



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO  
ELECTRÓNICO, ADQUIRIENDO Y MODIFICANDO LAS  
SEÑALES BASE DE LOS SENSORES PARA AUMENTAR LA  
EFICIENCIA Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE  
COMBUSTIÓN INTERNA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**DARYN STEEVE OÑATE QUEZADA**

**JUAN JONATHAN FRÍAS JINEZ**

**DIRECTOR:** Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos

**Riobamba-Ecuador**

**2019**

**©2019, Daryn Steeve Oñate Quezada & Juan Jonathan Frías Jinez.**

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.

Nosotros, Daryn Steeve Oñate Quezada y Juan Jonathan Frías Jinez, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 8 de mayo de 2019



---

**Daryn Steeve Oñate Quezada**

Cédula de Identidad: 050317194-4



---

**Juan Jonathan Frías Jinez**

Cédula de Identidad: 180443881-8

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, **“DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO, ADQUIRIENDO Y MODIFICANDO LAS SEÑALES BASE DE LOS SENSORES PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”**, realizado por los señores: **DARYN STEEVE OÑATE QUEZADA Y JUAN JONATHAN FRÍAS JINEZ** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		20-11-2019
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos <b>DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACION</b>		20-11-2019
Ing. Paúl Alejandro Montúfar Paz <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>		20-11-2019

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación está dedicado a mis padres por el gran esfuerzo realizado para lograr cada una de mis metas, por cuidarme y guiarme siempre por el buen camino, logrando así mi objetivo temporal, a mis hermanos por poder estar presente y tratarme como un buen ejemplo a seguir y a mis profesores que dieron lo mejor de ellos dándome consejos y motivándome a ser mejor persona y obtener los conocimientos durante toda la carrera.

**DARYN STEEVE OÑATE QUEZADA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios, por brindarme la fuerza necesaria para culminar este proceso, a mis padres por el esfuerzo y sacrificio durante este largo tiempo, fue su confianza en mí la que me brindó el apoyo necesario cuando más lo necesitaba, de igual manera a mis hermanos que de una u otra forma estaban ahí para aconsejarme y ayudarme a seguir un camino correcto, a mis amigos y profesores que formaron una parte importante en todo este periodo de preparación.

**JUAN JONATHAN FRÍAS JINEZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por el apoyo constante, mi padre que es el ejemplo a seguir y a mi madre que es el pilar fundamental de mi hogar, gracias a ellos he logrado obtener mi título, a mi compañero de tesis, por ser un buen amigo, compañero y apoyarme en todo momento durante toda la carrera, al Ing. Vicente Rojas por la información impartida durante la época de aprendizaje, al Ing Johnny Pancha por el apoyo durante el desarrollo de nuestro trabajo de titulación, al Ing. Paúl Montúfar por la acogida y los conocimientos impartidos para hacer nuestro sueño realidad.

**DARYN STEEVE OÑATE QUEZADA**

A Dios por bendecirme a mí y a mi familia con vida y fortaleza, permitiéndome cada día luchar por alcanzar mis metas, a mis padres por su amor y apoyo incondicional y los valores que me enseñaron, pues ellos fueron los que impulsaron mis sueños, a mis hermanos que siempre se preocuparon por mi bienestar, a mis compañeros de estudio, ya que con ellos he compartido una parte de mi vida, a los docentes que fueron participes en mi aprendizaje, a los Ingenieros Jhonny Pancha, Paúl Montufar y Vicente Rojas, que nos apoyaron en el desarrollo de este trabajo de titulación.

**JUAN JONATHAN FRÍAS JINEZ**

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE GRÁFICOS .....	ix
LISTA DE ABREVIACIONES .....	x
LISTA DE ANEXOS .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN. ....	1
1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1. Justificación .....	2
1.1.1. <i>Justificación teórica</i> .....	2
1.1.2. <i>Justificación metodológica</i> .....	2
1.1.3. <i>Justificación práctica</i> .....	2
1.2. Planteamiento del Problema .....	2
1.2.1. <i>Formulación del problema de investigación</i> .....	3
1.2.2. <i>Delimitación del problema</i> .....	3
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.4. Metodología .....	4
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Introducción a los sistemas de inyección electrónica .....	5
2.2. Ventajas de los sistemas de inyección .....	6
2.3. Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de gasolina .....	6
2.3.1. <i>Por el lugar donde se produce la inyección</i> .....	6
2.3.2. <i>Por el número de inyectores</i> .....	7
2.3.3. <i>Por el tipo de inyección</i> .....	7
2.3.4. <i>Por el sistema de control</i> .....	7
2.4. Sensores.....	7
2.4.1. <i>Sensores de régimen del motor y PMS (CKP)</i> .....	7
2.4.2. <i>Sensor de Fase (CMP)</i> .....	8
2.4.3. <i>Sensor de posición de la lengüeta de estrangulación (TPS)</i> .....	9
2.4.4. <i>Sensor de oxígeno (Sonda Lambda)</i> .....	10
2.4.5. <i>Sensor de detonación (KS)</i> .....	10

2.4.6.	<i>Sensor de Flujo de masa de Aire (MAF)</i> .....	11
2.4.7.	<i>Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)</i> .....	11
2.4.8.	<i>Sensor de temperatura de aire de admisión (IAT)</i> .....	12
2.5.	<b>Actuadores</b> .....	13
2.5.1.	<b>Inyectores</b> .....	13
2.5.1.1.	<i>Limpieza de inyectores</i> .....	13
2.5.2.	<i>Bobina de encendido</i> .....	14
2.6.	<b>Instrumentos usados en la recopilación de datos de señales del sensor</b> .....	16
2.6.1.	<i>Escáner Automotriz ELM 327</i> .....	16
2.6.2.	<i>Multímetro Digital Truper MUT-39</i> .....	17
2.6.3.	<i>Osciloscopio automotriz</i> .....	18
2.7.	<b>Valores de referencia generales de los principales sensores del sistema de inyección</b>	18
2.8.	<b>Componentes electrónicos</b> .....	19
2.8.1.	<b>Arduino UNO</b> .....	19
2.8.1.1.	<i>Pines analógicos</i> .....	21
2.8.1.2.	<i>Pines de alimentación</i> .....	21
2.8.2.	<i>Opam LM358</i> .....	22
2.8.3.	<i>Potenciómetro de precisión 5K</i> .....	22
2.8.4.	<i>LCD 16x2</i> .....	23
2.8.5.	<i>Relé de 5 Voltios</i> .....	23
2.8.6.	<i>Batería LIPO</i> .....	24
2.8.7.	<b>Software</b> .....	24
2.8.7.1.	<i>Eagle</i> .....	24
2.8.7.2.	<i>Solid Works</i> .....	25
3.	<b>DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CIRCUITO A IMPLEMENTAR BASADO EN EL TIPO DE SEÑAL QUE GENERA CADA SENSOR</b> .....	26
3.1.	<b>Selección del sensor para modificar la señal</b> .....	26
3.2.	<b>Obtención del tipo de señal de los sensores</b> .....	27
3.3.	<b>Medición de tiempo de accionamiento de los inyectores</b> .....	28
3.4.	<b>Análisis de datos captados</b> .....	28
3.5.	<b>Modelación de la relación voltaje-velocidad de giro</b> .....	29
3.6.	<b>Modos de conducción presentes en el mercado</b> .....	30
3.6.1.	<i>Modo Sport</i> .....	30
3.6.2.	<i>Modo Eco</i> .....	31
4.	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO MODIFICADOR DE SEÑAL</b>	32



<b>4.1.</b>	<b>Lectura de señales .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.1.</b>	<b>Señal sensor MAF .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.2.</b>	<b>Señal del pulso de inyección.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.</b>	<b>Diseño del esquema electrónico.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.1.</b>	<b>Diseño y construcción del circuito electrónico .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.1.1.</b>	<b>Ubicación de los componentes que intervienen en el circuito</b>	<b>34</b>
<b>4.2.1.2.</b>	<b>Diseño del circuito impreso PCB</b>	<b>34</b>
<b>4.2.1.3.</b>	<b>Implementación del diseño PCB en la baquelita virgen</b>	<b>34</b>
<b>4.2.1.4.</b>	<b>Conexión de los elementos en el circuito impreso en la baquelita de acuerdo al diseño realizado en Software EAGLE</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2.</b>	<b>Diseño e impresión de la carcasa del dispositivo.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.3.</b>	<b>Implementación del circuito en la carcasa .....</b>	<b>37</b>
<b>5.</b>	<b>PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL DISPOSITIVO.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1.</b>	<b>Instalación del dispositivo.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.</b>	<b>Pruebas modo NORMAL .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>Pruebas en KOEO.....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.2.</b>	<b>Pruebas en KOER.....</b>	<b>40</b>
<b>5.3.</b>	<b>Pruebas modo SPORT .....</b>	<b>41</b>
<b>5.3.1.</b>	<b>Pruebas en KOEO.....</b>	<b>41</b>
<b>5.3.2.</b>	<b>Pruebas en KOER.....</b>	<b>41</b>
<b>5.4.</b>	<b>Pruebas modo ECO.....</b>	<b>43</b>
<b>5.4.1.</b>	<b>Pruebas en KOEO.....</b>	<b>43</b>
<b>5.4.2.</b>	<b>Pruebas en KOER.....</b>	<b>43</b>
<b>5.5.</b>	<b>Comparación en los tres modos de funcionamiento.....</b>	<b>45</b>
<b>5.6.</b>	<b>Pruebas realizadas en el Banco Dinamométrico .....</b>	<b>45</b>
<b>5.6.1.</b>	<b>Prueba realizada en modo NORMAL.....</b>	<b>46</b>
<b>5.6.2.</b>	<b>Prueba realizada en modo SPORT .....</b>	<b>46</b>
<b>5.6.3.</b>	<b>Prueba realizada en modo ECO.....</b>	<b>47</b>
<b>5.7.</b>	<b>Comparación de gráficas generadas por los distintos modos de funcionamiento</b>	<b>47</b>
<b>5.8.1.</b>	<b>Pruebas ciclo de conducción en ciudad .....</b>	<b>48</b>
<b>5.8.2.</b>	<b>Pruebas ciclo de conducción en carretera .....</b>	<b>50</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>1</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>4</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Especificaciones técnicas de Scanner ELM 327.....	17
<b>Tabla 2-2:</b> Cuadro de valores mínimos y máximos de funcionamiento de los sensores.....	19
<b>Tabla 3-2:</b> Características principales de tarjeta Arduino UNO .....	20
<b>Tabla 4-2:</b> Elementos presentes disponibles para interactuar. ....	21
<b>Tabla 1-3:</b> Cuadro comparativo para selección del sensor adecuado.....	26
<b>Tabla 2-3:</b> Relación entre régimen de giro y voltaje emitido por sensor MAF analógico. ....	28
<b>Tabla 1-5:</b> Parámetros de funcionamiento Modo NORMAL .....	40
<b>Tabla 2-5:</b> Parámetros de funcionamiento modo SPORT .....	42
<b>Tabla 3-5:</b> Parámetros de funcionamiento modo ECO .....	44
<b>Tabla 4-5:</b> Pruebas desarrolladas en ciudad.....	49
<b>Tabla 5-5:</b> Pruebas desarrolladas en carretera.....	50

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Sensor CKP inductivo.....	8
<b>Figura 2-2:</b> Sensor CMP de efecto Hall.....	8
<b>Figura 3-2:</b> Localización de sensor de fase CMP.....	9
<b>Figura 4-2:</b> Configuración del sensor TPS.....	9
<b>Figura 5-2:</b> Sensor de oxígeno o sonda lambda.....	10
<b>Figura 6-2:</b> Ubicación del sensor de detonación.....	10
<b>Figura 7-2:</b> Configuración electrónica del sensor MAF.....	11
<b>Figura 8-2:</b> Sensor MAP de 3 pines.....	12
<b>Figura 9-2:</b> Ubicación del sensor de temperatura de aire.....	12
<b>Figura 10-2:</b> Inyector de sistema multipunto.....	13
<b>Figura 11-2:</b> Desmontaje de inyectores.....	14
<b>Figura 12-2:</b> Sistema de encendido convencional.....	15
<b>Figura 13-2:</b> Generador de impulsos de efecto Hall.....	15
<b>Figura 14-2:</b> Generador de impulsos por inducción.....	16
<b>Figura 15-2:</b> sistema de encendido electrónico integral.....	16
<b>Figura 16-2:</b> Multímetro Digital Truper.....	18
<b>Figura 17-2:</b> Osciloscopio Automotriz.....	18
<b>Figura 18-2:</b> Esquema de Conexión de Arduino UNO.....	20
<b>Figura 19-2:</b> Arduino UNO.....	22
<b>Figura 20-2:</b> Circuito integrado OPAMP LM358.....	22
<b>Figura 21-2:</b> Configuración interna del potenciómetro.....	23
<b>Figura 22-2:</b> Pantalla LCD 16x2.....	23
<b>Figura 23-2:</b> Relé de 5 voltios.....	24
<b>Figura 24-2:</b> Batería LIPO 7.4 Voltios 300mAh.....	24
<b>Figura 25-2:</b> Interfaz software Eagle.....	25
<b>Figura 26-2:</b> Interfaz software SolidWorks.....	25
<b>Figura 1-3:</b> Ubicación del sensor MAF.....	27
<b>Figura 2-3:</b> Señal Generada por el sensor MAF analógico.....	28
<b>Figura 3- 3:</b> Modos de Conducción disponibles en los vehículos.....	30
<b>Figura 4-3:</b> Panel de instrumentos Hyundai Santa Fé modo SPORT.....	30
<b>Figura 5-3:</b> Panel de instrumentos Hyundai Santa Fé modo ECO.....	31
<b>Figura 1-4:</b> Conexión de multímetro a los pines del sensor MAF.....	32
<b>Figura 2-4:</b> Gráfica de la señal de pulso de inyección con sus elementos.....	33
<b>Figura 3-4:</b> Implementación de circuito básico en protoboard.....	33

<b>Figura 4-4:</b> Esquema de localización de los componentes. ....	34
<b>Figura 5-4:</b> Vista superior e inferior del circuito impreso PCB.....	34
<b>Figura 6-4:</b> Circuito impreso .....	35
<b>Figura 7-4:</b> Quemado de circuito impreso en baquelita virgen.....	35
<b>Figura 8-4:</b> Ubicación de los elementos en el circuito impreso.....	36
<b>Figura 9-4:</b> Diseño Virtual de la carcasa del dispositivo. ....	36
<b>Figura 10-4:</b> Ensamblaje virtual de la carcasa del dispositivo.....	37
<b>Figura 11-4:</b> Implementación del circuito en la carcasa. ....	37
<b>Figura 1-5:</b> Esquema de Conexión del dispositivo al sensor MAF.....	38
<b>Figura 2-5:</b> Conexión de multímetros y dispositivo. ....	39
<b>Figura 3-5:</b> Voltaje del sensor MAF posición KOEO (modo NORMAL) .....	39
<b>Figura 4-5:</b> Comparación de señal entrada y salida (modo SPORT).....	41
<b>Figura 5-5:</b> Prueba en posición KOEO (modo ECO). ....	43
<b>Figura 6-5:</b> Entrada del Taller “Auto Extreme Racing” .....	45
<b>Figura 7-5:</b> Ruta establecida para ciclo de conducción en ciudad .....	49
<b>Figura 8-5:</b> Ruta establecida para ciclo de conducción en carretera.....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Relación entre voltaje y régimen de giro del motor. ....	29
<b>Gráfico 1-5:</b> Relación tiempo de inyección – Régimen de giro del motor (modo NORMAL) .	40
<b>Gráfico 2-5:</b> Relación Tiempo de inyección – Régimen de giro del motor (Modo SPORT).....	42
<b>Gráfico 3-5:</b> Relación Tiempo de inyección – Régimen de giro del motor (Modo ECO) .....	44
<b>Gráfico 4-5:</b> Comparación entre los tres modos de trabajo del dispositivo .....	45
<b>Gráfico 5-5:</b> Curva Torque y Potencia modo NORMAL.....	46
<b>Gráfico 6-5:</b> Curva Torque y Potencia modo SPORT. ....	46
<b>Gráfico 7-5:</b> Curva Torque y Potencia modo ECO.....	47
<b>Gráfico 8-5:</b> Comparación de curvas de potencia.....	48

## LISTA DE ABREVIACIONES

MAF	Mass Air Flow (Flujo de masa de aire)
PMS	Punto Muerto Superior
CKP	Crankshaft Position Sensor (Sensor de Posición del Cigüeñal)
TPS	Throttle Position Sensor (Sensor de la posición de la mariposa)
KS	Knock Sensor (Sensor de Golpeteo)
ECU	Electronic Control Unit (Unidad de Control Electrónico)
PCM	Powertrain Control Module (Módulo de Control del Tren de Potencia)
IAT	Intake Air Temperature (Temperatura de Aire de Admisión)
VPWR	Voltage Power (Potencia de Voltaje)
EGR	Exhaust Gas Recirculation (Recirculación de Gases de Escape)
OBD II	On Board Diagnóstico II (Sistema de Diagnóstico Abordo segunda generación)
PWM	Pulse Width Modulation (Modulación de Ancho de Pulso)
ADC	Analog to Digital Converter (Convertidor Analógico – Digital)
FTDI	Future Technology Devices International
LCD	Liquid Cristal Display (Representación visual por cristal líquido)
PCB	Printed Circuit Board (Placa de Circuito Impreso)
KOEO	Key On Engine Off (Switch puesto en contacto sin que el motor sea arrancado)
KOER	Key On Engine Run (Switch puesto en contacto con el motor sea arrancado)

## **LISTA DE ANEXOS**

**Anexo A:** Código de programación de Arduino UNO

**Anexo B:** Especificaciones de la carcasa del dispositivo

**Anexo C:** Evidencia de las pruebas realizadas en el vehículo

**Anexo D:** Esquema de conexión y ubicación de elementos del dispositivo

**Anexo E:** Diagramas de circuito impreso PCB

**Anexo F:** Datos recopilados en banco dinamométrico modo NORMAL.

**Anexo G:** Datos recopilados en banco dinamométrico modo SPORT.

**Anexo H:** Datos recopilados en banco dinamométrico modo ECO

## RESUMEN

Aumentar o disminuir la potencia del motor es posible , en este caso se realizará mediante la modificación de la señal del sensor MAF mediante dispositivos electrónicos que permiten manipular el voltaje de salida hacia la unidad de control, el dispositivo cuenta con tres modos de operación, cuando el vehículo se enciende, por protocolo de seguridad inicia en modo NORMAL, cuyo objetivo es transmitir la señal que recibe sin realizar ningún cambio en la misma, el dispositivo permite seleccionar el modo de trabajo, de manera muy sencilla mediante el accionamiento del pulsador que se encuentra en el mismo. Los cambios generados en las señales se deben a los dispositivos electrónicos denominados OPAMP, que son circuitos integrados que permiten adicionar voltajes a las señales, cada uno de los modos de conducción se accionan electromecánicamente por los relés que habilitan los circuitos, uno a la vez, la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, es la encargada de gestionar el accionamiento de los mismos, así como de mostrar a través de la pantalla lcd el modo en el cual funciona en tiempo real. Cuando se acciona el modo SPORT, la señal que el sensor envía, es modificada aumentando el voltaje de salida con un valor preestablecido del 10 por ciento, de esta manera la unidad de control reconoce a esta señal como un ingreso adicional de aire, por lo cual enriquece la mezcla, mientras que cuando se acciona el modo ECO, la señal que emite el sensor se modifica, disminuyendo el 10 por ciento del voltaje de salida, haciendo que la centralita reconozca menor ingreso de masa de aire y con esto disminuya el tiempo de pulso de inyección. El 10 por ciento que se aumenta o disminuye en los distintos modos de conducción está preestablecido como valor máximo para que la unidad de control no detecte a la alteración de esta señal como una avería en el sensor, el dispositivo puede usarse en sensores analógicos cuya señal de salida es voltaje.

