



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE
CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y
ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR
DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

AUTOR:

CHAFUEL ESPAÑA ALBARO JHOJAN

DIRECTOR:

ING. RAMIRO ANDRÉS ROSERO AÑAZCO MSc.

IBARRA, 2022

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA” presentado por el señor: Chafuel España Albaro Jhojan con número de cédula 1003798954, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 8 días del mes de abril del 2022.

Atentamente



Ing. Ramiro Rosero MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CEDULA DE IDENTIDAD:	100379895-4
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chafuel España Albaro Jhojan
DIRECCIÓN:	Ibarra, Av. Los galeanos y calle A
EMAIL:	ajchafuele@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL	0988751825

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNSISTEMA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.
AUTOR:	Chafuel España Albaro Jhojan
FECHA:	08/04/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Ramiro Andrés Rosero Añazco, MSc.

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son las titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de abril del 2021

AUTOR:



Chafuel España Albaro Jhojan

1003798954

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada primeramente a Dios por siempre a ver guiado mi camino.

A mi mamá quien ha sido el pilar fundamental para cumplir mis objetivos y por su apoyo incondicional, siendo mi mamá el motor en cada uno de los pasos que doy y a la persona que más admiro porque a pesar de sus adversidades siempre estuvo para mí.

A mi papá por motivarme a seguir esta hermosa carrera, siendo mi ejemplo a seguir ya que sin sus consejos y enseñanzas esto no hubiese sido posible.

A mi hermano Jefferson por siempre estar pendiente de mi en cada momento y guiar mi camino con su ejemplo, siendo esos momentos los más sublimes porque siempre hemos estado ahí.

A mi hermano Jael que siempre estuvo conmigo trabajando en equipo y se basa en mi como ejemplo para mostrarle que todo con amor y perseverancia se puede lograr.

A las personas que cuidaron de mi cuando era pequeño y me cuidan hasta el día de hoy mis abuelitos, gracias por estar siempre para mí.

A mi mejor amigo y compañero de carrera Moisés que con su ayuda, enseñanzas y consejos me han llevado a mejorar día a día, porque el único límite lo pones tu.

Chafuel España Albaro Jhojan

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a mi mamá Mabel España, por su esfuerzo y dedicación hacia mí y mis hermanos. Siendo mi mamá el motor para seguir adelante porque a pesar de las adversidades que le ha puesto la vida siempre ha seguido adelante. Gracias por su amor infinito, consejos y apoyo incondicional que sin dudarle siempre estará para mí.

A mi papá Albaro Chafuel por todo su esfuerzo, sacrificio y consejos que hizo día a día para que no me falte nada en mi educación, por motivarme día a día a seguir esta prestigiosa carrera e inculcarme valores que me forman cada día. Por lo tanto, doy gracias a Dios por permitirme tenerlos junto a mí y ser mis pilares fundamentales y mi mayor motivación.

A mi hermano Jefferson que desde pequeño ha acompañado mi camino y siempre ha demostrado que las cosas con dedicación se llegan a lograr y que nunca hay que dejar de persistir, gracias por siempre estar pendiente de mí y apoyarme en cada uno de los pasos que doy.

A mi pequeño hermano Jael que sin duda para él soy su mayor motivación, porque siempre ha estado acompañándome y ayudándome.

A mi director de tesis el ingeniero Ramiro Rosero por sus consejos y enseñanzas en mi carrera universitaria, además de su tiempo, apoyo y recomendaciones en el desarrollo de mi proyecto de grado.

Finalmente agradezco a todos mis docentes por haber contribuido en mi formación académica, por ser excelentes docentes y a la vez seres humanos, gracias por sus consejos y motivaciones hacia mí.

Contenido

RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I.....	7
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
1.1 OBJETIVOS	7
1.1.1 Objetivo general	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	7
1.1 JUSTIFICACIÓN	7
1.2 ALCANCE.....	8
1.3 ANTECEDENTES	9
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.6 SITUACIÓN ACTUAL	11
1.7 SISTEMA DE DIAGNOSTICO A BORDO OBD	12
1.7.1 Sistema de diagnóstico OBD I	12
1.7.2 Sistema de diagnóstico OBD II	14
1.7.3 Autodiagnóstico.....	15
1.8 UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO	16
1.8.1 Historia.....	16
1.8.2 Funcionamiento	17
1.8.3 Señales de entradas que interpreta la PCM	17
1.8.4 Señales de salida de la PCM.....	18
1.8.5 Sistema de gestión electrónica del MCI.	18
1.9 SENSORES AUTOMOTRICES	19
1.9.1 Definición de sensor	19
1.9.2 Banda muerta de un sensor.....	19
1.9.3 Sensores pull up.....	20
1.9.4 Clasificación y tipos de sensores automotrices	20
1.10 ACTUADORES AUTOMOTRICES	26
1.10.1 Inyector.....	27
1.10.2 Bobinas de encendido.....	28
1.10.3 Válvula EGR	29
1.10.4 Válvula IAC.....	29
1.10.5 Válvula EVAP (CONTROL EVAPORATIVOS DEL TANQUE).....	30
1.10.6 Válvula VVT	31

1.11 MICROCONTROLADORES PROGRAMABLES ARDUINO.....	31
1.11.1 Periféricos de entrada y salida (E/S):	31
1.11.2 Unidad de proceso (CPU).....	31
1.11.3 Tipos de memorias:	31
1.11.4. Placas de Arduino.....	32
1.11.5 Arduino Mega 2560.....	32
1.11.6 Tipos de puertos de comunicación	33
CAPÍTULO II.....	35
2 MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.1 Materiales.....	35
Arduino MEGA2560	35
Osciloscopio digital 2 canales	36
Display Oled ESP8266.....	36
Capacitor electrolítico de 100 μ F	37
Regulador de voltaje 7805.....	37
Circuito integrado 555	38
Diodo 1N5401	38
Capacitor electrolítico 47 μ F	39
Transistor TIP 41A	39
Módulo L298N...	40
Micro motorreductor Metal HPCB-12V	40
Diodo 1N4007	41
Potenciómetro de 5K.....	41
Ventilador.....	42
Resistencia calefactora	42
Resistencia calefactora de níquel.....	42
Interruptor basculante 2 y 3 posiciones	43
2.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
2.2.1 Enfoque investigativo	44
2.2.2. Tipo de investigación	44
2.2.2.2 Método analítico	45
2.3 METODOLOGÍA	46
2.3.1 Recopilación bibliográfica.....	48
2.3.2 Análisis de funcionamiento de circuitos de sensores	48
2.3.3 Análisis de condiciones de trabajo de los sensores.	48
2.3.4 Diseño de circuitos de sensores	49

2.9 Diseño de circuitos	52
2.9.6 Circuito probador de bobinas	55
2.10 Análisis de condiciones de trabajo de sensores	56
2.11 Análisis de funcionamiento de Actuadores	57
2.11.1 Análisis de bobinas.....	57
2.11.2 Análisis de inyectores.....	58
2.12 Análisis de solenoides	59
2.13 Análisis de condiciones de trabajo de sensores	60
2.14 Programación de circuitos para control de actuadores	60
2.15 Desarrollo de protocolo de pruebas.....	62
2.16 Desarrollo de interfaz	64
2.17 Desarrollo de circuito impreso controlador de actuadores y bobinas de encendido	64
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	72
3.1 Simulación de circuitos de sensores y actuadores	72
3.1.1 Circuitos generadores	72
3.1.2 Circuito generador de PWM.....	74
3.3 Pruebas de funcionamiento con sensores y actuadores	75
CAPÍTULO IV	85
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
4.1 CONCLUSIONES	85
4.2 RECOMENDACIONES	86
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	91
ANEXO I.....	91
Programación de control y accionamiento de banco de pruebas realizado en IDE Arduino ...	91
Plano desarrollado en SolidWorks y cotas para elaboración.....	96
Ilustración de banco de pruebas	97
Circuito impreso generador de PWM para control de actuadores.....	98
Manual de funcionamiento	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Interfaces y lectores de códigos OBDI y OBDII	12
Figura 1.2	Evolución de protocolos OBDI y OBDII.....	13
Figura 1.3	Terminales del conector OBDII.....	14
Figura 1.4	Unidad de central electrónica ECU.....	16
Figura 1.5	Procesamiento de señales de entrada	17
Figura 1.6	Procesamiento de señales de salida.....	18
Figura 1.7	Diagrama de circuito Pull Up.....	20
Figura 1.8	Sensores de temperatura de dos pines.....	21
Figura 1.9	Gráfica del termistor NTC	21
Figura 1.10	Gráfica del termistor PTC	22
Figura 1.11	Representación de potenciómetro y terminales de conexión	22
Figura 1.12	Circuito de sensor de posición TPS	23
Figura 1.13	Señal características del sensor CKP inductivo y efecto Hall	24
Figura 1.14	Diagrama de conexión de sensor MAP.....	26
Figura 1.15	Procesamiento de información de actuador	27
Figura 1.16	Componentes de inyector.....	27
Figura 1.17	Sistema de bobina DIS	28
Figura 1.18	Diagrama de conexión de la válvula EGR	29
Figura 1.19	Diagrama de circuito de la válvula IAC.....	30
Figura 1.20	Sistema de evaporaciones EVAP de OBDII	30
Figura 1.21	Descripción de las entradas/salidas de la tarjeta Arduino Mega 2560.....	33
Figura 2.1	Interruptor basculante	43
Figura 2.2	Flujograma de proceso metodológico	47
Figura 2.3	Circuito de funcionamiento sensor TPS.....	50
Figura 2.4	Circuito de funcionamiento sensor MAP	50
Figura 2.5	Circuito de funcionamiento sensor MAP	51
Figura 2.6	Circuito de funcionamiento de sensores de Temperatura	51
Figura 2.7	Circuito de funcionamiento del sensor CKP de efecto Hall	52
Figura 2.8	Circuito regulador de 5V.....	53
Figura 2.9	Circuito regulador con selector de 12V o 5V	53
Figura 2.10	Circuito divisor de voltaje.....	54
Figura 2.11	Circuito CKP Inductivo	54
Figura 2.12	Circuito generador de PWM desarrollado en Livewire	55
Figura 2.13	Circuito generador de control de IAC.....	56
Figura 2.14	Circuito generador de PWM para control de sensor de posición rotacional y temperatura.....	57
Figura 2.15	Circuito generador de PWM para sensores de flujo de aire mediante tarjeta Arduino y relé.....	57
Figura 2.16	Programación de control para actuadores y solenoides a partir de sus circuitos	61
Figura 2.17	Flujograma de control de PWM para actuadores.....	61
Figura 2.18	Representación de banco mediante Ilustrator	64

Figura 2.19 Circuito impreso control PWM.....	64
Figura 2.20 Señal de onda senoidal de sensor CKP inductivo	65
Figura 2.21 Señal de onda cuadrada de sensor CKP efecto Hall	66
Figura 2.22 Señal de onda de sensor CMP inductivo.....	66
Figura 2.23 Señal de onda cuadrada de sensor CMP	67
Figura 2.24 Señal de onda de sensor TPS	67
Figura 2.25 Señal de onda de sensor MAF.....	68
Figura 2.26 Señal de onda de sensor MAP.....	69
Figura 2.27 Señal de onda de sensor IAT-ECT.....	69
Figura 2.28 Señal de onda de válvula IAC de motor de pasos.....	70
Figura 3.1 Circuito generador de 5V simulado	72
Figura 3.2 Circuito generador de 5V o 12V simulado	73
Figura 3.3 Circuito divisor de voltaje simulado	73
Figura 3.4 Circuito generador de PWM simulación.....	74
Figura 3.5 Simulación obtenida por osciloscopio de 50 %Duty y frecuencia.....	74
Figura 3.6 Pruebas en banco mediante uso de protoboard para accionamiento de simuladores.....	75
Figura 3.7 Oscilograma de funcionamiento de sensor TPS	76
Figura 3.8 Oscilograma TPS y conexión física	76
Figura 3.9 Oscilograma de sensor MAP.....	77
Figura 3.10 Oscilograma de funcionamiento de sensor MAP.....	77
Figura 3.11 Oscilograma de funcionamiento de sensores de temperatura	78
Figura 3.12 Oscilograma de funcionamiento de sensor de flujo de aire MAF.....	79
Figura 3.13 Oscilograma de sensor MAF con simulación física.....	79
Figura 3.14 Oscilograma de funcionamiento de sensor CKP inductivo	80
Figura 3.15 Oscilograma CKP inductivo y conexión física.....	80
Figura 3.16 Oscilograma de funcionamiento de sensor CKP efecto Hall	81
Figura 3.17 Oscilograma de sensor CMP Hall y conexión física.....	81
Figura 3.18 Generador de pulso PWM y Timers de frecuencia	82
Figura 3.19 Oscilograma de funcionamiento de bobina transistorizada	83
Figura 3.20 Oscilograma de funcionamiento de bobina sin transistor	83
Figura 3.21 Funcionamiento de IAC de motor de pasos	84
Figura 3.22 Simulación física de válvula IAC y conexión física.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Materiales utilizados para construcción del banco de pruebas	35
Tabla 2.2 Características técnicas de Arduino MEGA2560	36
Tabla 2.3 Osciloscopio FNIRSI-1013D	36
Tabla 2.4 Display Oled SSD1306.....	37
Tabla 2.5 Características de capacitor 100 μ F.....	37
Tabla 2.6 Características de regulador de voltaje	38
Tabla 2.7 Circuito IC N555	38
Tabla 2.8 Diodo 1N5401	39
Tabla 2.9 Capacitor electrolítico 47 μ F	39
Tabla 2.10 Características de transistor TIP 41A	40
Tabla 2.11 Características Módulo motor Driver	40
Tabla 2.12 Características de Motorreductor HPCB	41
Tabla 2.13 Diodo rectificador 1N4007	41
Tabla 2.14 Potenciómetro de 5K Ω	42
Tabla 2.15 Características ventilador H6246DC	42
Tabla 2.16 Características de resistencia calefactora	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Programación de control y accionamiento de banco de pruebas realizado en IDE Arduino.....	89
Plano desarrollado en SolidWorks y cotas para elaboración.....	94
Ilustración de bando de pruebas.....	95

RESUMEN

El presente trabajo de investigación detalla el diseño y construcción de un banco de pruebas de sensores y actuadores mediante la simulación de circuitos de la gestión electrónica del motor de combustión interna (MEP), con el pasar del tiempo la tecnología del automóvil ha mejorado gracias a la unidad de control electrónica (ECU) y la adaptación de sensores y actuadores logrando un mejor control de inyección y rendimiento. En la actualidad el mercado automotriz cuenta con diferentes herramientas y métodos para probar estos dispositivos, sin embargo, en su mayoría estos no son universales y en ocasiones se requiere de un equipo en específico para probar un sensor o actuador, de aquí surge la idea de crear un prototipo universal que nos permita simular los circuitos que conforman la ECU y mediante el microcontrolador Arduino controlar las condiciones físicas de los sensores y en actuadores generar un modulador de ancho de pulso (PWM), siendo esta una herramienta necesaria para diagnosticar cualquier dispositivo que se comercializa en el campo automotor. Este proyecto será una nueva iniciativa para que ingenieros, técnicos y estudiantes de automotriz realicen un diagnóstico y reduzcan incertidumbres que se suscitan día a día. Para cumplir con los objetivos planteados se inició con la recopilación de información desde el principio de funcionamiento, métodos de operación de sensores y actuadores y todos los elementos que intervengan en la inyección electrónica. Para esquematizar los circuitos de las señales de entrada, salida y regulación de tensión se utilizó el software EasyEDA donde se desarrollaron los diferentes generados como son de 5V, 5V o 12V mediante un selector de posición y divisor de voltaje en un rango de 0 a 5V de salida. Seguido del diseño y simulación de una rueda fónica en el software SolidWorks para simular las condiciones físicas de los sensores de posición rotacional, además de un simulador de flujo de aire y un generador de calor para sensores de temperatura. Por esta razón se utilizó el software Arduino donde se desarrolló un algoritmo secuencial que se presenta en el diagrama de flujo para un correcto control tanto del generador de PWM y simuladores, siendo un Arduino MEGA 2560 el utilizado como microprocesador encargado de generar las salidas digitales y control mediante la programación de Arduino. Incorporando un prototipo con la sección de conexión y simulación realizada en SolidWorks será la encargada de alojar todo los circuitos y mecanismos para la obtención de señales de funcionamiento tanto de sensores como actuadores permitiendo así verificar su estado mediante curvas características y frecuencias.

ABSTRACT

The present research paper details the design and construction of a sensor and actuator test bench by simulating electronic management circuits for internal combustion engines (MEP), over time the technology of the car has improved thanks to the electronic control unit (ECU) and the adaptation of sensors and actuators achieving better injection control and performance. Currently, the automotive market has different tools and methods to test these devices, however, most of them are not universal and sometimes specific equipment is required to test a sensor or actuator, from here comes the idea of creating a universal prototype that allows us to simulate the circuits that make up the ECU and through the Arduino microcontroller, control the physical conditions of the sensors and actuators, generate a pulse width modulator (PWM), this being a necessary tool to diagnose any device that is marketed in the automotive field. This project will be a new initiative for engineers, technicians and automotive students make a diagnosis and reduce uncertainties that arise day by day. To meet the objectives set, it began with the collection of information from the beginning of operation, methods of operation of sensors and actuators and all elements involved in electronic injection. To schematize the circuits of the input, output and voltage regulation signals, the EasyEDA software was used where the different generated were developed as they are 5V, 5V or 12V by means of a position selector and voltage divider in a range of 0 to 5V of output. Followed by the design and simulation of a phonic wheel in SolidWorks software to simulate the physical conditions of rotational position sensors, in addition to an airflow simulator and a heat generator for temperature sensors. For this reason, the Arduino software was used where a sequential algorithm was developed that is presented in the flowchart for a correct control of both the PWM generator and the simulators, being an Arduino MEGA 2560 the one used as the microprocessor in charge of generating the digital outputs and Control through Arduino programming. Incorporating a prototype with the connection and simulation section made in SolidWorks, it will be in charge of housing all the circuits and mechanisms for obtaining operating signals from both sensors and actuators, thus allowing their status to be verified through characteristic curves and frequencies.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el sector automotriz ha tomado un auge significativo debido a las incorporaciones tecnológicas que se realizan día a día en el vehículo con la finalidad de prestar al usuario un vehículo más funcional. Un ejemplo relevante fue el paso de la dosificación por carburador que se presentaba en vehículos anteriores en comparación a los modernos que utilizan el sistema de inyección electrónica en conjunto con la unidad de control electrónica ECU encargada de monitorear y controlar la dosificación y el momento exacto de la combustión, siendo aquí donde los sensores son los encargados de proporcionar la información necesaria para que la ECU procese la información mediante un microprocesador que calcula y remite la información a cada uno de los actuadores para una mejor funcionalidad.

