciloscopio incorporado al simulador denominado V1.0

## **RECOMENDACIONES**

- Es imprescindible tener conocimiento de la unidad de control electrónica de motor (ECU), ya que para el manejo del simulador se necesita de previo conocimiento sobre el tema.
- Se recomienda conectar el simulador a la batería del vehículo, teniendo en cuenta que su voltaje de alimentación general es de 12 voltios.
- Se recomienda programar las tarjetas de desarrollo arduino del simulador según los requerimientos del usuario o de los centros de diagnóstico vehicular.
- Es recomendable que al momento de manipular la pantalla HMI se lo haga de manera cuidadosa e higiénica, ya que el uso indebido y la presencia de residuos tales como: aceite, grasa u otras sustancias, pueden afectar con el rendimiento del equipo.
- Es recomendable tener en cuenta las partes del simulador especificada en el Anexo D, al momento de realizar la conexión de los pines de una unidad de control electrónica (ECU).
- En caso de requerir mayor información se recomienda contactar al autor del trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

**ALANIZ, Fabían.** *Unidad de Control Electrónica ECU.* [archivo PDF] 2017.  
[Consulta: 24 de Agosto de 2017].  
Disponible en: <https://es.scribd.com/document/263824859/Unidad-de-Control-Electronica-ECU-pdf>. 1.

**Arenas, L.** INTERFAZ HOMBRE MAQUINA. [En línea] 2017.  
[Citado el: 29 de Agosto de 2017].  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/85749234/Interfaz-Hombre-Maquina-HMI>.

**Auto Daewoo Spark.** *Mantenimiento automotriz Sensor MAP Manifold Absolute Pressure.*  
[En línea] 2017. [Citado el: 28 de Agosto de 2017.]  
Recuperado de: <http://www.autodaewoospark.com/sensor-MAP.php>.

**AVALOS, DIEGO; & BRITO, ROBERTO.** *Diseño y construcción de una unidad electrónica para controlar los tiempos de inyección de combustible en un simulador de motor de combustión interna.* [En línea] [Tesis Pregrado]. Escuela Politecnica Nacional, Facultad de Eléctrica y Electrónica, Ingeniería en Electrónica y Control. Quito - Ecuador. (2014). p. 9.  
[Citado el: 24 de Agosto de 2017].  
Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7358>.

**Booster, Beto.** *Curso de Sensores MAP.* [archivo PDF] 2016.  
[Citado el: 28 de Agosto de 2017.]  
Disponible en: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster05.pdf>.

**CALDERON, JOSE. & CALUGUILLIN, LUIS.** *Construcción de un banco didáctico de un motor de inyección electrónica multipunto, para la escuela de ingeniería automotriz e la Epoch.* [En línea] [Tesis Pregrado]. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Ingeniería Automotriz. Riobamba - Ecuador. (2011). p. 73.  
[Citado el: 27 de Agosto de 2017.]  
Recuperado de: <http://dSPACE.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/1334/3/65T00024.pdf>.

**CONEVYT.** *Sistema de Control de Emisiones.* [archivo PDF]. 2017  
[Citado el: 27 de Agosto de 2017].  
Disponible en: [http://www.conevyt.org.mx/educchamba/guias\\_emprendizaje/sensor1.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educchamba/guias_emprendizaje/sensor1.pdf).

**CONEVYT.** *Sistema De Control De Emisiones. Sensor de Flujo de Masa de Aire(MAF).*  
[archivo PDF]. 2017 [Citado el: 28 de Agosto de 2017].  
Disponible en: [http://www.conevyt.org.mx/educchamba/guias\\_emprendizaje/sensor7.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educchamba/guias_emprendizaje/sensor7.pdf).

**CONEVYT.** Sistema de control de Emisiones *Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)*. [archivo PDF]. 2017  
[Citado el: 29 de Agosto de 2017].  
Disponible en: [http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias\\_emprendizaje/sensor2.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sensor2.pdf).

**CONEVYT.** *Sistemas de Control de Emisiones Sensor de Posición del Acelerador (TPS)*. [archivo PDF]. 2017 [Citado el: 28 de Agosto de 2017].  
Disponible en: [http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias\\_emprendizaje/sensor3.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sensor3.pdf).