**Palabras Clave:** <TECNOLOGIAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA AUTOMOTRIZ>, <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>, <MOTOR DE COMBUSTION INTERNA (MCI)>, <GASOLINA>, <SENSORES>, <SISTEMA DE INYECCION ELECTRONICA>, <MEZCLA ESTEQUIOMETRICA>.



## ABSTRACT

Increasing or decreasing the engine power is possible, in this case it will be performed by modifying the signal of the MAF sensor through electronic devices that allow to manipulate the output voltage to the control unit, the device has three operation modes, when the vehicle is turned on, by safety protocol it starts in NORMAL mode, whose objective is to transmit the signal it receives without making any change in it, the device allows to select the working mode, in a very simple way by pressing the push button that is found in it. The changes generated in the signals are due to electronic devices called OPAMP, which are integrated circuits that allow adding voltages to the signals, each of the driving modes are electronically operated by the relays that enable the circuits, one at a time, the Arduino UNO development card, is responsible for managing the operation thereof, as well as showing through the LED screen, the mode in which it must work in real time. When the SPORT mode is activated, the signal emitted by the sensor is modified by increasing the output voltage with a pre-established value of 10 percent, in this way the control unit recognizes this signal as an additional air intake, which enriches the mixture, whereas the ECO mode is activated, the signal sent out by the sensor is modified, decreasing 10 percent of the output voltage, causing the control unit to recognize lower air mass intake and thereby decrease the time pulse injection. The 10 percent increase or decrease in the different driving modes is preset as the maximum value so the control unit may not detect this signal alteration as a malfunction in the sensor, this device can be used in analog sensors whose output signal it's voltage.

**KEY WORDS:** <ENGINEERING AND TECHNOLOGY SCIENCES>, <AUTOMOTIVE ENGINEERING>, <FUEL CONSUMPTION>, <INTERNAL COMBUSTION ENGINE (ICE)>, <GASOLINE>, <SENSORS>, <ELECTRONIC FUEL INJECTION SYSTEM>, <STOICHIOMETRIC MIXTURE>.



## **INTRODUCCIÓN**

El consumo de combustible en los motores de combustión interna, está controlado por la unidad de control electrónica (ECU, Electronic Control Unit), la misma que se encarga de dosificar de una manera más precisa la cantidad de combustible y de aire que ingresa al motor, y con ello optimizar el consumo, en la actualidad, los sistemas de control electrónico son más precisos, por lo cual existe un mejor aprovechamiento de los recursos del motor, la reducción del consumo de combustible y el aumento de torque y potencia de un motor son datos que tienen una relación directa, es decir si aumenta el uno, el otro también, estos datos se dan en motores cuya configuración está bajo condiciones normales de funcionamiento, es decir con el sistema de control de fábrica.

La presente propuesta, consta de desarrollar un dispositivo que recepte señales de los sensores que intervienen en el sistema de control de motor, precisamente en el sistema de inyección y encendido del motor, para que las señales adquiridas sean procesadas, modificadas y finalmente enviadas a la unidad de control, la misma que se encarga de interpretar las señales modificadas, modificando finalmente el pulso de inyección o el salto de chispa del motor.

El proyecto de investigación busca aumentar los parámetros de funcionamiento del motor como torque y potencia, y, a la vez reducir el consumo de combustible, ya que es uno de los requerimientos más comunes en la sociedad.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1. Justificación

#### 1.1.1. *Justificación teórica*

El presente trabajo de investigación se justifica ya que cuenta con la información necesaria para realizar el estudio y la modificación de la señal previamente definida y su posterior implementación en un motor de prueba.

#### 1.1.2. *Justificación metodológica*

Para desarrollar la presente investigación, se procede con la recopilación de información, que consiste en la revisión de fuentes bibliográficas, como información complementaria se conseguirá en revistas científicas, folletos, libros y publicaciones.

Las herramientas metodológicas a emplearse con la guía de observación, registro multimedia de las pruebas y simulaciones desarrolladas con el dispositivo.

#### 1.1.3. *Justificación práctica*

La implementación del presente trabajo de titulación se justifica por la comparación de los parámetros de funcionamiento del motor en condiciones óptimas de funcionamiento, con las condiciones que tenemos al modificar una señal, siendo un aporte de alta relevancia para el estudio posterior de nuevas formas de aumentar la potencia y la eficiencia de funcionamiento del motor de combustión interna. Con el dispositivo se puede modificar las señales del sensor MAF y con esto la ECU realiza los ajustes necesarios en pulso de inyección de combustible para enriquecer o empobrecer la mezcla aire – combustible.

### 1.2. Planteamiento del Problema

A nivel mundial, las grandes marcas han desarrollado nuevas tecnologías que han permitido a los vehículos tener mejor desempeño, el ahorro de combustible ha ido incrementando cada vez más, con los sistemas de inyección modernos y diferentes tipos que tiene sus ventajas y

desventajas, sin embargo dentro de los parámetros de funcionamiento del motor se contemplan el Torque y Potencia, mismos que van de la mano con el consumo de combustible, es decir, si se necesita más potencia, se demanda de una mayor cantidad de combustible.

A nivel de Latinoamérica, los vehículos que se comercializan tienen ciertos cambios considerables, que comparados con los modelos originales dan mucho que desear, esto se puede decir que es debido a la calidad de combustible que circulan.

En Ecuador, las grandes concesionarias ofrecen vehículos con ciertas prestaciones, mismas que si una persona desconoce del tema puede sentirse estafado, las condiciones de funcionamiento de un motor son medidas en condiciones normalizadas, es decir, para las pruebas se usaron cierto tipo de combustible, presión atmosférica (1atm, presión a nivel del mar) ya que, de dicha presión, depende la concentración de oxígeno presente en el ambiente y con esto la eficiencia de combustión, y valor de torque y potencia.

### ***1.2.1. Formulación del problema de investigación***

¿De qué manera se puede aumentar la potencia o disminuir el consumo de combustible de un Motor de Combustión Interna?

### ***1.2.2. Delimitación del problema***

Objeto de Estudio: Señal del Sensor de Flujo de Aire (MAF)

Campo de Acción: Automotriz

Límite Espacial: La presente investigación será realizada en la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, en la Provincia de Chimborazo

Delimitación temporal: La presente investigación se llevará a cabo en el año 2019

## **1.3. Objetivos**

### ***1.3.1. Objetivo general***

Diseñar y construir un dispositivo electrónico, obteniendo las señales base de los sensores para mejorar la eficiencia y funcionamiento del motor de combustión interna.

### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Recopilar información acerca del funcionamiento de los sensores y actuadores en varias condiciones de funcionamiento.
- Analizar el principio de funcionamiento de los sensores y actuadores, para luego seleccionar cuál es el sensor que cumple con las condiciones necesarias para modificar su señal.
- Implementar el dispositivo en un vehículo de prueba y analizar los cambios que se generan en el funcionamiento del motor.
- Realizar las pruebas de validación del dispositivo para verificar los cambios que se producen en el tiempo de inyección.

### **1.4. Metodología**

El presente trabajo de titulación empleará una metodología experimental, haciendo uso de bibliografía de vanguardia que permitirá conocer el funcionamiento de los sensores, y dispositivos electrónicos para poder definir los más apropiados e implementarlos de una manera más eficaz y eficiente en la construcción del dispositivo.

La modificación de la señal está reducida a la modificación del voltaje de funcionamiento del sensor, con ello comprobar los ajustes que realiza la ECU en el pulso de inyección y corroborar con el dinamómetro y las pruebas de consumo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Introducción a los sistemas de inyección electrónica

La carburación como ciencia empezó en 1795 cuando Robert Street logró evaporar la trementina y el aceite de alquitrán en un motor que trabaja sin compresión (atmosférico). En 1824 el inventor estadounidense Samuel Morey y el abogado de patentes Erskine Hazard crearon juntos el primer carburador que incluía un sistema de precalentamiento para facilitar la evaporación. En 1885 Nikolaus Otto logró los resultados que esperaba con una gran variedad de combustibles derivados de petróleo entre ellos Gasolina y bencina mineral, utilizando un carburador de superficie con mejoras en su diseño. (VALLE y VALLEJO 2014).

Al principio el carburador era el método más usado para la preparación de la mezcla aire – gasolina, era un sistema netamente mecánico, con los avances tecnológicos y la evolución de la electrónica este sistema cambió completamente hasta la utilización de la inyección de gasolina en el colector de admisión. Esto es debido a las ventajas obtenidas en los requerimientos de potencia, consumo y, por supuesto orientado a la reducción de los contaminantes expulsados productos de la combustión. En un sistema multipunto se usa un inyector para cada cilindro para suministrar la cantidad más exacta de combustible. (DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).

La eliminación del carburador en la dosificación de combustible ha permitido realizar estudios y modelar los tubos de admisión obteniendo flujos de aire adecuados para aumentar la eficiencia de llenado de los cilindros y así mejorar la combustión. (DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).

La implementación de un sistema de inyección electrónica produce una mezcla de aire-gasolina que prácticamente se combustiona completamente provocando así una gran disminución de los gases contaminantes producto de la combustión, por otro lado las mejoras encontradas en estos sistemas permiten variar la geometría de los colectores de admisión produciendo un mejor llenado en los cilindros, finalmente a estos sistemas se les han añadido elementos que disminuyen aún más los gases nocivos como la recirculación de gases de escape y los catalizadores. (DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).

## **2.2. Ventajas de los sistemas de inyección**

- Disminuye el consumo de combustible comparado con el carburador debido a que en el sistema multipunto cada cilindro recibe la cantidad exacta de combustible para su funcionamiento. (DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).
- Proporciona una mayor precisión en la dosificación de la cantidad de combustible suministrada a los cilindros, esta exactitud se logra gracias a los sistemas multipunto que consiste en colocar un inyector sobre cada cilindro y de esta manera inyectar la cantidad necesaria por cada cilindro. (DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).
- El uso de los sistemas de inyección permite modelar los colectores de admisión para permitir una optimización en el llenado de los cilindros, cuyo resultado se traduce a un aumento en la potencia específica e incremento del par motor. (RODRÍGUEZ y VALENTE 2014).
- Debido a la precisión de la inyección de combustible, prácticamente la mezcla se combustiona por completo reduciendo la emisión de los gases de escape contaminantes. (RODRÍGUEZ y VALENTE 2014).
- La dosificación de la cantidad de combustible en el motor depende de la temperatura de funcionamiento, en los sistemas de inyección electrónica esto se realiza de manera automática mediante los pulsos de inyección, los mismos que pueden aumentar y disminuir.(VALLE y VALLEJO 2014).

## **2.3. Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de gasolina**

Se pueden clasificar de la siguiente manera, teniendo en cuenta ciertos factores.

### **2.3.1. *Por el lugar donde se produce la inyección***

- Inyección indirecta: Cuando el combustible es depositado en la bifurcación del colector de admisión en el sistema de inyección monopunto o en la cola de la válvula de admisión, la misma que puede encontrarse abierta o cerrada. (DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).
- Inyección directa: Cuando el combustible es depositado directamente en la cámara de combustión, con esto se reduce drásticamente el consumo y disminuye los gases contaminantes(DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).

### **2.3.2. *Por el número de inyectores***

- Inyección monopunto: Existe un solo inyector para suministrar combustible a todos los cilindros, generalmente de mayor tamaño que los inyectores usados en el sistema multipunto.(RODRÍGUEZ y VALENTE 2014).
- Inyección multipunto: Los inyectores se encuentran dispuestos uno por cada cilindro, generalmente de menor tamaño que los del sistema monopunto, permite tener un mejor control de los pulsos dependiendo de los requerimientos del motor.(RODRÍGUEZ y VALENTE 2014).

### **2.3.3. *Por el tipo de inyección***

- Inyección continua: El combustible se deposita de manera permanente en el colector de admisión con diferente presión o proporción dependiendo de las necesidades del motor.(DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).
- Inyección intermitente: Los inyectores son accionados siguiendo un patrón determinado por la ECU, el mismo puede ser simultáneo, semiseccional o secuencial. (DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013).

### **2.3.4. *Por el sistema de control***

- Mecánico: El accionamiento de los inyectores es completamente mecánico.(RODRÍGUEZ y VALENTE 2014).
- Electromecánico: Es la combinación entre los accionamientos mecánicos y eléctricos o electrónicos.(RODRÍGUEZ y VALENTE 2014).
- Electrónico: El accionamiento de los inyectores está comandado por una unidad de control que emite señales para la apertura de los mismos.(RODRÍGUEZ y VALENTE 2014).

## **2.4. Sensores**

### **2.4.1. *Sensores de régimen del motor y PMS (CKP)***

El sensor de la posición del cigüeñal (Crankshaft Position Sensor) es el encargado de informar a la unidad de control acerca de la velocidad de giro del motor. La frecuencia de la señal que emite este sensor aumenta o disminuye dependiendo del régimen de giro del motor, se emplea también para determinar el ajuste individual de mezcla para cada cilindro empleando el análisis del cambio de frecuencia.(RODRÍGUEZ y PILCO 2018).

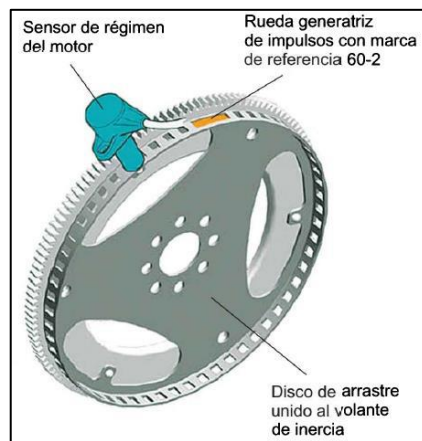




**Figura 1-2:** Sensor CKP inductivo

Fuente:(GARCÍA 2016)

En los sensores de efecto Hall la señal no es generada por la interrupción del campo magnético, sino que ésta potencia los efectos en el campo magnético del imán permanente, actuando de modo equivalente, generando así una señal digital, por ello el imán se sitúa entre el imán y el sensor.(RODRÍGUEZ y PILCO 2018).



**Figura 2-2:** Sensor CMP de efecto Hall.

Fuente:(GARCÍA 2016)

#### 2.4.2. *Sensor de Fase (CMP)*

Sensor de la posición del árbol de levas (Camshaft Position Sensor), se encuentra localizado sobre el árbol de levas, en la polea del mismo. Indica la fase del ciclo de funcionamiento se encuentra cada cilindro, esta información se complementa con la señal emitida por el sensor CKP, sin esta información la unidad de control no podría distinguir si el cilindro uno se encuentra en la etapa de compresión o escape. Este tipo de sensores se emplean en los sistemas de inyección de tipo secuencial, pueden ser de tipo inductivo, efecto hall y en raras ocasiones de tipo óptico.(RODRÍGUEZ y PILCO 2018).

Cuando se descompone el sensor CMP, el motor sigue funcionando normalmente, ya que la unidad de control conoce el tiempo de encendido para cada uno de los cilindros, sin embargo, esto solo se mantiene mientras el motor esté encendido, una vez que se apague el motor, no se puede volver a encender, a menos que el sistema de control cuente con el sensor de régimen de captación rápida, mismo que usa la centralita como sustituto al sensor CMP, para ello se emplea un sensor de efecto hall, que trabaja con la frecuencia y ancho de pulso para emitir una señal válida para sincronizar el tiempo de encendido del motor. (RODRÍGUEZ y PILCO 2018).