En el mercado existen diferentes herramientas y equipos de diagnóstico que analizan sensores y actuadores automotrices, sin embargo, estos equipos son costosos y en ocasiones se requiere uno en específico para poder analizar estos dispositivos. Por lo tanto optar por un banco universal servirá como un método para diagnosticar el estado de sensores y actuadores mediante la obtención de señal, curvas, valores de voltaje y corriente que produce cada uno al momento de operando, partiendo de la simulación de circuitos y un microcontrolador Arduino que permiten la generación de ancho de pulso PWM para comandar actuadores y estados de simulación como son: régimen de giro, velocidad, temperatura y flujo de aire, teniendo en consideración que no se requerirá de un vehículo para poder monitorear y controlar diversas condiciones que se suscitan en el automotor.

Por tal motivo se puede decir que en nuestro mercado local aún son costosas las herramientas o equipos de diagnóstico o a su vez no estén disponibles y se tardara mucho tiempo en adquirirla. Por lo tanto, se planteó el tema de tesis que se basa en diseñar y construir un banco que simule los circuitos internos de la gestión electrónica para analizar sensores y actuadores, adaptando mecanismos que hagan de la simulación una forma más precisa a la que se someten estos dispositivos al estar funcionando. Lo que a su vez podría ser un punto de partida para mejorar y aportar al crecimiento de la matriz productividad de nuestro país en el sector automotor, siendo este capaz de adaptarse a almacenes y talleres para mejorar el diagnostico

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Diseñar y construir un banco de pruebas para sensores y actuadores de un motor de combustión interna a través de la simulación de la unidad de control electrónica del motor.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diseñar los circuitos que permiten el control y accionamiento de sensores y actuadores del motor de combustión interna.
- Simular las condiciones físicas de trabajo de sensores automotrices para verificar su correcto funcionamiento, basado en un protocolo de pruebas para sensores y actuadores.
- Elaborar un sistema de generación de ancho de pulso modulado mediante microcontrolador Arduino para la prueba de actuadores automotrices.
- Desarrollar una interfaz para el diagnóstico de sensores y actuadores multimarca a través del banco de pruebas construido de la gestión del motor de combustión interna.

1.1 JUSTIFICACIÓN

En la industria automotriz los avances tecnológicos acelerados de innovación en el diseño y manufactura de Unidades de Control del automóvil, sensores y actuadores hacen del mismo una máquina cada vez más eficaz (Pérez Darquea, 2017), sin embargo, estos avances hacen que sea una máquina electrónicamente compleja. Los componentes electrónicos hoy en día representan el 40 a 55% del costo del vehículo y se pretende que para el 2025 sea el 65% (Industria, 2018). Evidentemente, la utilización de componentes electrónicos complejos está siendo cada vez más aplicativa en el diseño del automotor, debido a que mejoran las prestaciones del motor (Chávez, 2014). Por lo tanto, surge la necesidad de emplear herramientas de diagnóstico cada vez más eficaces reduciendo el tiempo de diagnóstico. De acuerdo a (AEDE, 2018), el año 2018 el sector automotriz incremento en un 31% en comparación al 2017 y se pretende que para el 2022 esta cifra siga incrementando.

Con el crecimiento del sector automotor y el desarrollo de la tecnología, cada vez será más necesario emplear equipos de diagnóstico electrónico eficaces, ya que, ciertamente un mal

funcionamiento del motor no siempre es un tema mecánico. Con la construcción de un banco de pruebas que simule los diferentes circuitos internos de la ECU, para el control de actuadores e interpretación de sensores que se comercializan en el mercado actual, se podrá tener una idea clara del funcionamiento de estos dispositivos. De esta manera, optar por reemplazar un sensor o actuador, se convertirá de cierta forma en una tarea sencilla, que bastará con conectar el dispositivo al banco de pruebas y verificarlo. Por lo tanto, se elimina la incertidumbre de si el vehículo falla por un determinado sensor o actuador. Esto ayudara a estudiantes, técnicos e ingenieros de distintas formas sea didáctica o profesionalmente.

De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017), referente al objetivo 5 se pretende incrementar la matriz productiva, innovación y competitiva por medio del aporte investigativo y tecnológico, enfocado fundamentalmente al sector educativo y académico mediante la vinculación de universidades.

1.2 ALCANCE

El presente trabajo de investigación busca realizar un prototipo de banco de pruebas que permita simular todos los circuitos de funcionamiento de una computadora automotriz y sea capaz de activar, desactivar y controlar sensores y actuadores automotrices para verificar su funcionalidad.

La primera instancia consiste en realizar el diseño de los circuitos internos mediante un software que permiten el funcionamiento de los principales sensores electrónicos del vehículo como son: sensores de temperatura, sensores de giro angular, sensores de posición rotacional, sensores de presión y sensores de flujo de aire.

Posteriormente, se construye, en una placa electrónica, cada uno de los circuitos para las pruebas de funcionamiento. El banco es capaz de suministrar voltajes de alimentación para cada uno de ellos, además de divisores de voltaje, masas u otro requerimiento que necesitaran. Para los actuadores automotrices, se diseñará un programa en microcontrolador Arduino con una etapa de potencia para la generación de ancho de pulso modulado, este componente permitirá comprobar el funcionamiento de actuadores tipo solenoide como inyectores, electroválvulas, además de bobinas y válvulas IAC de motor de paso.

Finalmente, se dispone de un sistema de prueba de sensores de posición de giro mediante una rueda fónica instalada en el banco de pruebas y que permita verificar el funcionamiento de este tipo de sensores.

Contribuyendo de esta manera a estudiantes, técnicos e ingenieros automotrices a realizar un diagnóstico más eficaz gracias a la comprobación del estado y funcionalidad de los diferentes sensores y actuadores, innovando de esta manera un equipo de diagnóstico de uso didáctico o profesional

1.3 ANTECEDENTES

En los últimos años el aporte e intervención de la tecnología en el desarrollo electrónico del automóvil ha tomado gran auge, esto debido a la necesidad de mejorar el automotor por medio de dispositivos que cumplan con estándares requeridos como son sensores y actuadores. (Noroña & Gómez, 2019, p. 5)

Desde el año 1988 todo automotor debe incorporar un elemento que permita realizar un diagnóstico del motor de combustión interna (MCI) para controlar los niveles de emisiones. Para el año 1998 se incorporó de carácter obligatoria la normativa OBD-II en motores de combustión interna. Dependiendo del fabricante este sistema presentaba funciones avanzadas de diagnóstico con una estandarización de códigos, logrando un diagnóstico estándar en distintos tipos de vehículos. (Noroña & Gómez, 2019).

A partir de la adaptación de nuevos sistemas y subsistemas que conforman la inyección electrónica, el campo automotriz ha ido evolucionando, para día a día seguir incorporando diferentes sensores y actuadores. Estos mejoran la eficiencia de operación, reducen el consumo de combustible y contaminación, permitiendo así cumplir con normativas y reglamentos medio ambientales. (Zaragoza, 2013)

Para el año 2000 surgió la mecatrónica aplicada al automotor, cuyo objetivo era complementar a la electrónica en la arquitectura vehicular. De esta manera la mecatrónica ha aportado a la optimización en los sistemas que conforman el vehículo, asociando componentes mecánicos y electrónicos (Noroña & Gómez, 2019, p. 122).

La complejidad de los vehículos se ha incrementado a lo largo de los años, promoviendo la necesidad de emplear distintas herramientas de diagnóstico para analizar los diferentes sensores, que al convertir fenómenos físicos como; presión, temperatura y rotación influyen directamente en la operación del automóvil. Desde los inicios de la gestión electrónica del motor las computadoras dependen de la información obtenida de los sensores para comandar correctamente los actuadores (Méndez, 2009).

Según la revista de investigación denominado la evolución de dispositivos electrónicos del automóvil (Pérez Darquea, 2017), el sistema de transmisión de datos ha sufrido una evolución

desde las redes más sencillas, como la implementación de arneses para conducir electricidad hasta lo más complejo como el envío de señales eléctricas a través de los sistemas multiplexados para controlar sensores y actuadores. Por lo tanto, cada vez se necesite más herramientas de diagnóstico avanzadas para lograr determinar el correcto funcionamiento de los sistemas que conforman el vehículo.

Las mejoras en los sistemas de inyección a lo largo de los años también fueron evidentes, entregando cada vez más beneficios en la precisión de dosificación del combustible. Con el surgimiento de nuevos sistemas de inyección electrónica, se controla con precisión la apertura y cierre del inyector (Zaragoza, 2013). Los componentes electrónicos a finales de los años setenta constituían el 1 % del costo de un automóvil, actualmente representan el 40 % del costo del automóvil. (Industria, 2018)

La necesidad del uso de bancos de pruebas para actuadores en la industria automotriz surge desde el inicio de la inyección electrónica misma. La implementación de estos equipos ha tomado cada vez más aceptación (Gálvez Sandoval, 2013, p. 8). Aunque existen bancos de pruebas para actuadores utilizados ampliamente, pocos son los bancos de pruebas que existen para verificar el funcionamiento de los sensores.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente existen numerosas propuestas de bancos de pruebas automotrices, esas propuestas son viables, útiles y funcionales, pero se enfocan únicamente en un determinado sistema automotriz de los múltiples sistemas que componen el vehículo. Además, estos bancos de pruebas son capaces de simular únicamente el funcionamiento de un vehículo determinado. A esto hay que añadirle que existen en el mercado un sin número de sensores y actuadores específicos para cada modelo de vehículo. Estos dispositivos requieren de distintas formas de conexión de acuerdo con el tipo de sensor, principio de funcionamiento, voltaje necesario entre otros parámetros. Algunos métodos de diagnóstico electrónico automotriz empleados actualmente no son eficientes, ya sea por la falta de capacitación o inversión por parte de los profesionales que se dedican a la rama.

Universalizar un banco pruebas para probar sensores y actuadores, eliminaría la necesidad de adquirir varios equipos de diagnóstico, reduciría los costos de adquisición de herramientas, agilizaría los tiempos de diagnóstico y disminuiría costos de mantenimiento. A esto hay que añadirle que no todos los equipos de diagnóstico cumplen con los requerimientos de monitoreo o

con la estandarización para un buen diagnóstico, por ende, existen aún problemas muy complejos relacionados con el análisis de fallas. Además, sería una herramienta importante que contribuya a la capacitación y aprendizaje de los futuros profesionales, ya que, su funcionamiento sería simplificado e intuitivo. Por lo tanto, surge la necesidad de adaptarse a las nuevas tecnologías y emplear métodos eficaces de diagnóstico.

1.6 SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la industria automotriz está en constante evolución, las principales innovaciones está en que la mayoría de vehículos utiliza componentes eléctricos, electrónicos y su funcionamiento está dado en gran porcentaje en base a sensores y actuadores” (Chávez, 2014, p. 3). Esos componentes proveen el medio más eficiente para una mejor funcionalidad, teniendo en consideración la reducción de gases de escape, permitiendo así acatar normas nacionales o internacionales que deben cumplir los automotores.

El aporte de diferentes fabricantes de vehículos muestra día a día soluciones para mitigar factores contaminantes y reducir el daño ambiental. Gracias al avance de la electrónica se pueden ver ventajas desde la reducción de material en el diseño de autopartes, así como también un mejor aprovechamiento de la energía que emplea el motor. El empleo de dispositivos de diagnóstico para determinar el estado del vehículo como el escáner, osciloscopio o banco de pruebas que permiten analizar las curvas y voltajes, le dan al técnico un panorama general del estado y funcionalidad de los sistemas del vehículo permitiéndole sustituir elementos si fuera necesario (Paladino, 2019a).

Gracias a esto, las principales empresas manufactureras de automóviles considerarán a la electrónica como el factor clave para competir por un mercado de clientes (Pérez Darquea, 2017).

Contar con este precedente hace que los vehículos aumenten significativamente su funcionalidad, desde dispositivos electrónicos como sensores, procesadores de imagen y cámaras que ayudan a una mejor conducción. Por lo tanto, influyen directamente en vehículos convencionales y modernos debido a su autonomía generada a partir de adaptaciones de sensores y actuadores automotrices.

De acuerdo a la tesis realizada por Andino y Corrales en 2017 (Andino & Corrales, 2017), este dispositivo electrónico permitirá a estudiantes, técnicos e ingenieros automotrices a descartar el

problema del sensor o actuador en caso de estas defectuosos, para así lograr dar un diagnóstico lo más rápido posible.

Por lo tanto, realizar un estudio y desarrollo de un banco de pruebas que simule las condiciones del motor ayudará a técnicos y estudiantes. Se podrá en el banco de pruebas realizar un estudio exhaustivo para conocer la funcionalidad tanto de sensores y actuadores, sin tener que manipular un vehículo. Comprender el estado de cada dispositivo reducirá tiempo de operación y a su vez dar un mejor mantenimiento, técnicos o especializados sustituyen estos sin comprobarlos debido que en el sistema real pueden incurrir fallas internas o problemas dependiendo el caso.

1.7 SISTEMA DE DIAGNOSTICO A BORDO OBD

El sistema de diagnóstico a bordo OBD surge con el fin de mejorar las prestaciones del vehículo, mediante la detección de fallos mecánicos y eléctricos durante su funcionamiento con la finalidad de reducir los niveles de gases contaminantes generados por la combustión de los automotores.(Salas, 2018)

1.7.1 Sistema de diagnóstico OBDI

El sistema de diagnóstico a bordo (OBD I) representado en la figura 1.1 permite leer códigos de error mediante interfaces que permiten comprobar y corregir la falla o problema.



Figura 1.1 Interfaces y lectores de códigos OBDI y OBDII

Fuente: (Aranda, 2013)

1.7.1.1 Historia

A mediados de los ochenta se dio fin la producción del carburador automotriz, debido a la legislación del control de emisión que cada vez era más exigente. Para el año 1985 se incorporó

el sistema Diagnóstico a bordo (OBDI) con la finalidad de regular y controlar los gases contaminantes procedentes del vehículo. La excesiva contaminación que se producía en ciudades como en EE. UU, donde gran porcentaje de contaminación era producido por vehículos livianos.(Mejía et al., 2020)

Para el año 1991 este fue de carácter obligatorio y todo fabricante debía incorporar el sistema de monitoreos, este se logró a partir del Módulo de control de Motor (ECM) siendo la encargada de monitorear los componentes en base a las emisiones de gases contaminantes.(Salas, 2018)

1.7.1.2 Funcionamiento

Mediante el monitoreo de componentes basado en la emisión de gases de escape, la ECM es la encargada de analizar e interpretar el funcionamiento del vehículo y de esta manera poder determinar los valores que se encuentran fuera de rango de acuerdo a la especificación de cada fabricante, producto de un mal funcionamiento del motor o de los diferentes componentes.(Diagnostics, 2005)

Esto genera Códigos de Problemas de Diagnóstico (DTC) que siendo almacenado en la ECU permite al conductor alertar el problema por medio de la activación de la lámpara indicadora MIL, sin embargo, el sistema a bordo OBDI no fue tan eficiente debido a que monitoreaba ciertos componentes y no permitía calibrar los niveles de emisiones y su método de diagnóstico se centraba en el autocontrol ya que analiza valores preestablecidos.(Diagnostics, 2005)

Por ello apareció el sistema de diagnóstico a bordo OBDII representado en la figura 1.2 con sus diferentes conjuntos o protocolos que mejoraba las prestaciones en base al OBDI. Este sistema fue mejorando debido a la exigencia y demanda por reducir las emisiones de gases contaminantes.

OBD I	OBD II
Sensores de oxígeno.	Sensores de oxígeno. (*)
Sistema EGR.	Sistema EGR. (*)
Sistema Combustible.	Sistema Combustible. (*)
Control de entradas y	Control de entradas y salidas. (*)
Información diagnóstica.	Información diagnóstica. (*)
Código de fallas (DTC).	Código de fallas. (*)
Nuevos diagnósticos 	Eficiencia catalizador.
	Misfire del motor.
	Sistema evaporativo.
	Sistema de aire secundario.
	Freeze frame data.
	(†) Mejorado

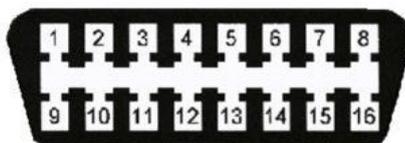
Figura 1.2 Evolución de protocolos OBDI y OBDII

Fuente: (Moyano, 2018)

1.7.2 Sistema de diagnóstico OBD II

La segunda generación del sistema OBDII surge con la finalidad de mejorar y reducir las emisiones de gases contaminantes producidos por el vehículo. Además de incorporar en el sistema de diagnóstico la Unidad de Control Electrónico (ECU), donde la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE) definió una estandarización de códigos y un puerto de diagnóstico de 16 pines (figura 1.3) que representa el conector estándar que fue aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), permitiendo un diagnóstico más eficaz y universal entre los vehículos. (Morales & Valverde, 2010)

El conector DLC también conocido como Data Link Connector OBDII esta descrito por el protocolo SAE J1962, su función es ser una interface entre la comunicación del equipo de diagnóstico y la ECU del vehículo. (Ortiz López, 2014)



1 – Sin uso	9 – Sin uso
2 - J1850 Bus positivo	10 - J1850 Bus negativo
3 – Sin uso	11 – Sin uso
4 - Tierra del Vehículo	12 – Sin uso
5 – Tierra de la Señal	13 – Tierra de la señal
6 - CAN High	14 - CAN Low
7 - ISO 9141-2 - Línea K	15 - ISO 9141-2 - Línea L
8 – Sin uso	16 - Batería - positivo

Figura 1.3 Terminales del conector OBDII

Fuente: (Aranda, 2013)

1.7.2.1 Historia

Para los años 90 los controles de emisión del Monóxido de carbono CO se hicieron más exigentes. Por ende, para el año 1996 apareció On Board Diagnostic Second Generation (OBDII) con uso de carácter obligatorio para todos los vehículos a gasolina, contando a su vez más componentes electrónicos para reducir los límites de emisión anteriores al OBDI. (Salas, 2018)

Permite diagnosticar los errores que se generan en el vehículo cuando está en funcionamiento sin la necesidad de desmontar los componentes o dispositivos que ocasionan dicho DTC producto de fallos eléctricos, mecánicos y químicos que puedan incurrir en el mal funcionamiento y eleve el nivel de emisión superior al estimado.

