



**Escuela Superior Politécnica De Chimborazo**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE GASES QUE PERMITA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE BAJO DISTINTAS CURVAS DE OPERACIÓN”**

**FLORES GUERRON MILTON ANDRES  
MOROCHO MEJÍA SILVIA PATRICIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2017-06-22

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**MILTON ANDRES FLORES GUERRON**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL  
ELECTRÓNICO DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE GASES QUE  
PERMITA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL  
CONSUMO DE COMBUSTIBLE BAJO DISTINTAS CURVAS DE  
OPERACIÓN.”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

**Ing. Carlos José Santillán Mariño**

**DECANO FACULTAD DE MÉCANICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

**Ing. Celin Abad Padilla Padilla**

**DIRECTOR**

---

**Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano**

**ASESOR**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2017-06-22

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**SILVIA PATRICIA MOROCHO MEJIA**

Titulado:

---

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL  
ELECTRÓNICO DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE GASES QUE  
PERMITA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL  
CONSUMO DE COMBUSTIBLE BAJO DISTINTAS CURVAS DE  
OPERACIÓN.”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

**Ing. Carlos José Santillán Mariño**

**DECANO FACULTAD DE MÉCANICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

**Ing. Celin Abad Padilla Padilla**

**DIRECTOR**

---

**Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano**

**ASESOR**

---

**CERTIFICACION DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SILVIA PATRICIA MOROCHO MEJÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE GASES QUE PERMITA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE BAJO DISTINTAS CURVAS DE OPERACIÓN.”**

**Fecha de Examinación: 2018-29-01**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Celin Abad Padilla Padilla <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano <b>ASESOR</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

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

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza

**PRESIDENTE TRIB.**

---

**CERTIFICACION DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MILTON ANDRES FLORES GUERRON**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE GASES QUE PERMITA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE BAJO DISTINTAS CURVAS DE OPERACIÓN.”**

**Fecha de Examinación: 2018-29-01**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Celin Abad Padilla Padilla <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano <b>ASESOR</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

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

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza

**PRESIDENTE TRIB.**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

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

---

**Silvia Patricia Morocho Mejía**

---

**Milton Andrés Flores Guerron**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Milton Andres Flores Guerron y Silvia Patricia Morocho Mejia, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

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

---

**Milton Andres Flores Guerron**

Cedula de Identidad: 180446647-0

---

**Silvia Patricia Morocho Mejia**

Cedula de Identidad: 060442320-2

## **DEDICATORIA**

Queremos dedicar esta tesis en primer lugar a Dios, quien nos ha fortalecido en cada paso que hemos dado, nos ha guiado con amor y sabiduría hasta lograr alcanzar tan anhelada meta y aun cuando el camino ha estado lleno de obstáculos en el hemos encontrado la forma de superarlos y crecer en el proceso.

Recordando también a nuestros padres a quienes honramos y reconocemos por su gran apoyo y ayuda, ya que sin su esfuerzo diario no hubiera sido imposible culminar esta carrera por estas y muchas razones más quisiéramos dar nuestro sincero agradecimiento a estas maravillosas personas: Gloria Guerron, Ulbio Flores, Pedro Morocho y María Mejía.

A nuestros hermanos, por sus palabras y la confianza que depositaron en nosotros para realizarnos profesionalmente, y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de nuestros objetivos.

**Milton Flores, Silvia Morocho**

## **AGRADECIMIENTO**

La vida se encuentra plagada en retos, y uno de ellos es la universidad.

Por eso nuestro agradecimiento en especial a un ser supremo Dios por guiarnos, darnos la sabiduría para salir adelante y cumplir una de las metas que nos propusimos.

También queremos agradecer a nuestros padres por brindarnos su amor, apoyarnos incondicionalmente, ellos han sido el pilar fundamental para lograr nuestros objetivos, gracias a ellos hemos podido alcanzar esta meta, no ha sido fácil, pero lo hemos logrado.

Un agradecimiento también para la ESPOCH en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, a sus docentes por inculcarnos valores y conocimientos que nos van a ser útil durante nuestra vida tanto personal como laboral.

**Milton Flores, Silvia Morocho**

## TABLA DE CONTENIDO

Páginas

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Planteamiento del problema .....	1
1.3.	Justificación .....	2
1.4.	Objetivos .....	3
1.4.1.	<i>Objetivo general</i> .....	3
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	3
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1.	Sistema de control motorizado.....	4
2.1.1.	<i>Sensores</i> .....	5
2.1.2.	<i>Controlador</i> .....	5
2.1.3.	<i>Actuador</i> .....	5
2.2.	Sistemas de gestión mecánicos.....	5
2.3.	Sistemas de gestión electrónica.....	6
2.3.1.	<i>Señales de entrada para sistemas de gestión electrónica</i> .....	8
2.4.	Sistema TAC.....	8
2.4.1.	<i>Funcionamiento del sistema TAC</i> .....	9
2.5.	Componentes del sistema TAC.....	10
2.5.1.	<i>Sensores Inductivos</i> .....	10
2.5.1.	<i>Sensores efecto Hall</i> .....	10
2.5.2.	<i>Pedal de posición de aceleración electrónico (APP)</i> .....	11
2.5.3.	<i>Sensor de posición del cigüeñal</i> .....	12
2.5.4.	<i>Sensor de posición del árbol de levas</i> .....	13
2.5.5.	<i>Sensor de posición del acelerador (TP)</i> .....	14
2.5.6.	<i>Sensor de velocidad del vehículo (VSS)</i> .....	15

2.5.7.	<i>Sensor de presión absoluta (MAP)</i> .....	15
2.5.8.	<i>Sensor de detonación o de picado (KS)</i> .....	16
2.5.9.	<i>Caudalímetro</i> .....	17
2.5.10.	<i>Sensor de temperatura</i> .....	18
2.6.	Actuadores de un sistema de control motorizado. ....	18
2.6.1.	<i>Mariposa motorizada.</i> .....	19
2.6.2.	<i>Válvula estabilizadora de ralentí.</i> .....	19
2.7.	Motor paso a paso .....	20
2.7.1.	<i>Funcionamiento.</i> .....	20
2.7.2.	<i>Tipos de motor paso a paso</i> .....	21
2.7.3.	<i>Inyectores.</i> .....	22
2.8.	Procesamiento de datos. ....	23
2.8.1.	<i>Memorias de configuración</i> .....	23
2.8.2.	<i>Memorias de programa</i> .....	24
2.8.3.	<i>Memoria externa</i> .....	24
2.8.4.	<i>Ejecución de tareas y forma de programarlas</i> .....	24
2.9.	Sistemas de control de marcha mínima.....	25
2.9.1.	<i>Tipos de válvulas IAC</i> .....	25
2.10.	Servomotores .....	28
2.11.	Potenciómetro .....	29
2.12.	Control de inyección de combustible. ....	30
2.12.1.	<i>Control del tiempo de inyección.</i> .....	30
2.13.	Gases de la combustión .....	30
2.13.1.	<i>Gases productos de la combustión</i> .....	33
2.13.2.	<i>Control de emisiones contaminantes.</i> .....	34
2.14.	Convertidor L2C .....	36
2.15.	Arduino.....	37

2.16.	Manufactura 3D.....	38
2.16.1.	<i>Impresoras 3D de tinta.....</i>	38
2.16.2.	<i>Impresoras 3D láser .....</i>	38
2.16.3.	<i>Funcionamiento de la impresión 3D .....</i>	38
2.16.4.	<i>Tecnologías de la impresión 3D .....</i>	42
<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN</b>	
3.1.	Metodología.....	41
3.1.1.	<i>Investigación bibliográfica .....</i>	41
3.1.2.	<i>Investigación tecnológica .....</i>	41
3.1.3.	<i>Técnica para la recolección de la información: .....</i>	41
3.1.4.	<i>Instrumentos de investigación:.....</i>	41
3.2.	Diagrama de Diseño .....	42
3.3.	Diseño del equipo.....	42
3.3.1.	<i>Parámetros de diseño .....</i>	43
3.3.2.	<i>Variables de diseño.....</i>	43
3.3.3.	<i>Diagrama de flujo de trabajo del sistema. ....</i>	43
3.3.4.	<i>Diseño de la electrónica de control.....</i>	45
3.3.4.1.	<i>Programación de la electrónica de control .....</i>	45
3.3.4.2.	<i>Diagrama de flujo de la programación. ....</i>	45
3.3.4.3.	<i>Especificaciones de la programación. ....</i>	46
3.3.4.4.	<i>Creación de variables y asignación de valores .....</i>	46
3.3.4.5.	<i>Proceso de cálculo.....</i>	47
3.3.4.6.	<i>Obtención de señales de salida.....</i>	48
3.3.5.	<i>Diagrama del circuito .....</i>	48
3.3.5.1.	<i>Parte física de la electrónica de control.....</i>	50
3.3.5.1.1.	<i>Carcasa del módulo de comandos .....</i>	50
3.3.5.1.2.	<i>Tapa del módulo de comandos. ....</i>	51

3.3.5.1.3.	<i>Soporte de teclado</i>	51
3.3.6.	<i>Diseño del pedal de aceleración</i>	52
3.3.6.1.	<i>Base de anclaje a la carrocería.</i>	52
3.3.6.2.	<i>Eje principal</i>	53
3.3.6.3.	<i>Acoplamiento entre el eje principal y el pedal</i>	53
3.3.6.4.	<i>El pedal.</i>	54
3.4.	<b>Construcción del equipo</b>	54
3.4.1.	<i>Características generales de los materiales</i>	56
3.4.1.1.	<i>Arduino Uno</i>	56
3.4.1.2.	<i>Arduino Pro-mini</i>	56
3.4.1.3.	<i>Fuente</i>	57
3.4.1.4.	<i>Opto-acoplador</i>	58
3.4.1.5.	<i>Convertidor I2C para LCD</i>	59
3.4.1.6.	<i>LCD</i>	59
3.4.1.7.	<i>Servomotor.</i>	59
3.4.1.8.	<i>Material de Impresión 3D</i>	60
3.4.2.	<i>Ensamble de la electrónica de control.</i>	60
3.4.3.	<i>Ensamble del cuerpo del acelerador.</i>	62
3.5.	<b>Pruebas y funcionamiento</b>	63
3.5.1.	<i>Prueba con el analizador de gases</i>	63
3.5.2.	<i>Pruebas con el canister</i>	66
3.6.	<b>Análisis de resultados</b>	68
<b>4.</b>	<b>ESTUDIO DE COSTOS</b>	
4.1.	<b>Costos directos</b>	73
4.2.	<b>Costos indirectos</b>	75
4.3.	<b>Costo total del proyecto</b>	75
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	

5.1	Conclusiones .....	76
5.2	Recomendaciones.....	76

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
<b>Tabla 1-2:</b> Voltajes de los sensores TP .....	10
<b>Tabla 2-2:</b> Secuencias para manejar motores paso a paso Bipolares.....	21
<b>Tabla 3-2:</b> Origen y efectos de los gases contaminantes. ....	32
<b>Tabla 4-2:</b> Índice de la calidad del aire.....	34
<b>Tabla 5-2:</b> Límites de emisiones por contaminante en la unión europea. ....	35
<b>Tabla 6-2:</b> Métodos de impresión 3D. ....	40
<b>Tabla 1-3:</b> Selección de materiales .....	55
<b>Tabla 2-3:</b> Pruebas en el analizador de gases .....	68
<b>Tabla 3-3:</b> Pruebas de ruta utilizando el Canister .....	69
<b>Tabla 3-3:</b> Continua(Pruebas de ruta utilizando el Canister).....	70
<b>Tabla 1-4:</b> Materiales .....	73
<b>Tabla 1-4:</b> Continuacion( Materiales).....	74
<b>Tabla 2-4:</b> Costo de la mano de obra .....	74
<b>Tabla 3-4:</b> Costos Indirectos .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>Figura 1-2.</b> Esquema general de un sistema .....	4
<b>Figura 2-2.</b> Esquema general de un sistema de control. ....	5
<b>Figura 3-2.</b> Carburador .....	6
<b>Figura 4-2.</b> Arquitectura genérica de una ECU para la gestión del motor. ....	7
<b>Figura 5-2.</b> Evolución en la integración de los sensores .....	8
<b>Figura 6-2.</b> Sensor inductivo Magneti Marelli. ....	10
<b>Figura 7-2.</b> Ubicación del sensor Hall .....	11
<b>Figura 8-2.</b> Pedal del acelerador .....	11
<b>Figura 9-2.</b> Curva característica del APP .....	12
<b>Figura 10-2.</b> Sensor CKP .....	13
<b>Figura 11-2.</b> Sensor CMP .....	14
<b>Figura 12-2.</b> Sensor VSS .....	15
<b>Figura 13-2.</b> Sensor VSS .....	16
<b>Figura 14-2.</b> Sensor de detonación. ....	17
<b>Figura 15-2.</b> Termistor NTC.....	18
<b>Figura 16-2.</b> Esquema de funcionamiento motor mariposa motorizada.....	19
<b>Figura 17-2.</b> Potenciómetro doblado. ....	19
<b>Figura 18-2.</b> Esquema válvula estabilizadora de ralentí. ....	20
<b>Figura 19-2.</b> Motor paso a paso .....	20
<b>Figura 20-2.</b> Secuencias para manejar motores paso a paso unipolares .....	22
<b>Figura 21-2.</b> Inyector EV6.....	23
<b>Figura 22-2.</b> Válvula IAC tipo motor de pasos.....	26
<b>Figura 23-2.</b> Válvula IAC de solenoide rotativo. ....	27
<b>Figura 24-2.</b> Control de trabajo de válvula ACV .....	27
<b>Figura 25-2.</b> Servomotor.....	28
<b>Figura 26-2.</b> Posicionamiento de un servomotor.....	29
<b>Figura 27-2.</b> Potenciómetro. ....	29
<b>Figura 28-2.</b> Reducción de emisiones contaminantes en la unión europea. ....	36
<b>Figura 29-2.</b> Placa Arduino USB.....	37
<b>Figura 30-2.</b> Proceso de la impresión 3D. ....	39
<b>Figura 1-3.</b> Diagrama de flujo para la construcción .....	42

<b>Figura 2-3.</b>	Diagrama de flujo de trabajo del sistema.....	44
<b>Figura 3-3.</b>	Entorno de Programación Arduino. ....	45
<b>Figura 4-3.</b>	Diagrama de flujo de la programación.....	46
<b>Figura 5-3.</b>	ID (Declaración de variables) .....	47
<b>Figura 6-3.</b>	ID (Proceso) .....	47
<b>Figura 7-3.</b>	ID (Señales de salida) .....	48
<b>Figura 8-3.</b>	Diagrama del circuito.....	49
<b>Figura 9-3.</b>	Módulo de comandos .....	50
<b>Figura 10-3.</b>	Carcasa del módulo de comandos.....	50
<b>Figura 11-3.</b>	Tapa del módulo de comandos .....	51
<b>Figura 12-3.</b>	Soporte de teclado .....	51
<b>Figura 13-3.</b>	Ensamble final del pedal de aceleración .....	52
<b>Figura 14-3.</b>	Base de Anclaje a la carrocería .....	52
<b>Figura 15-3.</b>	Eje principal .....	53
<b>Figura 16-3.</b>	Acoplamiento entre el eje principal y el pedal.....	53
<b>Figura 17-3.</b>	Pedal de aceleración.....	54
<b>Figura 18-3.</b>	Arduino Uno .....	56
<b>Figura 19-3.</b>	Arduino Pro-mini .....	57
<b>Figura 20-3.</b>	Arduino Pro-mini .....	58
<b>Figura 21-3.</b>	Opto-acoplador .....	58
<b>Figura 22-3.</b>	Lcd .....	59
<b>Figura 23-3.</b>	Servomotor.....	60
<b>Figura 24-3.</b>	Ensamble final de la parte de control.....	61
<b>Figura 25-3.</b>	Ensamble del módulo de comandos.....	62
<b>Figura 26-3.</b>	Ensamble base del servomotor.....	62
<b>Figura 27-3.</b>	Ensamble final del pedal del acelerador .....	63
<b>Figura 28-3.</b>	Prueba con el acelerador con cable .....	64
<b>Figura 29-3.</b>	Prueba $Y = 19X1 + 0$ .....	64
<b>Figura 30-3.</b>	Prueba $Y = 18X1 + 0$ .....	65
<b>Figura 31-3.</b>	Prueba $Y = 17X1 + 0$ .....	65
<b>Figura 32-3.</b>	Prueba $Y = 16X1 + 0$ .....	66
<b>Figura 33-3.</b>	Medicion 100 ml. ....	66
<b>Figura 34-3.</b>	Acoplamiento del canister.....	67
<b>Figura 35-3.</b>	Presurización.....	67

<b>Figura 36-3.</b>	Fijación del canister .....	68
<b>Figura 37-3.</b>	Gráfico de mediciones de la ecuación $Y = 19X1 + 0$ .....	70
<b>Figura 38-3.</b>	Gráfico de mediciones de la ecuación $Y = 18X1 + 0$ .....	71
<b>Figura 39-3.</b>	Gráfico de mediciones de la ecuación $Y = 17X1 + 0$ .....	71
<b>Figura 40-3.</b>	Gráfico de mediciones de la ecuación $Y = 16X1 + 0$ .....	71
<b>Figura 41-3.</b>	Gráfico de mediciones del sistema original .....	72
<b>Figura 42-3.</b>	Gráfico de influencia del volumen bajo las distintas curvas de operación .....	72

## SIMBOLOGÍA

Y	Posición de la mariposa de aceleración	grados angulares
X	Posición del pedal de aceleración	grados angulares
A	pendiente	
B	Punto de intersección	
E	Exponente	

## **LISTA DE ANEXOS**

<b>ANEXO A</b>	Código fuente programación
<b>ANEXO B</b>	Resultados analizador de gases
<b>ANEXO C</b>	Simbología de procesos según la norma ANSI

## LISTA DE ABREVIATURAS

TAC	Sistema de acelerador electrónico
ID	Plataforma de programación
TP	Sensor de la Posición de la mariposa
APP	Sensor del pedal del acelerador
PCM	Modulo de control del motor
CKP	Sensor de posición del cigüeñal
RPM	Revoluciones por minuto
CMP	Sensor de posición de árbol de levas
DTC	Código de diagnóstico
VSS	Sensor de velocidad del vehículo
MAP	Sensor de presión absoluta
KS	Sensor de detonación o picado
PMS	Punto muerto superior
NTC	Coficiente de temperatura negativo
PTC	Coficiente de temperatura positivo
PWM	Modulación de pulso
IAC	Válvula estabilizadora de ralenti
CPU	Unidad central de procesamiento
EEPROM	ROM programable y borrrable eléctricamente
RAM	Memoria de acceso aleatorio
ROM	Memoria de lectura
PROM	Memoria programable
EPROM	ROM programable y borrrable eléctricamente

## RESUMEN

Gran parte del parque automotor nacional cuenta con un sistema de aceleración mediante un mecanismo de accionamiento basado en un cable de acero el cual presenta varias ventajas como son su fiabilidad, bajo coste e inherente sencillez en el mantenimiento, a pesar de estos beneficios presenta una desventaja desde el punto de vista de la eficiencia del motor dado que la relación de linealidad entre el pedal del acelerador y la mariposa de gases no puede hacer, lo que obliga al sistema a funcionar siempre bajo la misma relación de posición tanto en condiciones de bajo y alto desempeño del vehículo. El presente proyecto pretende variar la relación de posición entre el pedal del acelerador y la mariposa de gases para la respectiva medición del tiempo de inyección bajo la influencia de dicha relación, con la finalidad de encontrar mediante técnicas experimentales la expresión matemática bajo la cual se reduzca el tiempo de inyección y por tal motivo la reducción de emisiones de gases residuales productos de la quema de combustibles fósiles, para cumplir cabalmente con todos los requerimientos demandados al sistema se optó por la utilización de un sistema de control automático basado en diferentes plataformas de Arduino: Uno y Pro-mini que nos permiten la lectura y recepción de datos procedentes de diferentes sensores para su posterior procesamiento y obtener señales de salida que rigen la posición de la mariposa de aceleración para lo cual se implementó un servomotor que esta acoplado directamente a palancas de apertura o cierre de la mariposa de gases, tras la realización de varias pruebas se obtuvo datos que al ser tabulados permitieron encontrar la expresión matemática bajo la cual se reduce el tiempo de inyección, mismo que puede ser modificado variando la posición relativa de la mariposa de gases con respecto al pedal del acelerador.

Palabras claves: <TIEMPO DE INYECCIÓN> <MARIPOSA DE GASES> <PEDAL DEL ACELERADOR> <SISTEMA DE CONTROL> <ACCIONAMIENTO POR CABLE> <POSICIÓN RELATIVA> <RELACIÓN DE LINEALIDAD>

## SUMMARY

A large part of the national vehicle fleet has an acceleration system using a drive mechanism based on a Steel cable which has several advantages such as reliability, low cost, and inherent simplicity in maintenance. Although these benefits, this system has a disadvantage from the point of view of engine efficiency since the linearity relation between the accelerator pedal and the throttle valve cannot be carried out. This situation forces the system to work always under the same positional relationship both, in low high performance of the vehicle. This project intends to vary the position between the accelerator pedal and the throttle valve to the respective measurement of the injection time under the influence of this relation, in order to find by means of mathematical techniques; the mathematical expression able to reduce the injection time, and consequently the reduction of emissions of residual gases coming from the burning of fossil fuels. In order to fully comply with all the requirements that the system has to perform, it was necessary to use an automatic control system based on different Arduino platforms such as: Arduino One and Pro-mini Arduino which enable to read and receive data from different sensors for their further processing, and get output signals governing the position of the acceleration throttle by implementing a servomotor directly coupled to levers opening or closing of the throttle valve. After carrying out several tests, it was possible to collect data that once tabulated; enabled to find the mathematical expression; under which the injection time is reduced. This time can be modified by varying the relative position of the throttle valve with regard to the accelerator pedal.

### **Keywords:**

<INJECTION TIME>, <THROTTLE VALVE>, <ACCELERATOR PEDAL>, <CONTROL SYSTEM>, <CABLE DRIVE>, <RELATIVE POSITION>, <LINEARITY RELATION>.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

En los inicios de la industria automotriz los primeros vehículos fabricados contaban con un sistema de accionamiento mecánico de la mariposa de gases, este sistema resultó fiable que se ha venido incorporando en los vehículos hasta la última década.