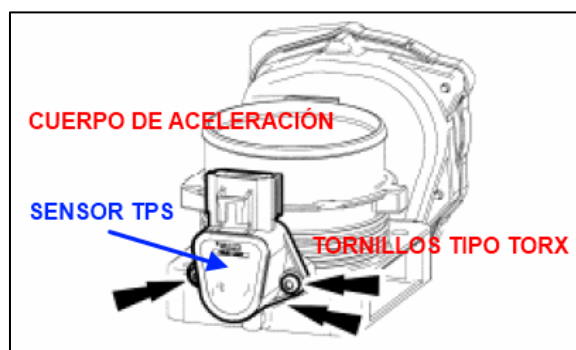


**Figura 3-2:** Localización de sensor de fase CMP.

Fuente:(GENERAL MOTORS 2016)

#### 2.4.3. *Sensor de posición de la lengüeta de estrangulación (TPS)*

Este sensor se encarga de corroborar el accionamiento del pedal de aceleración, en los sistemas de aceleración por cable o en aquellos que poseen cuerpo de aceleración electrónica funcionan de igual manera, existen dos tipos de sensores clasificados de acuerdo a su rango de medición que va desde ralentí hasta la carga máxima y los sensores de medición continua. (FANG y BARDA 2015)



**Figura 4-2:** Configuración del sensor TPS.

Fuente:(DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA 2013)

#### 2.4.4. *Sensor de oxígeno (Sonda Lambda)*

Se encarga de detectar la proporción de las mezclas, ya sean ricas o pobres mediante la señal que le permite a la unidad de control realizar los ajustes en los pulsos de inyección de combustible para que la relación de aire-combustible sea la correcta, esta señal es generada por la sonda lambda o sonda de oxígeno. Tiene mayor relevancia que las señales de los otros sensores, ya que con su mal funcionamiento se podrían generar elevados índices de emisión de gases, además se reduce el tiempo de vida útil del catalizador. (RODRÍGUEZ y PILCO 2018).

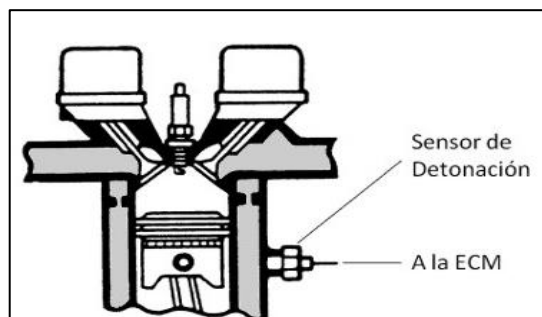


**Figura 5-2:** Sensor de oxígeno o sonda lambda.

Fuente:(BERNAL 2014)

#### 2.4.5. *Sensor de detonación (KS)*

Este sensor es el encargado de informar a la unidad de control que se ha producido una detonación antes que el pistón llegue al punto muerto superior, mediante esta información la centralita disminuye el ángulo de avance de encendido hasta que las vibraciones desaparezcan, comúnmente estos sensores son de material piezoeléctrico que genera un voltaje de corriente alterna debido a la deformación del mismo.(GARCÍA 2016).



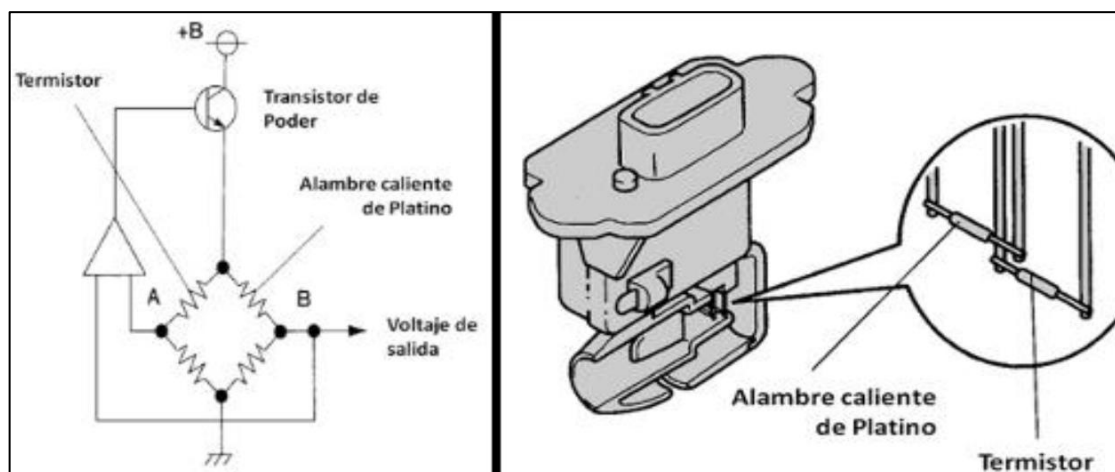
**Figura 6-2:** Ubicación del sensor de detonación.

Fuente:(FLÓREZ 2007)

#### 2.4.6. Sensor de Flujo de masa de Aire (MAF)

El sensor de flujo de masa de aire es el encargado de informar a la ECU sobre la cantidad de aire que ingresa al motor para que esta realice los ajustes necesarios en el momento de la inyección de gasolina. El sensor más empleado usa el principio de hilo caliente, donde el filamento debe mantener una temperatura fija, con la cantidad de aire que ingresa este hilo tiende a enfriarse por lo cual la PCM proporciona mayor cantidad de voltaje para mantener la misma temperatura.(FLORES 2015).

Estos dispositivos son empleados para la medición de aire que está siendo admitida por el motor de combustión interna. Cuando se habla de cantidad de aire, se refiere al peso del mismo, mas no al volumen. Son ubicados en el conducto entre la toma de aire y la lengüeta de estrangulación, misma que es solidaria con la posición del acelerador y regula el paso de aire que ingresa a los cilindros.(GARBERO 2014).



**Figura 7-2:** Configuración electrónica del sensor MAF.

Fuente:(CABALLEROS 2019)

#### 2.4.7. Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)

La mayoría de los circuitos electrónicos necesitan para su operación la información de varios tipos de presiones, por ejemplo: presión de aire, presión de fluidos y presión causada por vibraciones.(GARBERO 2014).

El control preciso de la entrega de combustible y el control de encendido dependerá de la habilidad de la ECU, para determinar la cantidad de aire que está entrando al motor. La masa de aire, podrá ser medida directamente por el medidor de flujo de aire, o calculada de la señal de datos se un sensor de presión. Los sensores de presión, pueden suministrar un dato de

información principal, para los datos de la masa de aire. Los sensores de presión más comúnmente utilizados son los sensores de presión de múltiple de admisión.(GARBERO 2014).



**Figura 8-2:** Sensor MAP de 3 pines.

Fuente:(GENERAL MOTORS 2014)

#### 2.4.8. *Sensor de temperatura de aire de admisión (IAT)*

Debido a los cambios de temperatura del aire, la concentración de oxígeno por cada parte varía de manera inversa, si la temperatura incrementa, la concentración de oxígeno es menor, por otro lado, si la temperatura del medio disminuye, la concentración de aire por cada parte de oxígeno incrementa., esta información es detectada, normalmente este sensor se ubica entre el depurador y el cuerpo de aceleración.(FLORES 2015).



**Figura 9-2:** Ubicación del sensor de temperatura de aire.

Fuente:(GENERAL MOTORS 2014)

## 2.5. Actuadores

### 2.5.1. Inyectores

Son solenoides alimentados por VPWR, el accionamiento depende de las señales de los sensores, el tiempo de inyección de combustible dura el tiempo que la centralita mantiene aterrizado el mismo en milisegundos, tienen una punta de aguja o de esfera asentada en uno o varios orificios de tamaño calibrado. La cantidad de combustible es calculada por la unidad de control (ECU), con base a la información con la que se le alimenta en relación con las condiciones de funcionamiento del motor, entre ellos la presión del múltiple, posición del pedal de aceleración y de la posición de la lengüeta de estrangulación, temperatura ambiente y presión atmosférica.(BERNAL 2014).



**Figura 10-2:** Inyector de sistema multipunto.

Fuente:(INACAP 2018)

#### 2.5.1.1. Limpieza de inyectores

El funcionamiento del motor depende directamente de la forma en la que el combustible se deposita, para ello es indispensable el buen estado de los inyectores para ello se dispone de varios modos de darles mantenimiento.

- **Botella Portátil:** Se caracteriza por la facilidad de poder emplearlo sin necesidad de desmontar los inyectores ni los accesorios que intervienen en este sistema, es muy práctico cuando los inyectores no están dañados y el motor ha tenido los mantenimientos en los periodos preestablecidos.(BERNAL 2014).
- **Aditivos:** Los aditivos son añadidos directamente al depósito donde se mezclan con el combustible, de esta manera los componentes actúan sobre el depósito y todos los circuitos que pueden estar obstruidos con impurezas. Es el método más sencillo, barato, pero menos efectivo, ya que no es posible actuar directamente sobre el problema del inyector.(LOCTITE 2018).

- Limpieza por barrido: Comúnmente conocido como limpieza vía cánister, consiste en introducir un líquido de limpieza mientras se hace funcionar el motor, este método limpia además todos los elementos del mismo sistema, por ejemplo: la cámara de combustión, válvula EGR o el sensor de oxígeno.(LOCTITE 2018).
- Limpieza por ultrasonido: Es el método más efectivo, pero cuenta con inconvenientes, ya que para poder usarlo es necesario desmontar los inyectores y trabajar con estos en el banco de pruebas donde se evalúan ciertos aspectos mecánicos y físicos entre ellos: la resistencia interna, estanqueidad y el patrón de pulverización. Una vez analizados los inyectores uno a uno se detectan los problemas de manera individual para proceder con medidas correctivas en caso de ser necesario.(LOCTITE 2018).



**Figura 11-2:** Desmontaje de inyectores.

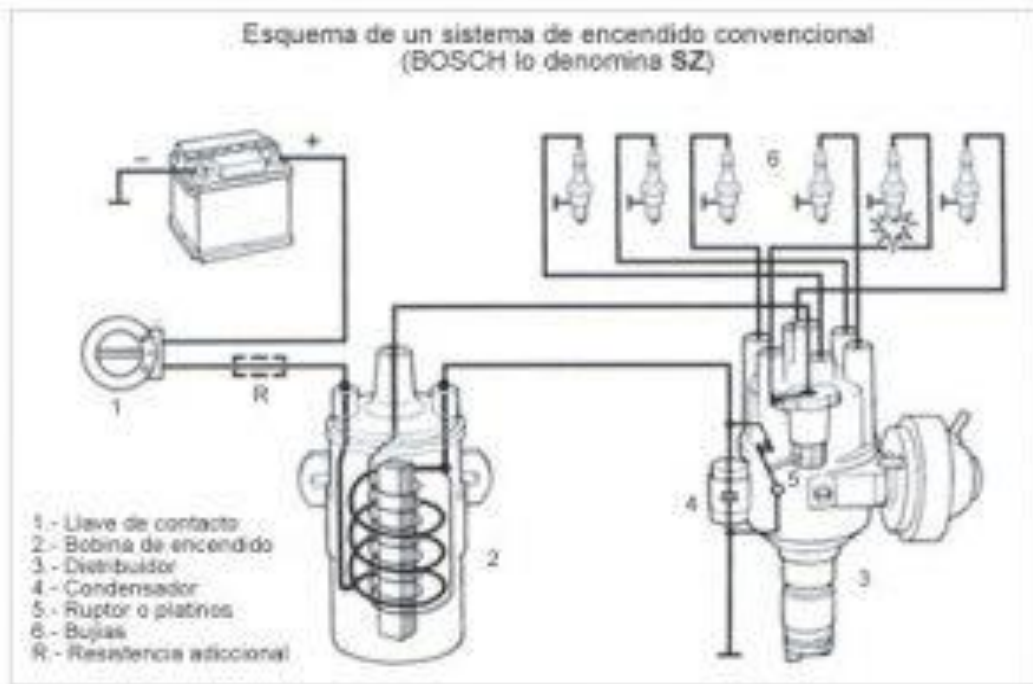
Fuente:(LOCTITE 2018)

### 2.5.2. *Bobina de encendido*

La fuente de calor es uno de los elementos más importantes en el funcionamiento del motor, la potencia de encendido del motor depende de la calidad de chispa generada por la bobina, los sistemas de encendido varían de acuerdo a los requerimientos únicos de cada motor. Entre los sistemas más comunes se encuentran:

- Encendido convencional: Eran usados hasta la década de los 90 aproximadamente, se puede decir que cuando se pone en marcha el motor, existe un interruptor mecánico que se acciona con el giro del motor que a su vez hace girar a un eje conectado al distribuidor de encendido.(CABALLEROS 2019).

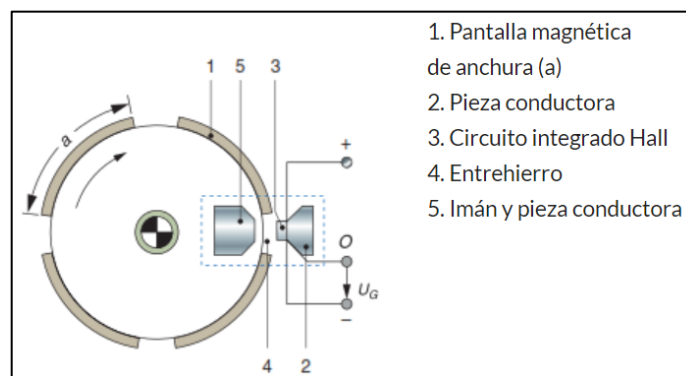




**Figura 12-2:** Sistema de encendido convencional.

Fuente:(CABALLEROS 2019)

- Encendido transistorizado: Funcionamiento muy parecido al encendido convencional con la diferencia que se emplea un transistor de potencia que corta la corriente del bobinado primario de la bobina, produce una chispa de mayor potencia.(CABALLEROS 2019).
- Encendido Transistorizado por efecto Hall: En este sistema el ruptor es sustituido por un sensor de efecto Hall.(CABALLEROS 2019).

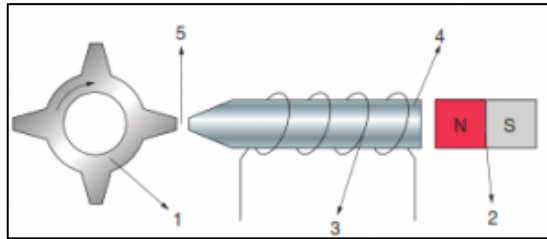


**Figura 13-2:** Generador de impulsos de efecto Hall.

Fuente:(CABALLEROS 2019)

- Generador de pulsos por inducción: Se usa la inducción electromagnética que genera pulsos eléctricos cuando hay variación de flujo magnético en la parte interna de la bobina, está compuesto por: (1) rotor, (2) estator, (3) bobina, (4) núcleo magnético.(CABALLEROS 2019).

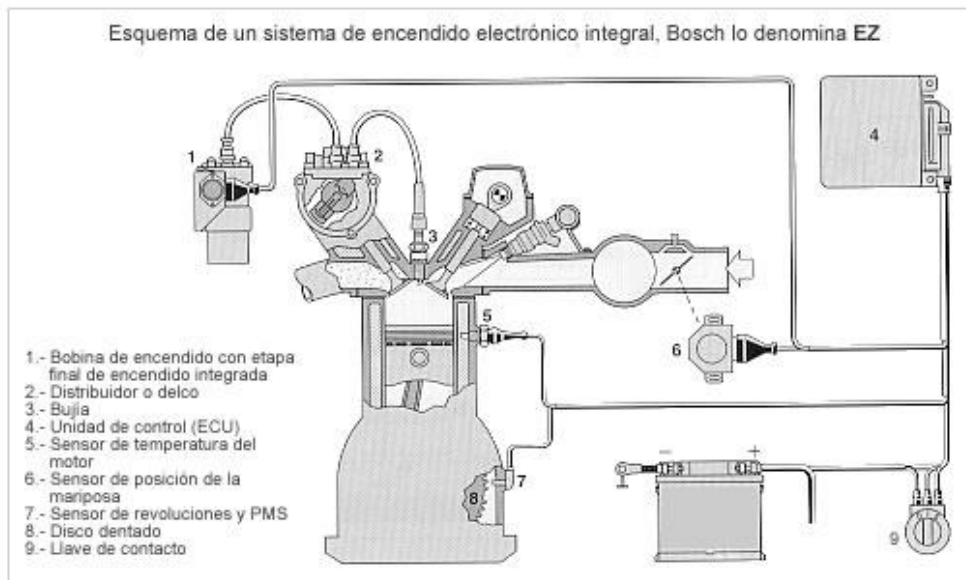




**Figura 14-2:** Generador de impulsos por inducción.

Fuente:(CABALLEROS 2019)

- Controlado por la unidad de control: El accionamiento de la bobina de encendido es controlado por la centralita, esta acción se la realiza gracias a la información de varios sensores.(CABALLEROS 2019).



**Figura 15-2:** sistema de encendido electrónico integral.

Fuente:(RODRÍGUEZ y VALENTE 2014)

## 2.6. Instrumentos usados en la recopilación de datos de señales del sensor

Durante la recopilación de datos del sensor, son necesarias las herramientas tecnológicas disponibles en el mercado, para la medición de los datos de los sensores es necesario conocer las curvas características de cada uno de estos y con eso el tipo de gráfica que posee para tomar acciones correctas y acordes al tipo de señal que se genera.