**CONEVYT.** Sistemas De Control De Emisiones. [archivo PDF]. 2017  
[Citado el: 28 de Agosto de 2017].  
Disponible en: [http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias\\_emprendizaje/sensor5.pdf](http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sensor5.pdf).

**Dirind.** *Automatización y Electronica Instrumentos de Medición*. [En línea]. 2014  
[Citado el: 30 de Agosto de 2017].  
Recuperado de: [https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla\\_id=12](https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla_id=12).

*Manuales.* [En línea] 2016.  
[Citado el: 28 de Agosto de 2017].  
Recuperado de: [http://www.e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=224](http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=224).

**Eduardo, Lara.** *HETPRO Pantalla Nextion NX3224T028*. [En línea]. 17 de Noviembre de 2015  
[Citado el: 29 de Agosto de 2017.]  
Recuperado de: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/pantalla-nextion-arduino/>.

**Garage,Laboratory.** *Montando un osciloscopio de 0.1MHZ*. [En línea]. 1 de Septiembre de 2015  
[Citado el: 30 de Agosto de 2017].  
Disponible en: <http://garagelaboratory.blogspot.com/2015/09/montando-un-osciloscopio-de-01mhz-dso138.html>.

**GEMACAR.** *La evolucion de los sistemas electronicos de los automóviles*. [En línea]. 2014  
[Citado el: 23 de Agosto de 2017].  
Recuperado de: <http://www.solucionesguemacar.es/blog/entry/la-evolucion-de-los-sistemas-electronicos-de-los-automoviles>. 1.

**HERNANDEZ, JAIR.** *Casos Fallas de la ECU*. [En línea] 2017.  
[Citado el: 24 de Agosto de 2017].  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/186787004/Casos-Fallas-de-La-ECU>. primera edición.

**McCOMB, G.** *Construcción de Robots para Aficionados*. Madrid-España : Estribor, 2012. pp. 529-530.

**McCOMB, G.** *Construcción de Robots para Aficionados*. Madrid-España : Estribor, 2012. p. 533.

**MUÑOZ RAMIREZ, RAFAEL.** *La industria de automoción: su evolución e incidencia social y económica*. [En línea]. 1993  
[Citado el: 23 de 08 de 2017].  
Recuperado de:  
<https://revistas.ucm.es/index.php/CESE/article/viewFile/CESE9393110289A/11097>. 3.

**OMAR.** *Mecánica Básica* . [En línea] 27 de Julio de 2015  
[Citado el: 24 de Agosto de 2017].  
Recuperado de: <http://mecanicabasicacr.com/osciloscopio/forma-de-onda-de-un-sensor-de-posicion-de-ciguenal-ckp.html>.

**RUEDA, J.** *Fuel Injection*. Guayaquil-Ecuador: DISELI, 2006. pp. 223-228.

## ANEXOS

### Anexo A: Código software arduino etapa 1

Se detalla la estructura del código establecida para la generación de señales de los sensores TPS, ECT, IAT, MAP, MAF, O2 en la primera etapa del simulador V1.0, por derechos de autor se detallan las partes más importantes del código en software arduino.

```
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
int TPS=11;
int ECT=10;
int IAT=9;
int MAP=5;
int led= 13;
String DATO="";
String SID="";
String SVALOR="";
int ID;
long VALOR;
int sensorValue1, sensorValue2,sensorValue3,sensorValue4;
float voltage1,voltage2,voltage3,voltage4;
int i;
#define I2C_ADDR 0x3F

LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR,2, 1, 0, 4, 5, 6, 7);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  pinMode(TPS, OUTPUT);
  pinMode(ECT, OUTPUT);
  pinMode(IAT, OUTPUT);
  pinMode(MAP, OUTPUT);
  pinMode(MAF, OUTPUT);
  pinMode(O2, OUTPUT);
```

```

    pinMode(led, OUTPUT);
    lcd.begin (16,2); // Inicializar el display con 16 caracteres 2 lineas
    lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
    lcd.setBacklight(HIGH);
    lcd.home ();      // go home

}

void loop()
{
    readanalogos();
    if (Serial.available())
    {
        DATO=Serial.readString().substring(0,5);
        SID=DATO.substring(0,2);
        SVALOR=DATO.substring(2,5);

        ID = SID.toInt(); // Asigno "serialvalue" a Serial.parseInt
        VALOR = SVALOR.toInt(); // Asigno "serialvalue" a Serial.parseInt
        Serial.print("ID: "); // Me imprime por el puerto serie la variable serialvalue
        Serial.println(ID); // Me imprime por el puerto serie la variable serialvalue

        Serial.print(" VALOR: "); // Me imprime por el puerto serie la variable serialvalue
        Serial.println(VALOR); // Me imprime por el puerto serie la variable serialvalue
    }

    if(ID==11)
    {
        analogWrite(TPS,VALOR);
        readanalogos();
    }

    if(ID==22)
    {
        analogWrite(ECT,VALOR);
        readanalogos();
    }
}