Por otra parte, este ya se encuentra ubicado en la zona superior de la talonera del conductor que a diferencia del sistema OBDI el fabricante lo colocaba donde el crea necesario. Existen hoy en día

distintas herramientas de diagnóstico compatibles con OBDII, con distintas interfaces de diagnóstico como bluetooth, WIFI o USB que permiten monitorizar en tiempo real los códigos de error y los diferentes parámetros procedentes de la Unidad Electrónica del motor ECU.(Salas, 2018)

Hoy en día existen alrededor de 11 monitores definidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), sin embargo, estos monitoreos no se encuentran disponibles en todos los automotores debido al diseño del fabricante ya sean continuos o no continuos.(Diagnostics, 2005)

1.7.2.2 Funcionamiento

El sistema OBDII mediante varios monitorios informa a la ECU las diferentes condiciones de operación y función de los sensores involucrados en los niveles de emisión, en caso de un sensor estar defectuoso emite una alerta al conductor por medio de testigos luminosos Mal function Indication Lamp (MIL) cuando el nivel de gases contaminantes aumenta en 1,5 a sus parámetros preestablecidos.(Salas Moyano, 2018)

Incorpora ya en su sistema dos sondas lambda o también conocidas como sensor de oxígeno que se encuentran post y pre catalizador, permitiendo de esta manera analizar el estado del catalizador y dar así un diagnóstico químico producto de los gases de escape. Además guarda un registro con los fallos ocurridos y las condiciones de operación cuando el vehículo presento el problema de mal funcionamiento, por lo tanto, permite informar al mecánico los registros a partir de un dispositivo de diagnóstico, que solicita información del estado del vehículo a la red de computadoras por medio de códigos PID (Parámetros de identificación).(Blasco, 2000)

1.7.3 Autodiagnóstico

El autodiagnóstico se ejecuta por medio de monitores los cuales son algoritmos propios de la Unidad electrónica del Motor (ECU) que le permiten auto diagnosticar los sistemas automotrices.(Osorio, 2015)

1.8 UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO

La Unida de Control Electrónico (ECU) representada en la figura 1.4 es la unidad principal en motores de combustión encargada de procesar y controlar los diferentes componentes electrónicos que la conforman.(Panadero, 2012)

Además, es la encargada de procesar toda la información obtenida por los diferentes sensores que componen el vehículo, capaz de controlar y comandar actuadores a partir de señales de entrada garantizando un mejor rendimiento en MCI.(Aranda, 2013)



Figura 1.4 Unidad de central electrónica ECU

Fuente: (Donado, 2021)

1.8.1 Historia

A partir de la adaptación de sistemas y componentes electrónicos al automóvil se incorporó las primeras computadoras automotrices a mediados de los años setenta. A principio de los años ochenta la mayoría de las fabricantes creaban estas unidades con datos ya preestablecidos, sin embargo, esto fue modificándose debido a las normativas de emisiones contaminantes procedentes de la combustión vehicular.(Avance, 2020)

Para esto los diferentes fabricantes optaron por crear motores más eficientes, además de incorporar ya computadores con procesamientos digitales permitiendo ya procesar datos de los diferentes sensores, gracias a microcontroladores que incorporaban en su sistema siendo capaces de obtener un registro de datos en tiempo real. Estos eran comparados con los datos grabados en una memoria ROM para comprobar el funcionamiento respecto a la información obtenida de cada sensor.(Avance, 2020)

Hoy en día estos dispositivos son parte fundamental en el funcionamiento mecánico y electrónico del vehículo debido que en este se almacenan y procesan la información de los diferentes componentes, gestionando un mejor rendimiento del motor y si en caso de detectar una falla el usuario pueda interpretar y solucionar el problema.

1.8.2 Funcionamiento

La ECU es la encargada de realizar diferentes funciones que permiten un control más preciso del vehículo las cuales se detallaran a continuación.

1.8.2.1 Control de inyección de combustible

Una de las funciones principales de la ECU es determinar la cantidad de combustible que debe pulverizar el inyector a partir de impulso eléctricos PWM que generan la abertura y cierre del inyector la cual es directamente proporcional a la carga de motor, interpretando parámetros como la posición del acelerador para el ingreso de aire y factores que permitan mejor el funcionamiento del motor. (Loayza Romero Yandri y Abril Rivera Raúl, 2005)

1.8.2.2 Control de puesta a punto de encendido

La ECU permite ajustar y controlar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición o puesta a punto de encendido), permitiendo al ruptor hacer saltar la chispa en el momento exacto permitiendo obtener una mayor potencia y menor consumo de combustible. (Loayza Romero Yandri y Abril Rivera Raúl, 2005)

1.8.3 Señales de entradas que interpreta la PCM

La PCM es la unidad encargada de procesar todas las señales entrantes mediante tablas de comparación con valores ya establecidos, instrucciones que se cumplen en diferentes condiciones de operación del vehículo. Para ello las señales análogas son convertidas en digitales para su procesamiento, mientras que las señales digitales serán procesadas directamente.

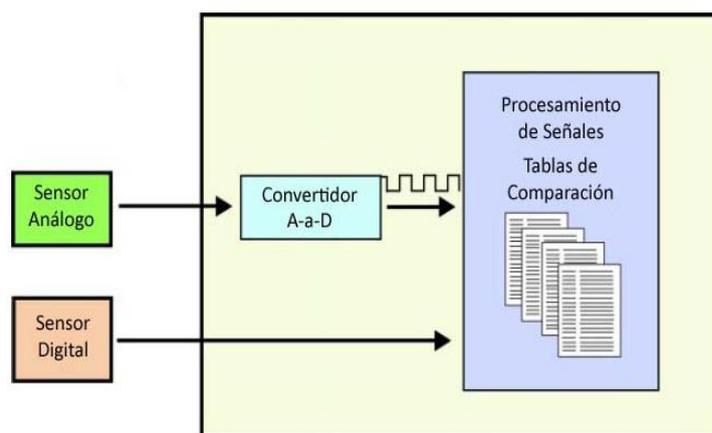


Figura 1.5 Procesamiento de señales de entrada

Fuente: (Booster, 2015a)

1.8.4 Señales de salida de la PCM

A partir de la información recibida y procesada por cada uno de los sensores la ECM se encarga de enviar señales de salida “comandos” a todos los actuadores, siendo el transistor el responsable de hacer funcionar y controlar a cada uno de los actuadores a partir de condiciones efectuadas por la ECU. (Booster, 2015)

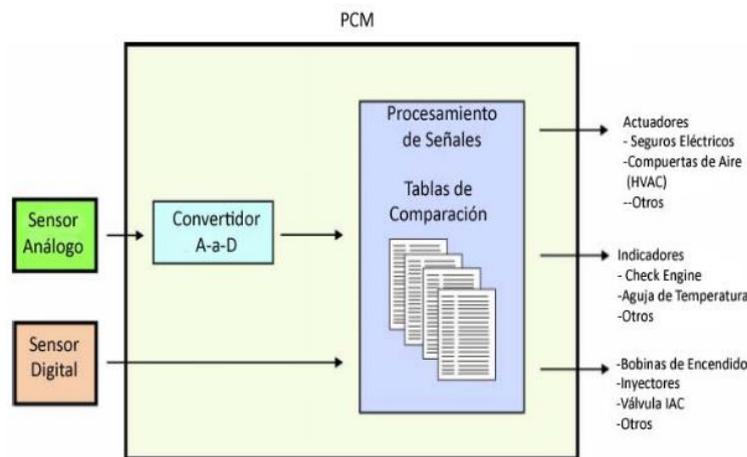


Figura 1.6 Procesamiento de señales de salida

Fuente: (Booster, 2015)

1.8.5 Sistema de gestión electrónica del MCI.

La gestión electrónica en motores de combustión interna permitió controlar con mayor precisión la dosificación del combustible por medio de la intervención de la inyección electrónica, a partir de la entrada y salida de datos para determinar la proporción ideal de mezcla aire-combustible. (García, 2016)

1.8.5.1 Funcionamiento

El control de la gestión electrónica funciona por medio de sensores automotrices, proporcionando parámetros necesarios a la Unidad de Control Electrónica (ECU) permitiendo así comandar los actuadores para una dosificación de combustible más apropiada. (Ferrer, 2021)

1.8.5.2 Estrategia de gestión electrónica

Existen 3 métodos aplicados para una mejor gestión electrónica en MCI que permiten un mejor rendimiento del motor.

1.8.5.3 Alpha N

Es uno de los métodos aplicativos más antiguo en MCI debido a su sistema que solo incorporaba un sensor de posición del acelerador TPS y velocidad de giro del motor RPM, esta información es enviada y procesada por la ECU para realizar su respectivo cálculo de carga.(Valdés, 2020)

1.8.5.4 MAF

Permite calcular la cantidad de aire que ingresa al motor respecto a las revoluciones del motor RPM, mejorando una modificación de aire, control de inyección y avance para MCI.(Valdés, 2020)

1.8.5.5 SPEED DENSITY

Mejora el avance de encendido y ajuste de combustible por medio de la relación producida entre la cantidad de aire presente en el cilindro respecto a la cantidad de aire que se predice que estará en el cilindro a partir de la adaptación del sensor de presión del aire MAP, teoría conocida como eficiencia volumétrica que permite a la ECM realizar un ajuste de las condiciones de flujo de aire presente en el motor. (Staff, 2018)

- Utiliza MAP / IAT / BARO vs RPM.

1.9 SENSORES AUTOMOTRICES

Son dispositivos eléctricos que tienen la finalidad de monitorear las condiciones de operación del vehículo, enviando la información obtenida mediante magnitudes física a la unidad de control.(Méndez, 2009)

1.9.1 Definición de sensor

Un sensor automotriz es un componente electrónico que basa su funcionamiento en monitorear el estado del vehículo, además convierte fenómenos físicos del MCI de voltaje a una frecuencia conocida como señal eléctrica para informar a la ECU. Esta permite interpretar y comparar los datos grabados en la memoria y de esta manera comandar los diferentes actuadores.(Méndez, 2009)

1.9.2 Banda muerta de un sensor

A partir del fabricante todo sensor debe de operar en un rango valor al estimado, de lo contrario la ECU entenderá un DTC como falla por mal funcionamiento o corto circuito.

Un sensor nunca llega emitir 5 voltios en su funcionalidad si supera eso mandaría a un código DTC.

1.9.3 Sensores pull up

Métodos empleados en algunos sensores automotrices con la finalidad de evitar falsos contactos, permitiendo un monitoreo del estado del dispositivo para poder determinar si se encuentra en circuito abierto o en corto. Además, su voltaje es entregado por una resistencia interna desde la Unidad de Control Electrónico como voltaje de referencia (figura 1.7). (Reyes, 2019)

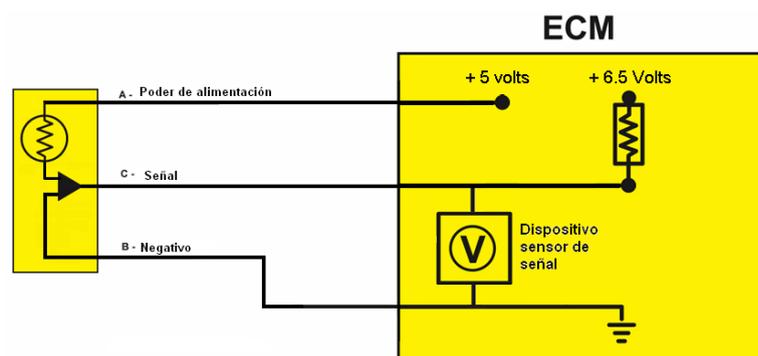


Figura 1.7 Diagrama de circuito Pull Up

Fuente: (Reyes, 2019)

1.9.4 Clasificación y tipos de sensores automotrices

A continuación, se detallará la clasificación y tipos de sensores automotrices que se utilizan para mejorar el rendimiento del MCI y cada sensor que lo conforma.

1.9.5.1 Sensores de temperatura

Son encargados de medir la temperatura del motor, además son de tipo termistor y varían su resistencia a medida que varía su temperatura permitiendo enviar dicha información a la ECU. Está compuesta con un material semiconductor que le permite disminuir su resistividad cuando el motor incrementa su temperatura. Además su estructura es de dos cables como se puede apreciar en la figura 1.8.(Mathas, 2011)

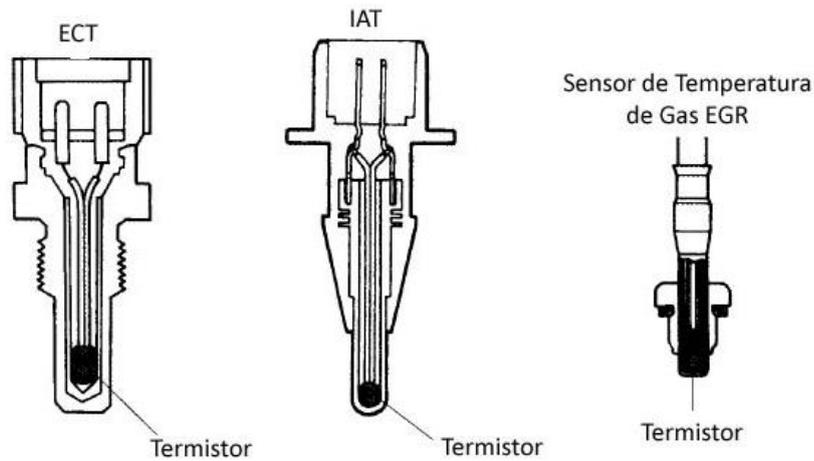


Figura 1.8 Sensores de temperatura de dos pines

Fuente: (Booster, Encendido electrónico, 2015)

A su vez existen dos tipos de termistores los NTC y PTC.

Termistor NTC y PTC

Los termistores de tipo NTC aumentan su temperatura conforme va disminuyendo la resistencia del semiconductor, sin embargo, para los termistores tipo PTC su temperatura aumenta uniformemente a la resistencia. A continuación, en la figura 1.9 se presentará el modo de funcionamiento con su respectiva señal y ecuación.(FAE, 2017)

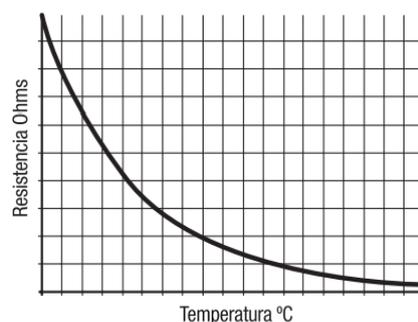


Figura 1.9 Gráfica del termistor NTC

Figura 1.5 Grafica resistencia en Ohmios Vs Temperatura en °C del termistor NTC

Fuente: (FAE, 2017)

En la figura 1.10 los termistores de tipo PTC se conforman de manera lineal debido a su aumento uniforme de temperatura vs resistencia.

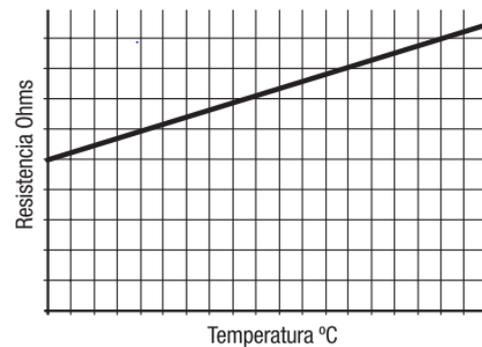


Figura 1.10 Gráfica del termistor PTC

Fuente: (FAE, 2017)

Se utilizan en:

- ECT (Sensor de temperatura de refrigerante)
- IAT (Sensor de temperatura de aire de admisión)
- CHT (Sensor de temperatura de culata)
- EOT (Sensor de temperatura de aceite de motor)
- Sensor de temperatura EGR.

1.9.5.2 Sensores de posición

Son los encargados de medir el porcentaje de giro a partir de un potenciómetro de resistencia variable.

Potenciómetro

Instrumento que permite medir la diferencia de potencial eléctrico conocido como voltaje de dos terminales eléctricas a partir de una resistencia variable que se encuentra en un extremo, además posee una tercera conexión que toma el control del sistema deslizante para aumentar o reducir la resistencia de acuerdo al cambio de corriente. En su estructura posee tres terminales como se puede observar en la figura 1.11 permitiendo de esta manera medir el voltaje por medio del cambio de variación de resistencia. (Salvador Morabowen, 2016)

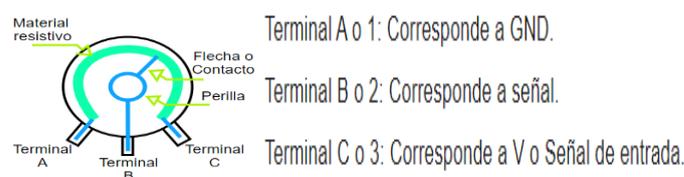


Figura 1.11 Representación de potenciómetro y terminales de conexión

Fuente: (Latam, 2021)

Sensores TPS (Posición de la mariposa)

Se encargan de monitorear la posición de apertura de la mariposa TPS en motores MEP, informan a la Unidad de Control Electrónico y permiten que la PCM pueda identificar la potencia que el conductor solicita, mejorando la estrategia de tiempo de inyección y avance de ignición. Además, trabaja variando la salida de voltaje en relación al movimiento. (Gulmaraes, 2014)

A continuación, se presenta el circuito del sensor TPS en la figura 1.12 con sus respectivos terminales de conexión.