### 2.6.1. Escáner Automotriz ELM 327

Este escáner se conecta directamente al puerto de diagnóstico OBD II con la unidad de control del vehículo y permite leer los parámetros de funcionamiento en tiempo real y enviarlos a una interfaz de lectura vía bluetooth, ya sea un celular, una computadora u otro dispositivo, solo puede emplearse en vehículos que cuenten con el sistema de autodiagnóstico de segunda generación, también permite leer y borrar los códigos de falla y verificar donde se encuentra la misma.(TODO MICRO 2015).

**Tabla 1-2:** Especificaciones técnicas de Scanner ELM 327

<b>Especificaciones técnicas</b>	
Voltaje de operación	12 Voltios corriente directa
Velocidad de muestreo	Depende de la ECU
Versión del Firmware	2.1
Chip	ELM327
Alcance	5 metros
Bluetooth	2.0
Frecuencia	Banda ISM de 2.4 GHz
Password bluetooth por defecto	0000/1234/6789
Software compatible	Auto-Scan/Piston/MiniOBDII/Torque/Scan Master

**Fuente:**(TODO MICRO 2015)

**Realizado por:** Daryn O., Jonathan F., 2019.

### **2.6.2. *Multímetro Digital Truper MUT-39***

Los dispositivos electrónicos cada vez se encuentran más sofisticados y con ello los aparatos de medición, el multímetro, también conocido como tester es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como intensidad o potencial eléctrico, y pasivas como resistencias, capacidades y otras. Existen varios tipos, entre ellos digitales y analógicos, ambos cumplen la misma función. (TRUPER 2018).



**Figura 16-2:** Multímetro Digital Truper.

Fuente:(TRUPER 2018)

### 2.6.3. *Osciloscopio automotriz*

Es un instrumento electrónico que permite visualizar las señales eléctricas y estimar las características de cada una, por ejemplo: frecuencia, periodo, amplitud, valores máximos y mínimos, permite mostrar el comportamiento de las señales de manera gráfica en los ejes coordenados “X” (tiempo) e “Y” (voltaje).(PARRA y FRANGOSO 2015).



**Figura 17-2:** Osciloscopio Automotriz.

Fuente:(PARRA y FRANGOSO 2015)

## 2.7. **Valores de referencia generales de los principales sensores del sistema de inyección**

Los distintos sensores que intervienen en los sistemas de inyección funcionan de diferente manera, existen de tipo analógico y digital, el primero se encuentra en sistemas de inyección antiguos, con esto se reduce la precisión en la lectura de señales, a demás son más vulnerables a la presencia de vibraciones y con ello las interferencias, mientras que los sensores digitales son

más precisos, trabajan variando la frecuencia en la mayoría de los casos se encuentran en sistemas de inyección modernos, en los cuales se requiere mayor exactitud en la lectura de datos, en la Tabla 2-2 se detallan los rangos de funcionamiento de los sensores en ralentí y a plena carga del motor.

**Tabla 2-2:** Cuadro de valores mínimos y máximos de funcionamiento de los sensores.

Sensor	Régimen de giro del motor.				
	1000	2000	3000	4000	5000
<b>CKP</b>	1,20 voltios	2,05 voltios	2,80 voltios	3,80 voltios	4,60 voltios
<b>CMP</b>	1,10 voltios	2,03 voltios	2,70 voltios	3,82 voltios	4,72 voltios
<b>MAF</b>	2,03 voltios	2,32 voltios	2,50 voltios	2,73 voltios	2,96 voltios
<b>MAP</b>	2,97 voltios	2,97 voltios	2,97 voltios	2,97 voltios	2,97 voltios
<b>IAT</b>	1,66 voltios	1,66 voltios	1,68 voltios	1,70 voltios	1,70 voltios
<b>ECT</b>	0,80 voltios	0,78 voltios	0,70 voltios	0,74 voltios	0,68 voltios
<b>O2</b>	0,51 voltios	0,71 voltios	0,61 voltios	0,63 voltios	0,88 voltios
<b>TPS</b>	0,53 voltios	0,66 voltios	0,82 voltios	1,02 voltios	1,21 voltios

Fuente:(Oñate D., Jonathan F., 2019)

Realizado por: Daryn O., Jonathan F., 2019

Los datos obtenidos en la tabla fueron determinados por medio del escáner, mismo que nos entrega el voltaje de la señal de los sensores que emiten los mismos, la principal característica de varios sensores es que se mantiene constante el voltaje de funcionamiento, por ejemplo el sensor MAP mantiene constante el voltaje de funcionamiento, ya que se encarga de medir la presión atmosférica y debido a la altura de la ciudad de Pelileo, lugar donde se realizaron las pruebas, la presión atmosférica es constante, por otro lado varios sensores también funcionan de acuerdo al régimen de motor, como los que se detallan en la tabla previamente descrita.

## 2.8. Componentes electrónicos

### 2.8.1. Arduino UNO

Es una tarjeta de adquisición de datos basada en el microcontrolador ATmega328, cuenta con 14 pines de entrada y salida digitales de las cuales 6 pueden ser usadas como PWM (modulación por ancho de pulso) mientras que otras 6 son entradas analógicas. Además, se compone de un resonador cerámico de 16MHz, conector USB.(ARDUINO 2019).

En la Tabla 3-2 se muestran las características de la placa Arduino UNO.

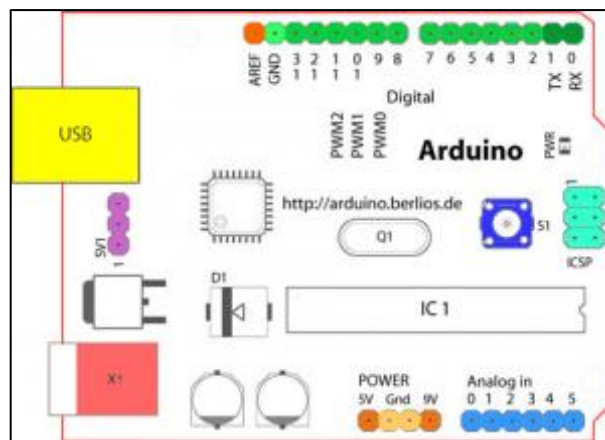
**Tabla 3-2:** Características principales de tarjeta Arduino UNO.

<b>Arduino UNO</b>	
<b>Microcontrolador</b>	ATmega 328
<b>Voltaje</b>	5 Voltios
<b>Voltaje de entrada (recomendado)</b>	7-12 Voltios
<b>Voltaje de entrada (límites)</b>	6-20 Voltios
<b>Pines digitales de entrada o salida</b>	14 (6 son salida PWM)
<b>Entradas analógicas</b>	6
<b>Corriente por pin de entrada o salida</b>	40 mA
<b>Corriente para el pin de 3.3V</b>	50 mA
<b>Memoria interna</b>	32Kb

Fuente:(ARDUINO 2019)

Realizado por: Daryn O., Jonathan F., 2019

Mirando a la placa desde un punto de vista superior, este es el esquema de lo que se puede ver:



**Figura 18-2:** Esquema de Conexión de Arduino UNO.

Fuente:(ARDUINO 2019)

Los componentes de la placa con los que puedes interactuar en su uso normal se describen en la Tabla 4-2.

**Tabla 4-2:** Elementos presentes disponibles para interactuar.

<b>Elemento</b>	<b>Color</b>
Terminal de referencia analógica	Naranja
Tierra digital	Verde claro
Terminales digitales 2-13	Verde
Terminales digitales 0-1/E/S serie-TX/RX	Verde oscuro
Botón de reinicio	Azul oscuro
Programador serie del circuito	Azul celeste
Terminales de entrada analógica	Azul claro
Terminales de alimentación y tierra	Naranja/Naranja claro
Entrada de alimentación externa o por USB	Rosa
USB	Amarillo

**Fuente:**(ARDUINO 2019)

**Realizado por:** Daryn O., Jonathan F., 2019

#### *2.8.1.1. Pines analógicos*

Los pines de entrada analógicos permiten conversiones analógico-digital (ADC) que consta de 10 bit, pueden ser también usadas como pines digitales, las entradas analógicas 6 y 7 no pueden ser usadas como pines digitales.(ARDUINO 2019).

#### *2.8.1.2. Pines de alimentación*

- VIN: Es el voltaje de entrada a la placa Arduino mientras se emplea una fuente de alimentación externa.(ARDUINO 2019).
- 5V: Es una alimentación regulada para alimentar el microcontrolador y otros componentes de la placa, puede proceder desde el VIN o ser proporcionada por USB u otra fuente de 5V.(ARDUINO 2019).
- 3V3: Alimentación de 3.3 voltios generada por el chip FTDI de la tarjeta.(ARDUINO 2019).
- GND: Pines de tierra.(ARDUINO 2019).

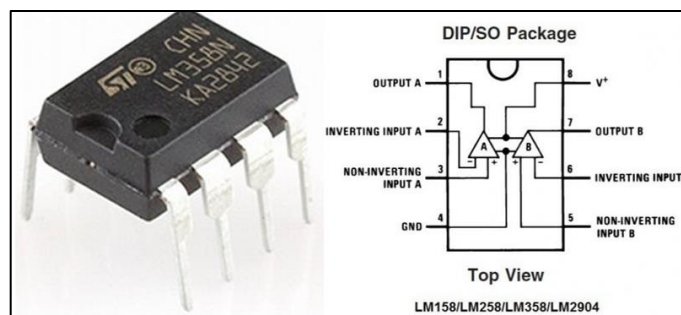


**Figura 19-2:** Arduino UNO.

Fuente:(ARDUINO 2019)

### 2.8.2. Opam LM358

El LM358 es un circuito integrado de amplificador operacional dual de baja potencia introducido originalmente por National Semiconductor. Se utiliza en circuitos detectores. La abreviatura LM358 indica un circuito integrado de 8 pines, que comprende dos amplificadores operacionales a baja potencia. El LM358 está diseñado para uso general como amplificadores, filtros de paso alto, filtros de paso de banda baja y sumadores analógicos.(TEXAS 2014).



**Figura 20-2:** Circuito integrado OPAMP LM358.

Fuente:(TEXAS 2014)

### 2.8.3. Potenciómetro de precisión 5K

Es una resistencia variable, limitan el paso de la corriente eléctrica provocando una caída de voltaje al igual que en una resistencia, pero en este caso el valor de la corriente y del voltaje en el potenciómetro las podemos variar. El valor de un potenciómetro se expresa en ohmios al igual que en las resistencias donde el intervalo de funcionamiento del mismo está desde cero hasta el valor que nos indique.(TEXAS 2014).

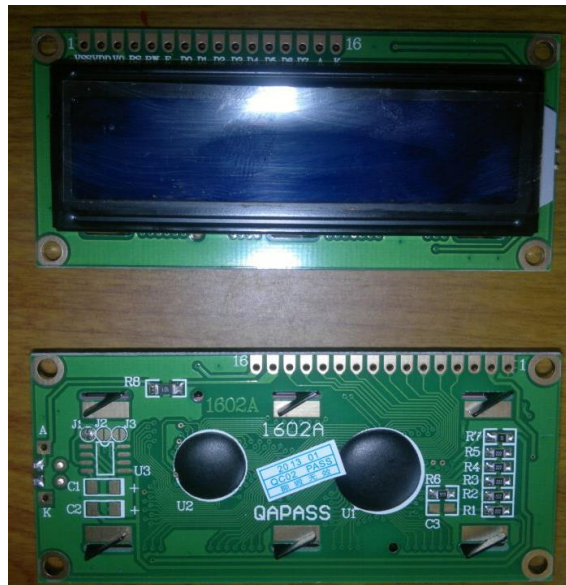


**Figura 21-2:** Configuración interna del potenciómetro.

**Fuente:**(TEXAS 2014)

#### 2.8.4. LCD 16x2

Son dispositivos diseñados para mostrar la información de manera visual, la mayoría de pantallas LCD vienen unidas a una placa de circuito en los que se pueden encontrar pines de entrada y salida, la facilidad de acoplamiento con la tarjeta de desarrollo Arduino permite una conexión sencilla entre los elementos, incluso se encuentran otros dispositivos que se pueden acoplar al mismo para mejorar su desempeño.(XIAMEN AMOTEC DISPLAY 2008).



**Figura 22-2:** Pantalla LCD 16x2.

**Fuente:**(XIAMEN AMOTEC DISPLAY 2008)

#### 2.8.5. Relé de 5 Voltios

Es un dispositivo electromagnético cuyo accionamiento es controlado por un circuito eléctrico en el cual a través de una bobina y un electroimán se accionan uno o varios contactos que



permiten cerrar o abrir circuitos eléctricos independientes, se usan para controlar el paso de corrientes y tensiones tanto altas como bajas.(PROMETEC 2015).



**Figura 23-2:** Relé de 5 voltios.

Fuente:(PROMETEC 2015)

### 2.8.6. *Batería LIPO*

Debido al requerimiento del sistema, cuenta con una alimentación externa que permite al dispositivo cubrir sus necesidades básicas para el funcionamiento correcto del mismo, la batería LIPO tiene condiciones especiales en comparación con otras, por ejemplo: la batería tiene 2 celdas y la salida es de 7.4V 300mAh de almacenamiento de carga.(TDROBOTICA 2019)



**Figura 24-2:** Batería LIPO 7.4 Voltios 300mAh.

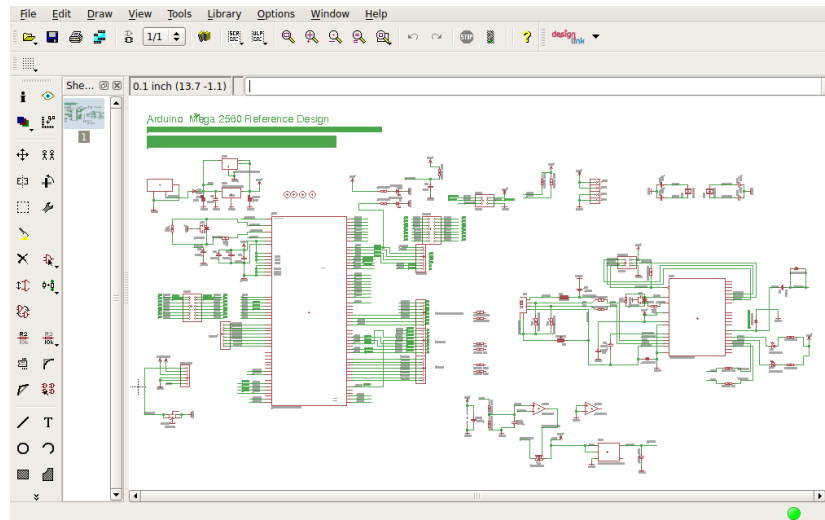
Fuente:(TDROBOTICA 2019)

### 2.8.7. *Software*

#### 2.8.7.1. *Eagle*

Software destinado al diseño de circuitos impresos (PCBs), ha jugado un papel importante en la simplificación y simulación de componentes electrónicos. Tiene múltiples ventajas, tiene una

interfaz amigable con el usuario, se puede usar de manera profesional o principiante.(AUTODESK 2019).



**Figura 25-2:** Interfaz software Eagle.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F., 2019)

#### 2.8.7.2. Solid Works

Software de diseño CAD que permite simular ciertos elementos y aplicar varias propiedades mecánicas y físicas del material, debido a estas, se puede realizar cambios en el diseño de manera virtual y con ello evitar el desperdicio de material y con ello, aporta a la reducción de costos de producción.(SOLIDWORKS 2019).



**Figura 26-2:** Interfaz software SolidWorks.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F., 2019)

### CAPÍTULO III

## 3. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CIRCUITO A IMPLEMENTAR BASADO EN EL TIPO DE SEÑAL QUE GENERA CADA SENSOR

### 3.1. Selección del sensor para modificar la señal

Los diferentes parámetros de funcionamiento de los sensores, las conexiones eléctricas y la accesibilidad hacia los mismos han permitido desarrollar el siguiente cuadro comparativo, en el cual se puede identificar las características propias de los sensores con ciertas observaciones y consecuencias de la modificación de las señales de estos sensores.

**Tabla 1-3:** Cuadro comparativo para selección del sensor adecuado.

Sensor	Dificultad de acceso	Número de cables	Señal de salida	Tipo	Observaciones
CKP	Media	3	0-5 voltios	Digital	La modificación de la señal produce alteraciones en el tiempo de encendido del motor.
CMP	Media	3	0-5 voltios	Digital	La modificación de esta señal produce demasiadas vibraciones, además que produce descoordinaciones en la sincronización con la señal del ckp.
MAF	Baja	3	0-5 voltios	Analógico	Al modificar esta señal no se generan cambios significativos, de esta manera la centralita no detecta como una falla.
MAP	Media	3	0-5 voltios	Analógico	La presión atmosférica es un factor muy importante en el tiempo de inyección, ya que con ella se determina la concentración de oxígeno por volumen de aire admitido.
IAT	Baja	2	0-5 voltios	Analógico	La señal de dicho sensor, no tiene relevancia en comparación a otros que son fundamentales en el sistema de inyección.

ECT	Baja	1 - 2	0-5 voltios	Analógico	Su modificación no tiene relevancia en el funcionamiento del motor.
O2	Media	2 - 4	0-1 voltio	Digital	Se emplea únicamente para corroborar que la mezcla de aire - combustible es correcta, por lo tanto la modificación de su señal no es de mayor interés.
TPS	Alta	3	0 - 5 voltios	Analógico	Debido a los sistemas de aceleración existentes, no es recomendable modificar la señal del sensor TPS, ya que debería modificarse los mecanismos de accionamiento.

**Fuente:**(Oñate D., Jonathan F., 2019)

**Realizado por:** Daryn O., Jonathan F., 2019

De la Tabla 1-3 de determina que el sensor que cumple con las condiciones de funcionamiento requeridas para el diseño del dispositivo es el MAF, ya que debido a su fácil accesibilidad, disposición y tipo de señal que genera permite modificarla sin tener repercusiones a largo plazo.