```

## **Anexo B:** Código software arduino etapa 2

Se detalla la estructura del código establecido para la generación de señales de los sensores CKP Y CMP en la segunda etapa del simulador V1.0, por derechos de autor se detallan las partes más importantes del código en software arduino.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>
String DATO="";
String SID="";
String SVALOR="";
int ID;
int VALOR;
SoftwareSerial DFPlayerSerial(10, 11); // RX, TX
SoftwareSerial recibe(12, 13);
int led= 13;
String dato="";
int sensorValue1, sensorValue2;
float voltage1,voltage2;
int valor;
int aux=0;
int AIN1=8;
int AIN2=9;
int CMP=5;
int pause;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  recibe.begin(9600);
  DFPlayerSerial.begin(9600);
  mp3_set_serial(DFPlayerSerial);
  mp3_set_volume(20);
  Serial.begin(9600);

  pinMode(AIN1, OUTPUT);
  pinMode(AIN2, OUTPUT);
  pinMode(CMP, OUTPUT);
```

```

    }
void loop()
{

recibe.listen();
while (recibe.available())
{

    DATO=recibe.readString().substring(0,5);
    SID=DATO.substring(0,2);
    SVALOR=DATO.substring(2,5);
    ID = SID.toInt();
    VALOR = SVALOR.toInt();
    Serial.println(DATO);

    if(ID==77)
    {
        mp3_play(VALOR);
        Serial.println(VALOR);
    }

    if(ID==88)
    {
        pause=VALOR;
        Serial.println("ID ==(88)");
        generador();
    }
}
}

```

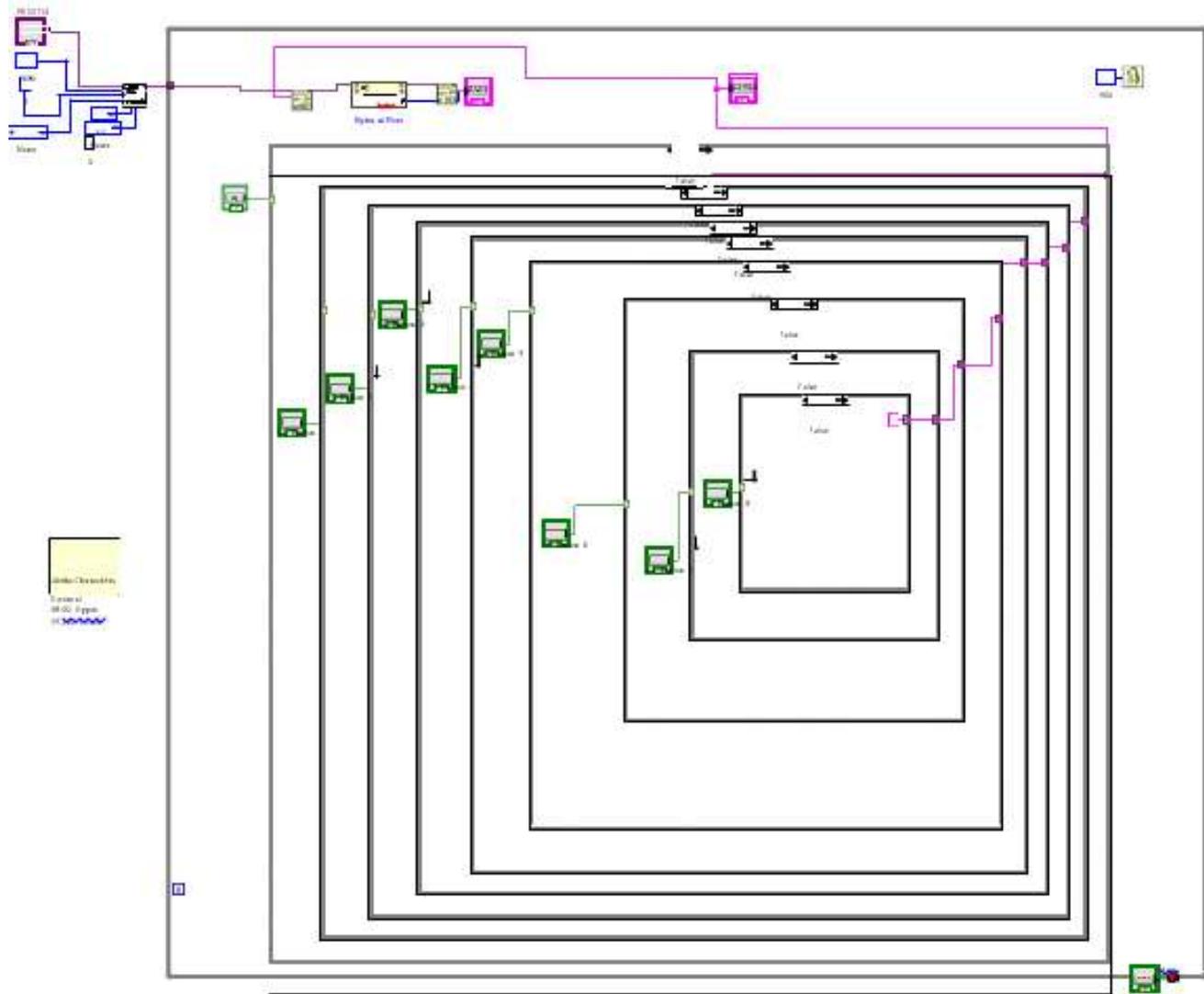
```