El sistema tradicional de accionamiento mecánico del acelerador brinda prestaciones adecuadas, pero presenta ciertas dificultades dada la dependencia lineal de posiciones entre pedal de acelerador con respecto a la mariposa de gases, lo que limita la eficiencia del motor. Debido a esto se han realizado múltiples investigaciones con el fin de mejorar esto, dando como resultado el sistema TAC o acelerador electrónico que permite romper la linealidad en la relación de movimiento entre el pedal del acelerador y la mariposa de gases. El sistema de acelerador electrónico es un sistema desarrollado con el fin de optimizar el funcionamiento del motor consta básicamente de tres partes principales el cuerpo de aceleración motorizado, el conjunto del pedal y el sistema de control capaz de variar la posición relativa de uno con respecto a otro.

Cuerpo de aceleración motorizado. -Es el encargado de abrir y cerrar la mariposa de gases para esto emplea un motor eléctrico (servomotor o motor paso a paso) el cual es el encargado de dar movilidad al sistema.

Aunque hay vehículos que constan con un sistema automático de control capaz de variar la relación de posición de la mariposa de gases con respecto al pedal del acelerador, consiguiendo así un grado más alto de eficiencia, estos representan un porcentaje menor con respecto al sistema convencional de cable por lo cual se ha optado por diseñar, construir y acoplar este sistema en vehículos convencionales.

### 1.2. Planteamiento del problema

La incorporación del sistema de aceleración electrónico en motores a gasolina varía según la marca y el mercado donde se comercializan, en Europa se empezó a implementar este sistema desde los años 90 mientras que en América Latina los primeros aparecieron en modelos superiores al año 2013, (esto es una media ya que distintas marcas introducirán esta tecnología en diferentes años). (INEN, 2013)

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en el Ecuador aproximadamente 1897580 vehículos están equipados con el sistema de inyección electrónica, de combustible, diseñados con un sistema de accionamiento de mariposa de gases dependiente de un cable de acero que conecta el pedal del acelerador y la mariposa de gases este sistema ofrece varias ventajas como: bajo coste, alta confiabilidad, además de su inherente sencillez y facilidad de diagnóstico y reparación. (INEN, 2013)

### **1.3. Justificación**

Considerando las diversas ventajas que brinda el sistema de control electrónico, se decidió diseñar un sistema electrónico de control automático con el fin de variar a voluntad la posición relativa del pedal del acelerador con respecto a la mariposa de gases, esto permite analizar el comportamiento de la curva de inyección bajo distintas relaciones de posición y considerar los resultados para la futura implementación de mejoras en las relaciones de posición relativas del pedal de aceleración con respecto a la mariposa de gases lo que permite la reducción de emisión de gases contaminantes.

Para la realización de este proyecto se empleó diferentes métodos de investigación tales como investigación bibliográfica en la cual se utilizó fuentes bibliográficas para la recolección de información que ayudaran a entender los pasos y etapas del diseño y construcción del sistema electrónico de posición de la mariposa de aceleración. Otro método es la investigación tecnológica en la cual se utilizará herramientas tecnológicas (Arduino Uno, Proteus), para realizar el circuito y probar el correcto funcionamiento. También se utilizarán técnicas para la recolección de información, así como Análisis documental., por medio de esta técnica se logrará recopilar y clasificar la información necesaria para declarar las teorías que sirven de sustento a este proyecto, recurriendo a la investigación bibliográfica mediante la cual se obtendrá información de fuentes primarias como artículos científicos y fuentes secundarias que constan en libros, revistas y documentos en general.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Diseñar y construir un sistema de control electrónico de posición de la mariposa de gases, que permita realizar el análisis del comportamiento del consumo de combustible bajo distintas curvas de operación

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Investigar sobre el funcionamiento de los diferentes elementos que componen el sistema TAC, a través de recopilación de fuentes bibliográficas, manuales, para fundamentar la aplicación de este sistema a vehículos convencionales.
- Diseñar y simular el software y la placa de control mediante el uso de los programas ID Arduino y Proteus, para garantizar su correcto funcionamiento.
- Construir la placa secundaria (opto acoplador), mediante el uso del integrado EL4N25, para ingresar el voltaje de apertura del inyector de manera segura.
- Realizar las pruebas respectivas implementándolo al vehículo para verificar la eficiencia del sistema construido y su correcto funcionamiento.

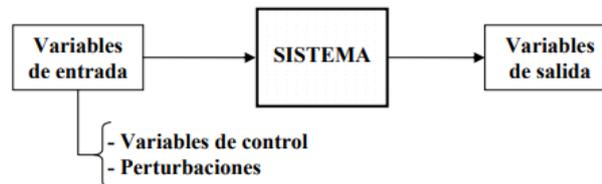
## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1. Sistema de control motorizado

Un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida. (upcommons, 2017)

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control.



**Figura 1-2.** Esquema general de un sistema

Fuente: (upcommons, 2017)

Dentro de los sistemas se encuentra el concepto de sistema de control. Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna). (upcommons, 2017)

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

1. Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales. (upcommons, 2017)

3. Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

### 2.1.1. *Sensores.*

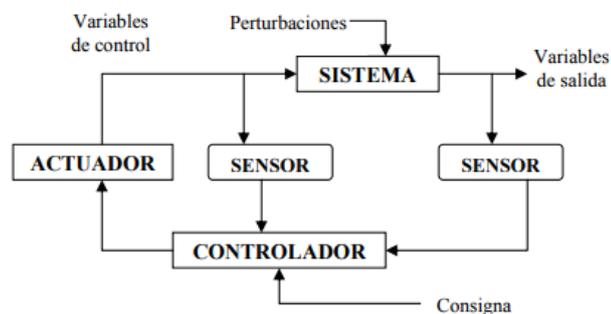
Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.

### 2.1.2. *Controlador.*

Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia. (upcommons, 2017)

### 2.1.3. *Actuador.*

Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.



**Figura 2-1.** Esquema general de un sistema de control.

Fuente: (upcommons, 2017)

## 2.2. **Sistemas de gestión mecánicos.**

La gestión del motor se puede hacer de diversas formas. Antes de la llegada de la electrónica al mundo del automóvil, la gestión, la decisión de cuanta cantidad de combustible y cuando tiene que saltar la chispa, se decidía mediante dispositivos mecánicos. (Rodríguez, 2016)

Las diferentes condiciones de uso al que está sometido el motor hacen que estos mecanismos sean complejos y además sea muy importante una correcta puesta a punto

de los mismos. Esta complejidad de construcción hace que estos dispositivos tengan un importante coste a nivel de fabricación, cuestión muy crítica en automoción. (Rodríguez, 2016)

La alimentación mediante un dispositivo mecánico se realiza con el carburador. Es el encargado de realizar la mezcla de aire y combustible en los diferentes estados de marcha a las que se somete el motor. Debido a esta variabilidad el carburador dispone de diferentes dispositivos para adaptarse a las condiciones de funcionamiento. (Rodríguez, 2016)



**Figura 3-2** Carburador

Fuente: (Rodríguez, 2016)

### 2.3. **Sistemas de gestión electrónica.**

La introducción de la electrónica aplicada al automóvil nació de la necesidad de cumplir las normativas de contaminación, más adelante las aplicaciones en sistemas de seguridad, confort, entretenimiento y comunicación hicieron que la electrónica se expandiera por todo el automóvil. (Rodríguez, 2016)

La importancia de la electrónica en automoción en valores:

- Actualmente la electrónica supone un 30% del coste de un automóvil.
- En los próximos años un 90% de las innovaciones se desarrollarán en este campo.
- En la actualidad cada coche posee en su interior 50 centralitas.
- Entre un 70 – 80% de las averías son electrónicas.

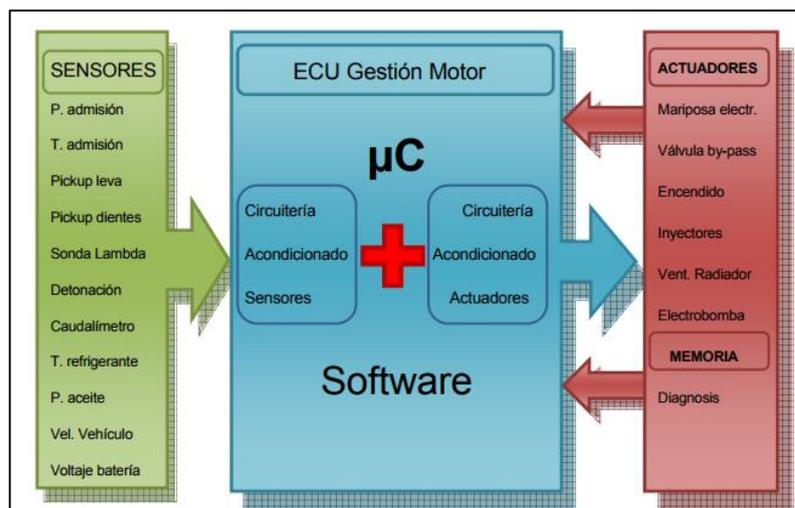
La electrónica supone una gran inversión, un aumento del número de fallos y de averías así como grandes beneficios. (Rodríguez, 2016)

Existe una paradoja en automoción:

Los componentes electrónicos cambian cada 3 años; se exige una gran fiabilidad (10 años o 200.000 km) y menos de 1 pieza defectuosa por millón; han de funcionar en condiciones ambientales hostiles: (Rodríguez, 2016)

- Entre -40 y +150 °C
- Protección a la humedad IP67
- Vibraciones  $\pm 10$  G. durante 30 horas.
- Soportar golpes en hormigón.

Una parte básica del equipo de gestión del motor es la Unidad Electrónica de Control (ECU), ya que recibe todas las informaciones de los captadores y sondas, y se encarga de su tratamiento para dar órdenes precisas para una correcta dosificación de la mezcla. (Rodríguez, 2016)



**Figura 4-2.** Arquitectura genérica de una ECU para la gestión del motor.

**Fuente:** (Rodríguez, 2016)

La ECU toma sus decisiones mediante la información llegada de los sensores y la información que tiene su memoria interna y envía sus señales de gestión a los diferentes actuadores. Estos actuadores se amoldan a los diferentes requerimientos del motor de forma más o menos adecuada sin necesidad de una puesta punto mecánica ya que los ajustes a las diferentes necesidades lo comandan la ECU. (Rodríguez, 2016)

### 2.3.1. Señales de entrada para sistemas de gestión electrónica

En la gestión de un motor, en la actualidad, se utilizan tanto señales analógicas como digitales. Estas señales se obtienen mediante sensores. Los sensores pueden ser sin alimentación (generadores) o con alimentación externa (moduladores). Los requisitos que han de cumplir los sensores en automoción son variados: han de ser fiables, robustos, baratos, ligeros, pequeños y de bajo consumo. (Rodríguez, 2016)

Parámetros importantes que han de satisfacer los sensores:

- Precisión
- Resolución: incremento mínimo en la entrada para obtener un cambio en la salida.
- Linealidad: para hacer proporcional la salida.
- Sensibilidad: pendiente de la curva calibrada.

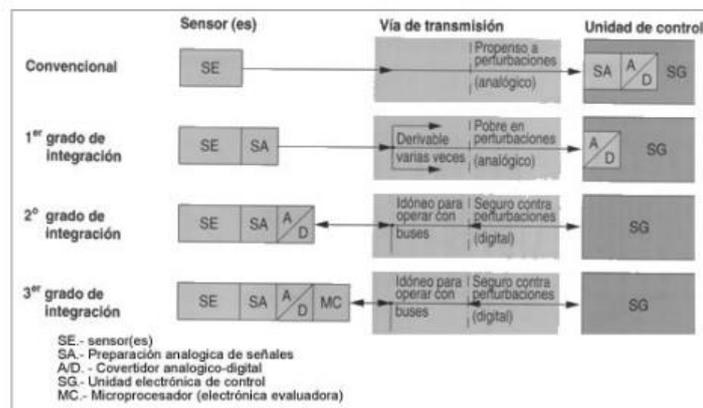


Figura 5-2. Evolución en la integración de los sensores

Fuente:(Rodríguez, 2016)

### 2.4. Sistema TAC

Este sistema controla toda la aceleración del motor, no se permite ningún error por parte del ECU por esta razón el cuerpo de mariposa quedará en una estrategia de límite de revoluciones en el momento en que se detecte alguna inconformidad de funcionamiento del motor o de los sistemas de verificación TP (Posición de la mariposa) y APP (Posición del pedal del acelerador). (Razo, y otros, 2012)

El control del actuador de estrangulación o sistema TAC elimina el cableado entre el pedal del acelerador y el estrangulador y consigue una mejor respuesta de estrangulación que el típico sistema mecánico. (Mendoza, 2017)

No hay ningún enlace mecánico que unir o romper, así pues no se requiere un ajuste de cable. El control electrónico de estrangulación es también más fiable. Todos los movimientos de estrangulación, incluyendo las funciones de control crucero, son gestionados electrónicamente por el PCM. (Mendoza, 2017)

El sensor TP registra la posición de la mariposa enviando la información hacia la unidad de control. El tipo de sensor de mariposa más extendido en su uso es el denominado potenciómetro, que consiste en una resistencia variable lineal alimentada con una tensión de 5 voltios que varía la resistencia proporcionalmente con respecto al efecto causado por esa señal. (Razo, y otros, 2012)

El Sensor de Posición del Pedal Acelerador (APP) que indica la posición del pedal del acelerador, suele ser uno; o más comúnmente, dos potenciómetros acoplados al pedal del acelerador. Cuando se pisa el acelerador, una señal de tensión se envía al ECU comunicando la posición actual del mismo y por lo tanto la exigencia física del conductor. Como resultado de esta entrada, el ECU genera una salida al actuador correspondiente. (Razo, y otros, 2012)

#### **2.4.1. Funcionamiento del sistema TAC**

En el pedal del acelerador se encuentra colocado un sensor llamado de “posición del acelerador” (APP), cuyo fin es conocer la ubicación exacta (ralentí, media aceleración, máxima aceleración) del pedal en todo momento. Esta información es enviada a la computadora (ECU) de control del motor, actuando sobre un motor acoplado directamente a la mariposa decidirá el porcentaje de aceleración que deba tener el auto. (Razo, y otros, 2012)

En el cuerpo de aceleración aparte de estar ubicado el mencionado motor, se encuentran dos sensores de “posición de la mariposa”, los cuales son similares a los tradicionales TP, cuyo objetivo es indicar a la ECU con exactitud la posición de la mariposa. Generalmente uno de estos sensores varía de acuerdo a la tabla 1-2, con el fin de tener mayor precisión y seguridad, pues si en todo momento la suma de ambas señales no es de 5 voltios se ha presentado un daño en alguno de ellos. (Razo, y otros, 2012)

**Tabla 1-2:** Voltajes de los sensores TP

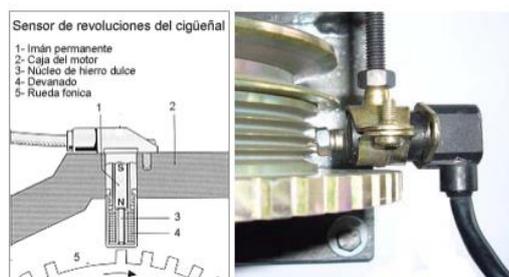
Sensores	Voltaje de entrada	Voltaje de salida
TP1	5 V	0 V
TP2	0 V	5 V

Fuente: (Razo, y otros, 2012)

## 2.5. Componentes del sistema TAC.

### 2.5.1. Sensores inductivos.

Los sensores inductivos suelen estar colocados en la rueda fónica situada en el cigüeñal y el cable de salida de señal está apantallado para evitar las interferencias debido a las interferencias electromagnéticas. La señal de salida obtenida por estos sensores tiene una amplitud variable debido a que depende de las revoluciones del motor, a más revoluciones mayor amplitud, así como una frecuencia también variable. (Rodríguez, 2016)



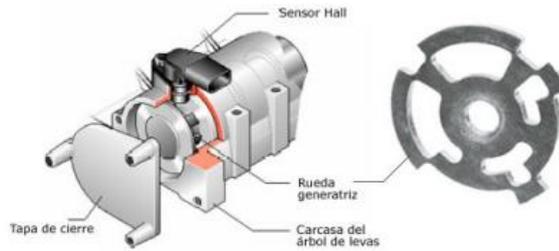
**Figura 6-2.** Sensor inductivo Magneti Marelli.

Fuente: (Rodríguez, 2016)

#### 2.5.1.1. Sensores efecto Hall.

Estos sensores se basan en el efecto Hall que consiste en la aparición de un campo eléctrico en un conductor cuando es atravesado por una corriente estando dentro de un campo magnético.

En el automóvil se colocan en el árbol de levas donde un disco perforado que gira solidario al árbol permite hacer llegar al sensor el campo magnético de un imán colocado al otro lado del disco cuando coincide un agujero con la trayectoria del flujo magnético y el sensor. (Rodríguez, 2016)



**Figura 7-2.** Ubicación del sensor Hall

Fuente: (Rodríguez, 2016)

### 2.5.2. *Pedal de posición de aceleración electrónico (APP)*

El módulo del pedal del acelerador, con los sensores de posición del mismo tiene como función detectar la posición instantáneamente del pedal y transmitirla en una señal en función de las exigencias solicitadas por el usuario. (Chucuyan, 2016)

El APP (Acelerador-Pedal-Posición) o sensor de posición del pedal del acelerador puede ir colocado en el conjunto del mismo pedal. Existe también la posibilidad de que un cable de comando se dirija hasta este sensor y el mismo se encuentre bajo el capote. El conductor ahora ejerce su acción sobre un resorte y mueve un conjunto de potenciómetros dentro del APP. (Chucuyan, 2016)



**Figura 8-2.** Pedal del acelerador

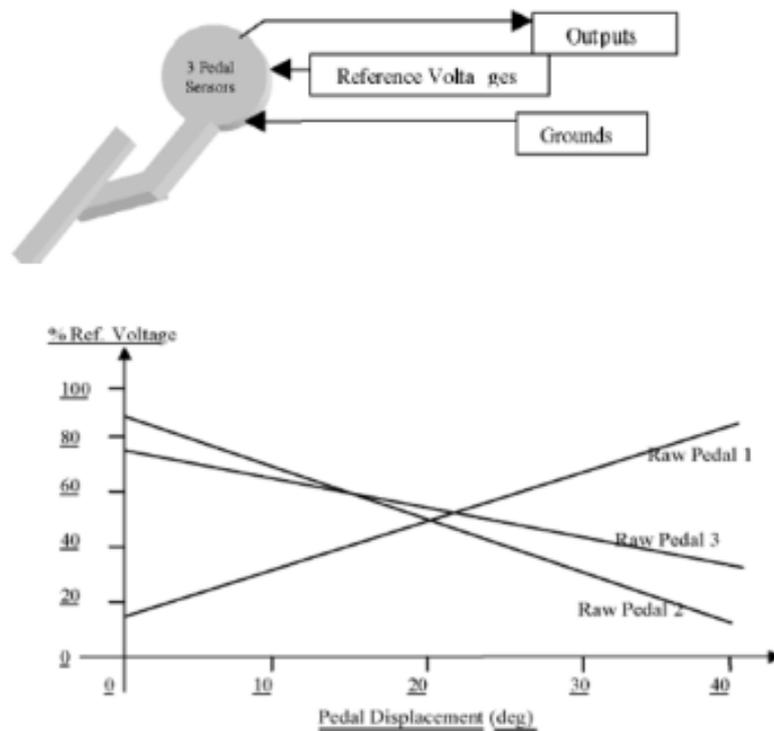
Fuente: (Razo, y otros, 2012)

En el caso del APP de dos potenciómetros, las señales de estos suelen ser diferentes, por lo general mientras el voltaje de un potenciómetro aumenta al mover el pedal del acelerador, la del otro disminuye proporcionalmente. La unidad de control permanentemente analiza cómo evolucionan los potenciómetros, esto significa que las

tensiones que recibe de estos deben estar dentro de rangos prefijados por el fabricante. (Chucuyan, 2016)

Si un potenciómetro para una posición del acelerador da un valor de tensión, el otro debe dar también un valor que debe estar dentro del rango esperado por la unidad de control. En otras palabras, si un voltaje está en un valor el otro debe estar también en un valor esperado por la unidad de mando. (Chucuyan, 2016)

En el caso de APP de tres potenciómetros, utilizados en muchos autos de General Motors, los voltajes de salida de dos potenciómetros son descendentes y uno es ascendente, tal como se muestra en la figura. (Chucuyan, 2016)



**Figura 9-2.** Curva característica del APP

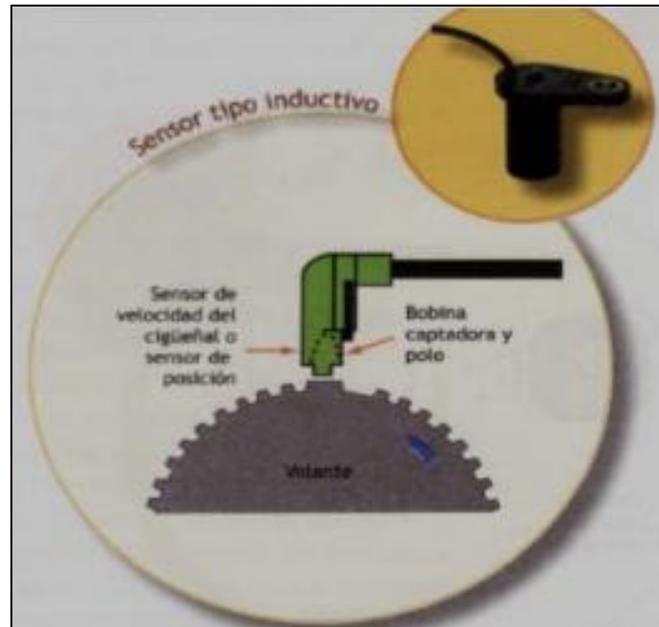
Fuente: (Chucuyan, 2016)

### 2.5.3. Sensor de posición del cigüeñal

El sensor CKP (Crankshaft Position Sensor) a través de su base se extiende 1,3 mm (0,05 pulgadas) o menos más allá de la rueda del cigüeñal. La función que cumple es la de ubicar la posición del cigüeñal (Pistón # 1) y el cambio de velocidad del giro del cigüeñal o RPM del motor, con el objetivo de que el PCM controle la activación del relé de la

bomba de combustible, la dosificación de combustible y el punto de encendido. (Chucuyan, 2016)