### 3.2. Obtención del tipo de señal de los sensores

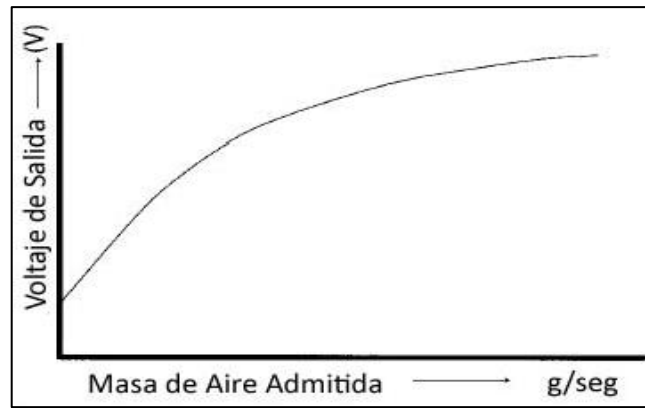
La recopilación de información de los sensores se realizó mediante el uso de los equipos de diagnóstico previamente mencionados, mismos que nos permitieron definir el sensor y el tipo de señal que genera para poder considerar los parámetros a modificar.



**Figura 1-3:** Ubicación del sensor MAF.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)

Mediante la conexión del osciloscopio al cable de señal del sensor se pudo definir que pertenece a un sensor de tipo analógico cuya señal varía los valores de voltaje de acuerdo al régimen de giro del motor de manera directamente proporcional.



**Figura 2-3:** Señal Generada por el sensor MAF analógico.

Fuente: (GUACHO y REA 2014)

La recopilación de la información se la realizó en varios rangos de funcionamiento del motor y se determinó que la frecuencia aumenta mientras que la velocidad de giro del motor incrementa.

### 3.3. Medición de tiempo de accionamiento de los inyectores

El uso del escáner es muy importante al momento al medir del tiempo del pulso de inyección, con esto se puede corroborar si la señal que se modifica, interviene en el funcionamiento del sistema de inyección, aumentando o disminuyendo el ancho de pulso.

### 3.4. Análisis de datos captados

Mediante la recopilación de la información de los parámetros de funcionamiento del motor y de los sensores, se determinó que el funcionamiento de cada uno de los sensores analizados cambia de acuerdo con el régimen de funcionamiento del motor.

**Tabla 2-3:** Relación entre régimen de giro y voltaje emitido por sensor MAF analógico.

Régimen del motor (RPM)	Voltaje de señal sensor MAF (voltios).
1000	2,03
1500	2,17
2000	2,32
2500	2,39
3000	2,50

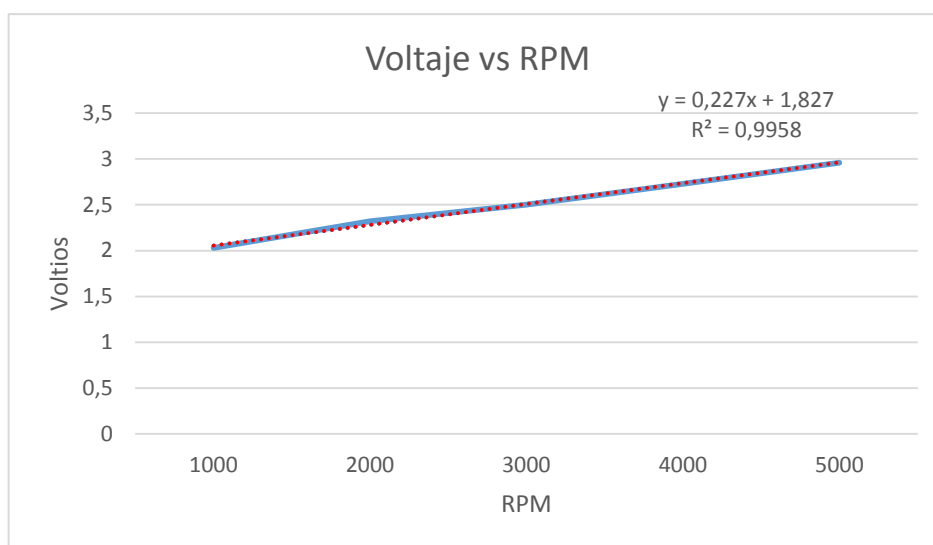
3500	2,62
4000	2,73
4500	2,85
5000	2,96
5500	3,08
6000	3,19

Fuente:(Oñate D., Jonathan F., 2019)

Realizado por: Daryn O., Jonathan F., 2019

### 3.5. Modelación de la relación voltaje-velocidad de giro

De los datos descritos previamente se determina que la relación existente entre las variables voltaje y régimen de giro se da de manera directamente proporcional de lo cual podemos determinar el gráfico, cuya ecuación está descrita por:  $y = 2,27 * 10^{-4}x + 1,827$  con el coeficiente de determinación  $R^2 = 0,9958$ , mismo que se describe en el Gráfico 1-3.



**Gráfico 1-3:** Relación entre voltaje y régimen de giro del motor.

Fuente:(Oñate D., Jonathan F., 2019)

En el gráfico anterior se determina que la relación de incremento entre régimen de giro y voltaje del sensor se da de manera lineal y aumentan de forma directamente proporcional.

### 3.6. Modos de conducción presentes en el mercado

Los avances tecnológicos en los sistemas de cajas de transmisión automáticas permiten al usuario dos modos de conducción, SPORT y ECO, cada uno de estos con modos de funcionamiento distintos.

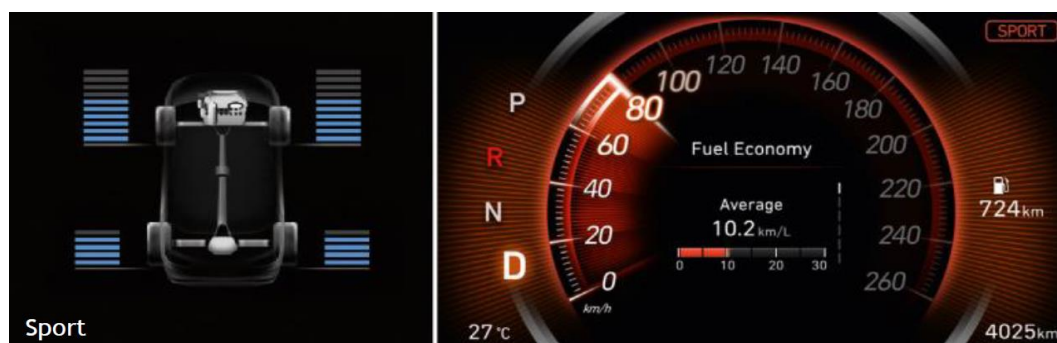


**Figura 3- 3:** Modos de Conducción disponibles en los vehículos.

Fuente:(CHÁVEZ Danae 2019)

#### 3.6.1. Modo Sport

También se lo conoce como modo Dinámico, permite al vehículo comportarse de manera peculiar, en la que se prioriza el aumento de la potencia del motor sin considerar el consumo de combustible, en las cajas de transmisión automáticas los cambios tardan en realizarse, con esto se logra que el motor se comporte de forma más grotesca. (BMW Group 2019).

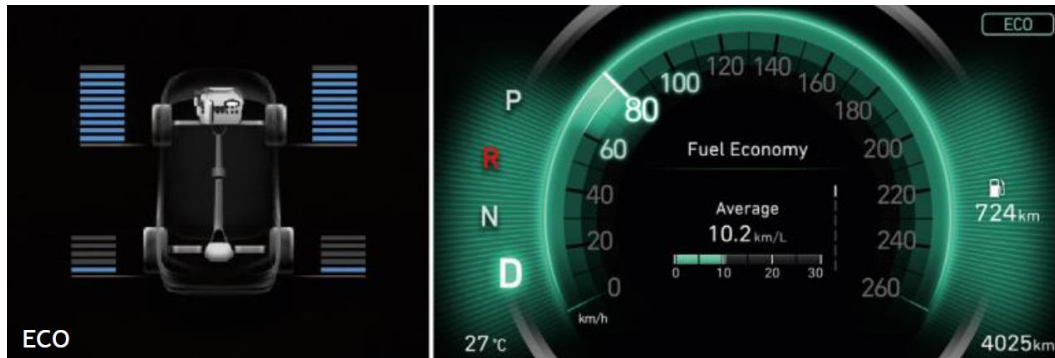


**Figura 4-3:** Panel de instrumentos Hyundai Santa Fé modo SPORT

Fuente:(HYUNDAI MOTOR COMPANY 2018)

### 3.6.2. Modo Eco

En varios casos, no se necesita del máximo potencial del motor, con esto se ha desarrollado el modo Eco de conducción, que consiste en realizar lo contrario del modo Sport, por ejemplo, impide que el motor desarrolle altas revoluciones, y con ello los cambios se accionan de manera más prematura a lo normal. (BMW Group 2019).



**Figura 5-3:** Panel de instrumentos Hyundai Santa Fé modo ECO

Fuente:(HYUNDAI MOTOR COMPANY 2018)



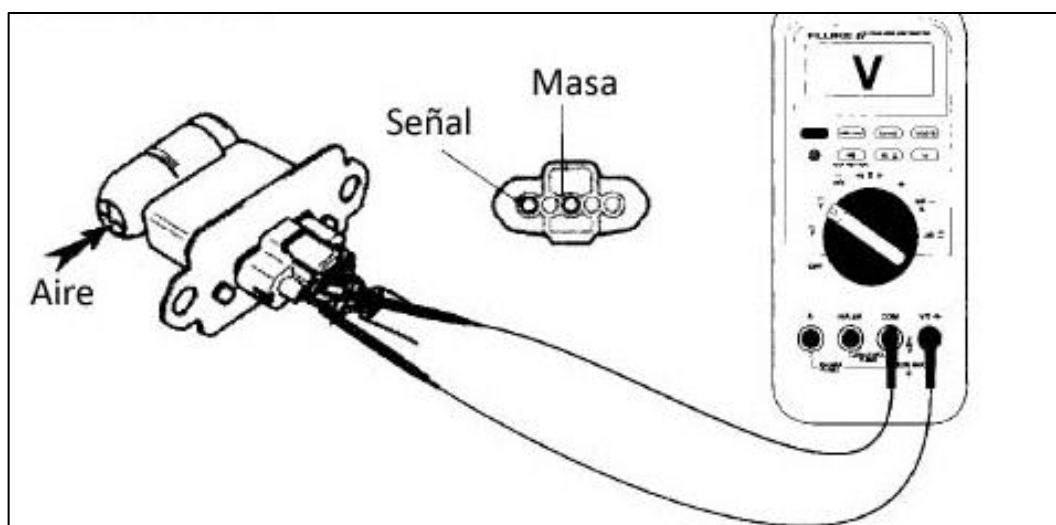
## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO MODIFICADOR DE SEÑAL

#### 4.1. Lectura de señales

##### 4.1.1. Señal sensor MAF

El sensor de flujo de masa de aire también conocido fluxómetro, puede emplear como elemento de medición un hilo de platino calentado, de lo anterior se deduce su nombre, recibe un voltaje de referencia comúnmente 12 voltios y de acuerdo a la cantidad de aire que ingresa al colector de admisión, entrega un voltaje de retorno hacia la unidad de control, dependiendo del modelo del sensor el voltaje de retorno cambia.

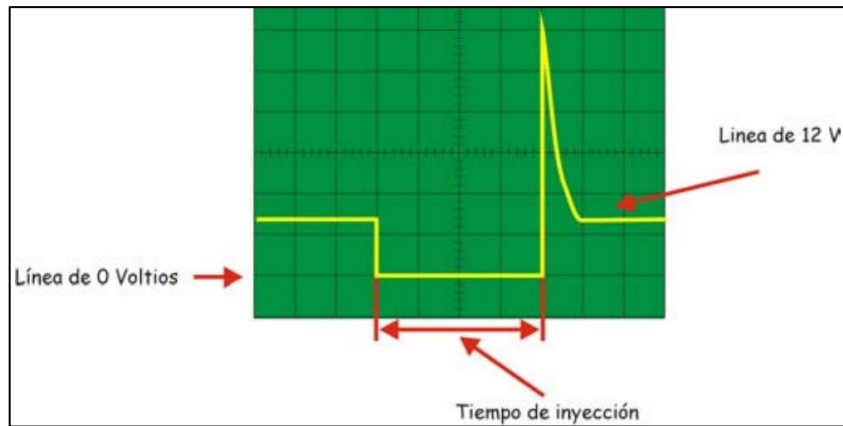


**Figura 1-4:** Conexión de multímetro a los pines del sensor MAF.

Fuente: (GUACHO y REA 2014)

##### 4.1.2. Señal del pulso de inyección

El tiempo de inyección es calculado directamente por la centralita, misma que se encarga de analizar los valores que adquiere de los sensores, y de acuerdo a estos valores, se determina la cantidad de combustible a depositarse. Los inyectores funcionan siempre con una conexión directa de 12 voltios, y su accionamiento es controlado mediante el aterrizaje de los mismos, controlados por la ECU.



**Figura 2-4:** Gráfica de la señal de pulso de inyección con sus elementos.

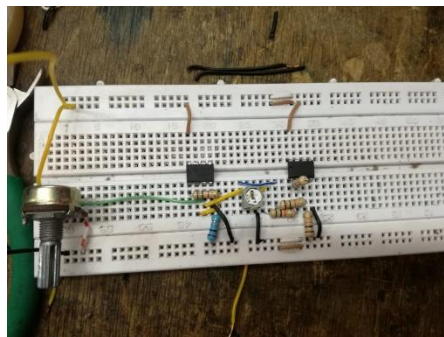
Fuente: (FLÓREZ 2007)

## 4.2. Diseño del esquema electrónico

Para iniciar con el diseño del dispositivo, es necesario conocer los rangos de funcionamiento del sensor a analizar, mediante la recopilación de los datos se determinó que el sensor trabaja con una señal analógica, misma que cambia su voltaje de acuerdo a la velocidad de giro del motor de manera directamente proporcional. Para esto se realizó la programación provisional de la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, que se encuentra en el Anexo A.

### 4.2.1. Diseño y construcción del circuito electrónico

Para el diseño del circuito del dispositivo, primero se deben realizar las pruebas correspondientes a la lectura de voltaje, una vez obtenida esta información se empezó con el desarrollo del circuito, que inicialmente fue implementado en una protoboard, por la facilidad que esta nos ofrece para armar circuitos y poder modificar o cambiar los elementos de manera fácil y rápida.

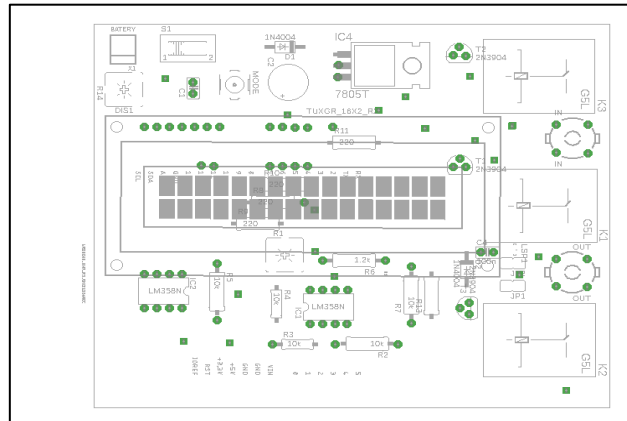


**Figura 3-4:** Implementación de circuito básico en protoboard.

Fuente: (Oñate D., Jonathan F.,2019)

#### 4.2.1.1. Ubicación de los componentes que intervienen en el circuito

Los diferentes elementos que conforman el dispositivo deben conectarse de cierta manera específica, con ello se debe realizar el diseño virtual del dispositivo con el fin de disminuir los costos por pérdida de material, para ello se tiene la FIGURA 4-4 donde se pueden identificar varios de los elementos que se detallarán posteriormente.

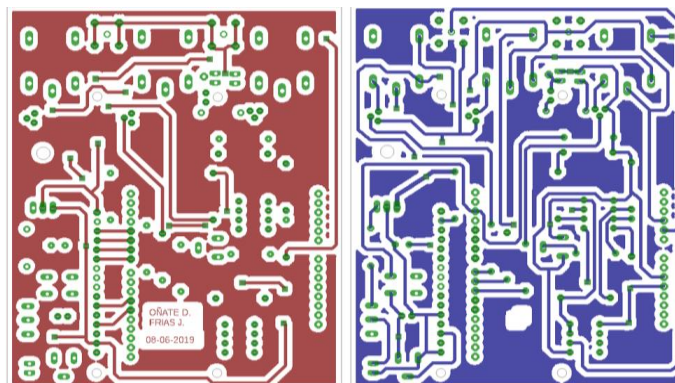


**Figura 4-4:** Esquema de localización de los componentes.

Fuente: (Oñate D., Jonathan F.,2019)

#### 4.2.1.2. Diseño del circuito impreso PCB

Por factores de estética y optimización de material y reducción del tamaño del dispositivo, se procede a diseñar el esquema del circuito impreso en el Software EAGLE de Autodesk, mismo que permite realizar las conexiones entre los elementos, para el dispositivo se empleó un diseño en ambas caras de la placa, que se lo puede realizar con el mismo software. Se pueden observar las mismas en la FIGURA 5-4.