void generador()
{

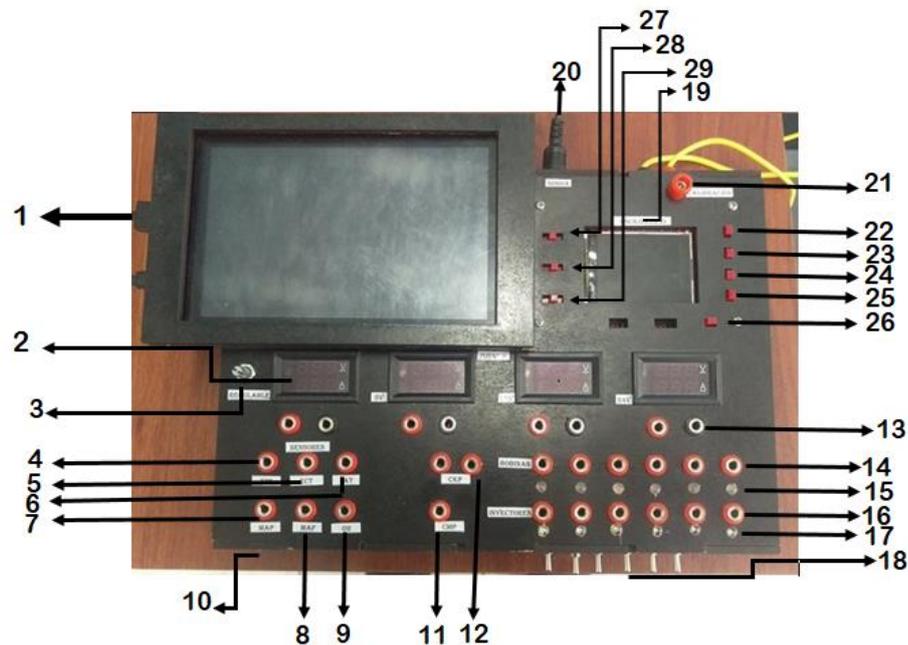
    Serial.print("AQUI");
    while(ID==88)
    {

```

**Anexo C:** Programación interfaz en software Labview para HMI

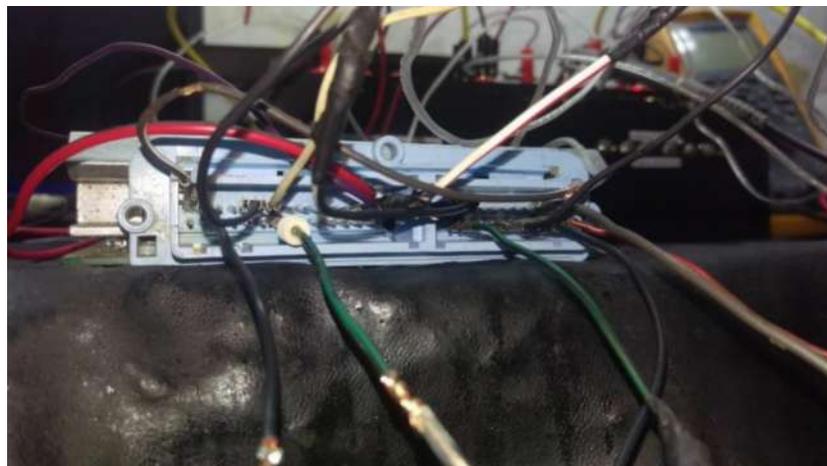
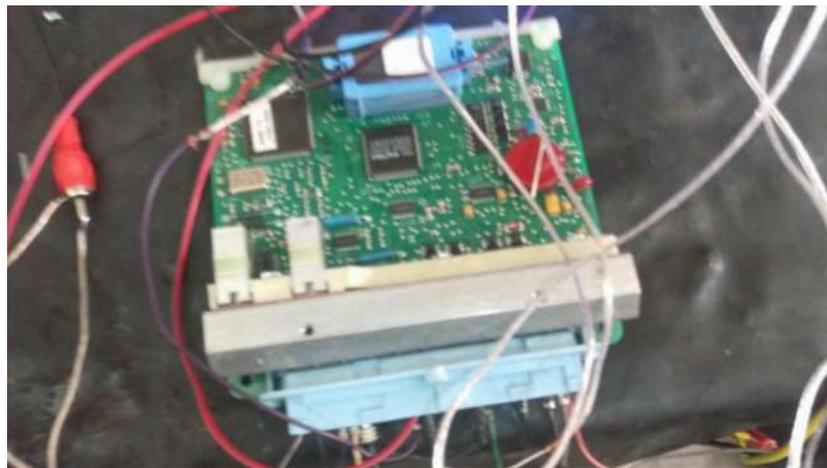


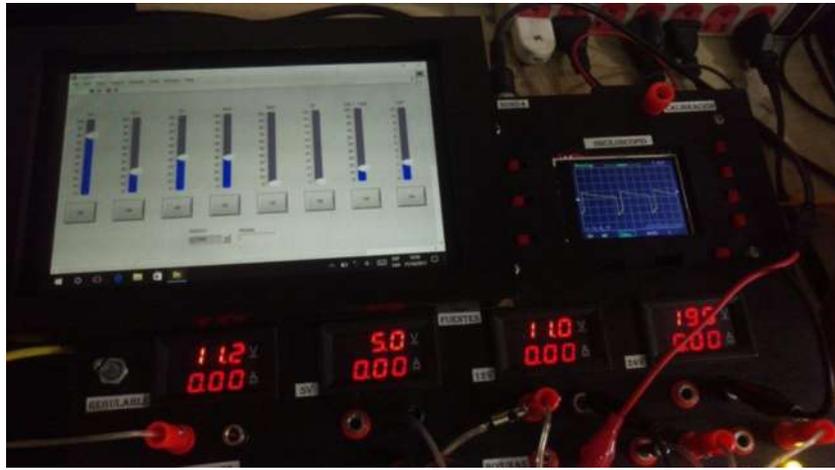
**Anexo D:** Partes del Simulador V1.0.

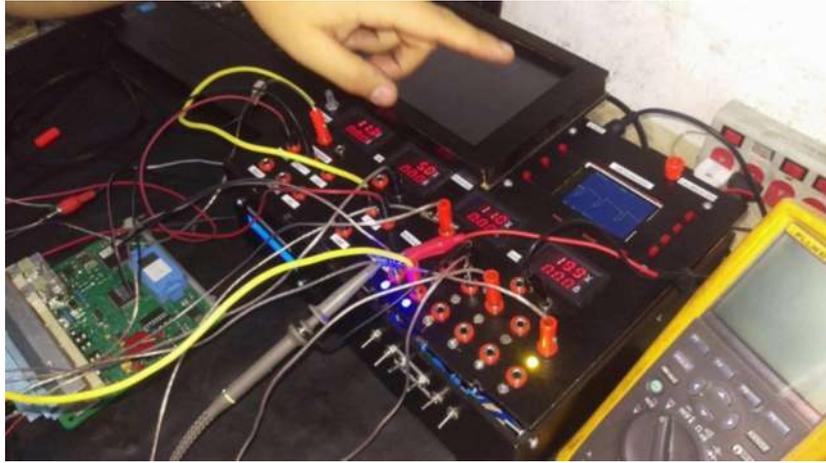


1. Pantalla HMI
2. Fuentes de voltaje (REGULABLE, 5V, 12V, 24V)
3. Perilla para fuente reguladora de 0 a 12V
4. Conector señal sensor TPS
5. Conector señal sensor ECT
6. Conector señal sensor IAT
7. Conector señal sensor MAP
8. Conector señal sensor MAF
9. Conector señal sensor O2
10. Pantalla LCD (Visualización de voltajes )
11. Conector señal sensor CMP
12. Conectores señal sensor CKP
13. Conectores salida de voltajes (REGULABLE, 5V, 12V, 24V)
14. Conectores señal bobinas
15. Diodos Bicolor inyectores (LOGICA POSITIVA Y LOGICA NEGATIVA)
16. Conectores señal inyectores
17. Diodos indicadores de bobinas (LOGICA NEGATIVA)