Este sensor puede ser de tipo inductivo, efecto hall o óptico. Por lo general posee 2 pines correspondiente a la bobina interna, y en ciertos casos encontraremos de 3 pines, siendo el 3er pin para blindaje o evita interferencias al encendido. (Chucuyan, 2016)



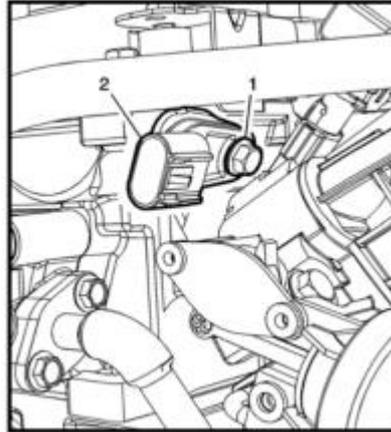
**Figura 10-2.** Sensor CKP

Fuente: (Chucuyan, 2016)

#### 2.5.4. *Sensor de posición del árbol de levas*

El sensor CMP detecta el Punto Muerto Superior del primer cilindro en el tiempo de compresión y lo convierte en una señal eléctrica. Este a diferencia del CKP va ubicado junto al eje de levas. Al igual que el anterior pueden existir tres tipos, inductivos, efecto hall y ópticos. El ECM utiliza esta señal de que un impulso de sincronización para activar los inyectores de combustible en la secuencia correcta. (Chucuyan, 2016)

Esto permite que la ECM pueda calcular cierto modo de inyección de combustible secuencial de operación. Si el ECM no detecta ninguna señal del sensor de posición del árbol de levas cuando el motor está en marcha el sistema de inyección de combustible pasará a un modo de inyección secuencial de combustible calculado en base al pulso de la inyección de combustible, y el motor seguirá funcionando mientras el DTC esté presente, es posible poner en marcha el motor. (Chucuyan, 2016)



**Figura 11-2.** Sensor CMP

**Fuente:** (Chucuyan, 2016)

#### 2.5.5. *Sensor de posición del acelerador (TP)*

El sensor de posición del acelerador (TP) es un potenciómetro que está unido al eje del acelerador del cuerpo del acelerador. El circuito del sensor TP incluye un cable de alimentación de 5 V y un cable de tierra ambos proporcionados por el ECM. Este calcula la ubicación del acelerador mediante el control de la tensión de este circuito. La señal de salida del sensor TP varía con el movimiento del pedal del acelerador, haciendo que el ángulo del acelerador para cambiar. (Chucuyan, 2016)

Cuando el acelerador está cerrado, la tensión de salida del sensor de TP es bajo, y es aproximadamente de 2,5 voltios. La tensión de salida aumenta a medida que la placa del acelerador se abre; la tensión de salida se elevará a aproximadamente 5 voltios el acelerador abierto. (Chucuyan, 2016)

El sensor TP está montado en el cuerpo de aceleración y convierte el ángulo de la mariposa del cuerpo de aceleración en una señal eléctrica. A medida que la mariposa se abre, el voltaje de la señal se incrementa. (Razo, y otros, 2012)

La ECU usa la información de la posición de la mariposa para saber:

- Modo del motor: ralentí, aceleración parcial, aceleración total.
- Apagar AC y control de emisiones en posición WOT (Wide Open Throttle-Aceleración Total)
- Correcciones de proporción aire/combustible

- Corrección del incremento de potencia del motor
- Control del corte de combustible
- Disminución de los tirones durante el trabajo del motor.
- La información se transmite electrónicamente en vez de mecánicamente. (Razo, y otros, 2012)

#### 2.5.6. *Sensor de velocidad del vehículo (VSS)*

La ECM usa la señal del sensor de velocidad (VSS) para modificar las funciones del motor y poner en marcha rutinas de diagnóstico, esta señal se origina por un sensor que mide la velocidad de salida de la transmisión o velocidad de las ruedas. (Chucuyan, 2016)



**Figura 12-2.** Sensor VSS

Fuente: (Chucuyan, 2016)

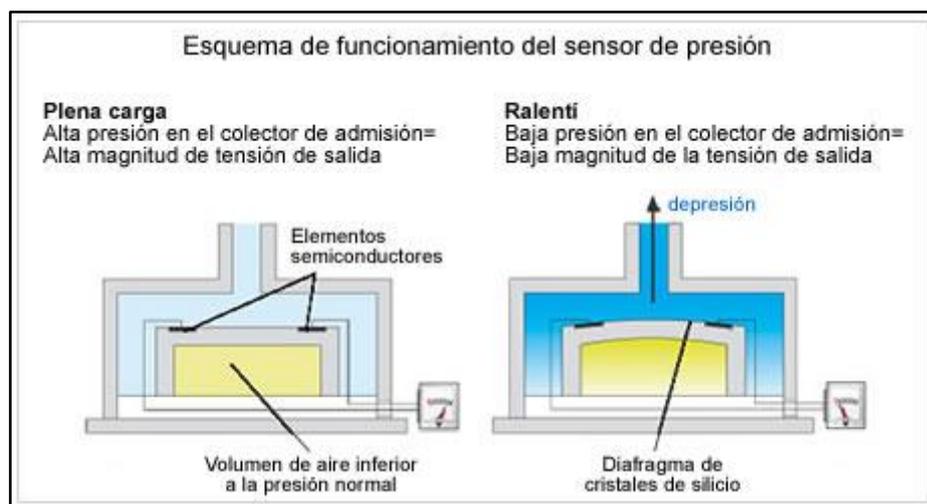
#### 2.5.7. *Sensor de presión absoluta (MAP)*

El sensor de presión absoluta envía una señal eléctrica a la unidad de control (ECU) de acuerdo a la depresión que existe en el múltiple de admisión del motor. El sistema de inyección de gasolina utiliza un sensor de presión absoluta que permite junto con el valor de temperatura de aire saber el peso del aire que entra en el colector de admisión y así poder establecer con exactitud la cantidad de gasolina a inyectar para conseguir una determinada relación de mezcla. El sensor está constituido por un diafragma realizado en materia aislante dentro del cual están emplazadas unas resistencias que forman un puente de medida. El puente de resistencias está formado por sensores piezoeléctricos que son sensibles a las deformaciones mecánicas. El diafragma está unido mediante una manguera al múltiple de admisión de manera que las variaciones de presión actúan directamente sobre el diafragma provocando su deformación. Esta deformación actúa sobre el puente de resistencias variando la tensión de salida. La tensión de salida del puente es ajustada a

las escalas de trabajo deseadas de manera que se obtiene una tensión final de salida comprendida entre 0 y 5 V. siguiendo de manera lineal las variaciones de presión. (Paredes, 2011)

#### 2.5.7.1. Principio de funcionamiento del sensor MAP

Dentro del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP) hay un chip de silicón montado en una cámara de referencia. En un lado de las caras del chip, hay una presión de referencia. Esta presión de referencia es un vacío perfecto o una presión calibrada, dependiendo de la aplicación. El chip está expuesto a la presión que debe medir. EL chip de silicón cambia su resistencia con los cambios que ocurran en la presión. Cuando el chip de silicón se flexiona con el cambio de presión, también cambiará la resistencia eléctrica que está en el mismo chip. Este cambio de resistencia altera la señal de voltaje. La PCM interpreta como cambio de presión. (Lema, 2014)



**Figura 13-2.** Sensor VSS

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-inyecc/sensor-MAP.jpg>

#### 2.5.8. Sensor de detonación o de picado (KS)

El punto óptimo en la cual la alta tensión enciende la mezcla aire/combustible será momentos antes del PMS, pero a veces será inevitable que bajo ciertas condiciones ocurra una detonación imprevista. Este captor se encuentra implantado en el block de motor, estratégicamente dispuesto de modo de poder captar detonaciones en cualquier cilindro. En motores del tipo V6 o V8, V10, V12; normalmente se dispone un captor para cada block. Su funcionamiento se basa en el efecto piezoeléctrico que se produce en ciertos cristales, en estos al producirse una deformación mecánica generan una tensión eléctrica.

Existen dos tipos diferentes en lo que respecta a su conformación física, pueden estar enroscados al block o pueden estar fijados por un tornillo de fijación; su modo de operación y la señal que entregan son iguales. La conexión eléctrica hacia el computador se realiza mediante dos o tres conductores o cables, si es de tres cables tendremos un cable de blindaje, otro de estos conductores toma masa en el computador y el restante es el 59 que conduce la señal producida por el captor; también tenemos de un solo conductor o cable el cual lleva el voltaje a la ECU y el propio sensor hace masa en el Block.

El sensor de detonación o de picado también conocido por sus siglas en inglés KS (Knock Sensor), es similar a poseer un “micrófono” en el block del motor, en caso que se generen detonaciones, la ECU deberá modificar el avance del encendido, atrasándolo. (Chucuyan, 2016)



**Figura 14-2.** Sensor de detonación.

**Fuente:** (Chucuyan, 2016)

### 2.5.9. *Caudalímetro*

Para el cálculo de la cantidad de aire que está entrando en cada momento en el motor se puede utilizar diferentes sistemas, aunque en la actualidad el más utilizado es el caudalímetro másico. Los otros sistemas se explican brevemente: (Rodríguez, 2016)

#### 2.5.9.1. *Potenciómetro de posición de mariposa*

Mide el caudal de forma indirecta. A partir de la sección y de las r.p.m. se deduce aproximadamente la presión del colector. Se realiza la hipótesis que el motor se comporta como una bomba volumétrica y a partir de ahí deduce el cabal másico que pasa por la mariposa partiendo de la calibración que se ha efectuado en un banco de flujo y del que se ha obtenido una correlación experimental del caudal volumétrico en función del ángulo de mariposa; y del caudal másico de aire en función del ángulo de mariposa y de la temperatura de aire. (Rodríguez, 2016)

### 2.5.10. *Sensor de temperatura*

Los sensores de temperatura se utilizan para medir la temperatura de refrigerante, aceite, aire admisión, combustible, gases de escape. Hay dos tipos de sensores de temperatura, los termistores y los termopares. (Rodríguez, 2016)

Los termistores son resistencias basadas en semiconductores, estos pueden ser NTC (Negative Temperature Coefficient) o PTC (Positive Temperature Coefficient).

#### 2.5.10.1. *NTC*

Varía su resistencia, de forma no lineal, inversamente a la variación de la temperatura, por eso se les llama de coeficiente negativo. Para la obtención de la temperatura medida se puede aplicar una fórmula donde la incógnita forma parte de un exponente y por tanto operación lenta si no se trabaja en coma flotante, o mediante un acceso a una tabla ROM con el inconveniente de necesitar mucha memoria. (Rodríguez, 2016)



**Figura 15-2.** Termistor NTC

Fuente: (Rodríguez, 2016)

#### 2.5.10.2. *PTC*

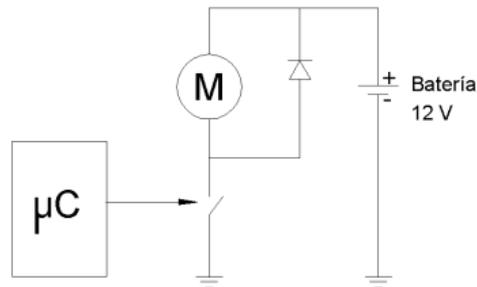
Se utiliza como fusibles reseteables. Estos termistores aumentan su resistencia si aumenta la temperatura, por eso se les llama de coeficiente positivo. Su zona de funcionamiento se considera lineal. Debido a su inercia térmica son de acción lenta. (Rodríguez, 2016)

### 2.6. **Actuadores de un sistema de control motorizado.**

Las salidas que provienen de la ECU son o del tipo PWM o TTL. Éstas se utilizan para, después de pasar por una electrónica de potencia, controlar motores de corriente continua, paso a paso o los transistores de la etapa de potencia de inyección o encendido. Así, también la ECU actúa sobre el cuadro de mando donde muestra las posibles indicaciones de avería así como los niveles de combustible y los parámetros del motor. (Rodríguez, 2016)

### 2.6.1. *Mariposa motorizada.*

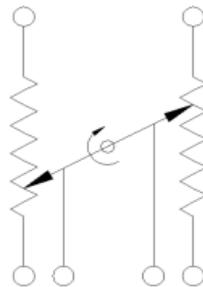
La mariposa motorizada puede estar controlada por un motor paso a paso o por un motor de Corriente Continua., éste puede ser de un único sentido de giro y por tanto la mariposa retorna a su posición de reposo mediante un muelle, así no es necesario la utilización de un puente de transistores para que el motor pueda girar en ambas direcciones. (Rodríguez, 2016)



**Figura 16-2.** Esquema de funcionamiento motor mariposa motorizada.

Fuente: (Rodríguez, 2016)

Mediante un potenciómetro doblado por seguridad, la ECU sabe la posición real de la mariposa. Se dobla el potenciómetro para poder detectar un fallo de la unidad. En el caso que falle, la ECU al no detectar señal o al detectarla errónea, hace que el motor no pase de 2000 r.p.m. o desconecta el motor, según la gestión. (Rodríguez, 2016)



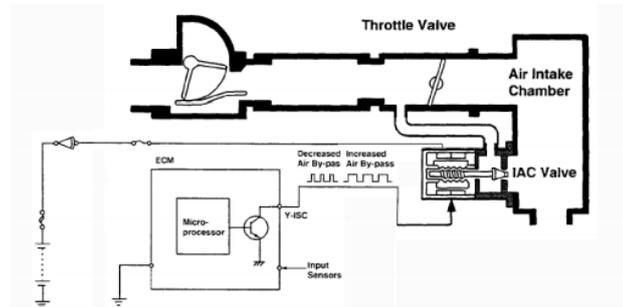
**Figura 17-2.** Potenciómetro doblado.

Fuente: (Rodríguez, 2016)

### 2.6.2. *Válvula estabilizadora de ralentí.*

La válvula estabilizadora de ralentí (IAC), también llamada válvula by Pass, regula el número de revoluciones en marcha mínima del motor. El motor paso a paso está montado directamente en el sistema de aspiración. Con ayuda de una varilla reguladora cónica,

abre y cierra una derivación hacia la válvula de la mariposa. De este modo, el número de revoluciones en ralentí se mantiene constante independientemente de la carga del motor aunque se conecte o desconecte un accesorio (aire acondicionado...) (Rodríguez, 2016)



**Figura 18-2.** Esquema válvula estabilizadora de ralentí.

Fuente: (Rodríguez, 2016)

## 2.7. Motor paso a paso

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde  $90^\circ$  hasta pequeños movimientos de tan solo  $1.8^\circ$ , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso ( $90^\circ$ ) y 200 para el segundo caso ( $1.8^\circ$ ), para completar un giro completo de  $360^\circ$ . (Allegro, 2013)



**Figura 19-2.** Motor pasó a paso

Fuente: (Allegro, 2013)

### 2.7.1. Funcionamiento.

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán

permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador. (Allegro, 2013)

Como comentario final, cabe destacar que debido a que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y como tal deben vencer ciertas inercias, el tiempo de duración y la frecuencia de los pulsos aplicados es un punto muy importante a tener en cuenta. En tal sentido el motor debe alcanzar el paso antes que la próxima secuencia de pulsos comience. Si la frecuencia de pulsos es muy elevada, el motor puede reaccionar en alguna de las siguientes formas: (Allegro, 2013)

- Puede que no realice ningún movimiento en absoluto.
- Puede comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- Puede girar erráticamente.
- Puede llegar a girar en sentido opuesto.

### 2.7.2. *Tipos de motor paso a paso*

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

#### 2.7.2.1. *Motor paso a paso Bipolar*

Estos tienen generalmente cuatro cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento. (Allegro, 2013)

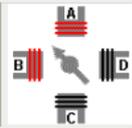
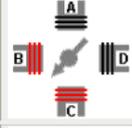
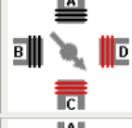
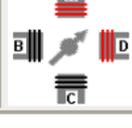
**Tabla 2-1:** Secuencias para manejar motores paso a paso Bipolares

<b>Paso</b>	<b>Terminales</b>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>1</b>	+V	-V	+V	-V
<b>2</b>	+V	-V	-V	+V
<b>3</b>	-V	+V	-V	+V
<b>4</b>	-V	+V	+V	-V

Fuente: (Allegro, 2013)

### 2.7.2.2. Motor paso a paso Unipolar

Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexión interna. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

**Figura 20-2.** Secuencias para manejar motores paso a paso unipolares

Fuente: (Allegro, 2013)

### 2.7.3. Inyectores.

El inyector es una válvula de inyección de combustible con actuación electromagnética. Se localiza en el colector de admisión (inyección monopunto), o en el conducto de admisión de cada cilindro (inyección multipunto). Cuando el solenoide no está excitado, la aguja está forzada contra el asiento de la válvula mediante el muelle helicoidal cerrando el paso de combustible. (Rodríguez, 2016)

Cuando se excita la bobina del solenoide, el eje de la aguja resulta atraído y levanta alrededor de 0,15 mm para que el combustible pueda fluir a través del paso calibrado alrededor del vástago de la válvula. El final del eje del inyector está configurado para atomizar el combustible inyectado. (Rodríguez, 2016)

El relativamente estrecho cono que forma el inyector minimiza el combustible que queda retenido en las paredes del colector de admisión. La masa de combustible inyectado se controla variando la duración del pulso de corriente que excita la bobina del solenoide. Valores típicos del tiempo de inyección en aplicaciones automovilísticas están en el rango de 1,5 a 10 ms. (Rodríguez, 2016)



**Figura 21-2.** Inyector EV6

**Fuente:** (Rodríguez, 2016)

## 2.8. **Procesamiento de datos.**

Los datos que llegan de los sensores se envían en forma analógica o digital a su correspondiente ECU. La ECU es un microcomputador que está compuesto por tres unidades básicas. La CPU, la memoria y el subsistema de entradas y salidas. (Rodríguez, 2016)

La CPU en automoción para los sistemas de gestión de motor suelen ser de 16 bits, son del tipo RISC (Reduced Instruction Set Controller). Se utiliza este tipo de CPU por:

- Número reducido de instrucciones.
- Instrucciones sencillas en lenguaje ensamblador.
- Tamaño reducido, menor coste, menor consumo, menor tiempo de diseño.
- Una instrucción en cada ciclo máquina.

Las memorias utilizadas pueden ser de diferente naturaleza y algunas pueden coexistir en una misma ECU:

### 2.8.1. *Memorias de configuración*

- EEPROM: Los  $\mu$ C suelen tener pequeñas cantidades de esta memoria que permite almacenar un limitado número de parámetros que cambian poco. Esta memoria es lenta y tiene un número de ciclos lectura/escritura limitado. (Rodríguez, 2016)
- FLASH: Mejor solución que la EEPROM cuando se requieren grandes cantidades de memoria no volátil. Más rápida, mayor número de ciclos/escritura. (Rodríguez, 2016)

- RAM (estática con batería): Mucho más rápida y sin limitación de ciclos lectura / escritura. Capaz de grandes cantidades de memoria no volátil de acceso rápido. (Rodríguez, 2016)

### 2.8.2. *Memorias de programa*

- ROM: Programada de fábrica
- OTP: Dispositivo PROM, (EPROM sin ventana de borrado).
- Reprogramación: EPROM, EEPROM y Flash.

### 2.8.3. *Memoria externa*

- ROMless, ROM externa.

Los subsistemas Entrada/Salida de un microcontrolador:

Periféricos para control/comunicación:

- Puertos E/S: Analógicos o digitales.
- Conversor A/D (los convertidores D/A suelen ser externos ya que son más baratos).
- Timers: Cuentan eventos externos, señal interna de clock.
- PWM: Pulse-with Modulation Pág. 30 Memoria
- Comparadores analógicos
- Comunicaciones: BUS CAN, BUS LIN, UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), SPI (Serial Periferal Interface), USART (U Synchronous ART).

### 2.8.4. *Ejecución de tareas y forma de programarlas*

La forma de ejecutar las tareas en los microcontroladores ( $\mu\text{C}$ ) es del tipo secuencial: se busca la instrucción, se decodifica y por último se ejecuta. Las instrucciones sencillas se realizan en un tiempo de clock, instrucciones más complejas necesitan varios tiempos de clock. El clock del microcontrolador es externo y puede ser de cristal resonador de alta frecuencia (cuarzo); oscilador integrado externo (más preciso); o el oscilador RC (para aplicaciones no críticas). El clock de alta frecuencia presenta problemas como el elevado consumo o el ruido (EMI's). El microcontrolador tiene asignadas una serie de tareas,

algunas de estas son asíncronas y por tanto se tiene que esperar que surja dicho evento para ejecutarla. Si el  $\mu\text{C}$  tiene que hacer una lectura continuada del puerto (polling) cada vez que acaba de ejecutar una tarea para comprobar si se ha activado esta tarea asíncrona, se estará consumiendo  $\mu\text{C}$  muy necesaria para realizar otras tareas. Por este motivo, si el  $\mu\text{C}$  lo permite, existen las interrupciones. Las interrupciones permiten realizar las tareas programadas hasta que salta el evento asíncrono. La forma de funcionamiento de las interrupciones es la siguiente: - Se está ejecutando instrucciones del programa principal. - Se activa la interrupción (evento asíncrono). - El  $\mu\text{C}$  termina de ejecutar la instrucción actual. - El  $\mu\text{C}$  guarda la dirección de la instrucción actual (pila, stack). - El contador de programa se actualiza con la dirección del vector de interrupciones. - Se pasa a ejecutar el código del servicio de interrupciones. - El  $\mu\text{C}$  devuelve los parámetros básicos y se actualiza con la dirección guardada en la pila. (Rodríguez, 2016)

## 2.9. **Sistemas de control de marcha mínima.**

El sistema de control de marcha mínima (ralentí) se utiliza para estabilizar la velocidad ralentí del motor, durante arranques en frío y después de condiciones de operación tras un período de calentamiento. La estabilización de la velocidad ralentí se necesita debido a los cambios de requerimientos de trabajo que se exigen del motor. Esto tiene un efecto directo sobre las emisiones, la calidad de la marcha mínima y la manejabilidad del vehículo en general.