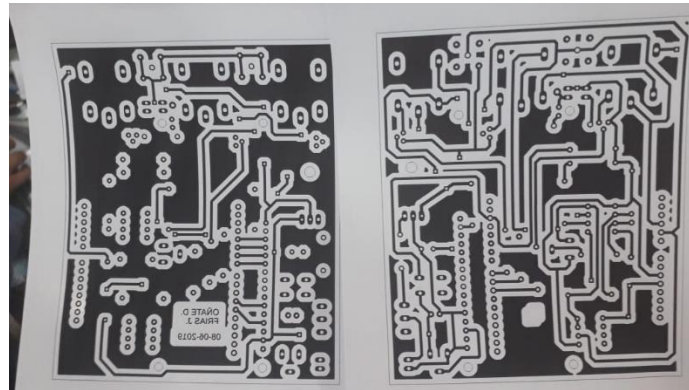


**Figura 5-4:** Vista superior e inferior del circuito impreso PCB.

Fuente: (Oñate D., Jonathan F.,2019)

#### 4.2.1.3. Implementación del diseño PCB en la baquelita virgen

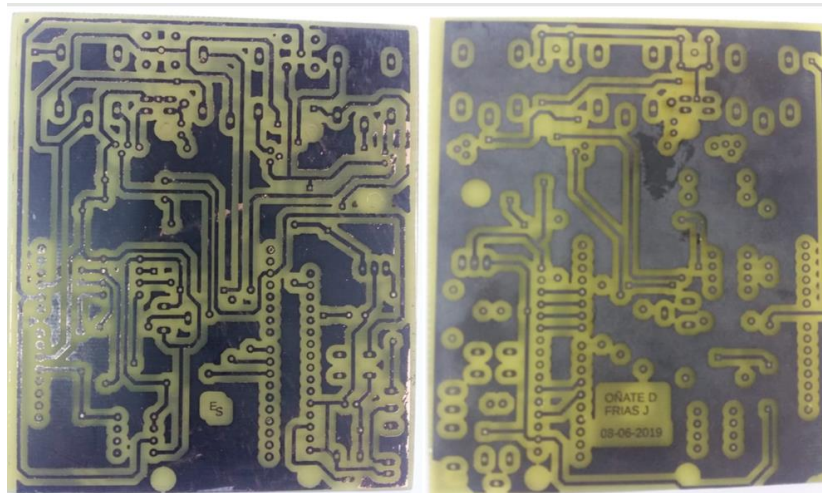
Luego de diseñar el esquema de conexiones de elementos se procede a imprimir el circuito sobre papel fotográfico y en impresora láser, ya que con esto se puede pegar el diseño sobre la superficie de cobre de la baquelita mediante la técnica del planchado que consiste en emplear una fuente de calor para pasar el diseño impreso a las superficies empleadas.



**Figura 6-4:** Circuito impreso

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)

Una vez que el circuito se haya transferido en la baquelita se procede a sumergirla en una solución de cloruro férrico, que es comúnmente conocido como ácido para baquelita, misma que reacciona con la pista de cobre que se encuentra expuesta, mientras que las zonas de color negro se encuentran protegidas y aisladas del ácido, el producto de esto se observa en la figura 7-4.



**Figura 7-4:** Quemado de circuito impreso en baquelita virgen.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)

#### *4.2.1.4. Conexión de los elementos en el circuito impreso en la baquelita de acuerdo al diseño realizado en Software EAGLE*

Antes de iniciar con la colocación de los elementos se debe realizar la verificación de la continuidad de las pistas para que no existan cortos a tierra, una vez verificada la continuidad de

la placa se deben colocar los elementos previamente mencionados en su lugar correspondiente ya que, caso contrario no podría ejecutar la función requerida.

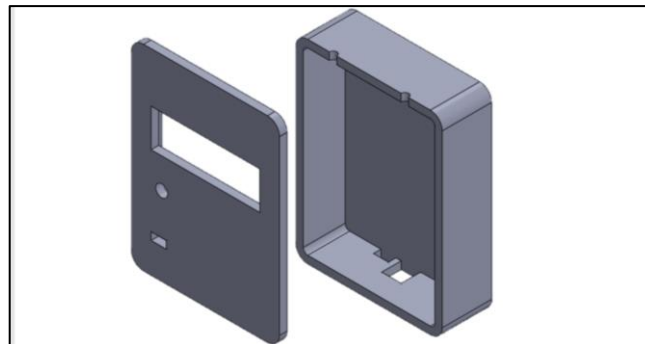


**Figura 8-4:** Ubicación de los elementos en el circuito impreso.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)

#### 4.2.2. *Diseño e impresión de la carcasa del dispositivo*

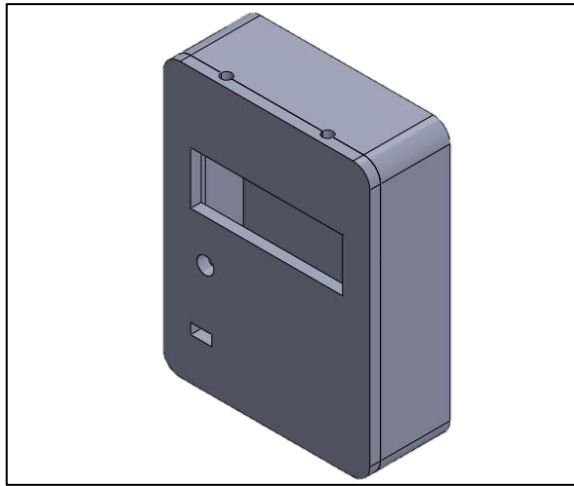
La elevada temperatura y factores físicos pueden afectar el funcionamiento del dispositivo, para ello se ha diseñado un exoesqueleto en el software Solid Works que consta de dos partes, la primera que es el que contiene la mayoría de los dispositivos y la segunda que consta de un switch de encendido, pantalla lcd y botón selector de modo de conducción.



**Figura 9-4:** Diseño Virtual de la carcasa del dispositivo.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)

Las dimensiones correspondientes al diseño del exoesqueleto se encuentran en el Anexo B, donde se detallan los espesores y otras características, la carcasa ensamblada del dispositivo se observa en la FIGURA10-4.

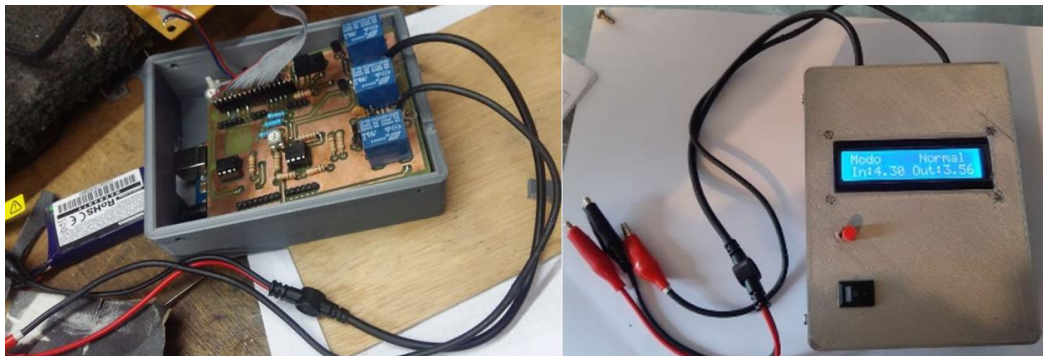


**Figura 10-4:** Ensamblaje virtual de la carcasa del dispositivo.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)

#### **4.2.3. Implementación del circuito en la carcasa**

El material utilizado en la impresión de la carcasa es acrilonitrilo butadieno estireno, es un termoplástico derivado del petróleo, se encuentra principalmente en revestimientos de vehículos, cascos y juguetes plásticos, los elementos impresos con este material cuentan con alta resistencia y poseen la flexibilidad necesaria para varias aplicaciones, esto se traduce en la durabilidad del material elevada en comparación con otros, posee mayor dureza superficial.



**Figura 11-4:** Implementación del circuito en la carcasa.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)



## CAPÍTULO V

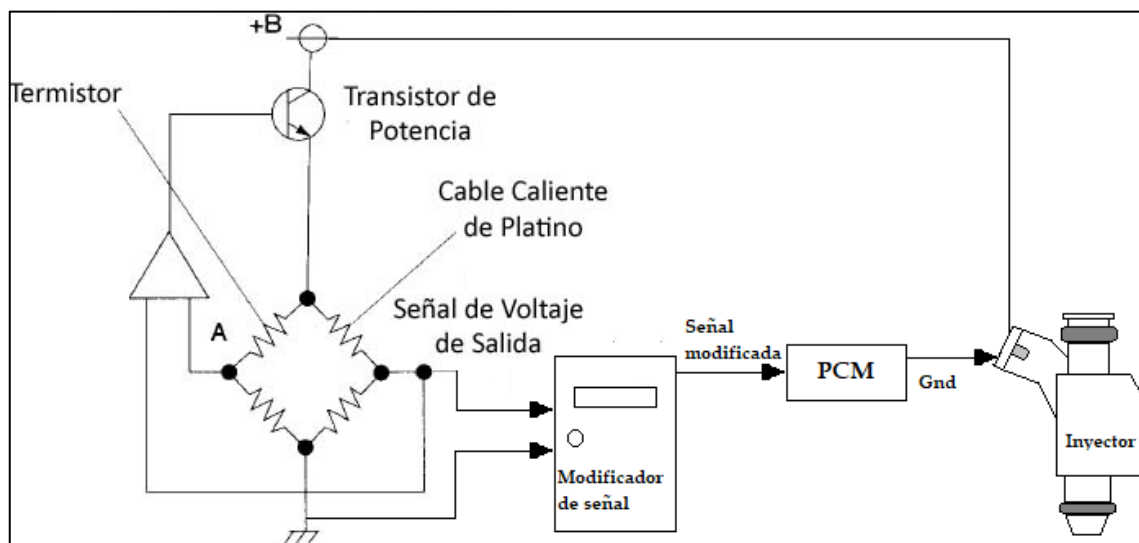
### 5. PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL DISPOSITIVO

Las pruebas de validación del dispositivo se realizaron en varios vehículos que cuentan con sensor MAF de tipo analógico, mismos que fueron sometidos a las mismas condiciones de funcionamiento establecidas.

Cada etapa se detalla a continuación, con los valores de funcionamiento correspondientes a cada uno de los modos de operación del dispositivo.

#### 5.1. Instalación del dispositivo

La implementación del dispositivo en el motor, requiere de la intervención entre la señal que envía el sensor hacia la unidad de control, para ello es necesario cortar el cable de señal, el cual se lo puede localizar de manera muy sencilla.



**Figura 1-5:** Esquema de Conexión del dispositivo al sensor MAF.

Fuente: (Oñate D., Jonathan F.,2019)

En la conexión del dispositivo se utilizaron dos multímetros, el primero permite medir el voltaje emitido por el sensor, mientras que el segundo se encarga de medir el voltaje de la señal modificada, con el objetivo de comparar los valores con los que nos entrega el dispositivo.



**Figura 2-5:** Conexión de multímetros y dispositivo.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)

## 5.2. Pruebas modo NORMAL

Al momento de encender el dispositivo, debido al protocolo de seguridad implementado, este se inicia en modo NORMAL, cuyo objetivo es permitir que la señal que el sensor envía hacia la unidad de control pase directamente sin ser modificada, con ello los parámetros de funcionamiento del motor se mantienen en los valores preestablecidos por el fabricante, tanto como tiempo de inyección y avance de encendido.

El dispositivo permite mostrar el voltaje que recibe desde el sensor y el que envía a la centralita, estos valores se corroboraron con el escáner para tomar ciertas mediciones.

### 5.2.1. Pruebas en KOEO

Para la verificación del correcto funcionamiento del dispositivo, se procede a conectarlo de la forma descrita previamente, con esto se determina que el voltaje de referencia con el motor apagado es de 0,6 Voltios.



**Figura 3-5:** Voltaje del sensor MAF posición KOEO (modo NORMAL)

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F.,2019)



### 5.2.2. Pruebas en KOER

En el uso diario del vehículo, los parámetros de funcionamiento cambian dependiendo de las exigencias del motor, con ello la señal del sensor cambia frecuentemente, por lo tanto, el dispositivo debe estar preparado para operar de manera eficiente en las distintas condiciones, con ello las pruebas con el motor en marcha son indispensables, los valores obtenidos por las pruebas se detallan en la Tabla 1-5:

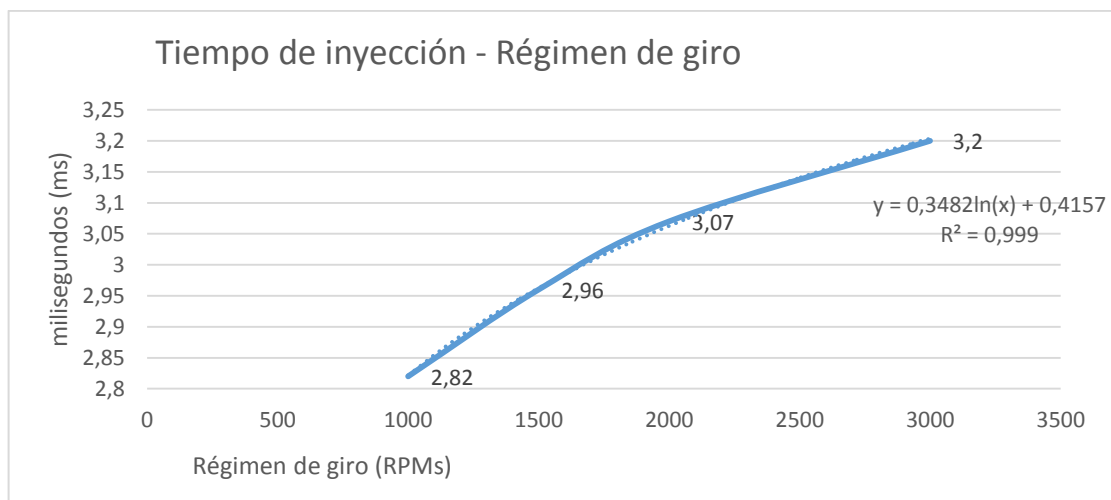
**Tabla 1-5:** Parámetros de funcionamiento Modo NORMAL

Modo NORMAL				
Régimen de giro del motor (RPM)	Tiempo de Inyección (ms)	Voltaje de Salida del sensor (Voltios)	Voltaje de entrada a la ECU (Voltios)	Porcentaje de señal
1000	2,82	1,7	1,7	100%
1500	2,96	1,9	1,9	100%
2000	3,07	2,1	2,1	100%
3000	3,2	2,2	2,2	100%

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

Realizado por: Daryn O., Jonathan F., 2019

De la tabla descrita previamente se obtiene el Gráfico 1-5 que nos permite obtener la relación entre el régimen de giro del motor y el tiempo de inyección.



**Gráfico 1-5:** Relación tiempo de inyección – Régimen de giro del motor (modo NORMAL)

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

En el Gráfico 1-5 se determina que la relación entre el pulso de inyección y régimen de giro aumentan de manera directamente proporcional, con lo cual se puede definir la línea de tendencia con la ecuación que se presenta a continuación:

$$\text{tiempo de inyección} = 0,3482\ln(\text{régimen de giro}) + 0,4157$$

Con esto se puede predecir el tiempo de inyección para cualquier velocidad de giro del motor.

### 5.3. Pruebas modo SPORT

El segundo modo de funcionamiento del dispositivo tiene como objetivo enriquecer la mezcla de aire – combustible, de manera que se obtenga mayor potencia, esto se logra modificando la señal que envía el sensor hacia la unidad de control, aumentando su valor en 10%, con ello la centralita detecta que ingresa mayor cantidad de aire y para compensar eso procede a aumentar el tiempo de inyección.

#### 5.3.1. Pruebas en KOEO

Para verificar el funcionamiento del dispositivo, se coloca el mismo en modo SPORT, con esto se puede ver la compensación en voltaje que tiene el dispositivo en la señal que recibe la PCM.



**Figura 4-5:** Comparación de señal entrada y salida (modo SPORT)

Fuente: (Oñate D., Jonathan F.,2019)

#### 5.3.2. Pruebas en KOER

Al igual que el modo de trabajo descrito previamente, el modo SPORT tiene ciertas características de funcionamiento, el objetivo de esta es aumentar el voltaje de señal de salida del sensor, con esto se detallan los efectos provocados por la modificación de esta señal en la TABLA 2-5:

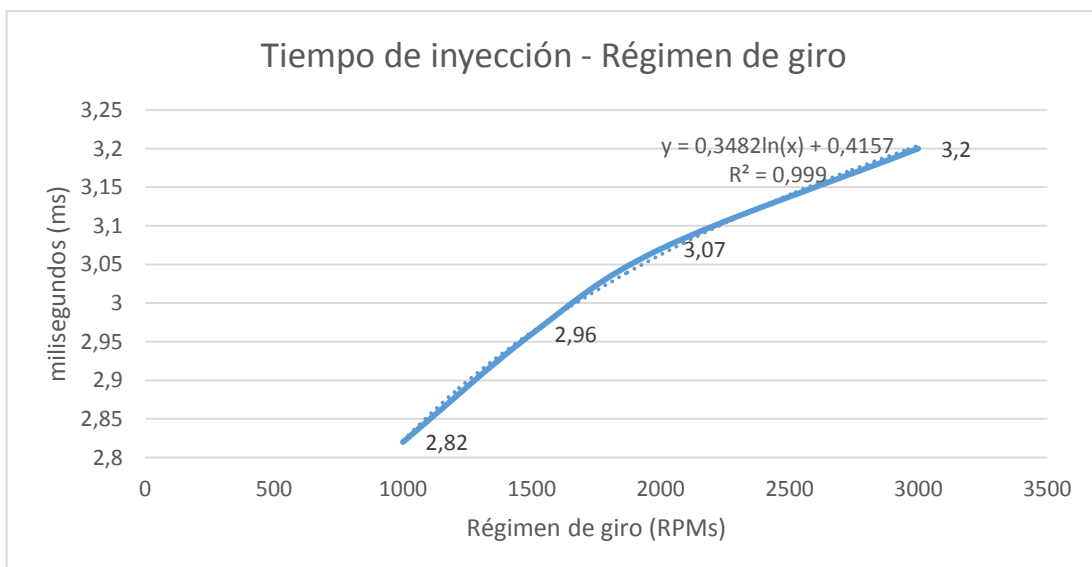
**Tabla 2-5:** Parámetros de funcionamiento modo SPORT.