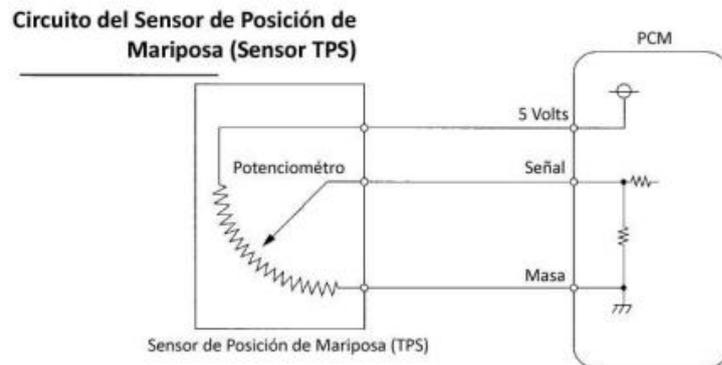


Figura 1.12 Circuito de sensor de posición TPS

Fuente: (Booster, 2015)

Se encuentran los siguientes sensores:

- Sensores TPS (Posición de la mariposa)
- Sensores APP (Posición del pedal del acelerador)
- Sistema EGR (Posición de válvula EGR)

Existen 3 tipos:

- Inductivos
- Efecto Hall
- Magneto resistivos

1.9.5.3 Sensores de posición rotacional

También conocidos como sensores rotativos son los encargados de medir la posición y velocidad de giro permitiendo a la computadora conocer el tiempo de encendido y dar una mejor sincronización al sistema de inyección electrónica. (Aranda, 2013, p. 71)

En este apartado podemos encontrar los diferentes sensores:

- Sensor CKP (Posición de cigüeñal)
- Sensor CMP (Posición de árbol de levas)
- Sensor CAS (Posición de distribuidor)

- Sensor VSS (Velocidad del vehículo)
- Sensor WSS (Velocidad de la rueda) (Aranda, 2013, p. 71)

Sensor CKP (Posición de cigüeñal)

Se encarga de informar y registrar la posición del cilindro número uno, además toma un registro de aceleración o desaceleración de la rueda fónica “cigüeñal” enviando a la ECU todos los parámetros obtenidos.(García, 2016)

- Permite una mejor dosificación de combustible
- Regula el punto de encendido
- Controla la velocidad de marcha mínima “ralentí” (García, 2016)

Funcionamiento

Desde el momento que el volante de inercia gira la rueda fónica actúa interrumpiendo las líneas del campo magnético generado, provocando una tensión en el bobinado, generalmente esta señal es sinusoidal a partir de picos que representan cada uno de los dientes (figura 1,8) representado el funcionamiento y señal del sensor.(García, 2016)

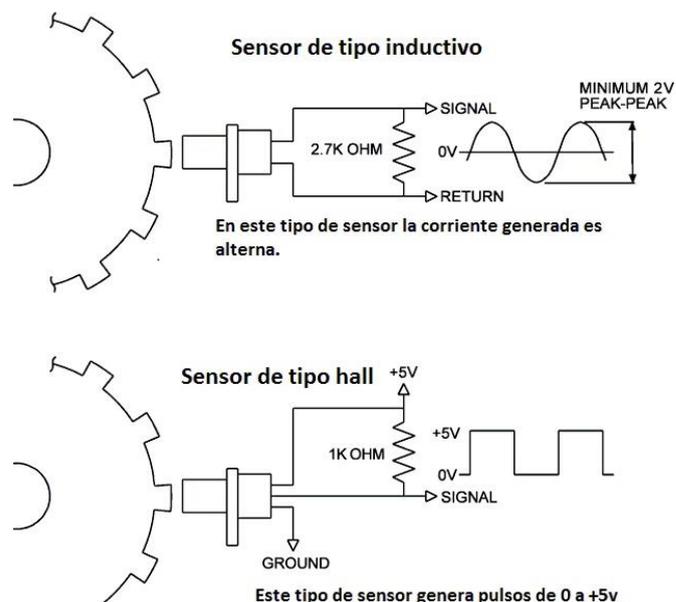


Figura 1.13 Señal características del sensor CKP inductivo y efecto Hall

Fuente: (Reyes, 2015)

Sensor CMP (Posición de árbol de levas)

Trabajo conjunto con el sensor CKP, sin embargo, el sensor CMP informa a la ECU el recorrido del pistón número uno en la etapa de compresión por medio del árbol de levas, enviando señales de voltaje a la computadora que efectúen la sincronización y activación secuencial de cada inyector y exacto salto de chispa de cada bujía. (Avance, 2013)

- Correcta inyección
- Correcta encendido
- Correcto salto de chispa en cada bujía

1.9.5.4 Sensores de flujo de masa de aire

Son los encargados de medir la cantidad de aire que ingresa al motor por el múltiple de admisión convirtiéndola a una señal eléctrica para informar a la ECU, de esta manera la ECU comprenderá el flujo y podrá realizar el cálculo de carga. (Booster, 2012)

Existen de varios tipos:

- MAF Hilo Caliente (Mass air Flow)
- MAF Película Caliente (Mass air Flow)
- MAF Karman Vortex
- Ultrasónicos (Booster, 2012)

Sensor MAF (Hilo caliente)

Su particularidad es que en su estructura posee un alambre de hilo caliente “platino” con una temperatura de 150°C a 200°C, para esto la ECU recepta la información de manera continua para conocer la cantidad de aire entrante. Por lo tanto, un aumento de flujo de aire generaría que el hilo pierda calor rápidamente, de esta manera el circuito electrónico compensa la pérdida de calor y genera una señal de voltaje para que la ECU pueda calcular la carga del motor. (Ávila, 2021)

1.9.5.5 Sensores de presión

Se encargan de detectar la presión del aire producto de la admisión del vehículo, esta a su vez se convierte en una señal eléctrica para informar a la ECU y así poder regular la mezcla de aire-combustible. (Booster, 2015b)

Los encontramos en:

- MAP (Manifold Absolute Pressure)
- OPS Sensor de presión de aceite (Oil Pressure Sensor)

- FPS Sensor de presión de combustible (Fuel Pressure Sensor)

Sensor MAP (Presión absoluta del múltiple)

Tiene la función de detectar la presión del aire entrante en el múltiple de admisión, permitiendo de esta manera la ECU realiza el cálculo del flujo másico que está en el motor.

19.5.6 Funcionamiento

Por medio de la presión atmosférica y de vacío que posee el múltiple de admisión el sensor puede comparar y a su vez emitir una señal de voltaje a la ECU, de esta manera la resistencia fluctuara inversamente proporcional a la temperatura como se muestra en la figura 1.14 en el diagrama del sensor MAP y pines de conexión a la PCM. (Booster, 2015b)

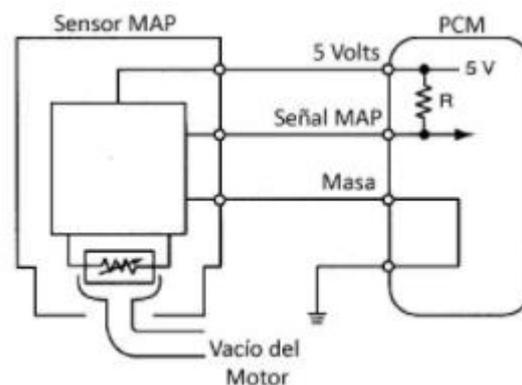


Figura 1.14 Diagrama de conexión de sensor MAP

Fuente:(Booster, 2015b)

1.10 ACTUADORES AUTOMOTRICES

Componentes capaces de convertir señales eléctricas voltaje, corriente, PWM en fenómenos físicos como movimiento o chispa a partir de la Unidad de Control Electrónico, encargada de controlar y regular el funcionamiento de cada dispositivo.(Colombia, 2015)

Existen tres tipos de fuentes que efectuar un actuador:

- Presión neumática
- Presión hidráulica
- Fuerza motriz eléctrica



Figura 1.15 Procesamiento de información de actuador

Fuente:(Colombia, 2015)

1.10.1 Inyector

Elemento capaz de permitir la pulverización de combustible dentro de la cámara de combustión precisamente en el tiempo de admisión para luego mezclarse con el aire aspirado, donde la cantidad a inyectar depende principalmente de la carga del motor y la presión de operación.(Ferrel, 2021)

1.10.1.1 Funcionamiento

Por medio de electroválvulas permiten el paso de combustible en el momento preciso hacia la cámara de combustión siendo capaces de abrir y cerrar de acuerdo con el pulso eléctrico de inyección, además reciben la información de la ECU para saber cuándo y cuánto combustible deben pulverizar. Teniendo presente que no regulan presión ni caudal.(Ferrel, 2021)

1.10.1.2 Componentes

El inyector aplicativo para motores de gasolina se fabrica de acero y constan de diferentes componentes como se puede indicar en la figura 1.16. Además, incorporan en su estructura el porta toberas que es donde se sienta el inyector.

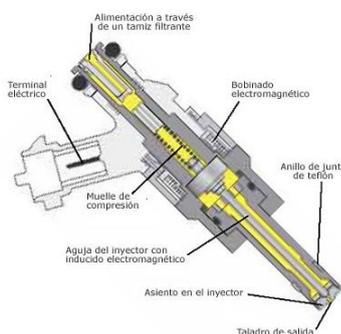


Figura 1.16 Componentes de inyector

Fuente: (Arleco, 2017)

1.10.2 Bobinas de encendido

Dispositivo electromagnético que permite transformar el voltaje normal de 12V proveniente de la batería a alta tensión de voltaje elevando en el orden de los 10kV-20kV, con el objetivo de producir la corriente necesaria para el salto de chispa y así provocar la ignición de la mezcla aire-combustible.(Beru, 2013)

Existe una clasificación referencial de 5 familias de bobinas de encendido como son:

- Por distribuidor
- DIS Estático (Chispa Perdida)
- Independientes COP (Coil On Plug)
- De chispa residual
- Lápiz de encendido .(Chirinos, 2021)

Bobinas de encendido que eliminan el encendido convencional, en los cuales se remplaza cables o distribuidor se encuentran:

Bobina DIS

Sistema de encendido que utiliza una bobina por cada dos bujías. Es decir, saltará chispa en 2 bujías simultáneamente. Donde la sincronización de chispa se logra gracias a la Unidad de Control de Encendido (UCI) y la Unidad de Control Electrónico (ECU) en MCI.(Idrovo, 2011, p. 1)

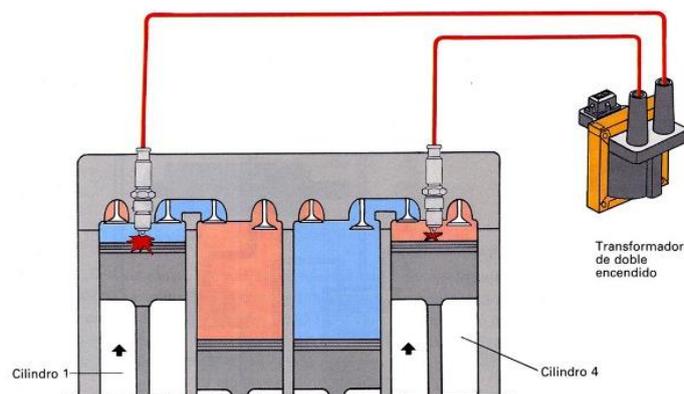


Figura 1.17 Sistema de bobina DIS

Bobinas COP

Sistema de encendido que dispone de una configuración independiente, sitúa una bobina para cada cilindro donde el módulo de encendido y bobina se conecta directamente a la bujía.(Chirinos, 2021)

1.10.3 Válvula EGR

Recircula los gases de escape procedentes de la combustión en el vehículo hacia el interior del colector de admisión hasta llegar a ser quemados en el interior del cilindro, siendo la ECU la encargada de recircular estos gases con la finalidad de reducir los óxidos de nitrógeno (NOx).(Aparicio, 2020)

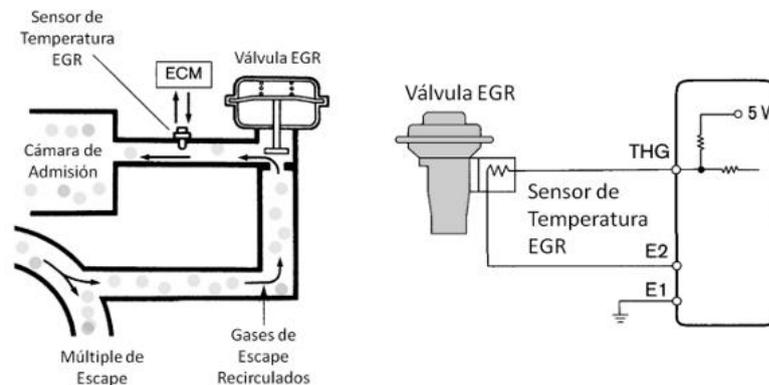


Figura 1.18 Diagrama de conexión de la válvula EGR

Fuente: (Carvajal, 2013)

1.10.4 Válvula IAC

La válvula IAC por su funcionalidad permite mantener el vehículo en un ralentí estable por medio del paso de aire sin necesidad de acelerar, por lo general se encuentran ubicadas en el cuerpo del acelerador con la finalidad de controlar el flujo de aire cuando la aleta de la mariposa esta parcialmente cerrada. En la figura 1.19 se representa el diagrama de funcionamiento de la válvula motor de paso IAC (Ortega, 2021)

Control de Trabajo de Válvula ACV

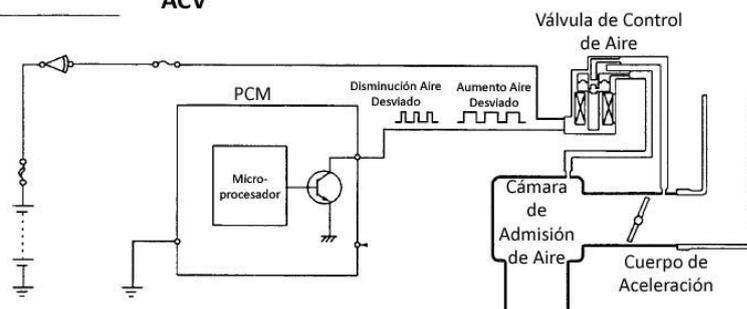


Figura 1.19 Diagrama de circuito de la válvula IAC

Fuente:(Ortega, 2021)

1.10.5 Válvula EVAP (CONTROL EVAPORATIVOS DEL TANQUE)

La válvula EVAP evita que los vapores generados por la gasolina en el tanque de combustible se escapen, además permite recircular estos vapores hacia el múltiple de admisión hasta llegar al cilindro y ser quemados en el proceso de combustión, sin embargo, si estos se escapan la contaminación de hidrocarburos debe de ser la mínima.(Paladino, 2019b)

Por lo tanto, este sistema está constituido principalmente por un depósito de combustible, además de un depósito de carbón activo donde se acumulan estos vapores con un tapón de sellado y algunas válvulas que permitan la recirculación hacia el múltiple de admisión hasta llegar a ser quemados junto a la mezcla entrante de aire-combustible.

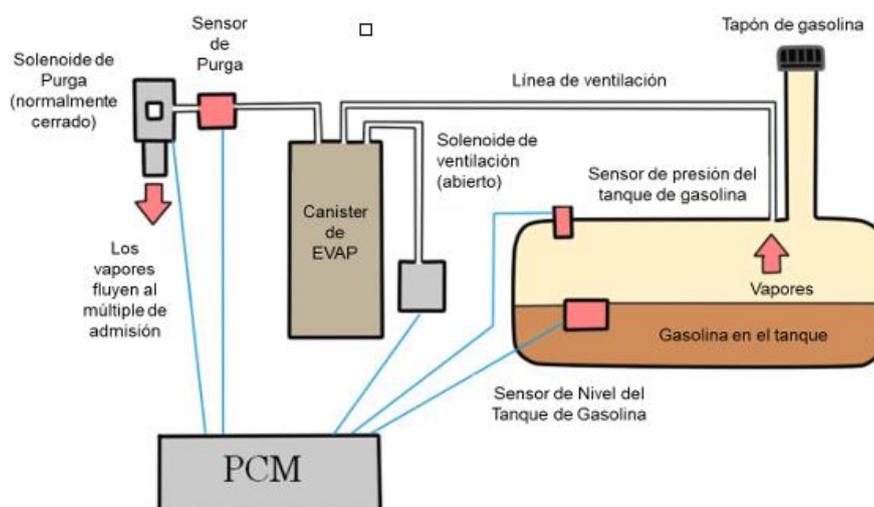


Figura 1.20 Sistema de evaporaciones EVAP de OBDII

Fuente: (Paladino, 2019)

1.10.6 Válvula VVT

Permite controlar la variación y tiempo de apertura y cierre de válvulas de admisión y escape por medio del árbol de levas, logrando un mejor rendimiento volumétrico debido a que controla la cantidad de mezcla que ingresa al motor y sus gases que salen producto de la combustión dependiendo del régimen del motor.(Avance, 2017)

1.11 MICROCONTROLADORES PROGRAMABLES ARDUINO

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico programable que se conforma mediante circuitos integrados, además permiten ejecutar y procesar operaciones previamente establecida en su memoria de manera automática y a gran velocidad logrando así controlar periféricos de entradas y salidas. (Moreno & Córcoles, 2018)

Un microcontrolador además de poseer un circuito integrado se compone de diferentes unidades de procesamiento que se encuentran interconectadas entre sí para un buen funcionamiento, como son:

1.11.1 Periféricos de entrada y salida (E/S):

Cumplen la función de receptar y transmitir las señales o pulsos del microcontrolador a otros dispositivos para su respectivo procesamiento, además almacenan toda la información de manera temporal o permanente. Las señales (E/S) que se producen en un microcontrolador son de tipo análogas o digitales.(Fernández, 2020)

1.11.2 Unidad de proceso (CPU)

También conocida como unidad central de procesamiento de datos, se considera el componente más importante del microcontrolador siendo el cerebro encargado del procesamiento y ejecución de todas las operaciones lógicas.(López et al., 2016, p. 61)

1.11.3 Tipos de memorias:

1.11.3.1 Memoria para el programa (FLASH)

Permite almacenar un tamaño de bits especificado cuando se desea desarrollar un programa o aplicación. A partir del del lenguaje ensamblador también conocido como C. De manera que la información se pueda almacenar y convertir en instrumentación para ejecutar el proceso.