El sistema IAC utiliza a la PCM para controlar la Válvula de Control de Aire de Marcha Mínima (Válvula IAC), que regula el volumen de aire que se desvía alrededor del papalote cerrado del cuerpo de aceleración. La PCM controla la Válvula IAC, al aplicarle varias señales eléctricas de entrada, contra el programa de control que gobierna a la válvula IAC y que se encuentra instalado en la memoria de la PCM. (Beto booster, 2012)

### 2.9.1. ***Tipos de válvulas IAC***

En general, en la mayoría de modelos de casi todos los automóviles encontrarás cuatro tipos de válvulas IAC. Estos sistemas se conocen comúnmente con los siguientes nombres: (Beto booster, 2012)

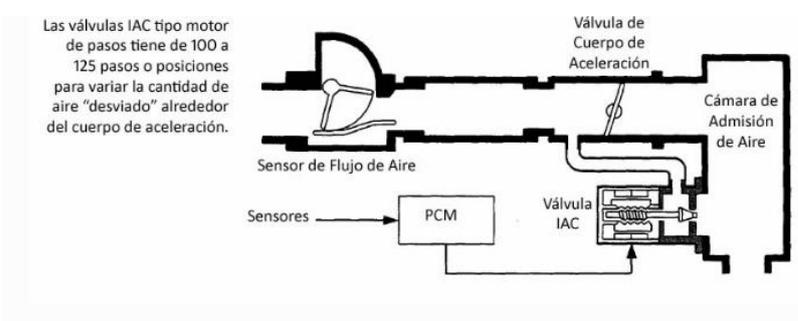
#### 2.9.1.1. ***Sistema IAC con motor de pasos***

Este sistema usa un pequeño motor de pasos, del tipo IACV, para controlar el paso de aire desviado. El motor IACV consiste de un motor de pasos con cuatro bobinas, rotor

magnético, válvula y asiento, y puede variar la cantidad de flujo de aire desviado al colocar el vástago de la válvula, en alguna de las 125 posibles posiciones o “pasos”. Básicamente, entre más alto sea el número del paso del IACV, mayor será la apertura de la válvula para permitir un flujo de aire mayor, persiguiendo una ruta distinta que rodeará el papalote cerrado del cuerpo de aceleración. (Beto booster, 2012)

La PCM controla la posición de la válvula IAC, energizando secuencialmente sus cuatro bobinas del pequeño motor eléctrico. Por cada bobina que es pulsada, el rotor magnético de la válvula IAC se mueve un paso, lo cual a su vez, mueve a la válvula y su asiento; entonces se coloca en una nueva posición ligeramente. La PCM comanda cambios mayores de la posición de la válvula IAC al repetir pulsos secuenciales mayores a cada una de las cuatro bobinas del motor eléctrico, dentro del cuerpo de la válvula, y esto ocurrirá hasta que se alcance la posición deseada. (Beto booster, 2012)

Si la válvula IAC se desconectara o quedara inoperante, permanecería en una posición fija, sin desplazarse ni un “paso” adelante ni un “paso” atrás, con lo que no se conseguiría la regulación continua del aire que ingresa al motor durante la marcha mínima (ralentí). (Beto booster, 2012)

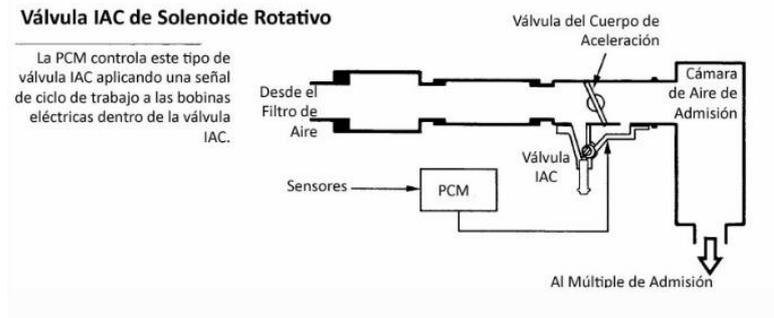


**Figura 22-2.** Válvula IAC tipo motor de pasos.

**Fuente:** (Beto booster, 2012)

### 2.9.1.2. Sistema IAC con solenoide rotativo de control de trabajo.

Este sistema usa un solenoide rotativo IAC, para desarrollar la estabilización de la velocidad ralentí. El control del desvío de aire (bypass) se consigue por medio de una válvula móvil de giro rotativo, que bloquea o expone un puerto “bypass” con base en señales comandos de la PCM. La válvula IAC de este sistema consiste en dos bobinas eléctricas, un magneto permanente, válvula, puerto de desvío “bypass” y una bobina bi-metálica. (Beto booster, 2012)



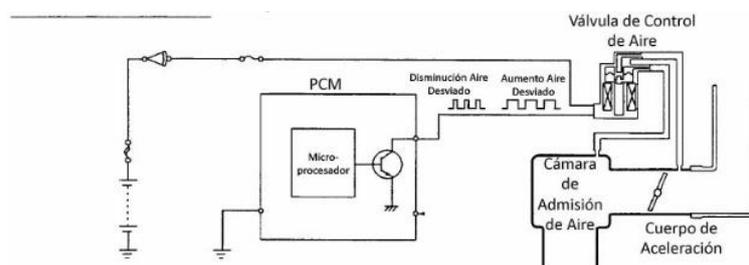
**Figura 23-2.** Válvula IAC de solenoide rotativo.

Fuente: (Beto booster, 2012)

La PCM controla la posición de la válvula IAC, al aplicar una señal de ciclo de trabajo (Duty Cycle) a las dos bobinas eléctricas, dentro de la válvula IAC. Al modificar el ratio de trabajo (tiempo en ON contra tiempo en OFF), se generan cambios del campo magnético que causan que la válvula rotativa gire. Básicamente, a medida que el ratio de trabajo excede el 50%, la válvula abre el conducto de desvío “bypass” y cuando el ratio de trabajo cae por debajo del 50%, la válvula cierra el conducto. Si la válvula IAC se desconecta o queda sin trabajar, la válvula se moverá a una posición default y la marcha mínima quedará más o menos en exceso entre 1000 y 1200 RPM’s, cuando alcance la temperatura normal de operación. (Beto booster, 2012)

### 2.9.1.3. Sistema ACV de control de trabajo.

Este sistema se encarga de regular el aire desviado, al emplear una Válvula de Control de Aire (ACV) controlada por la PCM mediante señales digitales de ciclo eléctrico de trabajo. (Beto booster, 2012)



**Figura 24-2.** Control de trabajo de válvula ACV

Fuente (Rodríguez, 2016)

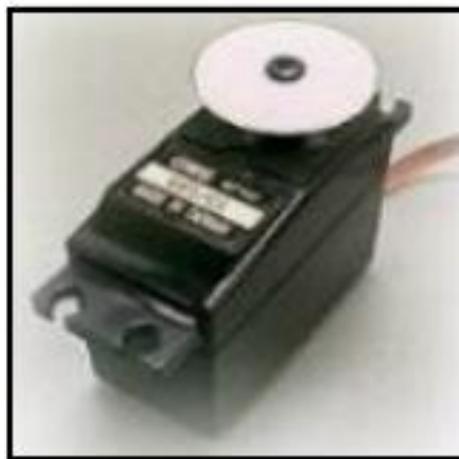
La válvula ACV usa un solenoide eléctrico para controlar a una válvula de aire normalmente cerrada, la cual obstruye el paso de aire desde el filtro de aire, hacia el

múltiple de admisión. Dado que la válvula ACV es incapaz de permitir el flujo de altos volúmenes de aire, una válvula mecánica de aire por separado se utiliza para desarrollar un ralentí rápido en frío, solo en autos equipados con este tipo de sistema. Con este sistema, la PCM variará el flujo de aire desviado, al modificar el ratio eléctrico de trabajo, comandándole señales eléctricas a la ACV. (Beto booster, 2012)

Al incrementar el radio de trabajo, la PCM detiene por más tiempo el desvío de aire en posición abierta, lo cual provocará que las RPM's se aceleren. La válvula ACV no tiene ningún efecto en ralentí rápidos de arranque en frío, ni en modos de calentamiento rápido del motor; solamente se utiliza durante condiciones de arranque y ralentí estándar de alcance de temperatura de operación. (Beto booster, 2012)

## 2.10. Servomotores

El servo es un potente dispositivo que dispone en su interior de un pequeño motor con un reductor de velocidad y multiplicador de fuerza, también dispone de un circuito que controla el sistema. El ángulo de giro del eje es de  $180^\circ$  en la mayoría de ellos, pero puede ser fácilmente modificado para tener un giro libre de  $360^\circ$ , como un motor standard. El motor servo es el encargado de dar movilidad al robot. (Elo, 2004)

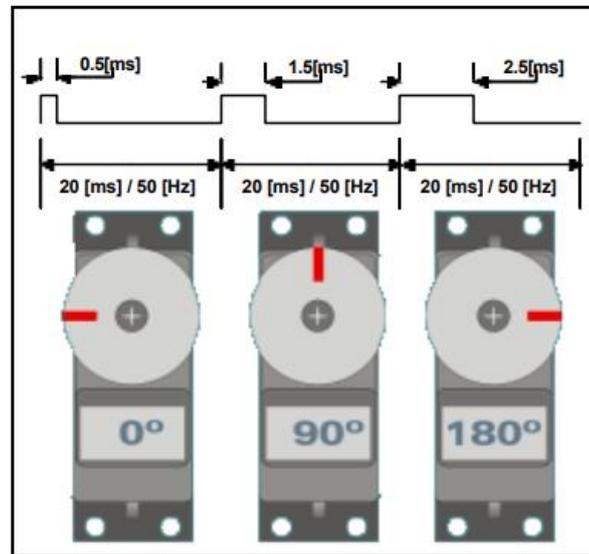


**Figura 25-2.** Servomotor

Fuente. (Elo, 2004)

Para controlar un servo se debe aplicar un pulso de duración y frecuencia específicas. Todos los servos disponen de tres cables, dos para alimentación Vcc. y Gnd. (4.8 a 6 [V]) y un tercero para aplicar el tren de pulsos de control, que hace que el circuito de control

diferencial interno ponga el servo en la posición indicada, dependiendo del ancho del pulso. (Elo, 2004)



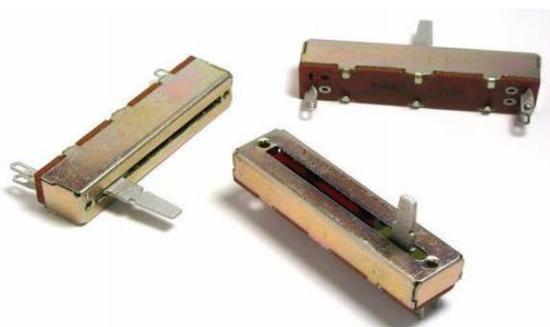
**Figura 26-2.** Posicionamiento de un servomotor.

Fuente: (Elo, 2004)

### 2.11. Potenciómetro

Un potenciómetro es uno de los dos usos que posee la resistencia o resistor variable mecánica (con cursor y de al menos tres terminales). Conectando los terminales extremos a la diferencia de potencial a regular (control de tensión), se obtiene entre el terminal central (cursor) y uno de los extremos una fracción de la diferencia de potencial total, se comporta como un divisor de tensión o voltaje. (Acomee, 2016)

Según la potencia que disipe en su funcionamiento, como regulador de tensión, así debe ser la potencia de la resistencia variable mecánica a utilizar. (Acomee, 2016)



**Figura 27-2.** Potenciómetro.

Fuente: (Acomee, 2016)

## 2.12. **Control de inyección de combustible.**

Los vehículos con inyección de combustible, la ECU determinará la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros. Si el acelerador está presionado a fondo, el ECU abrirá ciertas entradas que harán que la entrada de aire al motor sea mayor. La ECU inyectará más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor. Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor. (Chucuyan, 2016)

### 2.12.1. **Control del tiempo de inyección.**

Un motor del Ciclo Otto necesita una buena chispa para iniciar la combustión dentro de la cámara del cilindro. Una ECM puede variar el tiempo justo de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proporcionar una mejor potencia y un menor consumo de combustible. Una segunda, y más común causa que debe detectar este sistema es cuando el motor gira a muy bajas revoluciones para el trabajo que se le está solicitando al vehículo mediante el usuario. Este caso se resuelve impidiendo a los pistones moverse cortando la señal de encendido hasta que no se haya producido la chispa, evitando así que el momento de la combustión se produzca cuando los pistones ya han comenzado a expandir la cavidad. (Chucuyan, 2016)

El ECM puede determinar la cantidad de combustible requerida en base al ángulo del acelerador, es decir, los requisitos del usuario del vehículo. Un sensor de temperatura roto o suelto puede causar que el combustible se inyecte desde el inyector de combustible de manera intermitente y causar ralentí inestable, ya que el acelerador considera que el acelerador está en movimiento. (Chucuyan, 2016)

Mientras hay un mal funcionamiento de un circuito del sensor de TP, el sistema establecerá el DTC P0121 o P0122. Si alguno de los DTC se establece, el ECM utilizará un valor por defecto en lugar del sensor de TP para que algún rendimiento del vehículo será restaurado. DTC P0121 causará un ralentí alto. (Chucuyan, 2016)

## 2.13. **Gases de la combustión**

La energía química contenida en el combustible, cuando quemada es liberada en forma de calor produciendo trabajo, para que el combustible se queme es necesario que exista

oxígeno (aire), y ese porcentaje de aire admitido introducido varía de acuerdo a las necesidades del motor y al tipo de combustible. (Arroba, y otros, 2017)

Cuando la quema es completa, todo el carbono (C) presente en el combustible, reacciona con el oxígeno formando dióxido de carbono; todo el hidrógeno (H) presente en el combustible, también reacciona con el oxígeno (O<sub>2</sub>) formando vapor de agua H<sub>2</sub>O; y finalmente todo el hidrógeno (H<sub>2</sub>) existente en el aire admitido, no participa en la reacción siendo expedito de la misma manera. (Arroba, y otros, 2017)

**Tabla 3-2: Origen y efectos de los gases contaminantes.**

<b>Contaminante.</b>	<b>Origen</b>	<b>Efectos</b>
CO	Combustión incompleta.	Disminuye la absorción del oxígeno por células rojas, afecta la percepción y la capacidad de pensar, disminuye los reflejos y puede causar inconsciencia. Afecta el crecimiento fetal en mujeres embarazadas.
HC	Combustión incompleta o evaporación.	Irritación de los ojos, cansancio y tendencia a toser. Puede tener efecto carcinógeno. Percusiones de smog foto químico.
Partículas (Hollin)	Combustión incompleta.	Puede iniciar enfermedades respiratorias (afectando a niños y ancianos) y provocar cáncer en los pulmones.
NO <sub>x</sub>	Altas temperaturas.	Irrita los ojos, nariz, garganta y pulmones y puede causar dolores de cabeza.
SO <sub>2</sub>	Contenido de azufre en la gasolina.	Irrita las membranas del sistema respiratorio. Daños a la vegetación.

Fuente: (Arroba, y otros, 2017)

### 2.13.1. *Gases productos de la combustión*

Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes. Los primeros están formados, fundamentalmente, por nitrógeno, Oxígeno (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), vapor de agua e hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y plomo. (Arroba, y otros, 2017)

**Inofensivos:** El Oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el Oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape. El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del Hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape. (Arroba, y otros, 2017)

**Contaminantes:** Entre ellos los más importantes son el CO (monóxido de carbono), Hidrocarburos no quemados (HC), y bajo ciertas condiciones NO<sub>x</sub> (óxidos de Nitrógeno). (Arroba, y otros, 2017)

**Tabla 4-2: Índice de la calidad del aire.**

<b>Valores AQI</b>	<b>Descripción de la calidad de aire</b>	<b>Problemas que causa a la salud</b>
0-50	Buena	Ninguno
51-100	Moderada	Ninguno
101-150	Insalubre para grupos sensibles.	Personas con enfermedades cardiovasculares como angina. Deben limitar esforzarse.
151-200	Insalubre	Personas con enfermedades cardiovasculares como angina. Deben limitar esforzarse fuertemente y evitar las fuentes de CO.
201-300	Muy insalubre	Personas con enfermedades cardiovasculares como angina. Evitar las fuentes de CO como el tráfico pesado de automóviles.
301-500	Peligroso	Personas con enfermedades cardiovasculares. Evitar las fuentes de CO como el tráfico pesado de automóviles.

Fuente: (Arroba, y otros, 2017)

### **2.13.2. Control de emisiones contaminantes.**

Los efectos de los gases de escape de nuestros vehículos se estudian desde hace más de 40 años ya que son perjudiciales para la salud y para el medio ambiente. En los países más desarrollados existen regulaciones que definen y limitan esos gases para reducir sus efectos nocivos. En los últimos 15 años se ha experimentado una considerable disminución de emisiones, a costa de equipar tecnología altamente sofisticada y filtros que “limpian” esos gases para hacerlos menos dañinos. (VIMAP, 2016)

Para reducir los niveles de emisiones de los vehículos, existen varios marcos de legislación. Vamos a comparar dos de los más significativos: europeo y estadounidense, estándares de la regulación de emisiones, prácticamente a nivel global. (VIMAP, 2016)

La norma de emisiones va evolucionando a medida que avanza la tecnología, obligando a los fabricantes de vehículos a hacer uso de ella para reducir paulatinamente los contaminantes emitidos por sus vehículos. (VIMAP, 2016)

**Tabla 5-2: Límites de emisiones por contaminante en la unión europea.**

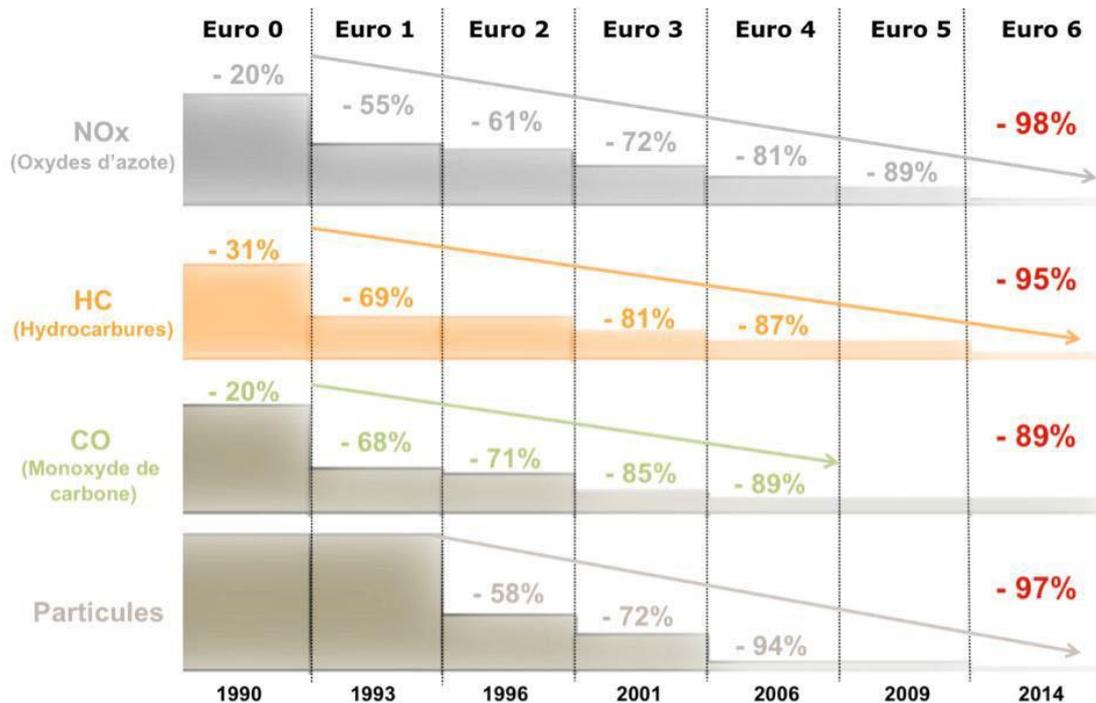
Límites de emisiones por contaminante en la Unión Europea (g/km)						
Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM (ppm)
<b>Diésel</b>						
Euro I	Julio de 1992	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	0,14 (0,18)
Euro II	Enero de 1996	1,0	-	0,7	-	0,08
Euro III	Enero de 2000	0,64	-	0,56	0,50	0,05
Euro IV	Enero de 2005	0,50	-	0,30	0,25	0,025
Euro V	Septiembre de 2009	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro VI	Septiembre de 2014	0,50	-	0,17	0,08	0,005
<b>Gasolina</b>						
Euro I	Julio de 1992	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	-
Euro II	Enero de 1996	2,2	-	0,5	-	-
Euro III	Enero de 2000	2,30	0,20	-	0,15	-
Euro IV	Enero de 2005	1,0	0,10	-	0,08	-
Euro V	Septiembre de 2009	1,0	0,10	-	0,06	0,005 <sup>b</sup>
Euro VI	Septiembre de 2014	1,0	0,10	-	0,06	0,005

\* Antes de Euro V turismos > 2500 kg estaban clasificados en la categoría Vehículo industrial ligero N1 - I  
 Tabla en g/km salvo PM (partículas) en partes por millón (PPM)

Fuente: (VIMAP, 2016)

### 2.13.2.1. Método de ensayo para la homologación en la Unión Europea

Para la comprobación de emisiones para homologación existe un circuito estándar, “nuevo ciclo de conducción europeo” o NEDC, que reproduce unas condiciones de circulación que combinan cuatro tramos de conducción urbana (ECE15) con uno extraurbano (EUDC) con un total de 11.027 m y una duración total de, aproximadamente, 20 minutos. Velocidad media de 33,6 km/h y tiempo a ralentí de 300 s (un 25% del total). Por ello, los vehículos con sistema Start & Stop consiguen rebajar mucho las emisiones de homologación, puesto que, durante ese tiempo, el vehículo directamente no emite. (VIMAP, 2016)



**Figura 28-2.** Reducción de emisiones contaminantes en la unión europea.

Fuente. (VIMAP, 2016)

#### 2.14. Convertidor L2C

El acrónimo I2C o L2C significa Inter Integrated Circuit; es decir, que cuando se habla de este convertidor se quiere significar un bus cuyo ámbito de aplicación es la comunicación entre circuitos integrados. En este momento tal vez el lector pueda extrañarse de tal concepto, puesto que posiblemente piense en la manera natural en la que se interconectan diversos circuitos integrados. (Fernández, 2011)