Modo SPORT				
Régimen de giro del motor (RPM)	Tiempo de Inyección (ms)	Voltaje de Salida del sensor (Voltios)	Voltaje de entrada a la ECU (Voltios)	Porcentaje de señal
1000	2,94	1,52	1,7	112%
1500	2,98	1,67	1,87	112%
2000	3,12	1,88	2,11	112%
3000	3,33	2,16	2,42	112%

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F., 2019)

**Realizado por:** Daryn O., Jonathan F., 2019

De la tabla anterior se determina la relación existente entre el tiempo de inyección y el régimen de giro del motor descrito en el Gráfico3-5.



**Gráfico 2-5:** Relación Tiempo de inyección – Régimen de giro del motor (Modo SPORT)

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F., 2019)

En el gráfico se determina la relación entre el tiempo de inyección y régimen de giro del motor, obteniendo como resultado la siguiente ecuación:

$$\text{tiempo de inyección} = 0,3482\ln(\text{régimen de giro}) + 0,4157$$

Con el uso de esta ecuación, se puede determinar el tiempo de inyección para cualquier régimen de giro del motor.

## 5.4. Pruebas modo ECO

El último modo de trabajo es el modo ECO, el objetivo de este es disminuir la señal al 90%, es decir el voltaje de la señal de salida del sensor se disminuye en el 10%, con esto la PCM detecta que existe una menor cantidad de aire ingresando al motor y se encarga de hacer los ajustes en el tiempo de inyección disminuyendo el mismo. Las pruebas fueron realizadas en los modos KOEO y KOER.

### 5.4.1. Pruebas en KOEO

Por efectos de verificación del funcionamiento del dispositivo, se realizan las pruebas en posición KOEO, con esto se asegura que el dispositivo funciona correctamente.



**Figura 5-5:** Prueba en posición KOEO (modo ECO).

Fuente: (Oñate D., Jonathan F.,2019)

### 5.4.2. Pruebas en KOER

Los parámetros de funcionamiento del motor se modifican con frecuencia, el modo eco permite disminuir el consumo de combustible, esto se puede verificar mediante la verificación del tiempo de inyección empleando el escáner, con ello tenemos la Tabla 3-5.

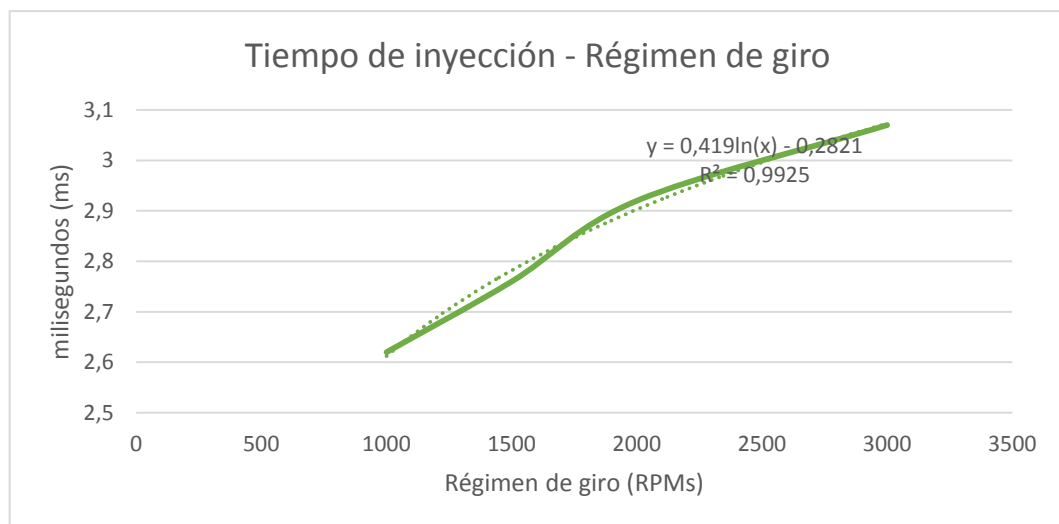
**Tabla 3-5:** Parámetros de funcionamiento modo ECO

Modo ECO				
Régimen de giro del motor (RPM)	Tiempo de Inyección (ms)	Voltaje de Salida del sensor (Voltios)	Voltaje de entrada a la ECU (Voltios)	porcentaje de señal
1000	2,62	1,77	1,53	86%
1500	2,76	1,94	1,75	90%
2000	2,92	2,1	1,9	90%
3000	3,07	2,41	2,17	90%

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F., 2019)

**Realizado por:** Daryn O., Jonathan F., 2019

Con los valores previamente descritos, se determina la relación existente entre el tiempo de inyección y régimen de giro del motor.



**Gráfico 3-5:** Relación Tiempo de inyección – Régimen de giro del motor (Modo ECO)

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F., 2019)

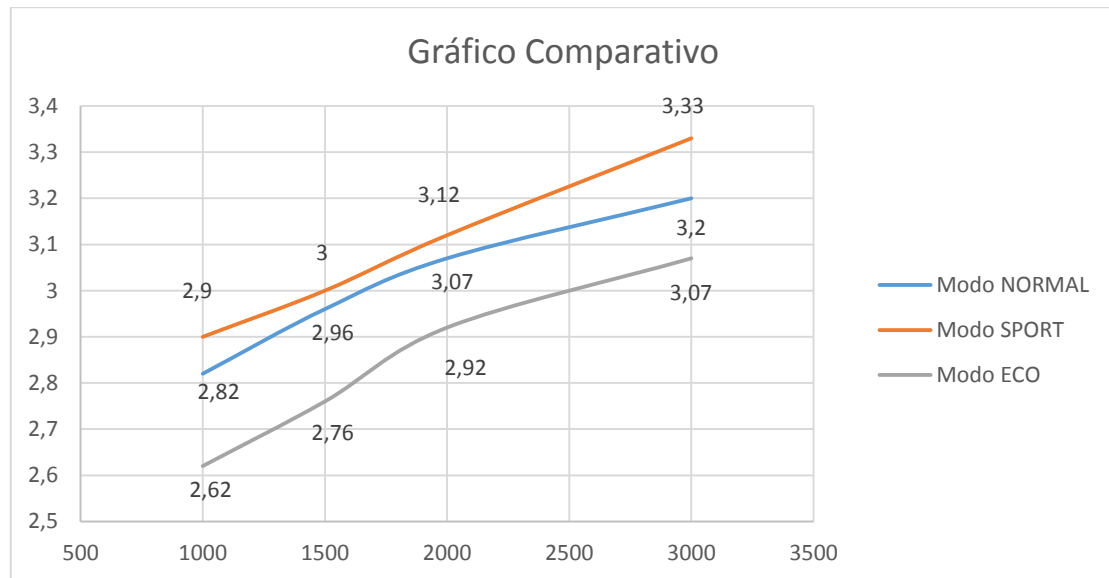
Se determina la relación entre el tiempo de inyección y régimen del motor se da a través de la ecuación:

$$\text{tiempo de inyección} = 0,419\ln(\text{régimen de giro}) - 0,2821$$

Con esta ecuación se puede determinar el tiempo de inyección para cualquier régimen de giro del motor.

## 5.5. Comparación en los tres modos de funcionamiento

Después de realizar las pruebas de validación del dispositivo, se procede a comparar las tres gráficas generadas por el comportamiento del sensor y las repercusiones cuando la señal que envía el mismo es modificada.



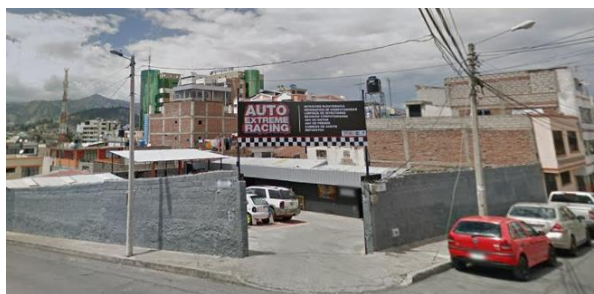
**Gráfico 4-5:** Comparación entre los tres modos de trabajo del dispositivo

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

En el gráfico se puede corroborar que el tiempo de inyección en cada uno de los modos de funcionamiento se ve afectado para poder cumplir con el objetivo del dispositivo.

## 5.6. Pruebas realizadas en el Banco Dinamométrico

Para la validación del dispositivo se realizaron pruebas en el banco dinamométrico, conocido también como dinamómetro, bajo condiciones específicas de funcionamiento, fueron realizadas en el taller de preparación de motores de competencia “Auto Extreme Racing”, cuyo propietario es el Ing. Nickolay Balseca.

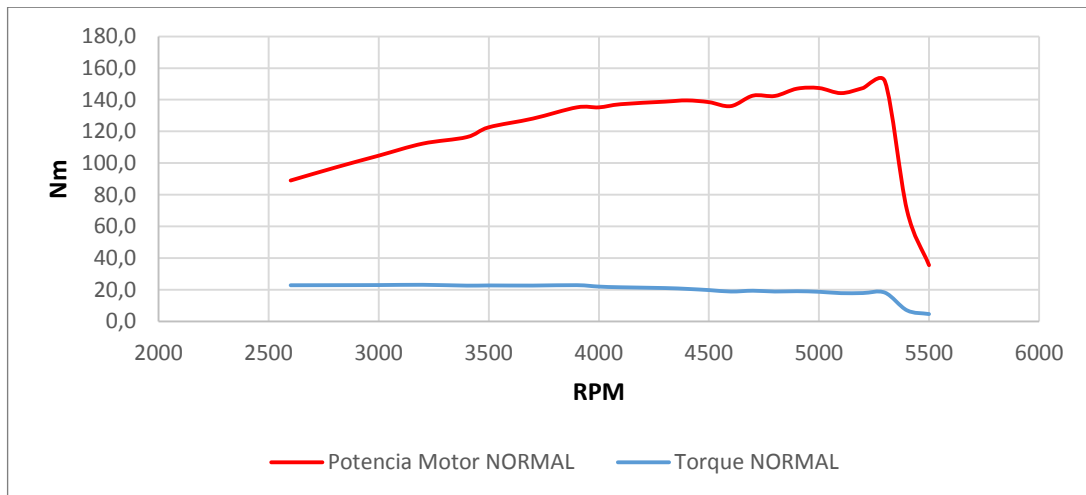


**Figura 6-5:** Entrada del Taller “Auto Extreme Racing”

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

### 5.6.1. Prueba realizada en modo NORMAL

Durante las pruebas realizadas se obtuvieron los parámetros de funcionamiento para torque y potencia, lo mismo que se puede corroborar en el Gráfico 5-5, donde se determinó las curvas correspondientes, los datos obtenidos se encuentran en el Anexo F.

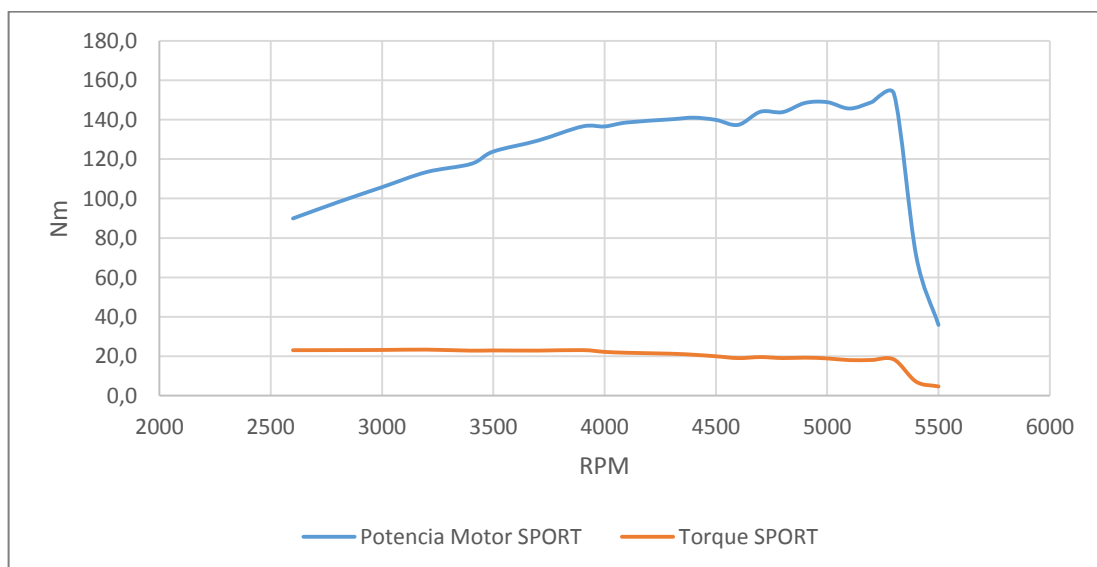


**Gráfico 5-5:** Curva Torque y Potencia modo NORMAL.

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

### 5.6.2. Prueba realizada en modo SPORT

El cambio obtenido en la gráfica para este modo de funcionamiento fue apenas notorio, para ello se realizaron dos pruebas, las mismas que generaron gráficas semejantes, con ello se consideran datos confiables, la gráfica obtenida se detalla en el Gráfico 6-5, donde se detallan el torque y potencia producida por el motor, estos datos se pueden corroborar en el Anexo G.

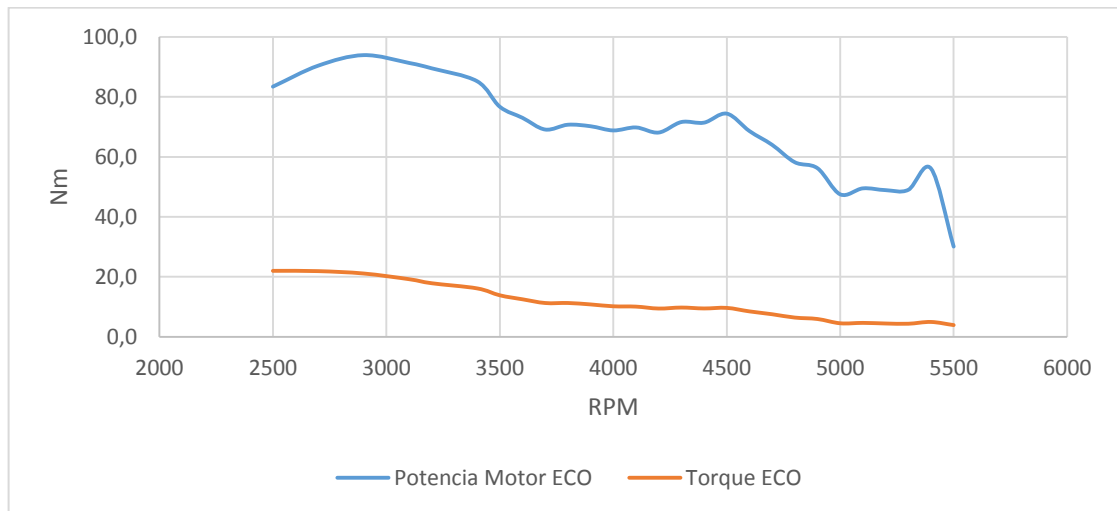


**Gráfico 6-5:** Curva Torque y Potencia modo SPORT.

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

### 5.6.3. Prueba realizada en modo ECO

La prueba final realizada al vehículo permite definir que el cambio en la curva de torque y potencia del motor se ve afectada de forma más notoria, lo que se pudo verificar con la curva de comportamiento de torque y potencia del motor, los datos recopilados durante la prueba se detallan en el Anexo H.