1.11.3.2 Memorias volátiles (RAM)

Memoria de Arduino encargada de almacenar información temporal desde el momento que se inicia a correr la ejecución del programa permitiendo escribir o leer datos en cualquier dirección de la memoria, sin embargo, no puede almacenar información cuando deja de recibir alimentación eléctrica.(Hernández, 2020)

1.11.3.2 Memorias permanentes (ROM)

Almacenan información o instrucciones programadas de manera permanente aun cuando este sin alimentación eléctrica. Por ende, el contenido que ejecutará el microcontrolador estará almacenado directamente en la memoria.(Hernández, 2020)

1.11.4. Placas de Arduino

Arduino es una placa electrónica de código abierto basado en microcontroladores reprogramables que trabajan junto con instrucciones ya programadas IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), siendo un sistema de programación C/C++ permite tener un sin número de funcionalidades. Además, incorporan múltiples periféricos de entrada y salida que permiten la conexión con diferentes tipos de sensores o actuadores para interactuar con el entorno. (López et al., 2016)

1.11.5 Arduino Mega 2560

En la familia Arduino se considera el microcontrolador más eficiente y funcional de la serie basada en ATmega2560 ya que incorpora propiedades superiores en base a las demás placas Arduino, posee mayor capacidad de almacenamiento y proceso de ejecución de información y señales, además está integrada con un amplio número de pines de entrada/salida de datos permitiendo ser una de las placas más ideales para llevar a cabo la programación que requieren la interacción de un extenso número de sensores y actuadores.(López et al., 2016, p. 63)

1.11.5.1 Alimentación de la placa:

La alimentación del circuito de la placa Arduino opera por medio de corriente continua, entre 5 V alimentados desde el puerto USB o hasta con 12 V empleando una fuente externa. (García, 2013)

Además, posee algunos pines para suministrar valores de alimentación como son:

✓ **Puerto VIN**

Mediante este puerto la placa puede ser alimentada ya que no necesita regular el voltaje de la fuente externa mayor a 5V para energizar el circuito, permitiendo recibir el mismo voltaje para el funcionamiento de la placa.

✓ **Pin 5V y 3.3 V**

Permite obtener un voltaje de referencia entre los 3.3V y 5V, además de unas corrientes de 40mA hasta 50mA procedentes de estos pines.

✓ **Pin GND**

Pin empleado para la tierra de la placa con voltaje de 0V. (García, 2013)

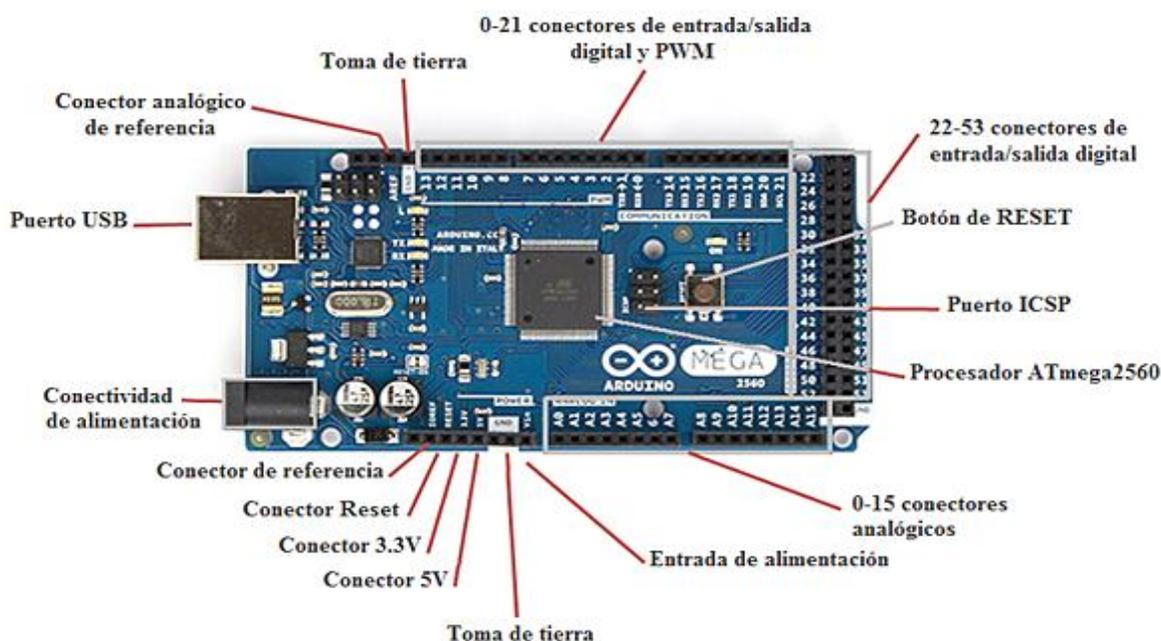


Figura 1.21 Descripción de las entradas/salidas de la tarjeta Arduino Mega 2560

Fuente: (Arduino, 2015)

1.11.6 Tipos de puertos de comunicación

Puertos análogos

El microcontrolador Arduino en su placa cuenta con 15 entradas analógicas numeradas desde A0 a A15, trabajan con valores de tensión entre 0V a 5V, cuyos valores serán convertidos a valores digitales mediante el circuito conversor analógico/digital incorporado en la placa.

Puertos de salidas PWM

Arduino Mega cuenta con puertos desde el 2 al 13 y del 44 al 46 que funcionan a partir de Modulación de Onda por Pulsos (PWM), la cual consiste en generar una señal analógica partiendo de una fuente digital. Además, el PWM en Arduino permite una resolución de 8 bits con un rango de valores de 0 a 255 mediante la función `analogWrite`. (López et al., 2016, p. 62)

Por lo que suele ser para diferentes funcionalidades como son:

- ✓ Controlar la velocidad de un motor
- ✓ La intensidad con la que ilumina un LED
- ✓ La frecuencia de un sonido emitido por un zumbador

Puertos de entradas digitales

Las señales digitales disponen de solo dos estados. Al valor inferior de tensión $-V_{cc}$ le asociamos un valor lógico LOW o '0', mientras que al valor superior $+V_{cc}$ le asociamos HIGH o '1'. La placa Arduino está constituida por 52 puertos, las que se encuentran señaladas en la sección de pines con la palabra DIGITAL. El nivel alto se representa idealmente por una tensión positiva de 5 voltios, mientras que el nivel bajo se representa idealmente por una tensión nula 0V.

Puerto o conector USB

Permite conectar nuestra Arduino a la PC, cargar nuestro código y alimentar la tarjeta.

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

En la realización del diseño y construcción del sistema de simulación de circuitos para pruebas en banco de sensores y actuadores automotrices que funciona mediante el microprocesador Arduino, se utilizaron los diferentes materiales electrónicos con el propósito de alimentar y controlar los diferentes dispositivos. Al igual que los mecanismos de simulación que permitirán controlar y comprobar el funcionamiento de cada sensor y actuador mediante la visualización de curvas características y valores de referencia que se representarán a partir de un osciloscopio incorporado en el banco de pruebas. De esta manera el control de actuadores se llevará a cabo mediante la programación en el microcontrolador Arduino permitiendo controlar la frecuencia de funcionamiento y energización a partir de parámetros y comandos preestablecido. A partir de la metodología que abarca este capítulo que se presentara a continuación.

2.1 Materiales

En la tabla 2.1 se detallan los materiales empleados en el proceso de diseño y construcción del banco de pruebas de sensores y actuadores a partir de la simulación de circuitos que comanda la ECU.

Tabla 2.1 Materiales utilizados para construcción del banco de pruebas

Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción
1	Arduino MEGA 2560		
8	Diodo 1N5401	8	Capacitor electrolítico 100 μ F (35V o 16V)
8	Regulador de voltaje 7805	8	Condensador 200uF (10 V)
8	Mosfet 3904BJT	8	Transistor 2N3904
2	Transistor NPN TIPS 120		Potenciómetro de 5k
3	Resistencias 1k a 5k	1	Fuente de alimentación de 12V
16	Selector de 2 y 3 posiciones	3	Inyectores
10	Cables Jumpers	2	Disipador de calor de transistor
1	Bobinas (DIS-COP)	1	Sensor TPS
1	Sensor CKP (Inductivo y Hall)	1	Válvula IAC
1	Sensor MAP	1	Osciloscopio FNIRSI 10130
2	L298N de Arduino	1	Micro motorreductor HPCB 12V
1	Electroventilador 5V DC	1	1 Rueda fónica
1	Resistencia calefactora	1	Fusible

Arduino MEGA2560

El microprocesador ATmega2560 es una de las placas más representativas de la familia Arduino, dispositivo que cuenta con 54 pines entre entradas y salidas de tipo análogas y digitales, permitiéndole ser compatible con placas Arduino.

Tabla 2.2 Características técnicas de Arduino MEGA2560

Microcontrolador ATmega2560	
Voltaje de alimentación	5V
Voltaje de regulación	7V-12V
Voltaje de entrada REF	6V-20V
Pines digitales de Entrada/Salida	54 pines donde 15 provienen de salida para PWM
Corriente DC entregada en el pin 3.3V	40mA
Memoria Flash	256 KB donde 8KB se emplean para el bootloader
SRAM	8KB
EEPROM	4KB

(Arduino Mega 2560, s.f.)

Osciloscopio digital 2 canales

Tabla 2.3 Osciloscopio FNIRSI-1013D

Osciloscopio Digital 2 Canales de 7plg Táctil	
Modelo	FNIRSI-1013D
Módulo integrado de protección	400V
Banda ancha	100MHz (Con la propiedad de calibrar las dos sondas)
Almacenamiento	1GB (Hasta 1000 capturas de pantallas con datos de ondas)
Frecuencia de muestreo	1GS/s
Capacidad de memoria	240 KB
Batería	6000 mAh Recargable de litio con capacidad de operación entre 4 a 5 horas
Voltaje de entrada máximo	40 V (1 X), 400 V (10 X)
Impedancia de entrada	1 Ω
Interfaz	USB (5 V / 2 A)
Precisión de voltaje	$\pm 2\%$
Precisión de frecuencia	$\pm 1\%$
Dimensiones	184 \times 124 \times 50 mm
Canales	2

(FNIRSE, 2020)

Display Oled ESP8266

Pantalla de diodo orgánico compuesta por diversas láminas de carbón que funcionan mediante un emisor de luz cuando este dispositivo se pone en contacto con la electricidad, compuesta por un controlador SSD1306 y comunicado I2C con el microcontrolador Arduino para la obtención de datos y reflejar en la pantalla.

Tabla 2.4 Display Oled SSD1306

Pantalla Oled

Alimentación Oled VCC	3,3 a 5 V
SDA Arduino Mega	20 pin
SCL	21 pin
Interfaz	I2C
Potencia	0,06 W
Dimensiones	1,3 plg
Ángulo de visión	160 grados
Controlador	SSD1306

(Hernández, 2022)

Capacitor electrolítico de 100 μ F

Dispositivo también conocido como condensador es capaz de almacenar energía mediante un campo eléctrico, aptos para operar en circuitos de alta corriente y baja frecuencia, este a su vez se encarga de conducir corriente DC.

Tabla 2.5 Características de capacitor 100 μ F**Capacitor electrolítico 100 μ F**

Capacidad	2200 μ F
Valor de voltaje	35V
Corriente de fuga	3 μ A
Tolerancia	\pm 20%
Numero de pines	2
Temperatura de operación Mínima/Máxima	-40 °C a 80 °C

(MV Electronica, 2018)

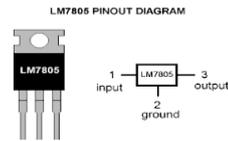
Regulador de voltaje 7805

También conocido como regulador de tensión es un elemento encargado de controlar un voltaje constante en un circuito a partir de sus salidas mediante un regulador de tensión DC evitando que existan caídas de tensión o variaciones de voltaje.

También conocido como un regulador de tensión el LM7805 es un circuito integrado cuya función es mantener un voltaje constante de salida de 5V independientemente de su voltaje de entrada, además cuenta con 3 terminales que son: pin de entrada, masa y pin de salida.

Tabla 2.6 Características de regulador de voltaje

Regulador de voltaje LM7805



Entrada de voltaje	35V
Corriente pico	2.2 A
Potencia de entrada	7V a 35V
Rango de temperatura	0±125°C
Potencia de salida	5V a 9V
Voltaje de caída	2V
Corriente de corto circuito	230mA

(Velooso, 2016)

Circuito integrado 555

Circuito generador y oscilador que permite la generación de diferentes tipos de onda a partir de un temporizador y generador de frecuencias respecto al tiempo. Siendo así un circuito que puede interactuar con combinaciones analógicas o digitales.

Tabla 2.7 Circuito IC N555

NE555



Corriente de alimentación	3 a 5 mA
Voltaje de operación	4.5 VCD
Temperatura de operación	0 a 70 °C
Corriente de salida	200 mA
Disipación máxima	500mW
Temperatura de almacenamiento	-65 a +150 °C

(Mecatrónica, 2021)

Diodo 1N5401

También conocido como diodo rectificador es el encargado de permitir el paso de corriente eléctrica en un solo sentido, donde la flecha del símbolo indica hacia donde está fluyendo la corriente.

Tabla 2.8 Diodo 1N5401

Diodo rectificador 1N5401

Voltaje inverso pico	100V
Corriente rectificada directa máxima promedio	3A
Temperatura de operación máxima	150°C
Corriente inversa máxima, T = 25C	20uA
Máximo voltaje RMS	70V
Rango de temperatura de almacenamiento TA	±65 a 175°C
Número de pines	2

(Rectificadores Datasheet, 2015)

Capacitor electrolítico 47 uF

Dispositivo electrónico que permite trabajar con alta corriente y baja frecuencia, permitiendo a su vez obtener una mayor capacitancia gracias a sus filtros de alimentación que se usan para almacenar carga, rectificar la tensión eléctrica de salida como también las fluctuaciones de corriente, por lo tanto, evita caídas de voltaje o tensión.

Tabla 2.9 Capacitor electrolítico 47uF

Capacitor electrolítico 47 uF

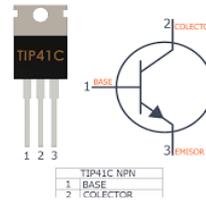
Valor de voltaje	25V
Rango de temperatura de	+85 a -40° C
Tolerancia	±20%
Rango de temperatura	105°C

(Capacitor electrolitico, s.f.)

Transistor TIP 41A

Transistor de potencia de tipo NPN que se utiliza para amplificación y conmutación a partir de bajas velocidades.

Tabla 2.10 Características de transistor TIP 41A

Transistor TIP 41A

Voltaje colector-emisor	60V
Disipación de potencia	65W
Ganancia de corriente DC	150hFE
Rango de temperatura de funcionamiento	-65°C a 150°C
Encapsulado	TO-220-3
Corriente de colector máxima	5 ^a
Resistencia térmica	1,92°C/W

(UNIT Electronics, 2021)

Módulo L298N

Es un drive de puente H que permite tener el control de uno a dos motores de corriente continua, este a su vez toma el sentido de giro de manera bipolar o unipolar donde la velocidad y giro van a partir de señales de un microcontrolador y PWM.

Tabla 2.11 Características Módulo motor Driver

Módulo motor Driver L298N

Voltaje lógico	5V
Voltaje de potencia	5V-35V DC
Capacidad de corriente	2A
Canales	2 motores DC o 1 motor de pasos
Potencia máxima	25W
Consumo de corriente	0 a 36mA
Tamaño	43*43*27

(Llamas, 2021)

Micro motorreductor Metal HPCB-12V

Dispositivo de corriente continua y engranes metálicos es capaz de generar una velocidad de hasta 1000 RPM con una relación de 31:1HP siendo así un motor de alta potencia.

Tabla 2.12 Características de Motorreductor HPCB

Motorreductor HPCB -12V



Voltaje de operación	12V
Rendimiento sin carga	1100 RPM a 60mA
Relación de engranaje	30:1
Diámetro	D
Dimensiones	10x12mm
Eje de salida	9mm
Diámetro de eje	3mm

(Electrostore, s.f.)

Diodo 1N4007

Es un tipo de diodo rectificador de señal que permite el flujo de energía en un solo sentido dependiendo si se encuentra en una polarización directa o inversa. Siendo el caso de ser directa permite el paso de corriente e inversa impidiendo el paso en CA o CD.

Tabla 2.13 Diodo rectificador 1N4007

1N4007



Voltaje máximo de operación	1000V
Voltaje máximo RMS	700 V
Voltaje de reversa máximo	50V
Consumo de corriente	5 a 50 μ A
Corriente	1 A
Encapsulado	D0-41
Rango de temperatura de operación	-50 a 150°C

(Electronics, 02)

Potenciómetro de 5K

También conocido como un resistor eléctrico posee en su estructura dos resistencias en series con la finalidad del usuario poder modificar sus resistencias y este a su vez variar el voltaje de salida.

Tabla 2.14 Potenciómetro de 5K Ω **Potenciómetro Monovalente**

Resistencia	5k Ω
Potencia	125mW
Tolerancia	$\pm 20\%$
Ángulo de rotación	300°
Diámetro de eje	6mm
Longitud de rosca	6mm

(Dieltron, s.f.)

Ventilador

Dispositivo electrónico de corriente directa que a partir de un transformador crea la fuerza necesaria para hacer rotar el ventilador.

Tabla 2.15 Características ventilador H6246DC**Ventilador**

Voltaje de operación	5V
Corriente	0.7 A
Cable	4 líneas con control para PWM
Dimensiones	10x10cm
Velocidad	1800-3800 RPM

Resistencia calefactora

Es un tipo de resistencia que convierte la energía eléctrica en calor a partir de un conductor como es el níquel capaz de generar temperaturas hasta de 240°C.