18. Switch posición lógica positiva y lógica negativa
19. Osciloscopio
20. Sonda
21. Calibración
22. Stop
23. Incremento
24. Decremento
25. Parámetros
26. Reset
27. Elegir acoplamiento
28. Elegir nivel sensible
29. Taza de sensibilidad

**Anexo E:** Pruebas del Simulador V1.0 con la unidad de control electrónica (ECU)







**Anexo F:** Certificado de Funcionalidad emitido por el centro de diagnóstico electromecánico "COP"

Santo Domingo, 23 de octubre del 2017



## CERTIFICADO

A petición del señor CANDO CHANGO ALEX ROBERTO con CI: 180400016-2 estudiante de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, certifico que se hicieron las pruebas de funcionamiento de su dispositivo denominado Simulador V1.0, en las instalaciones de nuestro Centro de Diagnóstico y Electromecánica "COP", probando que su dispositivo funciona correctamente al realizar pruebas de detección de fallos con 6 unidades de control electrónica (ECU), aportando así con el desarrollo de nuestra electromecánica.

## ELECTROMECHANICA

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad pudiendo el interesado hacer uso de este documento como estime conveniente.

Diego Portillo

Técnico en Reparación ECUs



INYECCION ELECTRONICA  
0980614780

0984050859

DIR. AV. GARCIA NIE Y RIO OJELA -STO. DOM-  
SANTO DOMINGO - ECUADOR  
0982321249



**ELECTROMECAÁNICA**

**SERVICIO DE SCANNER - LAVADO DE INYECTORES**  
**SISTEMA ELÉCTRICO EN GENERAL**  
**OROZCO AGUIRRE CARLOS STALIN**

**GRUPO: ACTIVIDADES DE SERVICIO DOCUMENTO CATEGORIZADO: SI**  
**MONTO MÁXIMO POR COMPROBANTE: \$ 250,00**  
**CONTRIBUYENTE RÉGIMEN SIMPLIFICADO**

**RUC.: 1718109208001**  
**NOTA DE VENTA**  
**S.001-001-00 0000479**

**Aut. SRI.: 1120896209**  
Fecha de Autorización: 12/JUNIO/2017

**Dirección: Av. Chone Km. 2 s/n y**  
**Av. Río Chila Cel.: 0994 050-856**  
**Santo Domingo - Ecuador**

Cliente: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ Telf.: \_\_\_\_\_

R.U.C.: \_\_\_\_\_

Día	Mes	Año
-----	-----	-----