Por ejemplo, si se considera un microprocesador y el tipo de circuitos que habitualmente forman parte de su sistema (memorias RAM, EEPROM, y periféricos como conversores A/D y D/A, puertos paralelos, pantallas alfanuméricas de cristal líquido, etcétera) entonces automáticamente se pensará en que el modo normal de conectar dichos circuitos es haciendo uso del bus paralelo al nivel de componente o de sistema. Efectivamente, esto permite conseguir el máximo rendimiento en términos de velocidad de la unidad central de procesos. (Fernández, 2011)

El Comité I2C es el encargado, entre otras cuestiones, de asignar las direcciones I2C a cada tipo de circuito. De esta manera cada función implementada, independientemente del fabricante, posee la misma dirección; es decir, circuitos que realicen funciones

equivalentes deberán poseer la misma dirección oficial I2C independientemente del fabricante. (Fernández, 2011)

Antes de continuar es conveniente aclarar una cuestión; se ha dicho que cualquier circuito integrado puede poseer un bus I2C, y por tanto existen circuitos de memoria RAM y ROM (EEPROM) pero su finalidad no estriba en contener datos normales y programa sino parámetros funcionales que han de accederse de tarde en tarde. (Fernández, 2011)

En el caso de la EEPROM lo común es utilizarla para contener parámetros que definen la configuración del sistema y que han de retenerse en ausencia de alimentación (por ejemplo, las sintonías en un aparato de TV). Los circuitos de RAM y ROM habituales serán, por supuesto, de tipo paralelo tradicional; dicho de otra manera, las memorias I2C nunca se encuentran mapeadas en la memoria del sistema. (Fernández, 2011)

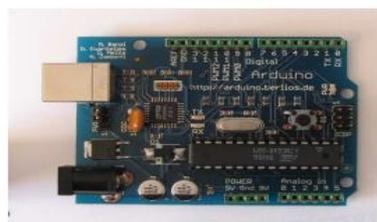
## 2.15. **Arduino.**

Arduino es una plataforma open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, y en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. (Lagunak, 2015)

Su corazón es el chip Atmega8, un chip sencillo y de bajo coste que permite el desarrollo de múltiples diseños. (Lagunak, 2015)

Al ser open-hardware tanto su diseño como su distribución es libre. Es decir, puede utilizarse libremente para desarrollar cualquier tipo de proyecto sin tener que adquirir ningún tipo de licencia. (Lagunak, 2015)

Arduino puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede conectarse a un PC a través del puerto serie utilizando lenguajes como Flash, Processing, MaxMSP, etc. (Lagunak, 2015)



**Figura 29-2.** Placa Arduino USB

**Fuente:** (Lagunak, 2015)

## 2.16. **Manufactura 3D**

La impresión 3D, o manufactura aditiva, es un grupo de tecnologías de fabricación que, partiendo de un modelo digital, permiten manipular de manera automática distintos materiales y agregarlos capa a capa de forma muy precisa para construir un objeto en tres dimensiones. (Intranet, 2016)

Los tipos de impresión disponibles actualmente son de compactación, con una masa de polvo que se compacta por estratos, y de adición, o de inyección de polímeros, en las que el propio material se añade por capas; dependiendo del método de compactación utilizado se puede clasificar en: (Intranet, 2016)

### 2.16.1. *Impresoras 3D de tinta*

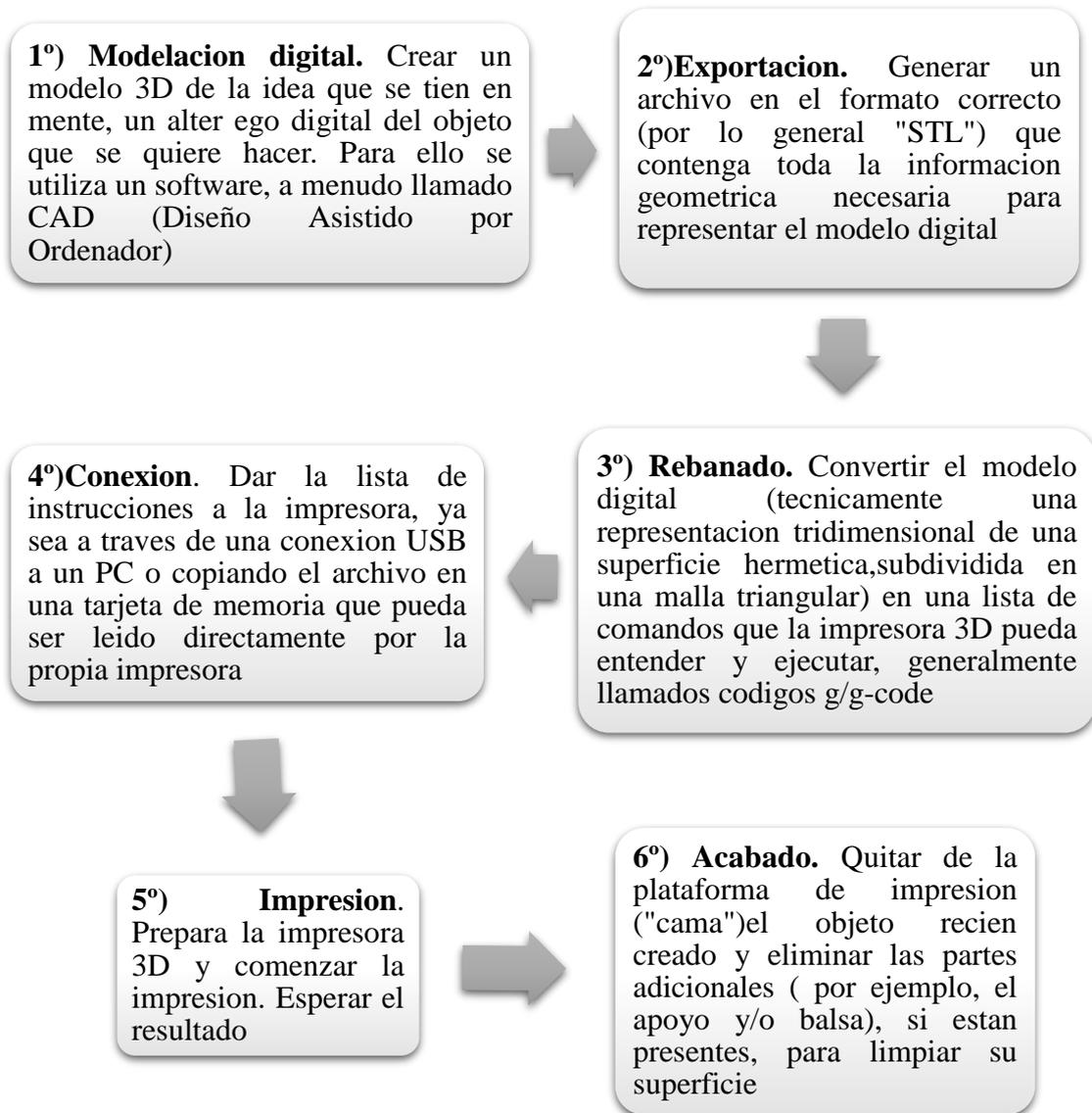
Utilizan una tinta aglomerante para compactar el polvo. El uso de una tinta permite la impresión en diferentes colores.

### 2.16.2. *Impresoras 3D láser*

Un láser transfiere energía al polvo haciendo que se polimerice. Después se sumerge en un líquido que hace que las zonas polimerizadas se solidifiquen.

### 2.16.3. *Funcionamiento de la impresión 3D*

En el proceso que va desde la fase de preparación del modelo hasta la de fabricación del prototipo, bastante largo y complejo, participan muchas partes diferentes que deben interactuar y trabajar juntas fluidamente: (Intranet, 2016)



**Figura 30-2.** Proceso de la impresión 3D.

Fuente: (Intranet, 2016)

#### 2.16.4. Tecnologías de la impresión 3D

Existe una gran diversidad de métodos disponibles para la impresión 3D. Sus principales diferencias se encuentran en la forma en la que se usan las diferentes capas para crear piezas. Algunos métodos como el modelado por deposición fundida (FDM) o el sinterizado selectivo por láser (SLS) utilizan fundido o ablandamiento del material para producir las capas, mientras que otros depositan materiales líquidos que son tratados con diferentes tecnologías. (Intranet, 2016)

En la siguiente tabla se resumen las principales tecnologías disponibles:

**Tabla 6-2:** Métodos de impresión 3D.

<b>Tipo</b>	<b>Tecnologías</b>	<b>Materiales</b>
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM)	Termoplásticos (PLA, ABS), metales eutécticos, materiales comestibles
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF3)	Casi cualquier aleación de metal
Granulado	Sinterizado de metal por láser (DMLS)	Casi cualquier aleación de metal
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
	Sinterizado selectivo por láser (SLS)	Termoplásticos, polvos metálicos, polvos cerámicos
	Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
Laminados	Laminado de capas (LOM)	Papel, papel de aluminio, capa de plástico
Fotoquímicos	Estereolitografía (SLA)	Fotopolímeros y resinas fotosensibles
	Fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC)	Fotopolímeros y resinas fotosensibles

Fuente: (Intranet, 2016)

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 3.1. Metodología

Para realizar el Diseño y construcción de un sistema de control electrónico de posición de la mariposa de gases, se utilizará metodologías las cuales ayudarán a la realización del proyecto.

##### 3.1.1. *Investigación bibliográfica*

Se utilizará fuentes bibliográficas para la recolección de información que ayudará a entender las etapas y pasos del diseño y construcción del sistema de control electrónico de posición de la mariposa de gases.

##### 3.1.2. *Investigación tecnológica*

En el presente trabajo se realizará la recolección de información que ayudará con el diseño y construcción del sistema de control electrónico, utilizando herramientas tecnológicas (Microcode, Proteus), para obtener el circuito que será utilizado para el diseño del mismo.

##### 3.1.3. *Técnica para la recolección de la información:*

Análisis documental.- Por medio de esta técnica se logró recopilar y clasificar la información necesaria para declarar las teorías que sirven de sustento a este proyecto, recurriendo a la investigación bibliográfica mediante la cual se obtuvo información de fuentes primarias como artículos científicos y fuentes secundarias que constan en libros, revistas y documentos en general.

Diagramas de flujo.- Mediante la representación pictórica de los pasos que se utilizaran para el proceso de diseño y construcción del sistema de control de posición de la mariposa de gases se logrará obtener el resultado final.

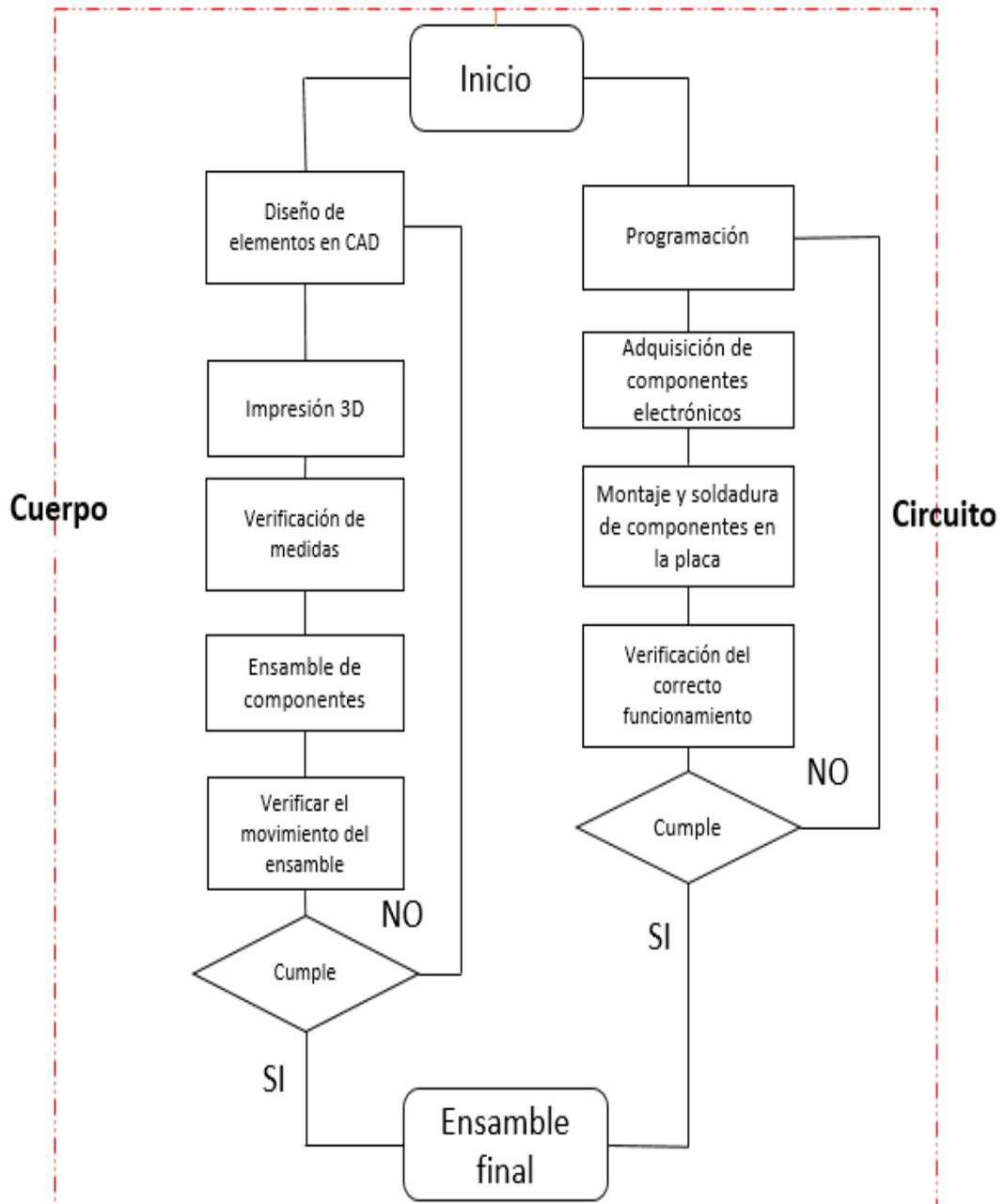
##### 3.1.4. *Instrumentos de investigación:*

Análisis de documentos.- Fichas bibliográficas para recopilar datos de los diferentes textos consultados, fuentes, autores, editoriales y otros.

Software especializado. - Con el uso de estos software se diseñará el sistema de control electrónico de posición de la mariposa de aceleración, obteniendo resultados a través de la simulación, para posteriormente construirlo.

### 3.2. Diagrama de Diseño

En la figura 1-3 se presenta el diagrama de flujo que se utilizará para el diseño y construcción del sistema de control electrónico de la posición de la mariposa de gases, basado en la simbología de la norma ANSI. Ver ANEXO C



**Figura 1-3.** Diagrama de diseño

Fuente: Los Autores

### 3.3. **Diseño del equipo**

En esta etapa se va a describir de forma ordenada y detallada el procedimiento que se utilizará para la elaboración del diseño del sistema de control electrónico de la mariposa de gases.

#### 3.3.1. *Parámetros de diseño*

Este sistema se diseñará para implementarlo en vehículos de la serie Corsa Wind, debido a que este modelo es de gran aceptación en el mercado nacional y no cuenta con sistema de acelerador electrónico, por lo cual se utilizará como base el cuerpo de aceleración original del vehículo para el desarrollo del sistema.

#### 3.3.2. *VARIABLES de diseño*

Este proyecto se basa en el estudio de la interrelación de 2 variables una dependiente representada por la posición del pedal del acelerador y una variable independiente que viene a ser la posición de la mariposa de aceleración, y como esta interrelación ejerce influencia en el tiempo de inyección.

Siendo la expresión matemática que rige este proceso:

$$Y = AX^E + B \tag{1}$$

Y= posición de la mariposa de aceleración

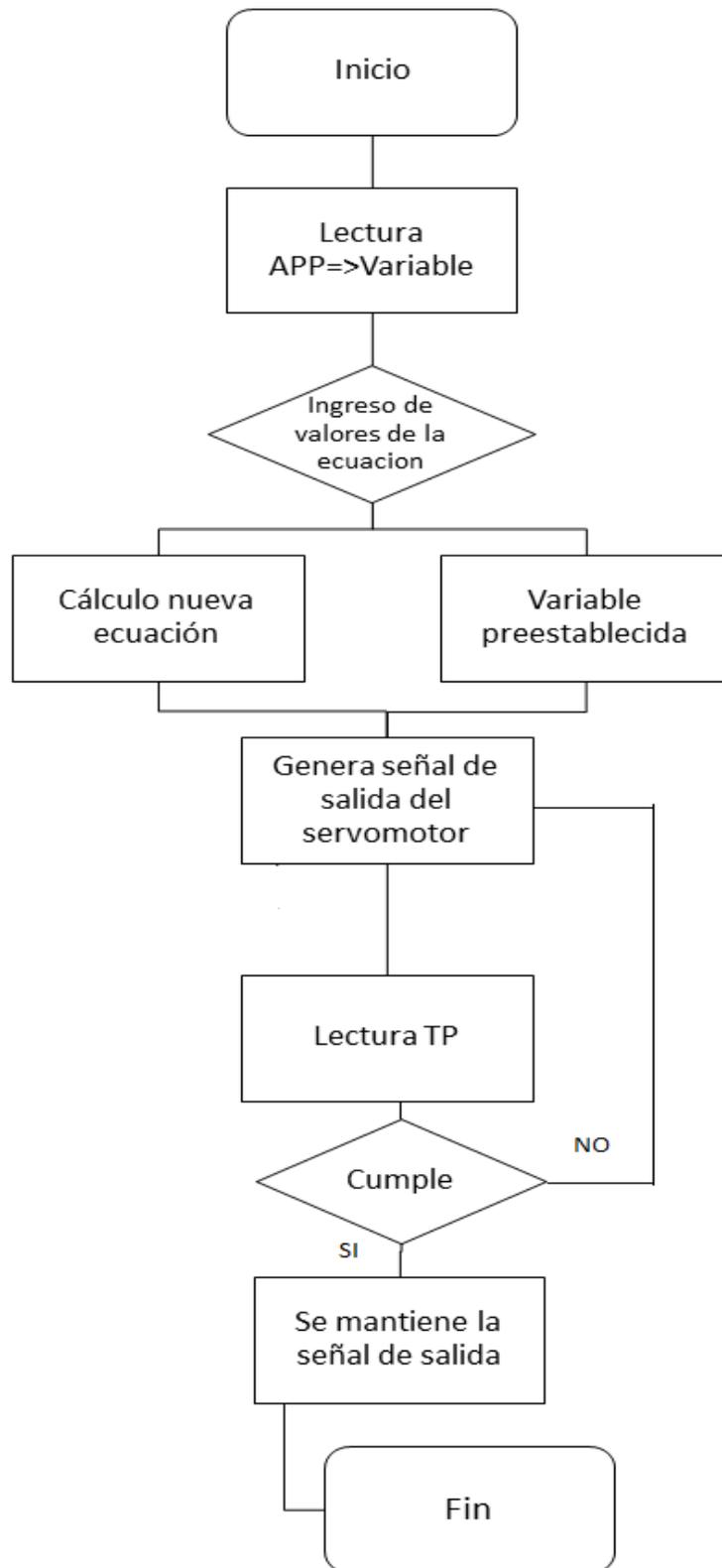
X= posición del pedal del acelerador

A y B=son coeficientes que modifican la relación entre las dos variables

E= exponente

#### 3.3.3. *Diagrama de flujo de trabajo del sistema.*

Todo el sistema estará regido por una sucesión de eventos coordinados y previamente establecidos con el fin de procesar las señales y obtener una señal de salida de la forma más eficiente posible, este proceso se describe a continuación.



**Figura 2-3.** Diagrama de flujo de trabajo del sistema

Fuente: Los Autores

### 3.3.4. *Diseño de la electrónica de control*

Para el desarrollo de la electrónica de control se optará por dividir en dos etapas: programación y parte física.

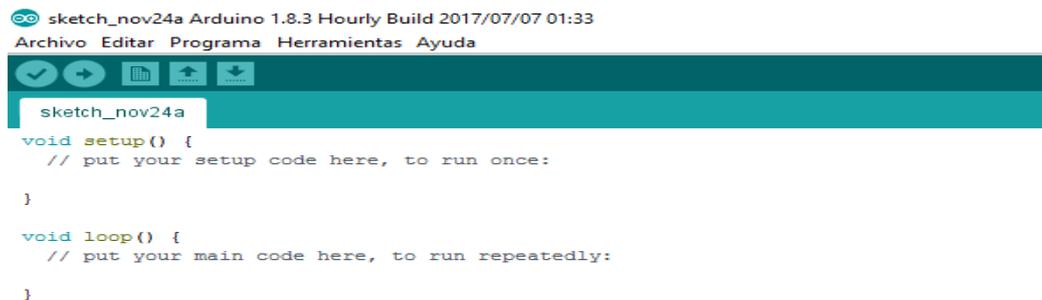
#### 3.3.4.1. *Programación de la electrónica de control*

Es necesario desarrollar un adecuado software que sea capaz de procesar todas las señales de entrada como son: Señales del pedal de aceleración (APP), y posición de la mariposa de aceleración (TP), determinando en base a estas señales la posición más eficiente para la mariposa de gases, así como el promedio en el tiempo de inyección y como estas varían según las curvas de operación.

El proyecto está diseñado en base a múltiples plataformas de Arduino como son: Uno y pro-mini, siendo necesario para cumplir los requerimientos de control del sistema, también se utilizará fuentes, reguladores y opto acopladores que permitan el intercambio de datos procesados, así como la interacción entre ellos.

El lenguaje de programación que se utilizó es el ID de Arduino dada su sencillez y fiabilidad además que este nos brinda una gama completa de librerías y códigos ya compilados.