Tabla 2.16 Características de resistencia calefactora

Resistencia calefactora de níquel



Potencia	40W
Alimentación	12V
Temperatura máxima	240°C
Corriente	5A
Material	Acero inoxidable

(Novatronic, s.f.)

Relay SRD-12V

Es un circuito electrónico que actúa como un interruptor mediante contactos generando la apertura o cierre para que la corriente fluya en un circuito de manera independiente, este a su vez puede controlar voltajes DC o AC

Relevador DC SRD 12VDC-SL-C



Interruptor	240V a 7 ^a
Voltaje de activación	12V
Resistencia de bobina	400
Pines	5
Temperatura de operación	-25 a 70°C
Humedad de ambiente ideal	45%

(Unit Electronics, 2016)

Interruptor basculante 2 y 3 posiciones

También conocido como un selector de barco redondo de 3 posiciones; encendido, apagado y encendido se conforma de 3 pines a partir de una selección de posiciones que permiten el flujo de corriente en un circuito.



Figura 2.1 Interruptor basculante

2.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se explica la metodología de la investigación empleada para llevar a cabo la construcción del banco de pruebas propuesto, con la finalidad de que se cumplan los objetivos previamente planteados, manteniéndose en el margen de una secuencia lógica y cronológica. Inicialmente, se recaba información necesaria sobre trabajos similares y el avance de estos por medio de una investigación documental que aporte un enfoque aplicativo y tener una mejor perspectiva del tema a tratar.

Una vez recabada la información considerada necesaria, se realiza un análisis de los materiales y herramientas a emplear para comenzar con la realización del banco de pruebas propuesto. Utilizando un diagrama de flujo se establece el orden de los procesos y resultados que se espera obtener. Finalmente se explican los resultados obtenidos y se hace recomendaciones en base a prácticas experimentales.

2.2.1 Enfoque investigativo

El propósito de este proyecto es “Diseñar y construir un banco de pruebas para sensores y actuadores de un motor de combustión interna a través de la simulación de circuitos de la Unidad de Control Electrónica del motor”. Para lo cual es necesario indagar el funcionamiento interno de una ECU automotriz para obtener todos los parámetros necesarios que ayudarán a simular los diferentes circuitos que alimentan y reciben información de los sensores y actuadores que conforman el MCI. De esta manera, se busca construir y proponer un banco de pruebas funcional que simplifique y ayude al profesional automotriz a reducir tiempo en el diagnóstico.

2.2.2. Tipo de investigación

2.2.2.1 Método documental

Se considera un método documental porque toda la información bibliográfica fue recolectada y referenciada de varias fuentes respaldadas por documentación, con análisis de estudios previos o similares. Para esto, fue necesario el uso de internet, libros, artículos científicos, tesis, revisiones técnicas, entre otros medios de información.

2.2.2.2 Método analítico

En este proyecto se utiliza el método analítico debido a que se requiere interpretar los resultados obtenidos en el banco de pruebas de las variables estudiadas, con la finalidad de conocer si un sensor o un actuador tiene o no un correcto funcionamiento. Además, es necesario analizar el comportamiento de los circuitos internos de una ECU para determinar el comportamiento bajo determinadas condiciones.

2.2.2.3 Método cuantitativo

Se utiliza el método cuantitativo porque las variables a considerar para la obtención de señales, alimentación de sensores y control de actuadores tienen que ser cuantificadas y los resultados comparables. Por ejemplo, gracias a la investigación documental previa, se sabe que un sensor generalmente trabaja con un rango de señal de 0 a 5 V, y su voltaje de alimentación es de 5 V. Para determinar que el sensor está funcionando correctamente, es necesario evaluar el rango de señal al que trabaja bajo distintas condiciones físicas y compararlo con el rango teórico.

2.2.2.4 Método experimental

Se considera el método experimental porque el desarrollo del proyecto conlleva observación, manipulación, ensayos prueba y error, en el caso del desarrollo de la programación se debe compilar y verificar el código para que no existan errores, con las conexiones de los circuitos se debe verificar el correcto funcionamiento de los pines de conexión, entre otros parámetros.

2.2.2.5 Método explicativo

Se utiliza el método explicativo debido a que es posible determinar las causas por las que surgen los fenómenos físicos que miden los sensores como temperatura, cantidad de aire, posición, resistencia variable, entre otros. Aunque estas no se hayan estudiado antes, con poca información obtenida usando el método experimental, se puede inferir con ideas explicativas la interacción de los fenómenos físicos con los sensores y actuadores. Estas variables son consideradas para replicarlas bajo condiciones controladas en el banco de pruebas con la finalidad de probar estos dispositivos de manera externa al vehículo.

2.3 METODOLOGÍA

En la figura 2.2 se muestra la realización del flujograma como técnica para una mejor elaboración y desarrollo del presente trabajo de investigación, donde se resumen todo el proceso que se debe seguir para la construcción del banco de pruebas y así lograr obtener los diferentes resultados.

En primer lugar, se detalla la recopilación bibliográfica que es necesaria para el desarrollo de la parte escrita del marco teórico del proyecto, permitiendo el análisis de circuitos y modos de funcionamiento de los distintos tipos de sensores y actuadores que se usa el vehículo.

Seguidamente se desarrolló el proceso para la realización de los diferentes circuitos internos tanto de sensores y actuadores mediante el uso de un software que permita verificar si los circuitos satisfacen el modo de operación y funcionamiento. De esta manera se procede a realizar un análisis exhaustivo de las condiciones de trabajo cuando operan cada dispositivo electrónico.

Después de verificar el modo de funcionamiento de cada sensor y actuador aplicado en el presente proyecto se realiza la simulación de condiciones físicas de funcionamiento, siendo estas variables físicas de trabajo que permitan comprobar si la simulación es fiable en base a los circuitos reales.

Posterior a ello se realizó un sistema que permita el control de actuadores, mediante la modulación de ancho de pulso PWM realizado en el software Arduino. De este modo se llevará a cabo pruebas en banco para comprobar el funcionamiento de cada circuito y modo de operación correspondiente.

Por otra parte, se desarrolló la construcción del banco de pruebas con la adaptación de pines para la conexión de cada dispositivo que conformara el simulador de pruebas de los respectivos sensores y actuadores automotrices del motor de combustión interna. Esto conllevará a la obtención de datos y análisis de resultados, permitiendo así conocer el estado del dispositivo.

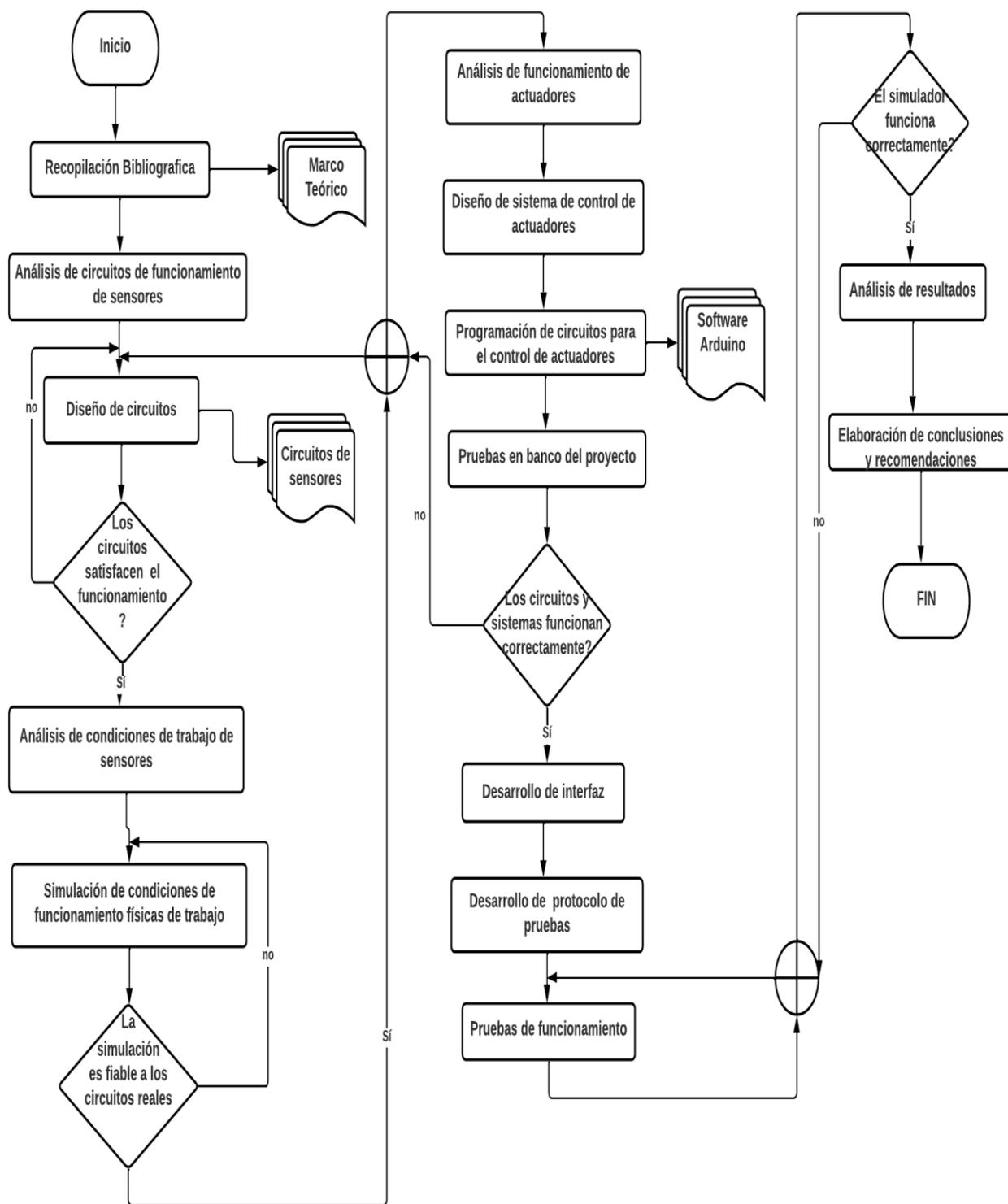


Figura 2.2 Flujograma de proceso metodológico

2.3.1 Recopilación bibliográfica

En este apartado se realizó una recopilación de información procedente de fuentes bibliográficas como son: libros, revistas, artículos, tesis e informes que sirvieron como sustentación para el desarrollo del marco teórico, permitiendo una mejor organización de contenido para el proyecto y a su vez dando un enfoque claro de los temas que se va a tratar y métodos de funcionamiento de un motor de combustión interna.

2.3.2 Análisis de funcionamiento de circuitos de sensores

En este punto se realizó un análisis de funcionamiento de los diferentes circuitos internos que conforman a cada sensor, tomando en consideración su clasificación y parámetros de conexión. Siendo estos componentes que intervienen en la inyección electrónica poseen una alimentación de trabajo general para la mayoría de los dispositivos de 5V, dependiendo de cada sensor la Unidad de Control Electrónico procesara la información mediante señales eléctricas “voltaje” la cual fluctuara en un rango de operación de 0V y 5V. Por otra parte, se encuentran dispositivos que trabajan con alimentación variable de 5V y 12V como es el caso del sensor MAF análogo. Mediante este proceso se logró determinar la clasificación y tipos de sensores que serán factibles de simular para el desarrollo del presente proyecto como son: TPS, MAP, MAF con alimentación de 5V, tierra y señal. Además del sensor ECT, IAT con su respectivo divisor de voltaje y finalmente sensores CKP inductivos y efecto HALL a partir de la incorporación de una rueda fónica. Por ende, las señales que generarán estos sensores: voltaje, resistencia y frecuencia serán enviadas y procesadas por la ECU para una correcta operación.

2.3.3 Análisis de condiciones de trabajo de los sensores.

En esta parte se tomó en consideración la forma más eficiente de poder simular las condiciones de trabajo de cada sensor con el propósito de que sean lo más reales posibles y se encuentren las respectivas señales en los rangos normales de funcionamiento. Para ello se analizó los factores y medios externos para proporcionar las condiciones como son: flujo de aire, presión atmosférica o vacío y variación de temperatura. Esto con la finalidad de visualizar curvas características e interpretar el modo de operación de cada sensor anteriormente mencionado en la sección 2.3.2.

2.3.4 Diseño de circuitos de sensores

Para realizar los diagramas y diseño de circuitos se tomó en consideración la información obtenida y analizada anteriormente en el desarrollo del presente proyecto, donde se realizó el estudio de los diferentes sensores, además de su respectiva clasificación que se basa en el método de conexión y determinación de sensores activos o pasivos de acuerdo con su funcionamiento.

A partir de la clasificación se representa como sensores pasivos al ECT e IAT también conocidos como sensores de temperatura los cuales cuentan con divisores de voltajes que le permiten responder de manera indirecta el estímulo mediante una señal de respuesta sin necesidad de una fuente de alimentación externa. Por otra parte, se consideró los sensores MAP, MAF, TPS, IAT como activos los cuales requieren de una fuente de alimentación para funcionar con valor de referencia de 5V, sin embargo, el sensor MAF cuenta con fuente de alimentación variable de 5V Y 12V para el desarrollo realizado en los diseños del circuito interno de cada sensor automotriz.

2.3.5 Análisis de funcionamiento de circuito de sensores

Mediante las señales que envían los diferentes sensores la Unidad de Control Electrónico (ECU) se encargada de recibir y procesar las señales de entrada en información a partir de parámetros establecidos para un correcto funcionamiento y así poder enviar señales de respuesta y control a los diferentes actuadores.

2.4. Sensores de posición

2.4.1 Sensor TPS

Es el encargado de informar a la computadora la posición en la que se encuentra la mariposa de aceleración a partir de un potenciómetro que mide el porcentaje de giro mediante una resistencia variable, en virtud varia la señal de voltaje de salida en relación con el ángulo de la mariposa. En la figura 2.3 se muestra el circuito de funcionamiento del sensor, el cual consta de 3 cables como son: alimentación de fuente externa 5V, señal de respuesta que fluctuará entre 0,5 y 4,5 V y un tercer cable que será tierra del sensor.



Figura 2.3 Circuito de funcionamiento sensor TPS

2.5 Sensor de presión

2.5.1 Sensor MAP

Este sensor se encarga de medir la presión o vacío a partir de una membrana flexible mediante la variación de una resistencia que se estira o se recoge a partir del principio piezoeléctrico. El circuito que se muestra en la figura 2.4 representa el funcionamiento del sensor MAP de tres cables, en un extremo se encuentra la fuente externa de 5V también conocida como alimentación que proporciona la ECU, en medio se encuentra la señal de resistencia que varía de acuerdo con la presión del aire entrante y en el tercer cable la conexión a tierra.

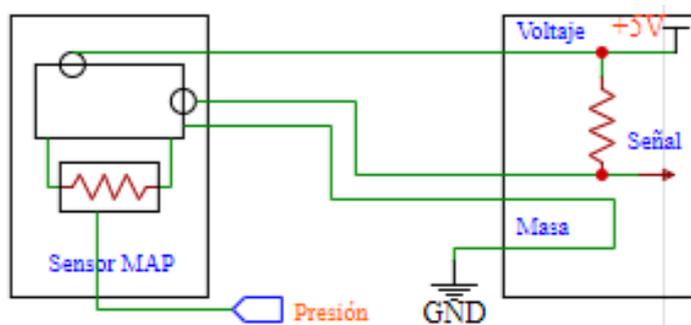


Figura 2.4 Circuito de funcionamiento sensor MAP

2.6 Sensor de flujo de aire

2.6.1 Sensor MAF

Es un sensor que mide e informa a la ECU la cantidad de masa de aire entrante al motor a partir de un termistor, suministra un flujo de corriente al cable para mantener una temperatura constante y enviada a la ECU para determinar su señal, en la figura 2.5 se muestra el circuito de

funcionamiento para el sensor el que consta de 3 cables en su extremo posee una alimentación de 5V o 12V a partir de un circuito seleccionador de voltaje, en medio se encuentra la señal y en su otro extremo la tierra del sensor.



Figura 2.5 Circuito de funcionamiento sensor MAP

2.7 Sensores de temperatura

2.7.1 Sensor IAT/ECT

Este tipo de sensores funcionan mediante un divisor de voltaje y termistores los cuales varían su resistencia a partir de cambios de temperatura, en su circuito y diseño constan de dos cables y no requieren de una fuente de alimentación externa para operar. En la figura 2.6 se muestra el circuito general de los sensores de temperatura que consta de alimentación 5V producto de la ECU y su línea a tierra que cuenta con una resistencia variable que cambiará de acuerdo con la temperatura, en virtud de mayor temperatura la resistencia a tierra será menor siendo la ECU quien analizará esa diferencia de tensión.

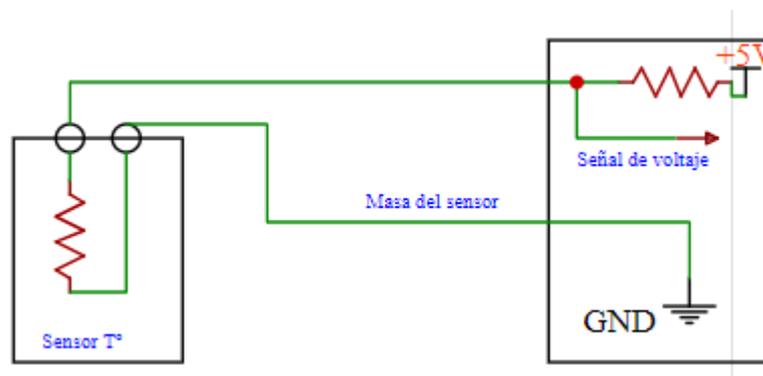


Figura 2.6 Circuito de funcionamiento de sensores de Temperatura

2.8 Sensor de posición rotacional

2.8.1 Sensor CKP

Estos tipos de sensores informan la posición y velocidad de giro del cigüeñal a partir de la adaptación de una rueda fónica con un número de diente, además existen de diferentes tipos como son CKP Inductivos los cuales generan su propio voltaje y poseen dos o tres cables en su circuito y los de efecto Hall que poseen tres cables y producen una señal digital con una alimentación de referencia de 5V, una conexión a tierra y un cable de señal como se muestra en la figura 2.7 encargado de convertir la señal analógica en digital a partir del campo magnético que se genera.