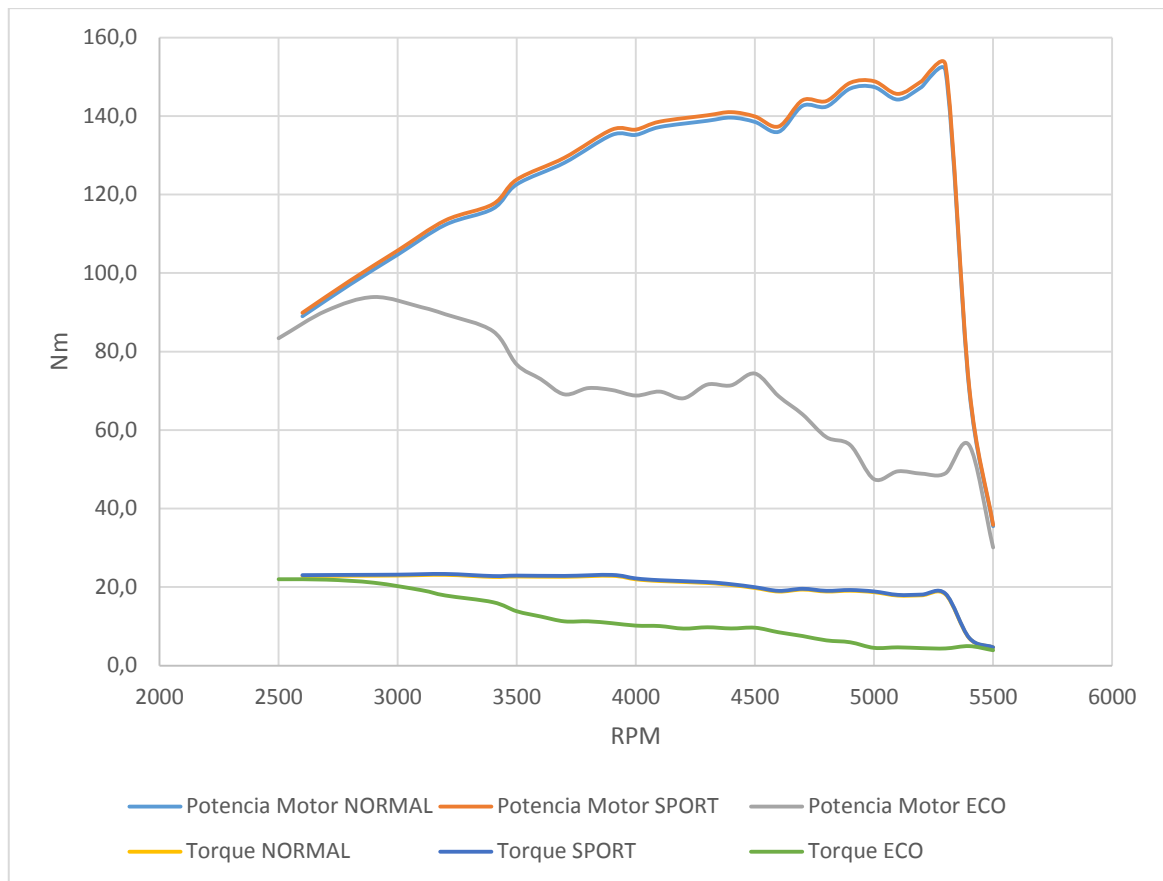
**Gráfico 7-5:** Curva Torque y Potencia modo ECO.

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

### 5.7. Comparación de gráficas generadas por los distintos modos de funcionamiento

En las distintas pruebas realizadas con la implementación del dispositivo, se pudo comparar el rendimiento del motor, en las diferentes pruebas y bajo las mismas condiciones de funcionamiento, en el Gráfico 8-5 se observa la comparación del comportamiento de la curva de potencia en los tres modos de trabajo.





**Gráfico 8-5:** Comparación de curvas de torque y potencia.

**Fuente:** (Oñate D., Jonathan F., 2019)

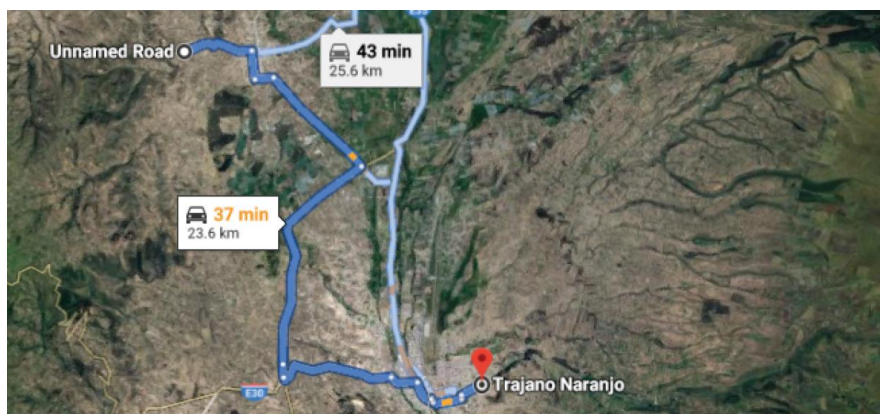
Por la comparación entre los valores promedios obtenidos en las pruebas, se determina que: el modo de funcionamiento SPORT aumentó alrededor del 1%, mientras que el modo ECO afectó de manera drástica al funcionamiento del motor.

## 5.8. Pruebas de consumo

Parte de la verificación del funcionamiento del dispositivo requiere de las pruebas de consumo generadas a partir de la medición del combustible empleado para cubrir cierta ruta establecida bajo modos de conducción en las mismas condiciones posibles para cada uno de los casos.

### 5.8.1. Pruebas ciclo de conducción en ciudad

Es necesario realizar las pruebas en ciudad para tener un estimado del consumo y la diferencia existente con la ruta en carretera, la Figura 7-5 indica la ruta calculada para el ciclo de conducción en ciudad.



**Figura 7-5:** Ruta establecida para ciclo de conducción en ciudad.

Fuente: (Google, s.f.)

En la Tabla 4-5 se detallan los datos recopilados en las pruebas realizadas al recorrer la ruta determinada previamente.

**Tabla 4-5:** Pruebas desarrolladas en ciudad.

<b>Modo de funcionamiento</b>	<b>N° prueba</b>	<b>Distancia recorrida (km)</b>	<b>Tiempo empleado (minutos)</b>	<b>Consumo (litros)</b>	<b>Rendimiento (km/litro)</b>
<b>NORMAL</b>	1	48	40	6,3	7,62
	2	47,9	42	6,3	7,60
	3	47,8	40	6,4	7,47
	Promedio	<b>47,90</b>	<b>40,67</b>	<b>6,33</b>	<b>7,56</b>
<b>SPORT</b>	1	47,9	40	6,5	7,37
	2	48	42	6,4	7,50
	3	47,9	40	6,3	7,60
	Promedio	<b>47,93</b>	<b>40,67</b>	<b>6,40</b>	<b>7,49</b>
<b>ECO</b>	1	48	40	5,9	8,14
	2	48,1	42	5,8	8,29
	3	48,2	40	6	8,03
	Promedio	<b>48,10</b>	<b>40,67</b>	<b>5,90</b>	<b>8,15</b>

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

Realizado por: Daryn O., Jonathan F., 2019

De la prueba de consumo realizada en la ciudad cuyos datos fueron representados en la Tabla 4-5, se determina que el rendimiento del combustible en modo NORMAL es de 7,56 km/l, mismo que corresponde al valor promedio de las mediciones realizadas en tres ocasiones. El rendimiento de combustible en modo SPORT disminuyó en el 1% dando como resultado un promedio de 7,49km/l, mientras que en el modo ECO aumentó el 7,8% siendo este 8,15 km/l.

### 5.8.2. Pruebas ciclo de conducción en carretera

Debido a la reducción de los obstáculos presentes en la ciudad, el ciclo de conducción en carretera permite determinar otros valores de consumo de combustible y el beneficio que se puede obtener a partir del mismo, en la figura se determina la ruta establecida con la ayuda de Google Maps, para realizar dichas pruebas.



**Figura 8-5:** Ruta establecida para ciclo de conducción en carretera.

Fuente: (Google, s.f.)

En la ruta definida previamente se determinan los siguientes datos, dichas pruebas se realizaron con una velocidad aproximada de 70km/h, los valores obtenidos en las pruebas se detallan en la Tabla 5-5.

**Tabla 5-5:** Pruebas desarrolladas en carretera

Modo de funcionamiento	N° prueba	Distancia recorrida (km)	Tiempo empleado (minutos)	Consumo (litros)	Rendimiento (km/litro)
<b>NORMAL</b>	1	72	56	7,5	9,60
	2	71,9	55	7,6	9,46
	3	72,1	56	7,6	9,49
	<b>Promedio</b>	<b>72,00</b>	<b>55,67</b>	<b>7,57</b>	<b>9,52</b>
<b>SPORT</b>	1	72,1	55	7,7	9,36
	2	72	58	7,5	9,60
	3	72,2	57	7,7	9,38
	<b>Promedio</b>	<b>72,10</b>	<b>56,67</b>	<b>7,63</b>	<b>9,45</b>
<b>ECO</b>	1	72,2	40	7,2	10,03
	2	72,1	42	7,1	10,15
	3	72,2	40	7,1	10,17
	<b>Promedio</b>	<b>72,17</b>	<b>40,67</b>	<b>7,13</b>	<b>10,12</b>

Fuente: (Oñate D., Jonathan F., 2019)

Realizado por: Daryn O., Jonathan F., 2019

De la prueba de consumo realizada en la carretera cuyos datos fueron representados en la Tabla 5-5, se determina que el rendimiento del combustible en modo NORMAL es de 9,52 km/l, mismo que corresponde al valor promedio de las mediciones realizadas en tres ocasiones. El rendimiento de combustible en modo SPORT disminuyó en el 1% dando como resultado un promedio de 9,45km/l, mientras que en el modo ECO aumentó el 6% siendo este 10,12 km/l.

## CONCLUSIONES

- Se recopiló la información sobre el funcionamiento de los sensores y actuadores, basándose en los parámetros de funcionamiento en varias condiciones, con el uso del escáner se logra determinar los voltajes de referencia que recibe la centralita.
- El principio de funcionamiento en los sensores depende del material, se reducen al sensor de tipo analógico y digital, de los cuales se concluye que el sensor más adecuado para considerar es el MAF de tipo analógico ya que cumple con las condiciones requeridas por el dispositivo.
- Al implementar el dispositivo en el vehículo de prueba, se determinaron varios cambios físicos del funcionamiento del mismo, en el modo Sport se pudo apreciar un leve incremento en el régimen del giro del motor, mientras que en el modo Eco, la presencia de vibraciones debido a la falta de combustible, sin embargo, se logró mantener la estabilidad del motor por debajo de los parámetros establecidos por el fabricante.
- En las pruebas de validación del dispositivo se determinó que funciona de la manera adecuada, en el modo Sport se logró el incremento en el tiempo de inyección, con ello también incrementa el consumo de combustible y la potencia del motor, en modo Eco se logró reducir el tiempo de inyección y como consecuencia de aquello el consumo de combustible y el desempeño del motor se reduce.
- Las pruebas desarrolladas en la ciudad y en carretera permiten determinar el rendimiento del combustible por cada kilómetro recorrido, teniendo como resultado el aumento y disminución de consumo de combustible, el modo SPORT aumentó el consumo de combustible en un 1%, mientras que el modo ECO disminuyó en 8%.
- Los modos de conducción existentes en el mercado actual, realizan los cambios en el sistema de transmisión, mientras que el presente dispositivo realiza cambios en el sistema de inyección, con esto se puede determinar el ahorro o mayor consumo de combustible.

## **RECOMENDACIONES.**

- El dispositivo solo se encarga de modificar señales de tipo analógicas, por ello se recomienda generar un sistema que permita identificar el tipo de señal y de acuerdo a ella modificarla dependiendo de los requerimientos del usuario.
- El dispositivo permite una sola señal de ingreso, la modificación de una mayor de cantidad de señales a la vez, permiten un mejor control del funcionamiento del motor, para ello se recomienda desarrollar un dispositivo que permita manipular una mayor cantidad de señales al mismo tiempo.
- El valor establecido para la modificación de la señal es del 10% para cada una de las señales tanto de ganancia como de pérdida, siendo éste un valor fijo, se recomienda elaborar un dispositivo que permita manipular el valor de ganancia y pérdida de la señal por separado, con el fin de encontrar el punto óptimo de funcionamiento del motor.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARDUINO**, *Arduino Uno Rev3 - Boards & Modules - Arduino*. [en línea], 2009, [Consulta: 21 mayo 2019]. Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>.

**AUTODESK, EAGLE** | *Software de diseño de circuitos impresos | Autodesk*. [en línea], 2019, [Consulta: 10 junio 2019]. Disponible en: <https://www.autodesk.mx/products/eagle/overview>.

**BERNAL, J.L.**, *Inyección electrónica de Gasolina*, 2014, 10ª. ed. Santiago de Chile, 2014, pp. 1-239.

**BMW GROUP, MÁS IMPACTO, MENOS ESFUERZO**, *Gestión inteligente de la energía*. [en línea], Munich - Alemania, 2019, [Consulta: 6 julio 2019]. Disponible en: <https://www.bmw.com.pe/es/topics/fascination-bmw/efficient-dynamics/gestion-de-energia.html>.

**CABALLEROS, F.** *Sistemas de encendido: Tipos y Principios de funcionamiento*. [en línea]. Ciudad de México - México, 2019. [Consulta: 19 mayo 2019]. Disponible en: [https://autoytecnica.com/sistemas-de-encendido-tipos/#Sistemas\\_de\\_encendido](https://autoytecnica.com/sistemas-de-encendido-tipos/#Sistemas_de_encendido).

**CHÁVEZ DANAE**, *¿Cuáles son los modos de manejo Eco, Sport, Individual y cómo funcionan? - Autos RPM*. [en línea]. Ciudad de México - México, 2019. [Consulta: 6 julio 2019]. Disponible en: <http://www.autosrpm.com/actualidad/cuales-son-los-modos-de-manejo-eco-sport-individual-y-como-funcionan/>.

**DEPARTAMENTO DE MECÁNICA & ELECTRÓNICA**, *Evolución de la inyección*, 9ª. ed., Zaragoza - España, 2013, pp. 1-12.

**FANG, S.J. y BARDA, A.** *Control of dielectric chemical mechanical polishing (CMP) using an interferometry based endpoint sensor. Proceedings of the IEEE 1998 International Interconnect Technology Conference (Cat. No.98EX102)* [en línea], Madrid - España, 2015. S.l.: IEEE, pp. 76-78. [Consulta: 15 mayo 2019]. ISBN 0-7803-4285-2. DOI 10.1109/IITC.1998.704756. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/704756/>.

**FLORES, C.O.**, *Diagnostico Y Reparacion Inyeccion Electronica*. 13ª. ed., Ciudad de México - México, 2015, pp. 23-30.

**FLÓREZ, J.A.Á.**, *Sistema de control , inyección y encendido , para motores térmicos y*

*alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW*. 3ª. ed. , Santiago - Chile, 2017, pp. 32-45.

**GARBERO, J.A.**, *Tratado de Electrónica Automotriz*, 4ª. ed. Madrid - España, 2014, pp. 2-14.

**GARCÍA, G.** *Sensor CKP y CMP los encargados de la sincronización de la inyección* [en línea], Barcelona - España, 2016. [Consulta: 15 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/sensor-ckp-y-cmp-los-encargados-de-la-sincronizacion-de-la-inyeccion.php>.

**GENERAL MOTORS**, *Manual de taller GM Vitara*, 3ª. ed. Detroit - Michigan, 2014. pp. 102-128

**GENERAL MOTORS**, *Programa de mantenimiento Chevrolet Aveo*. 4ª. ed. Detroit - Michigan 2016. pp. 168-179.

**GUACHO, Á. y REA, E.**, Control del funcionamiento de sensores, actuadores y verificación de la ecu mediante la implementación de un motor virtual para la Escuela de Ingeniería Automotriz. [en línea], Cuenca - Azuay, 2014. [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <https://ajustedemotor.blogspot.com/2014/05/sensor-de-flujo-de-masa-de-aire-maf.html>.

**HYUNDAI MOTOR COMPANY**, *HYUNDAI SANTA FÉ*. 3ª. ed. Yangjae-Dong - Seúl, 2018. pp. 26-46.

**INACAP**, *Inyección Electrónica Nivel I*, Ciudad de México - México, 2018. pp. 34-50.

**LOCTITE**, *Formas de limpiar los inyectores*. [en línea]. Barcelona - España, 2018, [Consulta: 19 mayo 2019]. Disponible en: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/formas-de-limpiar-los-inyectores>.

**PARRA, L. & FRANGOSO, E.**, *APLICACIÓN DEL OSCILOSCOPIO*. [en línea], Santiago - Chile, 2015, Disponible en: <http://www.electronicayservicio.com/Modules/melbastudioCommerce/Main/Src/Catalog/Items/TM8.pdf>.

**PROMETEC**, *Arduino y los Relés | Tienda y Tutoriales Arduino*. [en línea]. Buenos Aires - Argentina, 2015. [Consulta: 6 junio 2019]. Disponible en: <https://www.prometec.net/relés/>.

**RODRÍGUEZ, D. y VALENTE, A.**, “ANÁLISIS DE UN MODELO DE PREDICCIÓN DEL CONSUMO INSTANTÁNEO DE COMBUSTIBLE BASADO EN SEÑALES DE LOS SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN PARA EL AUTOMÓVIL CHEVROLET AVEO FAMILY 1.5L”



**PILCO**, Riobamba - Chimborazo, 2018. pp. 35-58.

**SOLIDWORKS**, *Software de diseño CAD 3D*. [en línea]. Boston - Massachusetts, 2019 [Consulta: 10 junio 2019]. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es>.

**TDROBOTICA**, *Batería de polímero de iones de litio 300mAh 7.4V*. [en línea]. Buenos Aires - Argentina, 2018. [Consulta: 19 junio 2019]. Disponible en: <http://tdrobotica.co/bateria-lipo-300mah-74v/290.html>.

**TEXAS, I.**, *LM158, LM258, LM358, LM2904 Dual Operational Amplifiers (Rev. R)*. 4ª. ed., Madrid - España, 2014. pp. 45-60

**TODO MICRO**,. *Scanner automotriz bluetooth ELM327 ODB2 V2.1*. [en línea]. Madrid - España, 2016. [Consulta: 19 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.todomicro.com.ar/instrumentos-de-medicion-y-prueba/384-scanner-automotriz-bluetooth-elm327-odb2-v21.html>.

**TRUPER**, *multímetro truper MUT-39.pdf* [en línea]. 2018. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.truper.com/php/manuales.php>.

**VALLE, C. y VALLEJO, J.**, *Construcción e implementación de un simulador de sensores y actuadores del motor, ABS, aire acondicionado e inmovilizadores, para reparar computadoras automotrices para la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Cuenca - Azuay, 2014. pp. 34-38.

**XIAMEN AMOTEC DISPLAY**, *SPECIFICATIONS OF LCD MODULE*. 2ª. ed. Xiamen - China, 2008. pp. 10-22.

**ANEXOS**