Controlar el acelerador electrónico ver ANEXO A

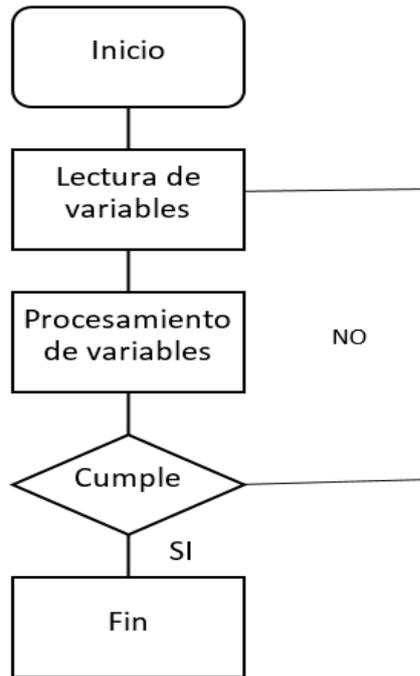


**Figura 3-1** Entorno de Programación Arduino

Fuente.: Los Autores

#### 3.3.4.2. *Diagrama de flujo de la programación.*

En la figura 4-3 se presenta el diagrama de flujo de la programación que se va a utilizar para el desarrollo del diseño de la electrónica de control



**Figura 4-3.** Diagrama de flujo de la programación

Fuente: Los Autores

#### 3.3.4.3. Especificaciones de la programación.

El software fue concebido para el control de todo el sistema de hardware incluida la realización de operación lineales y la admisión de ecuaciones de primer grado, mediante esto posibilita la interacción de los diferentes componentes como son: sensores de lectura de posición y medición de tiempo de inyección, para en base a estos generar señales de salida que controle la posición del servomotor y su monitoreo. La programación se divide en los siguientes bloques:

#### 3.3.4.4. Creación de variables y asignación de valores

En esta etapa se declaran variables de tipo (inti, Long, const int), las cuales son capaces de almacenar distintos tipos de valores que pueden cambiar de acuerdo a los requerimientos del sistema y las señales de entrada, esto nos permite realizar cálculos de una manera rápida y sencilla ya que la misma variable puede tener distintos valores dependiendo de sus requerimientos.

```
Arduino 1.8.3 Hourly Build 2017/07/07 01:33
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
_21-11
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Debe descargar la Libreria que controla el I2C
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,4);
Servo miServo;
const int pinPot = A1;
int duracion11;
int duracion12;
const int pinServo = 8;
const int pulsoMin = 700;
const int pulsoMax = 2400;
const int valor1 = A0;
int valor11;
int a11;
int a13;
int duracion13;
int a12;
int Total;
int Promedio;
int valor7;
int i ;
int atras;
int arriba;
int abajo;
int enter;
int tps;
int valor9;
//... //... de ...
```

**Figura 5-3.** ID (Declaración de variables)

Fuente: Los Autores

### 3.3.4.5. Proceso de cálculo

Se lee los valores de los sensores que monitorean las entradas como son: posición del pedal de aceleración y posición de la mariposa de gases (APP y TP), posteriormente almacenarlos en las variables previamente creadas, mediante el uso de estas variables ejecutar las operaciones lógicas matemáticas especificadas en el código fuente.

```
Arduino 1.6.6 Hourly Build 2015/06/30 04:02
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
_21-11
INGRESOLCDB:
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Ingrese valores ");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Y = AX(E)+B");
  lcd.setCursor(-3,2);
  lcd.print("A=");

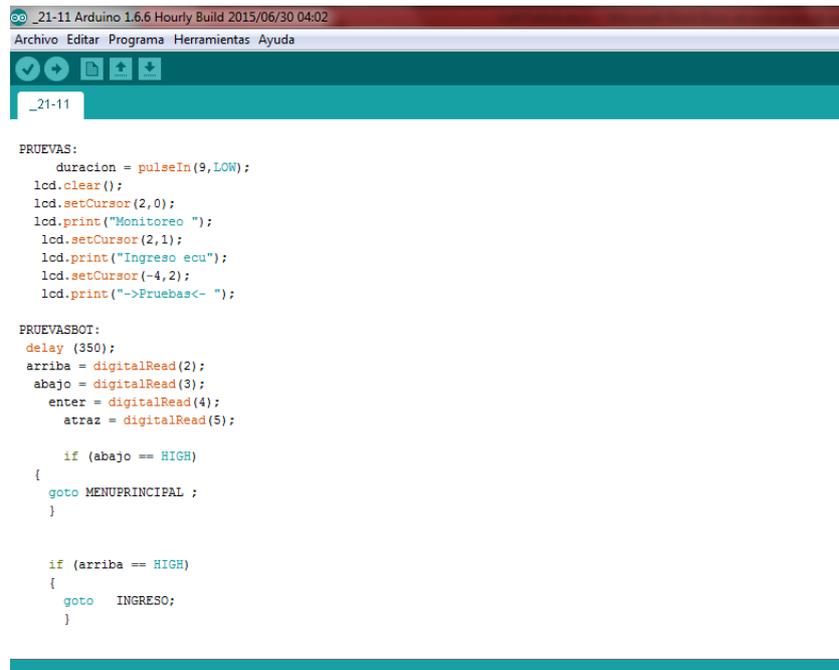
  lcd.setCursor(2,2);
  lcd.print("/20");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print(variablea);
  lcd.setCursor(6,2);
  lcd.print("B?=");
  lcd.setCursor(9,2);
  lcd.print(variableb);
  lcd.setCursor(2,3);
  lcd.print("E=");
  lcd.setCursor(4,3);
  lcd.print(variablec);
INGRESOLCDBOT:
delay(350);
  arriba = digitalRead(2);
  abajo = digitalRead(3);
  enter = digitalRead(4);
  atras = digitalRead(5);
```

**Figura 6-3.** ID (Proceso)

Fuente: Los Autores

### 3.3.4.6. Obtención de señales de salida

Posterior al proceso de ejecución del cálculo se obtienen señales de salida que son almacenadas en distintas variables para regular y controlar la posición del servomotor que a su vez controla la posición de la mariposa de gases, mediante pulsos cuadrados de diferente longitud.



```
Arduino IDE: _21-11 Arduino 1.6.6 Hourly Build 2015/06/30 04:02
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

PRUEVAS:
  duracion = pulseIn(9,LOW);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("Monitoreo ");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Ingreso ecu");
  lcd.setCursor(-4,2);
  lcd.print("->Pruebas<- ");

PRUEVABOT:
  delay (350);
  arriba = digitalRead(2);
  abajo = digitalRead(3);
  enter = digitalRead(4);
  atraz = digitalRead(5);

  if (abajo == HIGH)
  {
    goto MENUPRINCIPAL ;
  }

  if (arriba == HIGH)
  {
    goto INGRESO;
  }
```

**Figura 7-3.** ID (Señales de salida)

Fuente. Los Autores

### 3.3.5. Diagrama del circuito

Todo el sistema está regido por el siguiente sistema de control donde se muestran los siguientes subsistemas (control electrónico y accionamiento mecánico) y su interacción.

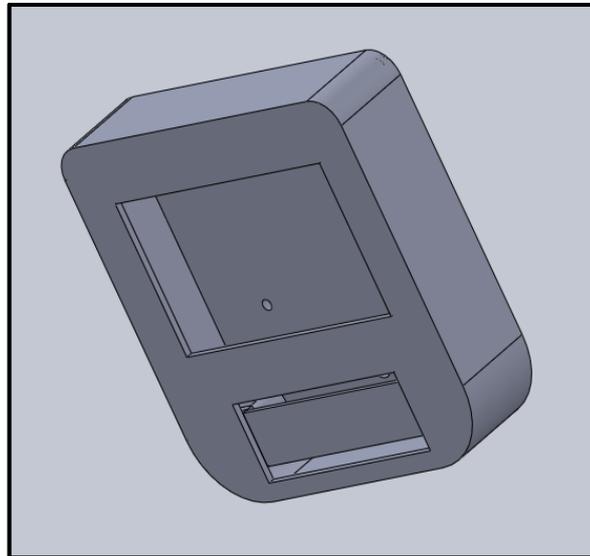
Control electrónico. - es el encargado de la recepción y procesamiento de señales de los sensores para su posterior ingreso a la ecuación preestablecida y cálculo de una señal de salida para el control del servomotor.

Accionamiento mecánico. - este subsistema se encarga de transformar las magnitudes físicas en señales eléctricas que puedan ser reconocidas por el sistema de control electrónico como son: posición del pedal de aceleración y servomotor



### 3.3.5.1. Parte física de la electrónica de control

Considerando criterios de impresiones 3D se optó por diseñar a través de este medio la mayoría de elementos físicos, en la figura 8-3 se muestra el ensamble del módulo de comandos y posteriormente su despiece.

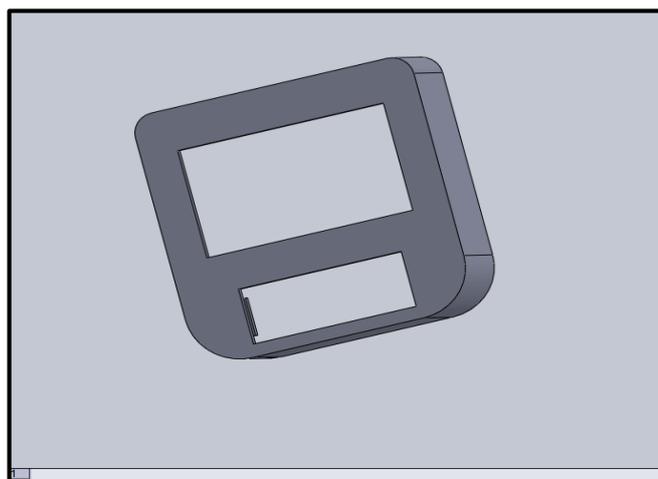


**Figura 9-3.** Módulo de comandos

Fuente: Los Autores

#### 3.3.5.1.1. Carcasa del módulo de comandos

Es la encargada de sostener al LCD y el teclado en una posición adecuado que permite su correcta manipulación y visualización.

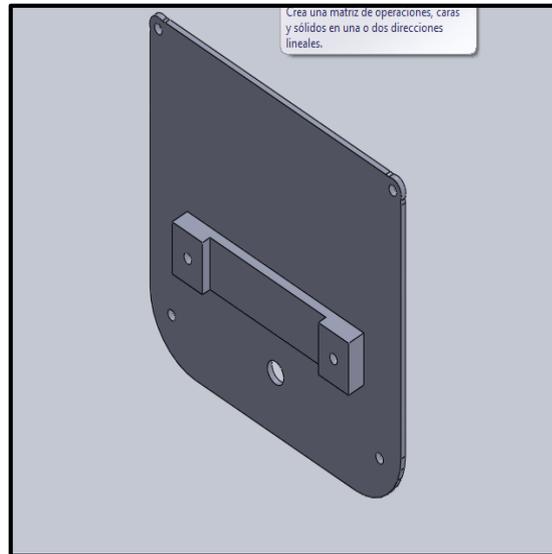


**Figura 10-3.** Carcasa del módulo de comandos

Fuente: Los Autores

### 3.3.5.1.2. Tapa del módulo de comandos.

Esta pieza tiene la función de cubrir la abertura posterior del módulo de comandos fijándose a esta por medio de 4 tornillos.

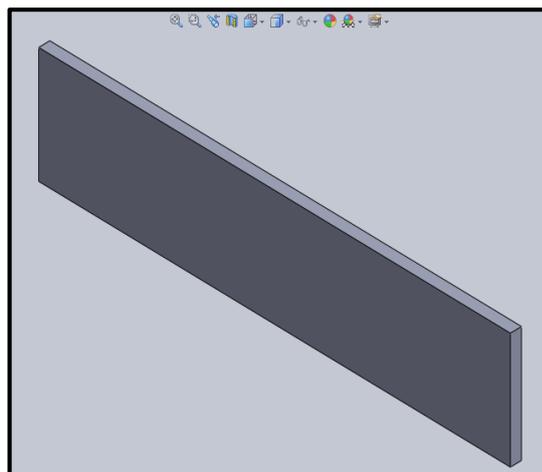


**Figura 11-3.** Tapa del módulo de comandos

**Fuente:** Los Autores

### 3.3.5.1.3. Soporte de teclado

Este elemento es el encargado de sujetar al teclado de la caja de control.

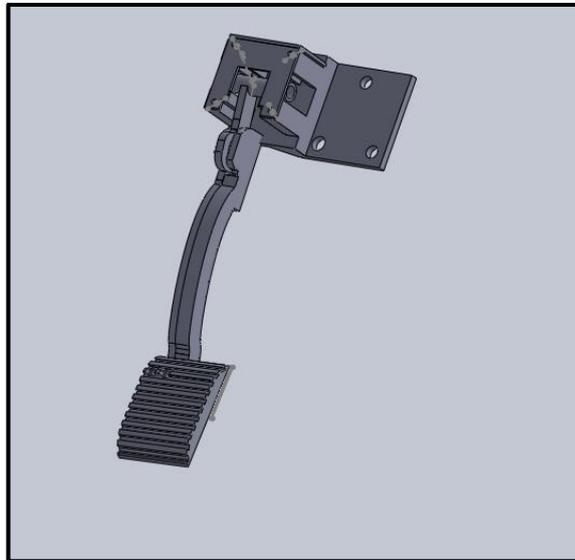


**Figura 12-3.** Soporte de teclado

**Fuente:** Los Autores

### 3.3.6. *Diseño del pedal de aceleración*

Este mecanismo consta de 5 partes las cuales fueron desarrolladas en el programa SolidWorks para posteriormente imprimirlos en la figura 11-3 se observa el ensamble del mecanismo.

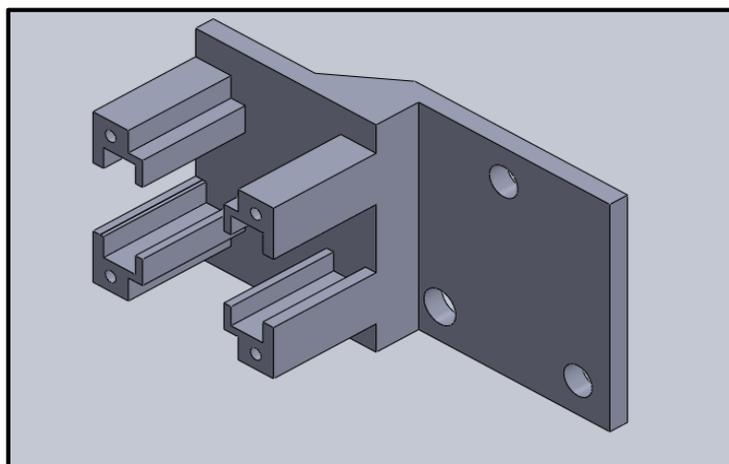


**Figura 13-3.** Ensamble final del pedal de aceleración

Fuente. Los Autores

#### 3.3.6.1. *Base de anclaje a la carrocería.*

Esta parte es la encargada de fijar el pedal a la carrocería del vehículo, además de albergar los rodamientos.

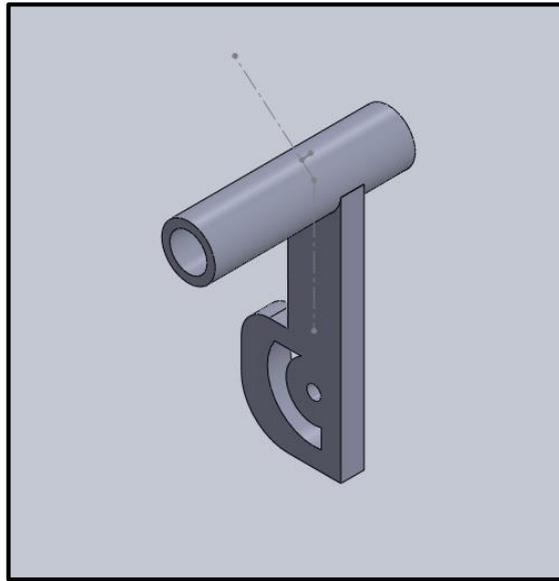


**Figura 14-3.** Base de Anclaje a la carrocería

Fuente: Los Autores

### 3.3.6.2. Eje principal

Está encargado de transmitir movimiento a los sensores.

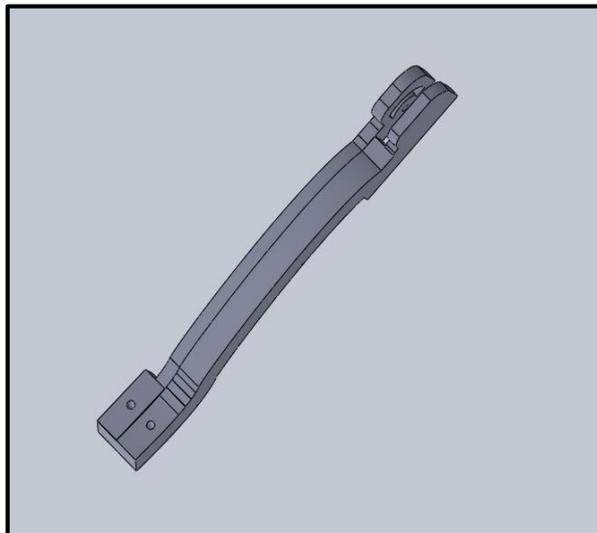


**Figura 15-3.** Eje principal

Fuente: Los Autores

### 3.3.6.3. Acoplamiento entre el eje principal y el pedal

Transmite el movimiento del pedal hacia el eje principal.

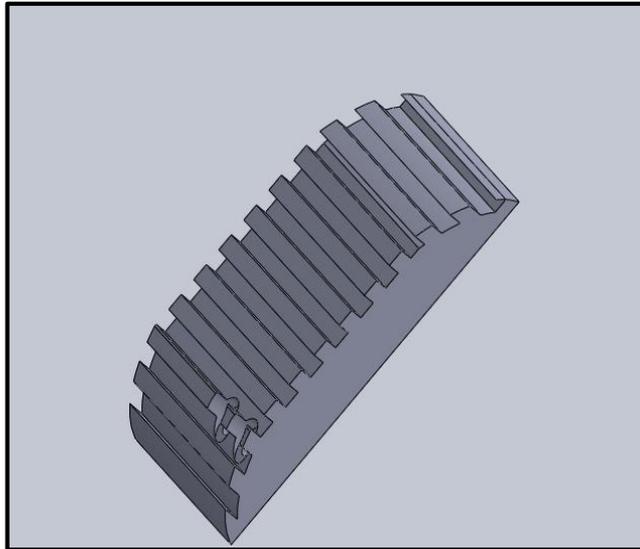


**Figura 16-3.** Acoplamiento entre el eje principal y el pedal

Fuente: Los Autores

#### 3.3.6.4.El pedal.

Es el encargado de recibir la fuerza que el usuario ejerce al presionar y transmitir al eje principal, este debe cumplir requerimientos de dureza y comodidad.



**Figura 17-3.** Pedal de aceleración

Fuente: Los Autores

#### 3.4. Construcción del equipo

Para satisfacer los requerimientos de precisión y confiabilidad de este proyecto se optó por seleccionar materiales que cumplan con las funciones que requiere el proyecto y se adapten al mismo.

En la tabla 1-3 se enlista los materiales y la cantidad que se ha de utilizar para el diseño y construcción del sistema de control de la mariposa de gases, de la misma manera a continuación se describirá las características de los materiales más relevantes que van a intervenir en el proyecto.

**Tabla 1-3:** Selección de materiales

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
Arduino Uno	1
Arduino Pro-mini	1
Fuente estabilizadora a 5v	1
Fuente reguladora a 9v	1
Fuente reguladora a 6v	1
Opto acoplador	1
Base de opto acoplador	1
Resistencias de 10K	4
Resistencias de 1K	3
Resistencias de 90K	1
Servomotor de 27 Kg*m	1
Condensador de 0,1Uf	1
1 LCD de 16*4	1
Base de teclado 4*1	1
Acople serial macho y hembra	8
Capacitor 22 Pf	2
Terminales de conexión macho y hembra	25
Pines macho y hembra	17
Cable serial de 10	1
Convertidor I2C	1
Regulador 7805	1
Cable multifilar N° 18	6m
Cable multifilar N° 22	12m
Cable multifilar N° 16	8m
Material ABS	2 Kg
Termoencojible	10m
Tornillería	25 unidades.

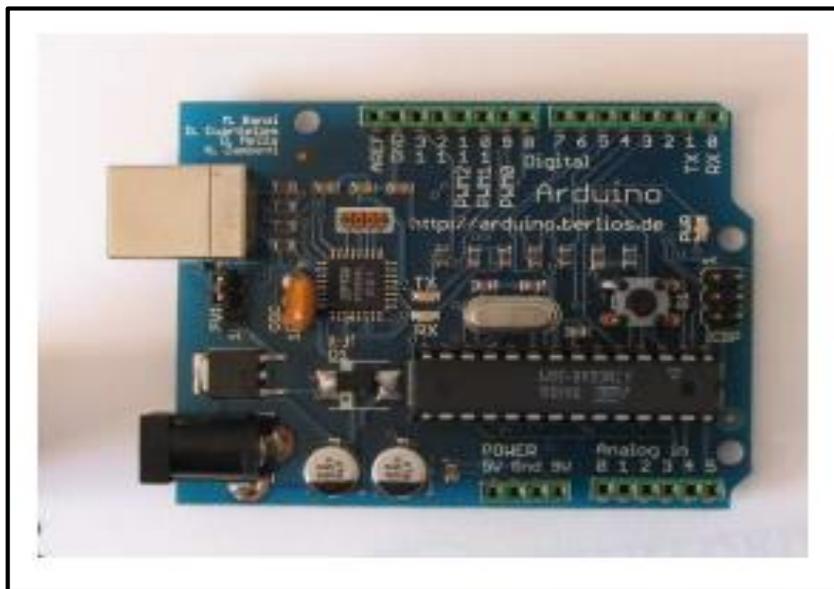
**Fuente:** Los Autores

### 3.4.1. *Características generales de los materiales*

A continuación, se enumera las características generales de cada uno de los materiales más relevantes utilizados que se ha decidido utilizar debido a su versatilidad, confiabilidad y su correcta interrelación con los componentes tanto del automóvil (batería, inyectores, sensor TPS).

#### 3.4.1.1. *Arduino Uno*

Se escogió este componente debido a que su oscilador posee un oscilador de frecuencia de 12MHz lo cual nos da una mayor velocidad de procesamiento este dispositivo posee un micro controlador ATMEGA328P, que es la parte central de este dispositivo además de un cristal de oscilador de cuarzo de 12 MHz que proporciona la señal de entrada de reloj, además de un convertidor USB-TTL que permite la comunicación directo del Arduino con el puerto USB de la computadora , esta placa funciona con 5V de corriente continua, pero puede ser alimentada directamente de la batería del automóvil ya que posee un regulador de voltaje de 5V de salida y hasta 19 V de entrada, dentro de la salidas destacan 5 análogas y 13 digitales.