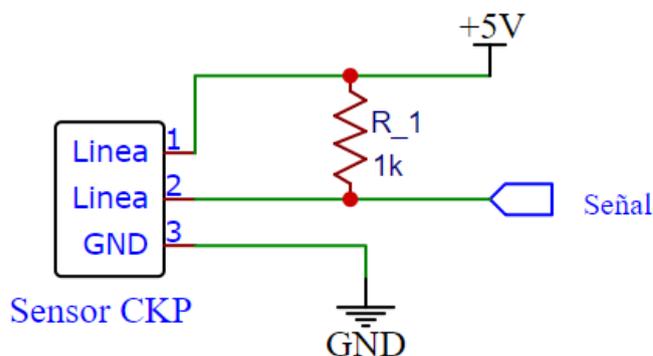


Figura 2.7 Circuito de funcionamiento del sensor CKP de efecto Hall

2.9 Diseño de circuitos

Los diferentes circuitos permiten controlar la potencia y regulación de tensión que comanda la Unidad de Control Electrónico para controlar las diferentes funciones de la gestión del motor de combustión interna cumpliendo con los parámetros programables para comandar los diferentes sensores, donde se diseñó el circuito generador de PWM mediante el microcontrolador Arduino para comandar los distintos actuadores que se tomó en consideración en el capítulo anterior, además los circuitos son de crucial importancia ya que permiten en conjunto el control de señales de entrada y salida que se diseñaron y se simularon mediante el programa gratuito EasyEDA.

2.9.1 Circuito regulador de 5V

El diseño del circuito permite regular un voltaje de 5V de manera individual para los diferentes sensores como son: TPS, MAP y CKP de efecto Hall como se muestra en la figura permitirá dar la alimentación (voltaje) para el respectivo funcionamiento.

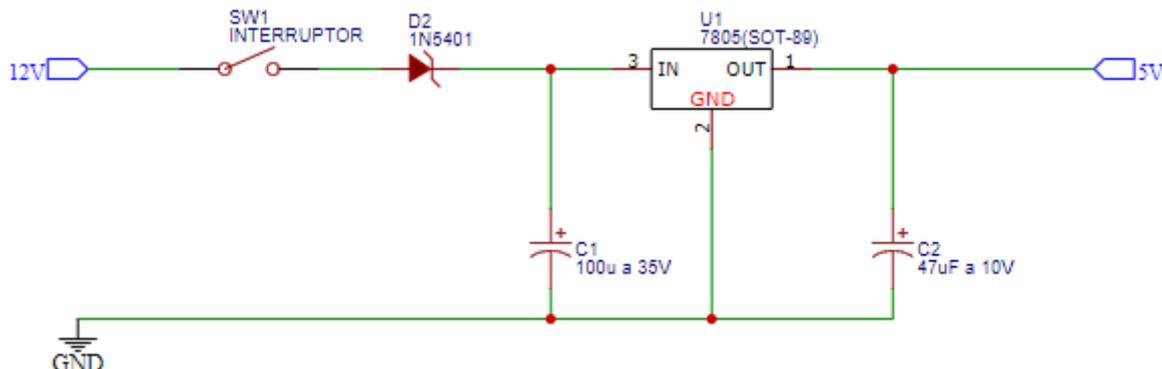


Figura 2.8 Circuito regulador de 5V

2.9.2 Circuito regulador con selector de 12V o 5V

Ese diseño se asemeja al anterior el cual contara con un selector adicional de tres posiciones para controlar el voltaje de salida necesario para el señor MAP de 12V y 5V o diversos sistemas que conformen el circuito como se representado en la figura 2.9.

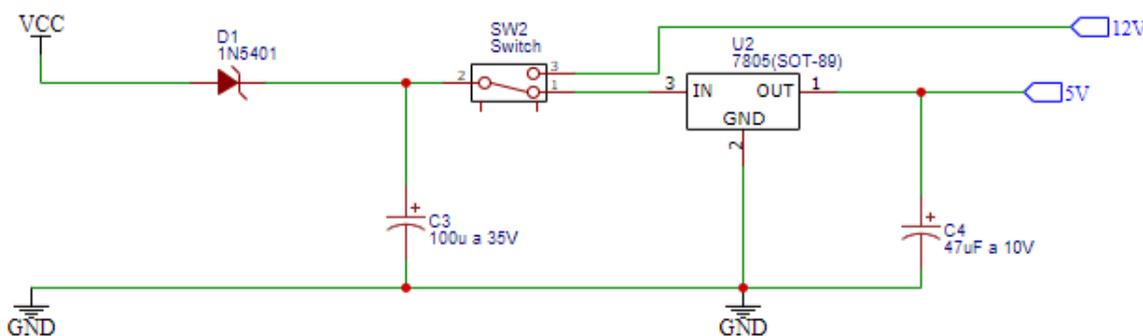


Figura 2.9 Circuito regulador con selector de 12V o 5V

2.9.3 Circuito divisor de voltaje

El circuito representado en la figura muestra el circuito divisor de voltaje para los sensores de temperatura el cual cuenta con dos resistencias variables donde se tendrá la salida hacia la señal del sensor donde se realizará el respectivo censado que se representará en un osciloscopio.

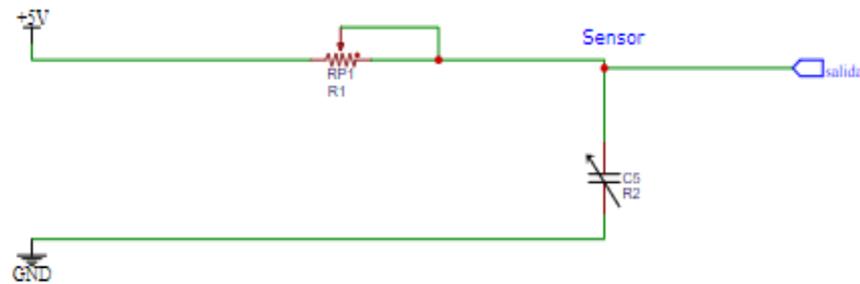


Figura 2.10 Circuito divisor de voltaje

2.9.4 Circuito CKP Inductivo

Para la representación del circuito del CKP se realizó un bobinado y su respectiva señal de salida y tierra del sensor como se muestra en la figura 2.11.



Figura 2.11 Circuito CKP Inductivo

2.9.5 Generador de PWM Arduino

El sistema generador de ancho de pulso PWM para el control de actuadores se lo llevo a cabo mediante el microcontrolador Arduino, sin embargo, este no fue el ideal ya que mediante la utilización de TIMERS permitio obtener un ancho de pulso de 0.8 ms. Por ende, se desarrolló un circuito generador mediante Livewire en el que se logró aumentar este PWM hasta 1.5 siendo más acorde a una simulación real, este a su vez cuenta con un regulador de frecuencia y % Duty que aporta a comprender de mejor manera el funcionamiento ya sea de actuadores o solenoides, siendo esta interconectada a dos potenciómetros de resistencia variable de frecuencia y %Duty también conocido como ciclo de trabajo a partir de un circuito integrado 555, transistores NPN y sus respectivas resistencias conectadas en paralelo y diodos rectificadores que permitan el paso de corriente en solo sentido para obtener la señal.

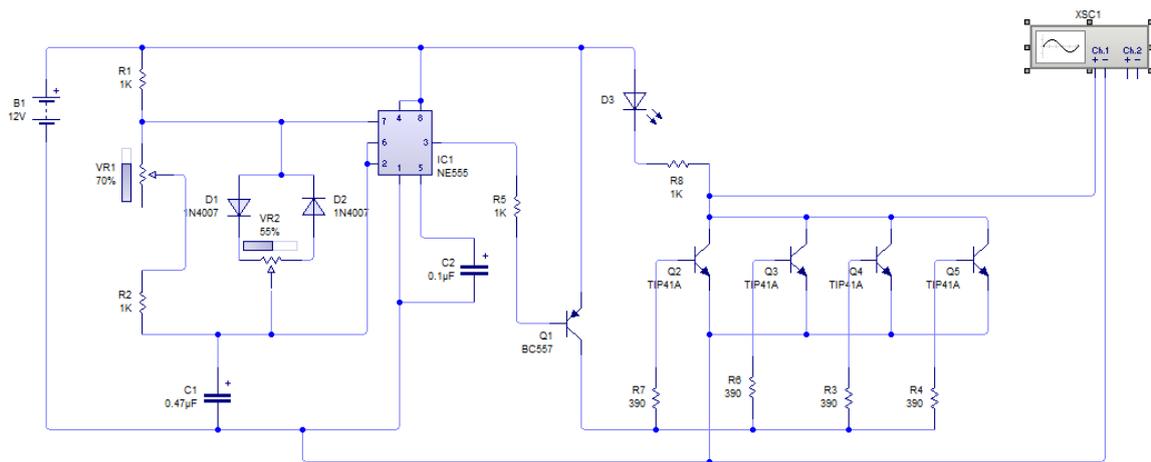


Figura 2.12 Circuito generador de PWM desarrollado en Livewire

2.9.6 Circuito probador de bobinas

Para el caso del circuito de bobinas se llevó a cabo el mismo circuito con la peculiaridad que a su entrada cuenta con dos voltajes de alimentación +5V para bobinas transistorizadas y +12V sin transistor siendo estas simuladas para ver el ciclo de trabajo y frecuencia requerida entre %10 al 100% mediante el uso de potenciómetros con resistencia variable y un chispa metro para ver el arco electrónico al aumentar o reducir estos parámetros.

2.9.7 Programación probador de IAC

Circuito de IAC de motor de pasos de cuatro terminales pertenecientes IN1 e IN2 a la bobina 1 y IN3 e IN4 a la bobina 2 que se controla a partir de un drive L298N, mediante el control de PWM en los pines 5,6,7 y 8 incluida en Stepper una librería gratuita del software Arduino para control de IAC y predefinida con un numero de pasos de ± 170 que a su vez puede encontrarse en un rango de 0 a 180 pasos y la utilización de los dos Jumpers reguladores para las salidas A y B de las respectivas bobinas.

Programa_Tesis_Alvaro_Final

```
#include <Stepper.h> // libreria para control de IAC

#define STEPS 170 // Numero de pasos para valvula IAC

Stepper stepper(STEPS,5,6,7,8); // Pines de control para motor de pasos bobina 1 y 2 de IAC
```

```

//Lectura de pin para iat simulador
valoriatsim=digitalRead(piniatsim);
if(valoriatsim==1){
  analogWrite(salidaatsim,pwmiatsim);
}
else {
  analogWrite(salidaatsim,0);
}

```

Figura 2.13 Circuito generador de control de IAC

2.10 Análisis de condiciones de trabajo de sensores

Para la simulación de condiciones de los sensores de posición rotacional se desarrolló una rueda fónica similar al volante de inercia del motor mediante el software SolidWorks, considerando un número de dientes específico y su salto de diente o diente perdido, además se encuentra conectada mediante un motor reductor y Arduino para el control de velocidad de la rueda, en el apartado de anexos se podrá obtener el plano y todas las medidas necesarias para su elaboración.

En las condiciones de sensores de temperatura se adaptó una niquelina también conocida como resistencia calefactora que varía su valor entre 0°C a 240°C ideal para simular la condición de operación de un vehículo en buen estado. Esta permitirá comprobar el estado del sensor mediante su señal, frecuencia y voltajes.

2.10.1 Simulación de condiciones de trabajo de sensores

Circuito generador para sensores de temperatura a partir del software Arduino y el uso de un drive L298N aplicando en la sección A el control de PWM perteneciente a IN1 conectado en paralelo a +12V e IN2 a GND, donde GND debe estar interconectado a la tarjeta Arduino para simular las condiciones, caso contrario no funcionaría el circuito generador y habiendo desactivado el Jumpers INA que va hacia la salida digital de PWM en el pin 2. La desactivación del Jumper en INA permite generar voltajes entre 5 a 35V con 2 amperios de operación.

Para la simulación de los sensores de posición rotacional se utilizó la sección B del drive L298N que de igual manera va a los pines IN3 en paralelo a +12V y IN4 a GND, teniendo la salida digital en el pin 4 de la tarjeta Arduino que ira directamente a INB con la desactivación del Jumper debido a que la salida OUT en B se encontrara con el micro reductor de +12V de operación para el control de PWM para sensores CKP y CMP.

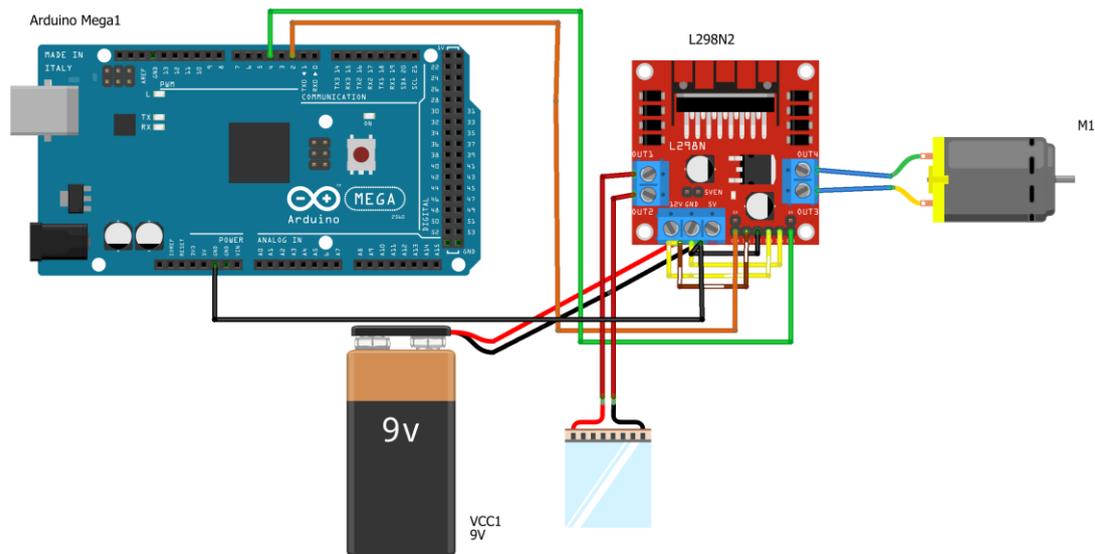


Figura 2.14 Circuito generador de PWM para control de sensor de posición rotacional y temperatura

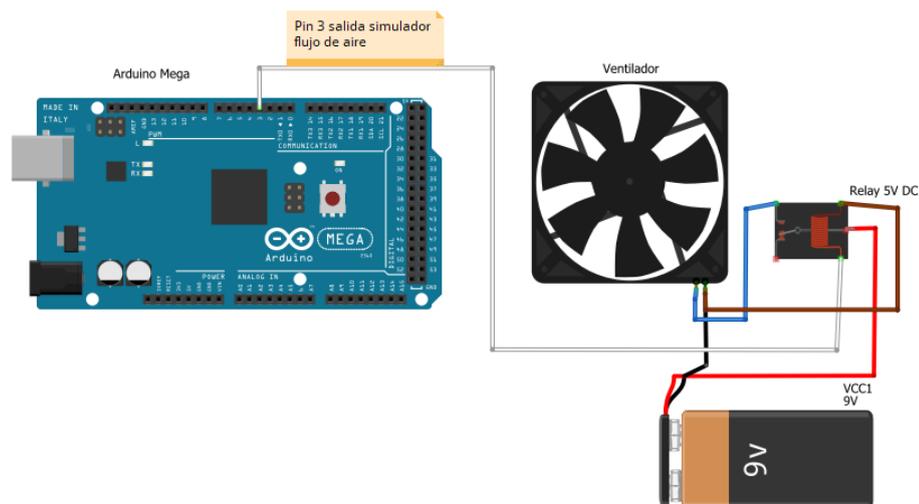


Figura 2.15 Circuito generador de PWM para sensores de flujo de aire mediante tarjeta Arduino y relé

2.11 Análisis de funcionamiento de Actuadores

2.11.1 Análisis de bobinas

Se construye de un núcleo de hierro dulce y contiene en sus dos bobinados un número de vueltas especificado. Por lo general el devanado secundario posee mayor enrollamiento ya que ahí es donde se genera la alta tensión y su función consiste en elevar la baja tensión proveniente de la batería a alta tensión para generar el arco eléctrico conocido como chispa.

2.11.2 Bobina de dos terminales sin transistor

Circuito de dos terminales donde el primer terminal pertenece al positivo de bobina que va conectado al relé principal siendo el encargado de unir el devanado primario y secundario, el pin dos hace el control de masa que al interrumpir el campo magnético generando una alta tensión saliente que va directamente hacia la bujía.

2.11.3 Bobina de tres terminales con transistor

Bobina de tres terminales donde el primer pin pertenece a positivo de bobina que va hacia el devanado primario, su segundo pin son pulsos de corriente que comanda la ECU entre un rango de 0V a 5V y su tercer pin que pertenece a masa del mismo transistor.

2.11.4 Bobina de tres terminales sin transistor

No contiene en su estructura el transistor de potencia incorporado y el devanado primario y secundario estar por separado, es decir ya no se unen a positivo. Además, el primer pin va a positivo de bobina el segundo cable del primario va hacia la ECU que hace el control por masa y el tercer pin del secundario a masa.

2.11.5 Bobina de cuatro terminales con transistor

Su diseño de conexión es similar al de tres terminales con la diferencia que su cuarto terminales es utilizado como pin de confirmación IGF que le permite comprobar si la señal que envió la ECU al sistema de encendido está operando correctamente.

En su diseño el emisor se conecta a masa compartida entre sus dos transistores, la base es activada por el circuito primario cada vez que la bobina esté en funcionamiento por lo tanto del colector sale una señal negativa que a través de los 5V que envió la ECU como voltaje referencial efectuando una señal digital de confirmación.

2.11.2 Análisis de inyectores

Un inyector es un bobinado que se conforma de dos cables, este se alimenta permanente con un voltaje de 12V que al ser conectado a masa se energizara permitiendo la pulverizar de combustible y este a su vez poder mezclarse con el aire que ingreso al motor, por el lado de tierra se cuenta un

transistor que a su vez está conectado a la ECU. Donde la computadora será la encargada de enviar pulsos PWM para operar el inyector.