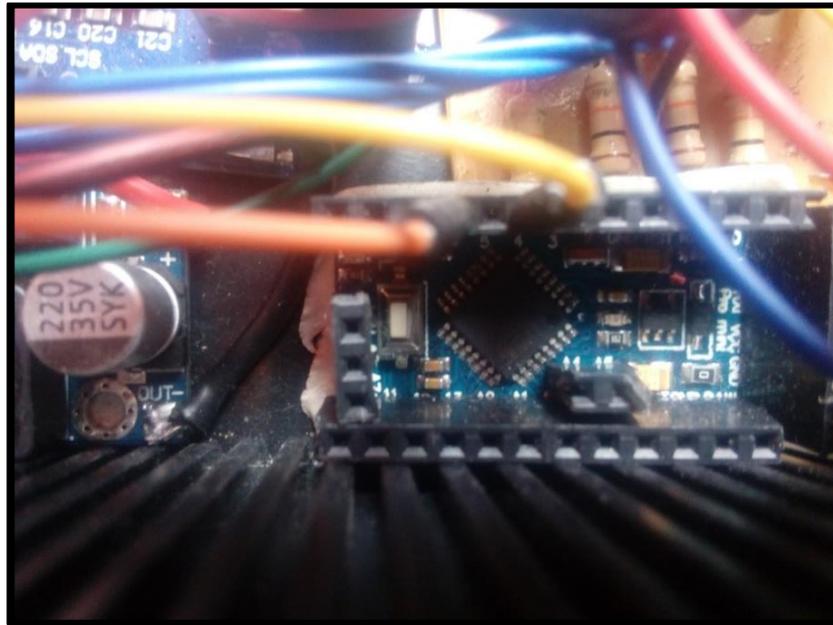
**Figura 18-3.** Arduino Uno

**Fuente:** Los Autores

#### 3.4.1.2. *Arduino Pro-mini*

Se decidió utilizar este dispositivo por su reducido espacio lo que implica un menor consumo de energía su placa que consta de un micro controlador ATMEGA328 (Con

tecnología montaje superficial), un cristal oscilador de 12 MHz que proporciona la entrada de reloj para el micro controlador, cabe recalcar que esta placa no posee un convertidor USB-TTL por esta razón es necesario un convertidor de este tipo para su programación, esta placa se puede alimentar exclusivamente con 5V ya que no posee reguladores de entrada.

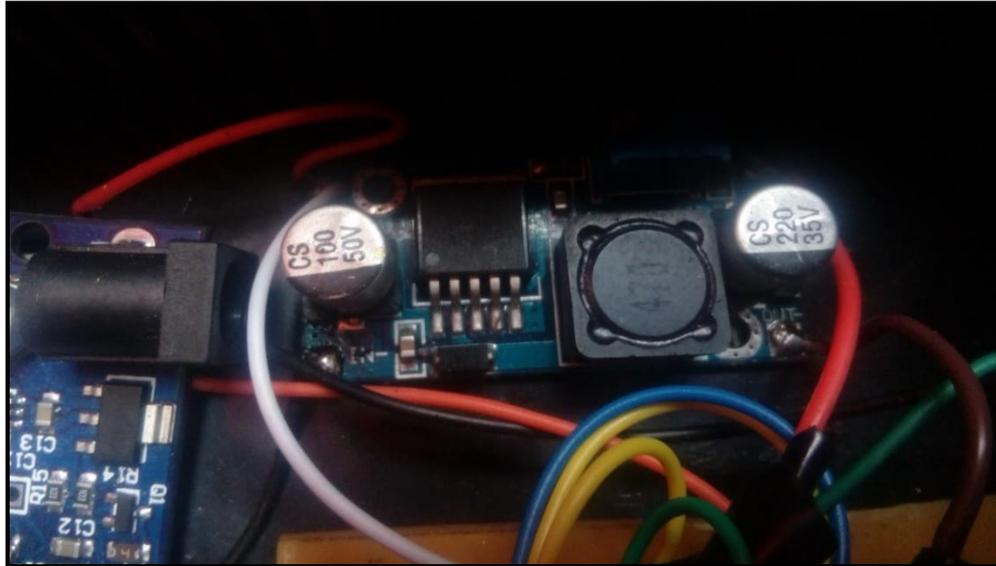


**Figura 19-3.** Arduino Pro-mini

**Fuente.** Los Autores

#### *3.4.1.3. Fuente*

La razón de la utilización de esta fuente es que tolera voltajes de entrada suministrada por la batería del automóvil, en cualquier etapa de funcionamiento, puede ofrecer voltajes de salida desde 1.1 V hasta 16V dependiendo del voltaje de alimentación, tolera voltajes de entrada desde 5V hasta 32 V consta de un potenciómetro de precisión para regular el voltaje de salida, además de un condensador para estabilizar las carga de 100 Uf a 50 V.

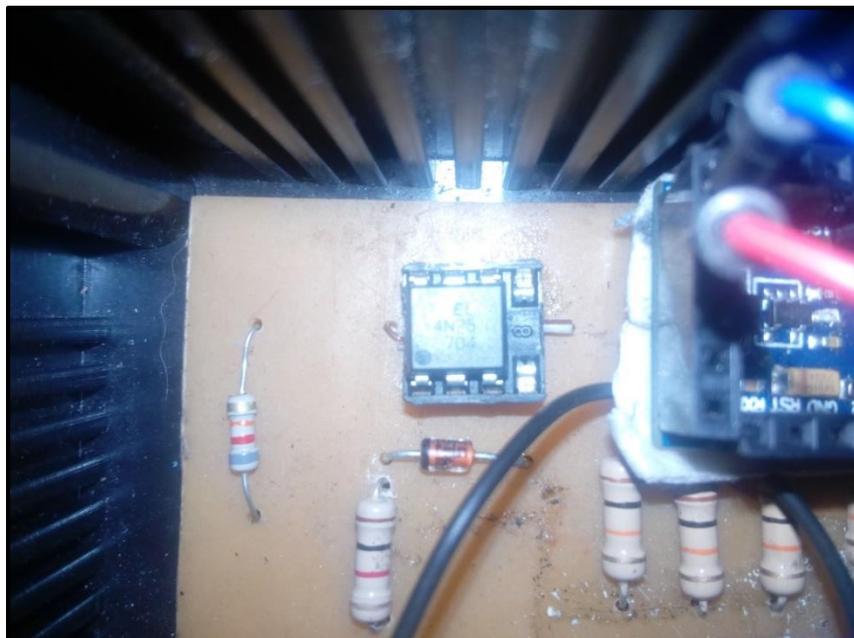


**Figura 20-3. Arduino Pro-mini**

Fuente: Los Autores

#### *3.4.1.4. Opto-acoplador*

Se decidió este optoacoplador debido a que tolera en su entrada picos de voltaje de hasta 120V lo que nos da un margen de seguridad en su funcionamiento, el opto-acoplador elegido fue el EL4N25, este consta internamente de un fotodiodo y fototransistor. El fototransistor de salida opera con 5V.



**Figura 21-3. Opto-acoplador**

Fuente: Los Autores

#### 3.4.1.5. Convertidor I2C para LCD

Se optó por utilizar este convertidor debido a que es el único en el mercado, se componente nos permite manejar la LCD utilizando solo 4 pines del Arduino mediante el protocolo de comunicación I2C, para lo cual recibe las señales de salida del puerto 4y5 del Arduino además de alimentación y masa de una fuente regulable.

#### 3.4.1.6. LCD

Se decidió utilizar este elemento debido a que en el menú debe mostrar 3 mensajes, este es un display alfanumérico de 16x4, que nos permite visualizar caracteres y números, este posee una memoria interna que permite el despliegue de mensaje aun cuando el Arduino haya dejado de enviar comandos de control o se haya desconectado.



**Figura 22-3. LCD**

Fuente. Los Autores

#### 3.4.1.7. Servomotor.

Se decidió optar por este elemento ya que su torque de 25Kgf abastece con un amplio margen de seguridad las necesidades del sistema, consta de un motor eléctrico de corriente continua acoplado a una caja reductora de engranajes para aumentar su torque y un sistema de control electrónico de posición mediante ancho de pulso.

La fuerza que se necesita para accionar la lengüeta de aceleración es 14N.



**Figura 23-3.** Servomotor

**Fuente:** Los Autores

#### *3.4.1.8. Material de Impresión 3D*

El material que se utilizó para la impresión 3D fue ABS, debido a que es un polímero compuesto básicamente por 3 componentes acrilonitrilo, butadieno y estireno por lo que se denomina terpolímero.

Cada uno de los tres componentes aporta características distintas. El acrilonitrilo rigidez, resistencia ataques químicos, dureza y estabilidad a altas temperaturas. El butadieno, tenacidad, rigidez, brillo, dureza, esta mezcla de propiedades hace que el producto final sea de gran aplicación en la fabricación. (Intranet, 2016)

Una vez seleccionado el material para la impresión 3D se procede a construir las piezas faltantes mediante la impresión 3D, ya que este es un método que nos permite construir piezas a medidas específicas y en las cantidades mínimas necesarias con un acabado superficial de buena calidad y gran resistencia.

#### *3.4.2. Ensamble de la electrónica de control.*

Iniciamos por conectar la salida de la fuente de alimentación de 5v al Arduino pro-mini y al opto acoplador, se conectó la entrada de la fuente de 5v a la tensión de la batería, se alimentó el Arduino Uno al voltaje directo de 12v garantizando así la alimentación la parte central de control para después conectar la señal del opto acoplador al puerto digital

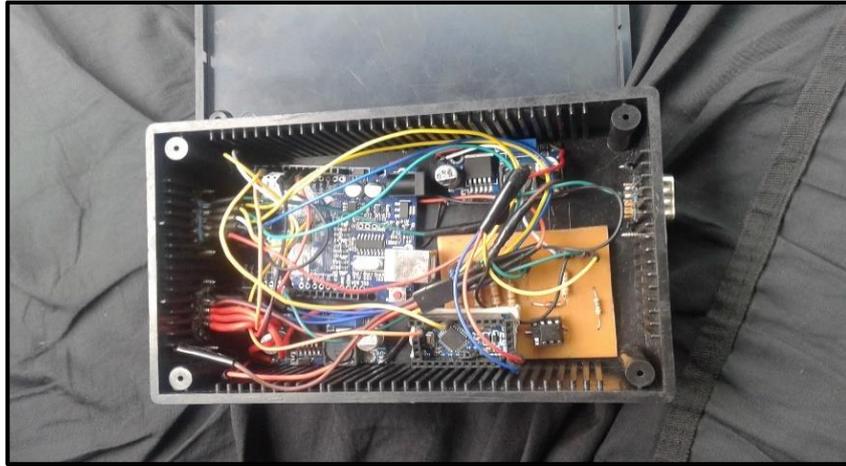
número 9 del Arduino Uno, para registrar el tiempo de inyección. Luego se conectó la salida de los sensores del pedal (APP), a las señales análogas A0 y A1 del Arduino Uno para monitorear la posición del pedal del acelerador, se enlazo la salida de los inyectores 1 y 4 con la entrada del opto acoplador ,después se enlazaron las resistencias de alimentación (10K) y de masa (1K) del opto acoplador, se conectaron los puertos análogos A5 y A4 del Arduino Uno con los terminales 1 y 2 del convertidor I2C, los terminales 3 y 4 de dicho convertidor se conectó a masa y a la salida de 5 V de la fuente regulada respectivamente. Finalmente se conectaron la salida de control del servomotor al pin digital número 8, además de conectarse los 4 botones de control a los puertos digitales 3, 4, 5,6 respectivamente.



**Figura 24-3.** Ensamble final de la parte de control

Fuente. Los Autores

Se empezó a montar la LCD sobre las bases impresas den 3D, se montó el teclado de forma similar asegurándolo su fijación con tornillos, finalmente se colocó la tapa trasera sujetándola de igual forma.



**Figura 25-3.** Ensamble del módulo de comandos

**Fuente:** Los Autores

La base del servomotor dado los requerimientos y los esfuerzos que debe soportar esta pieza se optó por construirlo en acero inoxidable el cual fue procesado (cortado y perforado) para darle la forma que permita el correcto acoplamiento del servomotor y posteriormente el acoplamiento de todo el conjunto en el múltiple y admisión.



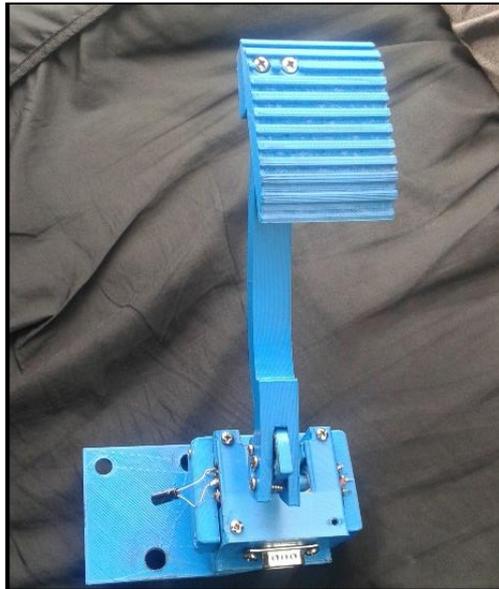
**Figura 26-3.** Ensamble base del servomotor

**Fuente:** Los Autores

#### 3.4.3. *Ensamble del cuerpo del acelerador.*

Se inicio por montar los rodamientos principales al anclaje de la carrocería posteriormente se acoplo el eje principal a los rodamientos para permitir su movilidad, posteriormente

se acoplaron los dos sensores APP al eje principal asegurándolos en su lugar con sus respectivas tapas, se colocó la tapa principal en la base del acoplamiento de la carrocería con el fin de imitar el movimiento axial de los rodamientos, se montó el rodamiento entre el acoplamiento del eje principal y pedal de aceleración y finalmente se ensambló el pedal de aceleración a dicho acoplamiento.



**Figura 27-3.** Ensamble final del pedal del acelerador

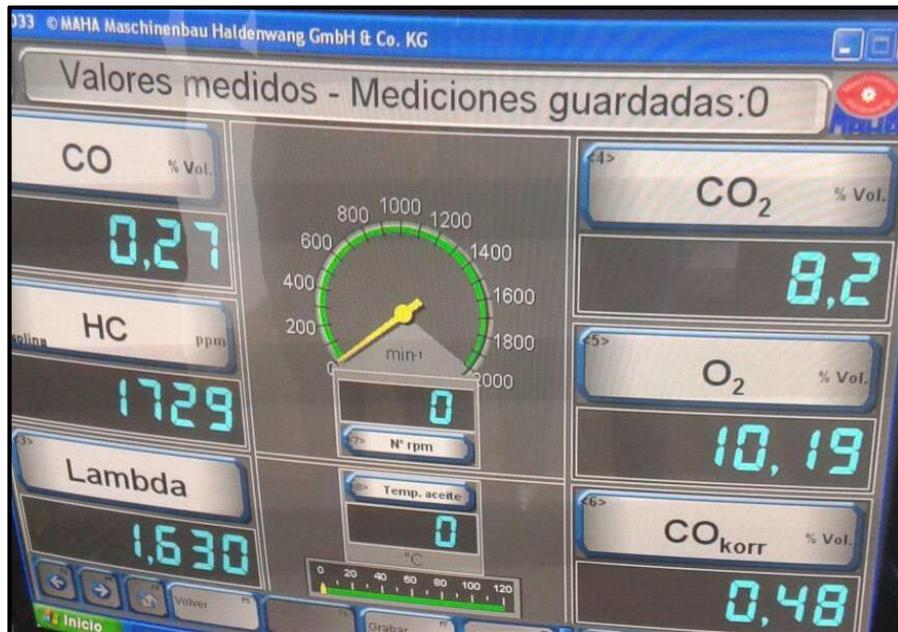
Fuente: Los Autores

### 3.5. Pruebas y funcionamiento

#### 3.5.1. Prueba con el analizador de gases

Para corroborar que el sistema construido es más eficiente que el sistema original del vehículo, se efectuó pruebas con el analizador de gases mismo que posee la Escuela de Ingeniería Automotriz. Ver ANEXO B

Calentamos al motor durante 10 min para que los resultados a obtener sean adecuados, insertamos la pinza en el tubo de escape e iniciamos la prueba con el sistema de cable el cual nos arrojó los siguientes valores.



**Figura 28-3.** Prueba con el acelerador con cable

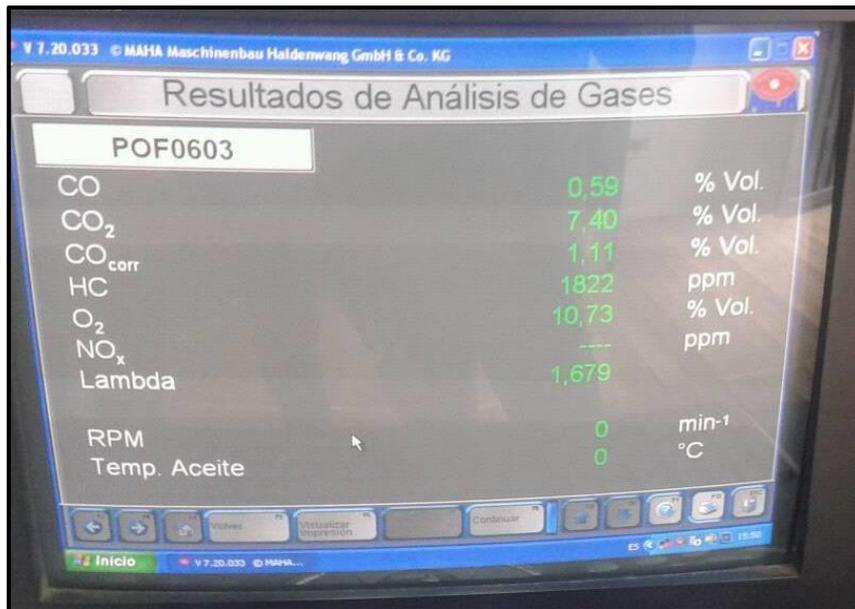
Fuente: Los Autores

De la misma manera efectuamos las diferentes pruebas con el sistema construido variando las curvas de operación para posteriormente realizar el análisis de resultados.



**Figura 29-3.** Prueba  $Y = 0,95X^1 + 0$

Fuente: Los Autores



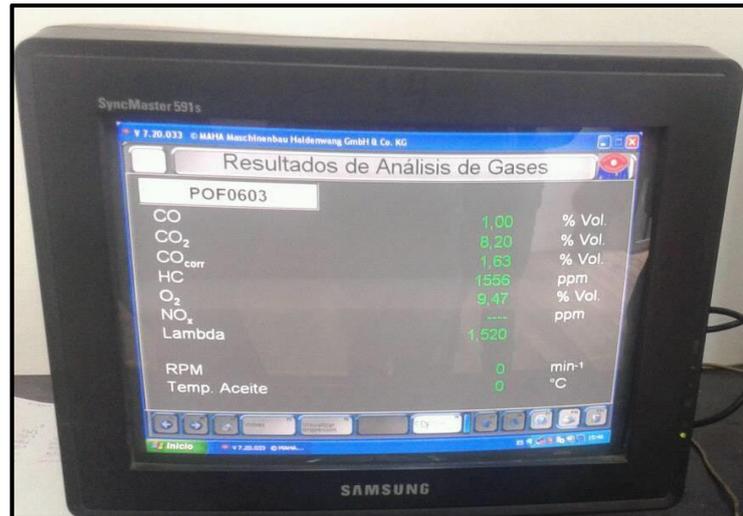
**Figura 30-3.** Prueba  $Y = 0,9X^1 + 0$

Fuente: Los Autores



**Figura 31-3.** Prueba  $Y = 0,85X^1 + 0$

Fuente: Los Autores



**Figura 32-3.** Prueba  $Y = 0,8X^1 + 0$

Fuente: Los Autores

### 3.5.2. Pruebas con el canister

Se ha decidido realizar esta prueba para posibilitar la medición del volumen de combustible inyectado bajo las dos condiciones de operación (sistema original, sistema construido).

Para la correcta realización de esta prueba se estableció el siguiente protocolo:

Se procedió a depositar 400ml de combustible (extra) en el canister ayudándonos para esto de una probeta graduada de 100ml utilizamos esta probeta ya que es más precisa la medición en comparación a probetas de mayor tamaño. Repetimos el procedimiento cuatro veces para completar 400ml.



**Figura 33-3.** Medición 100 ml.

Fuente: Los Autores

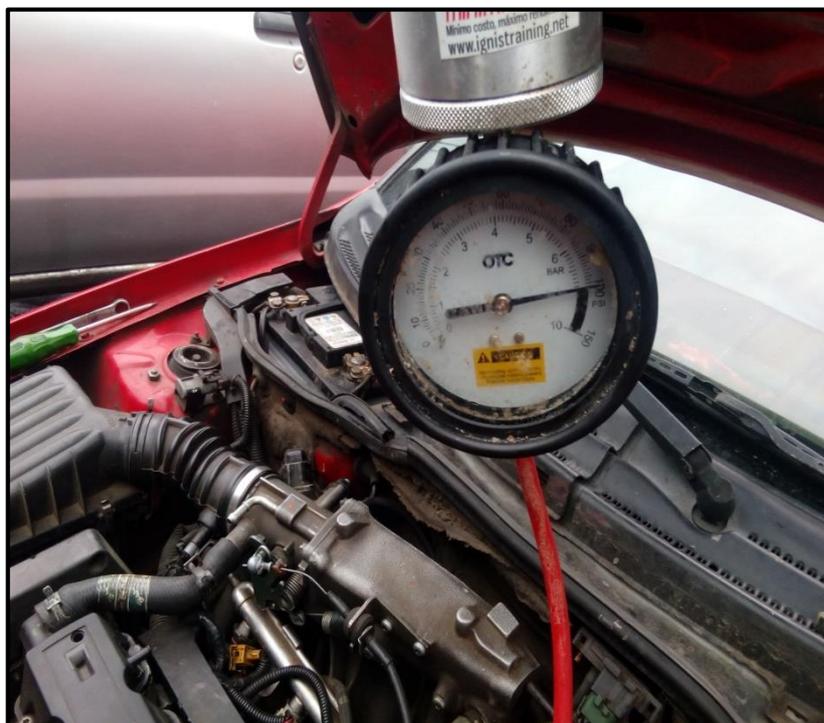
Acoplamos la salida del canister al ingreso del riel de inyección y taponamos el retorno



**Figura 34-3. Acoplamiento del canister**

Fuente: Los Autores

Suministramos una presión de 100 PSI al canister ayudándonos de un compresor

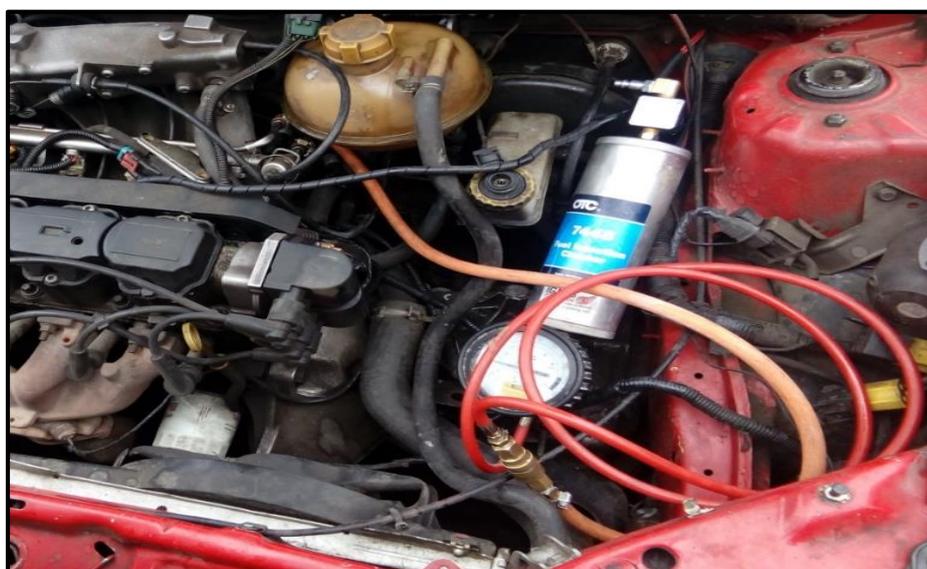


**Figura 35-3. Presurización**

Fuente: Los Autores

-Se abre la llave de paso del canister controlando la presión

-Se enciende el vehículo colocamos el canister en un lugar seguro para su prueba de ruta



**Figura 36-3.** Fijación del canister

Fuente: Los Autores

### 3.6. Análisis de resultados

**Tabla 2-3:** Pruebas en el analizador de gases

ECUACIÓN ( $Y = AX^E + B$ )	RESULTADOS								
	CO (%Vol)	CO <sub>2</sub> (%Vol)	CO <sub>corr</sub> (%Vol)	HC (ppm)	O <sub>2</sub> (%Vol)	NO <sub>2</sub> (ppm)	Lambda	RPM (min <sup>-1</sup> )	Temp. Aceite (°C)
$Y = 0,95X^1 + 0$	0,73	7,20	1,38	1587	10,89	-----	1,721	0	0
$Y = 0,9X^1 + 0$	0,59	7,40	1,11	1822	10,73	-----	1,679	0	0
$Y = 0,85X^1 + 0$	0,67	8,10	1,15	2020	10,00	-----	1,552	0	0
$Y = 0,8X^1 + 0$	1,00	8,20	1,63	1556	9,47	-----	1,520	0	0
Con el cable	0,27	8,2	0,48	1729	10,19	-----	1,630	0	0

Fuente: Los Autores

Con la curva  $Y = 0,95X^1 + 0$ , se obtuvo valor de lambda de 1,721 en esta ecuación se encontró el mayor valor de lambda lo que quiere decir una mala combustión.

Con la curva  $Y = 0,9X^1 + 0$  se obtuvo valor de lambda de 1,679

Con la curva  $Y = 0,85X^1 + 0$  se obtuvo valor de lambda de 1,552

Con la curva  $Y = 0,8X^1 + 0$  se obtuvo valor de lambda de 1,520, en esta ecuación el valor de lambda es el menor, obteniendo así una mejor combustión bajo la curva

Al efectuar las pruebas con el sistema original (cable) y el sistema construido (electrónico), bajo las diferentes curvas de operación corroboramos que existe una mejor combustión bajo la curva  $Y = 0,8X^1 + 0$ . Mientras que bajo la curva  $Y = 0,95X^1 + 0$  se observó la peor combustión.

**Tabla 3-1.** Pruebas de ruta utilizando el Canister

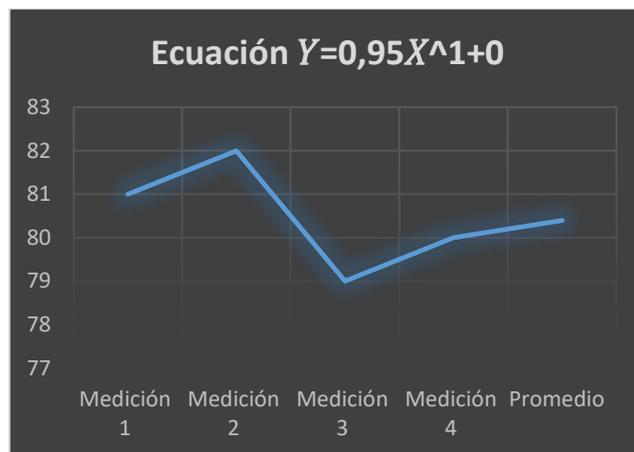
Sistema construido  Curva $Y = 0,95X^1 + 0$	Medición 1 Volumen (ml)	81
	Medición 2 Volumen (ml)	82
	Medición 3 Volumen (ml)	79
	Medición 4 Volumen (ml)	80
	<b>Promedio volumen (ml)</b>	<b>80,4</b>
$Y = 0,9X^1 + 0$	Medición 1 Volumen (ml)	85
	Medición 2 Volumen (ml)	84
	Medición 3 Volumen (ml)	86
	Medición 4 Volumen (ml)	85.5
	<b>Promedio volumen (ml)</b>	<b>85.125</b>
$Y = 0,85X^1 + 0$	Medición 1 Volumen (ml)	90.5
	Medición 2 Volumen (ml)	92
	Medición 3 Volumen (ml)	91
	Medición 4 Volumen (ml)	90.5

Fuente: Los Autores

**Tabla 3-2.** Continua (Pruebas de ruta utilizando el Canister)

	<b>Promedio volumen (ml)</b>	<b>91</b>
$Y = 0,80X^1 + 0$	Medición 1 Volumen (ml)	93.5
	Medición 2 Volumen (ml)	94.5
	Medición 3 Volumen (ml)	95
	Medición 4 Volumen (ml)	93.5
	<b>Promedio volumen (ml)</b>	<b>94.125</b>
Sistema original	Medición 1 Volumen (ml)	87
	Medición 2 Volumen (ml)	84
	Medición 3 Volumen (ml)	84.5
	Medición 4 Volumen (ml)	87.5
	<b>Promedio volumen (ml)</b>	<b>85.750</b>

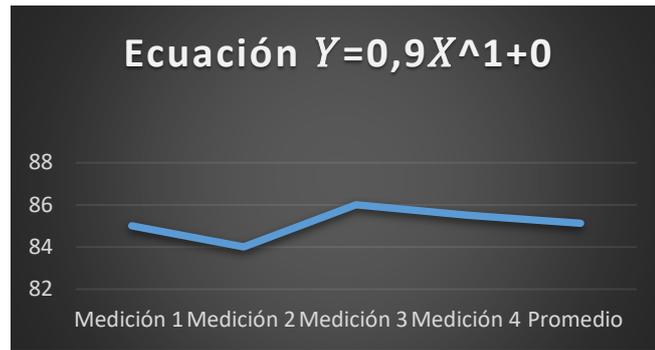
Con la curva  $Y = 0,95X^1 + 0$  se obtuvo un déficit de combustible con respecto al sistema original de -6,2391%



**Figura 37-3.** Gráfico de mediciones de la ecuación  $Y = 0,95X^1 + 0$

**Fuente:** Los Autores

Con la curva  $Y = 0,9X^1 + 0$  se obtuvo un déficit de combustible con respecto al sistema original de -0,729%.



**Figura 38-3.** Gráfico de mediciones de la ecuación  $Y = 0,9X^1 + 0$

Fuente: Los Autores

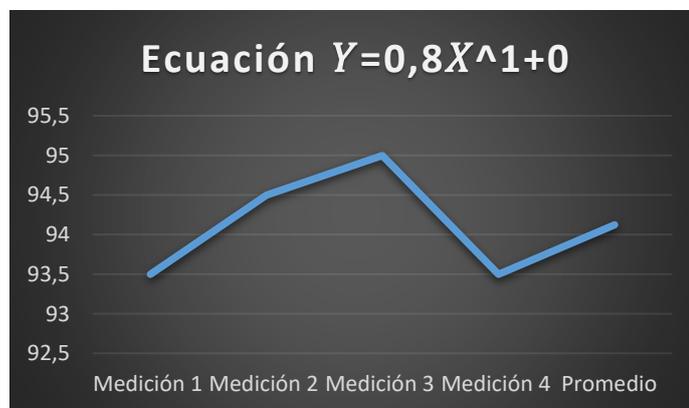
Con la curva  $Y = 0,85X^1 + 0$  se obtuvo un excedente de combustible con respecto al sistema original de 6,122%



**Figura 39-3.** Gráfico de mediciones de la ecuación  $Y = 0,85X^1 + 0$

Fuente: Los Autores

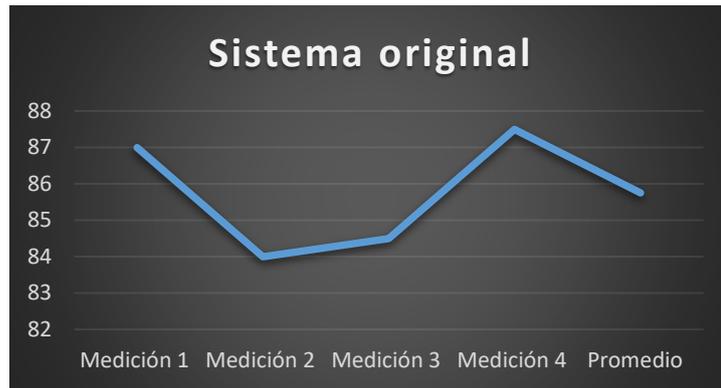
Con la curva  $Y = 0,8X^1 + 0$  se obtuvo un excedente de combustible con respecto al sistema original de 9,766%.



**Figura 40-3.** Gráfico de mediciones de la ecuación  $Y = 0,8X^1 + 0$

Fuente. Los Autores

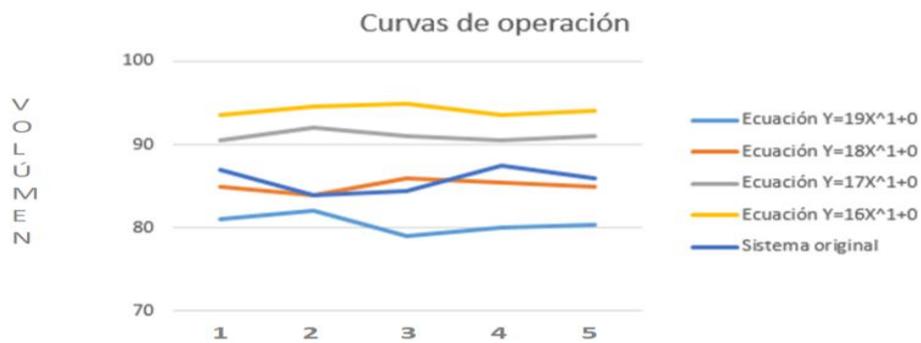
Con el sistema original se obtuvo un promedio de 85.750ml



**Figura 41-3.** Gráfico de mediciones del sistema original

Fuente: Los Autores

Con esta prueba se verifico que existe una disminución del consumo de combustible con el sistema construido (electrónico) al trabajar con la curva de operación más eficiente  $Y = 0,8X^1 + 0$ , respecto al sistema original (cable).



**Figura 42-3:** Gráfico de influencia del volumen bajo las distintas curvas de operación

Fuente. Los Autores

## CAPÍTULO IV

### 4. ESTUDIO DE COSTOS

En este capítulo se va a realizar un informe total del presupuesto que se utilizó para la realización de este proyecto en el cual vamos a detallar los costos directos e indirectos que intervinieron en el mismo para ver su viabilidad si se pretende comercializarlos.

#### 4.1. Costos directos

Son aquellos costos que afectan directamente para la fabricación del producto, así como el costo de los materiales, costos de la mano de la mano que logran la obtención del producto.

**Tabla 1-4: Materiales**

Descripción del material	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Arduino Uno		1	16	16
Arduino Pro-mini		1	12	12
Fuente estabilizadora a 5v		1	14	14
Fuente reguladora a 9v		1	14	14
Fuente reguladora a 6v		1	14	14
Opto acoplador		1	22	22
Base de opto acoplador		1	1	1
Resistencias de 10K		4	0,15	0,60
Resistencias de 1K		3	0,15	0,45
Resistencias de 90K		1	0,15	0,15
Servomotor de 27 Kg*m		1	40	40
Condensador de 0,1Uf		1	0,75	0,75
1 LCD de 16*4		1	19	19
Base de teclado 4*1		1	16	16
Acople serial macho y hembra		8	4,5	36

Fuente: Los Autores

**Tabla 1-4.** Continua (Materiales)

Capacitor 22 Pf		2	0,75	1,50
Terminales de conexión macho y hembra		25	0,15	3,75
Pines macho y hembra		17	0,20	3,40
Cable serial de 10	Metro	3	3,8	11,40
Convertidor I2C		1	22	22
Regulador 7805		1	1	1
Cable multifilar N° 18	Metros	6	0,70	4,2
Cable multifilar N° 22	Metros	12	0,70	8,40
Cable multifilar N° 16	Metros	8	0,70	5,60
Material ABS	Kilogramos	3	70	210
termo retráctil	Metros	10	1,50	15
Tornillería		25	0,05	2,50
Baquelita		1		3
Estaño		1		5
Ácido		1		6,10
<b>TOTAL</b>			<b>508,8</b>	

Fuente: Los Autores

En la siguiente tabla se describe detalladamente los costos de la mano de obra que intervinieron en el proyecto.

**Tabla 2-4.** Costo de la mano de obra

<b>Descripción</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo horario (USD)</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
Asesor de programación	3	15	45
Impresiones 3D			800
<b>TOTAL</b>			<b>845</b>

Fuente: Los Autores

Costos directos total=costo de los materiales +costo de la mano de obra

Costos directos total= \$ (508,80+845)

Costos directos total= \$ 1353

#### 4.2. Costos indirectos

Se denominan costos indirectos tales valores que no pueden ser fácilmente identificables.

**Tabla 3-1:** Costos Indirectos

Descripción	Cantidad	Costo Total (USD)
Programador	1	450
Imprevistos	1	150
<b>TOTAL</b>		<b>600</b>

Fuente: Los Autores

#### 4.3. Costo total del proyecto

Al realizar la suma del total de los costos directos (costos de los materiales, costo de la mano de obra) más el total de los costos indirectos vamos a obtener como resultado el costo total de nuestro proyecto.

Costo total del proyecto = costos directos + costos indirectos

Costo total del proyecto = \$ 1353 + \$ 600

Costo total del proyecto = \$ 1953

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Al evaluar los componentes que conforma el sistema TAC se determina que puede ser adaptado a un sistema de aceleración convencional, por medio de la impresión 3D de sus componentes.
- Se logró el correcto diseño del circuito de control mediante las placas Arduinos las cuales nos permitieron realizar la programación del sistema.
- La construcción de la placa opto acoplador se hizo mediante el uso del integrado EL4N25, para leer de forma segura el tiempo de inyección.
- Al efectuar las pruebas de funcionamiento con el analizador tanto con el sistema original (cable) y el sistema construido (electrónico), bajo las diferentes curvas de operación se corroboró que existe una combustión más eficiente bajo la curva  $Y = 0,8X^1 + 0$ , debido a que el valor de lambda 1,520 con respecto a la curva  $Y = 0,95X^1 + 0$  que presenta un valor de lambda de 1,721.
- Mediante las pruebas realizadas con el cánister en el sistema construido se halló que bajo la curva  $Y = 0,8X^1 + 0$  existe un ahorro de combustible respecto al sistema original.

#### 5.2. Recomendaciones

- Para aumentar la fiabilidad de entrada de la señal de posición del pedal se debe instalar 2 sensores APP para evitar posibles desfases en dicha señal que pudiera causar una aceleración inadecuada y peligrosa.
- Tener en cuenta que la base del servomotor cumpla con los requerimientos de dureza y resistencia a la temperatura.
- La alimentación del servomotor debe ser de 6v el nivel máximo recomendado por el fabricante ya que de esta manera conseguimos su torque máximo.
- El material para la impresión 3D debe ser ABS ya que este presenta un comportamiento más fiable ante cambios bruscos de temperatura.

- En la expresión matemática los valores de los coeficientes deben ser  $A = 16/20$ ,  $B=0$  y  $E=1$  ya que de esta manera el tiempo de inyección es reducido a su límite más bajo.
- Se debería implementar pruebas de torque y potencia y estudiar su comportamiento bajo este sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACOMEЕ.** *Potenciómetro.* [En línea] 16 de Junio de 2016. [Consultado: 5 de Octubre de 2017.] Disponible en: <https://www.amee.com.mx/POTENCIOMETRO.pdf>.

**ALLEGRO.** *Motores paso a paso.* [En línea] 11 de Marzo de 2013. [Consultado el: 3 de Diciembre de 2017.] Disponible en: [http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/4511/mod\\_resource/content/1/SEMANA\\_8/material\\_1.pdf](http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/4511/mod_resource/content/1/SEMANA_8/material_1.pdf).

**ARROBA, Leonardo & JIMENEZ, Danny.** Implementación de un sistema de tratamiento de gases de escape mediante inyección de aire en un vehículo a gasolina. [En línea] (Tesis). ESPOCH, Facultad de Mecánica, Ingeniería Automotriz. Riobamba, Ecuador. 2012. pp. 46-58 [Consultado el: 3 de Diciembre de 2017.] Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2283/1/65T00040.pdf>.

**BOOSTER. Beto.** *Control de Marcha Mínima.* [En línea] 30 de mayo de 2012. [Consultado el: 25 de Julio de 2017.] Disponible en: <https://encendidoelectronico.com/sistemas-ralenti/control-de-marcha-minima-parte-1/>.

**CHUCUYAN, Carlos.** Análisis de funcionamiento del sistema de acelerador electrónico del motor s4a del vehículo chevrolet sail. [En línea](tesis).Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Automotriz, Guayaquil, Ecuador 2016. pp. 32-66 [Consultado el: 3 de Diciembre de 2017.] Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1445/1/T-UIDE-087.pdf>.

**ELO.** *Servomotores.* [En línea] 15 de Agosto de 2004. [Consultado el: 10 de Octubre de 2017.] Disponible en: <http://www2.elo.utfsm.cl/~mineducagv/docs/ListaDetalladaeModulos/servos.pdf>.

**FERNÁNDEZ MORENO, Antonio.** *EL BUS I2C.* [En línea] 27 de Junio de 2011. [Consultado el: 20 de Octubre de 2017.] Disponible en: <http://www.uco.es/~el1mofer/Docs/IntPerif/Bus%20I2C.pdf>.

**INEN.** *Instituto nacional de estadísticas y censo.* [En línea] 2013. [Consultado el: 20 de Mayo de 2017.] Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Estadisticas\_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/Publicaciones/Anuario\_de\_Estad\_de\_Transporte\_2013.pdf.

**INTRANET.** *Impresoras 3D.* [En línea] 11 de Marzo de 2016. [Consultado el: 2 de Octubre de 2017.] Disponible en: [http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local\\_repository/documents/17854.pdf](http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local_repository/documents/17854.pdf).

**LAGUNAK.** *Introducción a Arduino.* [En línea] Mayo de 2015. [Consultado el: 28 de Julio de 2017.] Disponible en: [lagunak.gisa-elkartea.org/attachments/199/Introduccion\\_a\\_Arduino.pdf](http://lagunak.gisa-elkartea.org/attachments/199/Introduccion_a_Arduino.pdf).

**LEMA, Pedro & SANCHES, Francisco.** Simulador de variación de señal del sensor map para variar la eficiencia y la potencia de un motor chevrolet corsa wind 1.4cc. [En línea](tesis). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, Ibarra2014. pp. 6-50 [Consultado el: 11 de 01 de 2018.] Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4130/05%20FECYT%201982%20TESIS.pdf>.

**MENDOZA, Victor.** *Control motorizado de la placa de aceleración (tac) y control del encendido (EI).* [En línea] 14 de Julio de 2017. [Consultado el: 3 de Diciembre de 2017.] Disponible en: <http://www.autosoporte.com/index.php/descargas/curso-mecanica-automotriz-inyeccion-electronica/11-funcionamiento-del-cuerpo-de-mariposa-motorizado-trail-blaizer-chrevolet-gm/file>.

**PAREDES, Francisco.** Implementación de un Banco Simulador de Fallas de un Sistema de Inyección Electrónica. [En línea] (tesis). Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Quito, Ecuador 2011. pp. 1-90 [Consultado el: 11 de 01 de 2018.] Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/164/1/T-UIDE-0158.pdf>.

**RAZO, Andrea & TOALOMBO, Victor.** Construcción e implementación de un tablero didáctico del sistema de cuerpo de mariposa motorizado (tac) y de posicionamiento (tps), para la escuela de ingeniería automotriz. [En línea]. ESPOCH, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba, Ecuador. 2012. pp. 23-50 [Consultado el: 3 de Diciembre de 2017.] Disponible en: [dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2305/1/65T00058.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2305/1/65T00058.pdf).

**RODRÍGUEZ PÉREZ, Alejandro.** *Sistema de control, inyección y encendido, para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW.* [En línea] 18 de Febrero de 2016. [Consultado el: 11 de Septiembre de 2017.] Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4329/Memoria.pdf>.

**UPCOMMONS.** *sistemas de control.* [En línea] 14 de Febrero de 2017. [Consultado el: 10 de Septiembre de 2017.] Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/340595.pdf;jsessionid=7C7DCEF8D22EA3D74D72AE541ED155A2?sequence=5>.

**UPCOMMONS.** *Sistema de control, inyección y encendido, para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW.* [En línea] 18 de Febrero de 2016. [Consultado el: 11 de Septiembre de 2017.] Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4329/Memoria.pdf>.

**VIMAP.** *Control de emisiones contaminantes en Europa y Estados Unidos.* [En línea] 26 de Enero de 2016. [Consultado el: 4 de Diciembre de 2017.] Disponible en: <http://www.revistacesvimap.com/control-de-emisiones-contaminantes-en-europa-y-estados-unidos/>.