2.12 Análisis de solenoides

2.12.1 Válvula EGR

Permite reducir los NOx mediante la recirculación en gran parte de los gases de escape introduciéndolos nuevamente en la admisión logrando reducir la temperatura en la cámara de combustión. Por lo general este dispositivo cuenta de cinco terminales donde dos de ellos pertenecen al solenoide o inductor de 12V y masa, para el sensor de posición de la válvula son tres que son: alimentación de 5V, señal y tierra.

2.12.2 Válvula VVT

Controlar la variación de apertura y cierre de las válvulas en el árbol de levas debido a el mejor rendimiento volumétrico.

2.12.3 Válvula IAC de motor de pasos

Permite controlar el flujo de aire que pasa por un conducto alternativo cuando la mariposa de aceleración se encuentra parcial o totalmente cerrada, esto se activa en marcha mínima en ralentí y por ende es controlado por la ECU. Este se encuentra de cuatro cables y su estructura posee dos solenoides(inductores) que hacen en control del motor y sentido de giro mediante la computadora que se produce a partir de pulsos +12V ALTO o BAJO, mientras más se activa el pulso en el bobinado A se abrirá el paso de aire y mientras más se activa el bobinado B se cerrará el paso mediante pulsos de masa.

2.12.4 Válvula EVAP

Recircula los vapores generados por la gasolina en el tanque hacia el múltiple de admisión ubicados en el canister.

2.13 Análisis de condiciones de trabajo de sensores

2.13.1 Simulación de condiciones de trabajo de sensores

Para la simulación de condiciones de los sensores de posición rotacional se desarrolló una rueda fónica similar al volante de inercia del motor mediante el software SolidWorks, considerando un número de dientes específico y su salto de diente o diente perdido, además se encuentra conectada mediante un motor reductor y Arduino para el control de velocidad de la rueda, en el apartado de anexos se podrá obtener el plano y todas las medidas necesarias para su elaboración.

En las condiciones de sensores de temperatura se adaptó una níquelina también conocida como resistencia calefactora que varía su valor entre 0°C a 240°C ideal para simular la condición de operación de un vehículo en buen estado. Esta permitirá comprobar el estado del sensor mediante su señal, frecuencia y voltajes.

Por otra parte, se adaptó un ventilador de 12V para los sensores de flujo de aire de 5V o 12V mediante el control de un Drive y microprocesador Arduino para establecer la velocidad a la que trabaje el ventilador.

2.14 Programación de circuitos para control de actuadores

En este apartado se explica el método empleado para llevar a cabo la programación y control de PWM para comandar actuadores, con la finalidad de que se cumplan los objetivos previamente planteados. Inicialmente se declaró todas las variables de control con sus respectivas iniciales de cada sensor, actuador y simulador. Estas fueron definidas como entradas y salidas antes de iniciar su operación serial y bucle repetitivo para modificar la velocidad, frecuencia y régimen de operación, posterior a esto la programación leerá cada línea de manera secuencial para saber el pin, lectura y escritura y obtener el valor mapeado del valor análogo a una señal de salida digital que es activada o desactivada por el microprocesador Arduino.

```

Programa_Tesis_Alvaro_Final Arduino 1.8.16
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Programa_Tesis_Alvaro_Final
//Lectura de pin para inyectores
valoriny=digitalRead(pininy);
if(valoriny==1){

}

//Lectura de pin para bobinas
valorbob=digitalRead(pinbob);
if(valorbob==1){
  datobob=analogRead(entradabob);
  pwmbob=datobob*0.25;
  analogWrite(salidabob,pwmbob);
  delay(100);
}
else {
  analogWrite(salidabob,0);
}

//Lectura de pin para iac
valoriac=digitalRead(piniac);
if(valoriac==1){
  stepper.step(170);
  delay(500);
  stepper.step(-170);
  delay(500);
}
}

Compilado

```

Figura 2.16 Programación de control para actuadores y solenoides a partir de sus circuitos

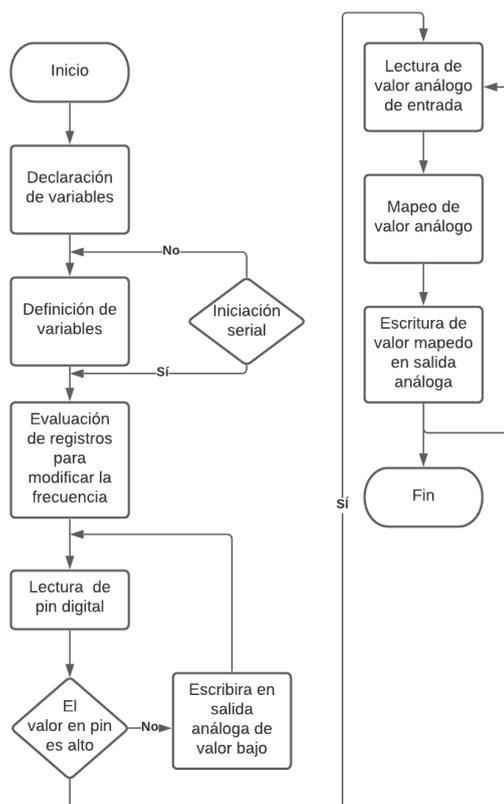


Figura 2.17 Flujo de control de PWM para actuadores

2.15 Desarrollo de protocolo de pruebas

En este apartado se desarrolló el protocolo de conexión y funcionamiento del banco de pruebas con el fin de evitar errores o daños en su sistema, considerando que el equipo puede probar un sensor y actuador a la vez, donde las dos sondas se utilizaron en cada sección con una conexión en serie.

1. Utilizar una fuente de poder de 12V con un amperaje mínimo de 5 ya que los sistemas simuladores del banco de pruebas pueden llegar a utilizar esa cantidad de corriente para operar de manera correcta.



2. Conecta los pines +12V y GND en la parte externa del banco de pruebas para energizar, posterior a ello energiza la fuente de poder y presiona el selector de posición en ON.



3. Cada sección de pruebas posee un interruptor de encendido o apagado, con la finalidad de evitar interferencias y poder simular el dispositivo que se requiera.
4. Cada interruptor controla las alimentaciones y sección de voltaje para alimentar a los diferentes sensores y actuadores, por ende, se debe realizar una simulación a la vez debido que el canal 1 del osciloscopio que es el encargado de graficar la señal para sensores es común para cada uno de ellos, en cambio el canal 2 del osciloscopio es común para la señal que emite cada actuador, es decir en ningún canal se podrán ver dos señales de un sensor o un actuador a la vez.
5. Para el accionamiento de los simuladores se debe colocar todos en la posición de apagada posición (-) como se muestra en la imagen, ya que en caso de no tener todos en esta posición se activará un simulador o estarán en el modo de encendido o apago del microcontrolador posición (O) interfiriendo en el funcionamiento del simulador requerido.



6. Para la simulación de sensores de temperatura, se encuentra un divisor de voltaje y un selector de tres posiciones para el accionamiento se debe presionar el botón y colocar en encendido (O).
7. Para la simulación de sensores de posición rotacional se encuentra una rueda fónica que se activara al presionar el selector de tres posiciones configurado en una relación de giro de 50:1.
8. Si se requiere modificar los parámetros de funcionamiento de los sistemas de simulación como son temperatura, régimen de giro o velocidad de flujo de aire en el ventilador se acude directamente a la programación, posterior a ello conectar y grabar en el microcontrolador. Los valores que puedes dar se encuentran en un rango de 0 a 255.

```
int pwniatsim=255; //modificación de la potencia de la niquelina del iat
int pwnmafvent=255; //modificación de la velocidad del motor
int pwnckpsim=50; //modificación de la velocidad de la rueda fónica
int pwniny;
int pwnbob;
```

9. Para el control y accionamiento de actuadores se utilizó el canal CH2 donde su circuito generador posee un variador de % Duty y frecuencia, permitiendo esto ver el aumento de frecuencia y el ancho de pulso en el ciclo de operación de cada dispositivo como hace referencia el apartado de inyectores y solenoides.
10. Para el accionamiento y control de bobinas se incorporó un selector de tres posiciones para la alimentación del circuito generador y poder probar bobinas transistorizadas y sin transistor, siendo la posición (=) accionamiento transistorizadas y (-) sin transistor.



11. Para el control de probador de motor de pasos se utilizó el bobinado 1 y 2 donde respectivamente se conectará la válvula para poder verificar el estado, siendo el sistema el encargado de empujar y retraer el vástago del paso de aire en ralentí.

2.16 Desarrollo de interfaz

Mediante el software SolidWorks se desarrolló el diseño y plano del banco para la sección de simulaciones y conexiones para su respectiva construcción, por otra parte, el software Illustrator permitio diseñar y crear la imagen de cada conexión mediante comandos y herramientas que se aplican en la mesa de trabajo.



Figura 2.18 Representación de banco mediante Illustrator

2.17 Desarrollo de circuito impreso controlador de actuadores y bobinas de encendido

Mediante el software Livewire se elaboró el diseño del circuito impreso para el control de actuador.

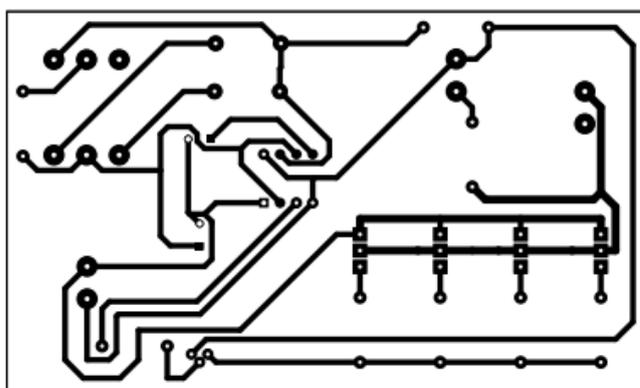


Figura 2.19 Circuito impreso control PWM

Diagnósticos de oscilogramas

En este apartado se dará una mención referente al tipo de onda y señal de funcionamiento de cada sensor mencionado anterior con el propósito de evaluar las principales características que cada uno presenta.

Sensor CKP inductivo

Este tipo de sensor posee una onda senoidal debido a su señal de salida de CA, además presenta irregularidades en cada ciclo de trabajo debido al salto de diente o diente corrido que capta el sensor mediante el giro de la rueda fónica haciendo que la onda pierda su frecuencia y este a su vez es interpretado por la ECU para conocer la proximidad al PMS del cilindro 1.

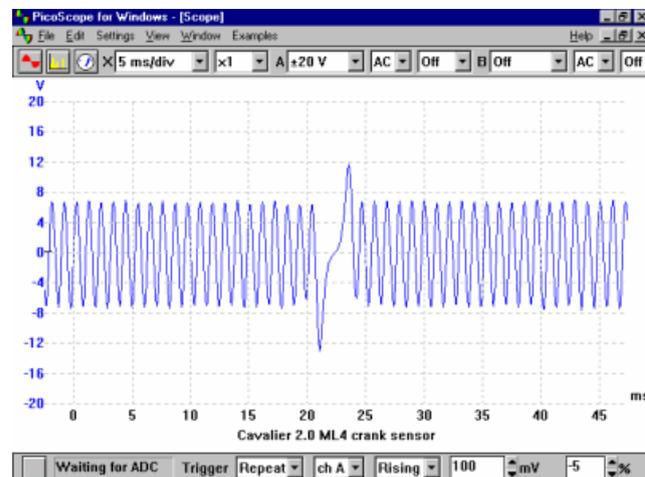


Figura 2.20 Señal de onda senoidal de sensor CKP inductivo

Fuente: (Bernal, 2018)

Sensor CKP efecto Hall

Este tipo de sensor posee una señal de onda cuadrada gracias a un conmutador que le permite verificar el encendido o apagado cuando la rueda fónica está girando, además presenta una señal digital de salida que es procesada por la ECU donde la señal más grande indica el PMS.

Hay dos tipos de señales de efecto Hall según su amplitud:

- De 0V a 5V
- De 0V a 12V

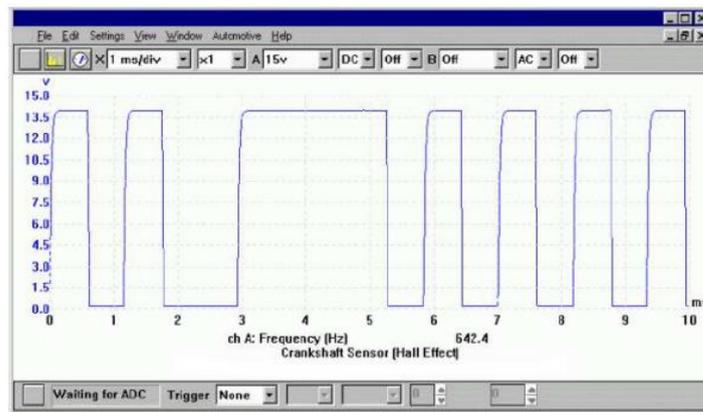


Figura 2.21 Señal de onda cuadrada de sensor CKP efecto Hall

Fuente: (Bernal, 2018)

Sensor CMP inductivo

Forma de onda de tipo sinusoidal similar al sensor CKP inductivo análogo debido a la interpretación de líneas generadas por el campo magnético que induce en la bobina del sensor mediante picos de paso de cada uno de los dientes de la rueda fónica, considera que a mayor velocidad del motor mayor aumento de amplitud y frecuencia de onda.

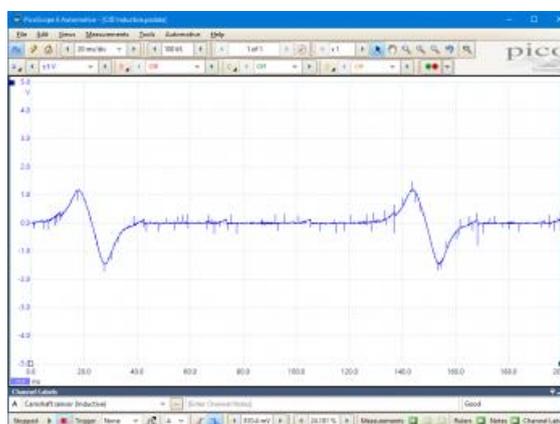


Figura 2.22 Señal de onda de sensor CMP inductivo

Fuente: (Parra & Fragoso, 2013)

Sensor CMP efecto Hall

Tipo de onda cuadrada debido a la acción de campo magnético que recibe un semiconductor de tipo imán permanente emitiendo una señal de tensión y cuando la rueda se interponga este no receptorá la acción de campo y emitirá una señal baja de tensión, por tanto, es un sistema de generación de pulsos que necesita una polarización para poder general una señal.

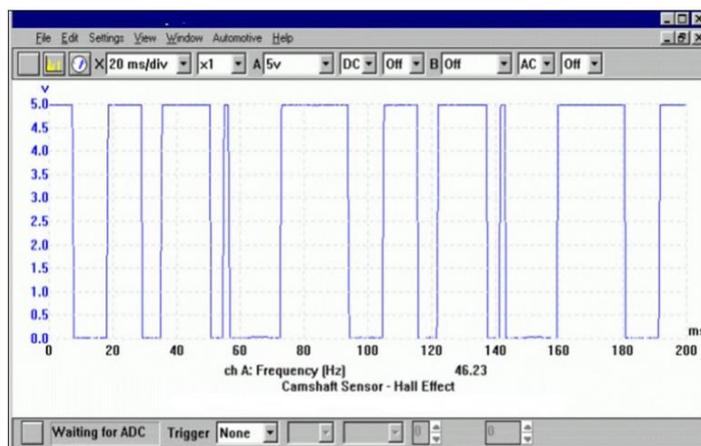


Figura 2.23 Señal de onda cuadrada de sensor CMP

Fuente: (Medina, 2018)

Sensor TPS

Onda de tipo analógica que varía su ángulo de apertura o cierre proporcionalmente cuando se está acelerando o desacelerando mediante la variación de resistencia obteniendo su señal de salida en un rango de 0,5 a 4.5 V y dando a conocer la posición del TPS ala ECU.

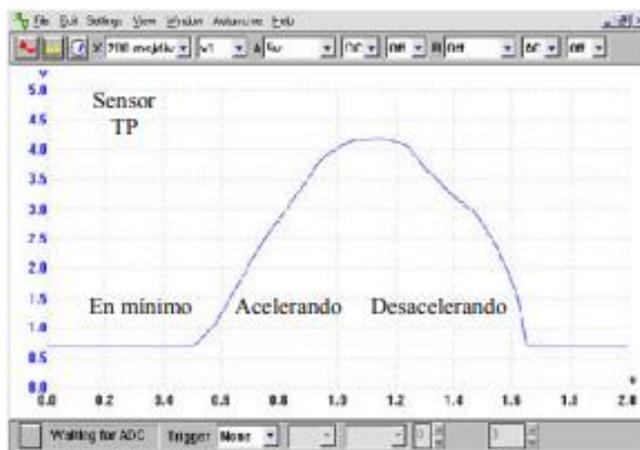


Figura 2.24 Señal de onda de sensor TPS

Fuente: (Bernal, 2018)

Sensor MAF

La señal de este sensor puede tener dos tipos analógico o digital, con salida de tensión proporcionada por divisores de voltaje o una señal de frecuencia y amplitud que varía proporcionalmente a la entrada de flujo de aire que atraviesa por el sensor.

El sensor MAF envía los cambios de señales en respuesta a los cambios de flujo de aire, a partir de un circuito digital que compara la corriente que mantiene la temperatura de referencia del

alambre, cuando este cae se produce una caída de voltaje e incrementa el flujo de corriente para mantener la temperatura ideal.

MAF análogo

Tipo de señal de salida análoga y voltaje variable proporcional a la masa de aire aspirada con un rango de voltaje entre 0,5V y 4,5V con una señal no lineal producto de una aceleración alta, por lo general en ralentí su voltaje es de 1V y cuando hay aceleración superior su voltaje es superior a 3V, en caso de ser aceleraciones suaves se produce una señal de flujo variado respectivamente.

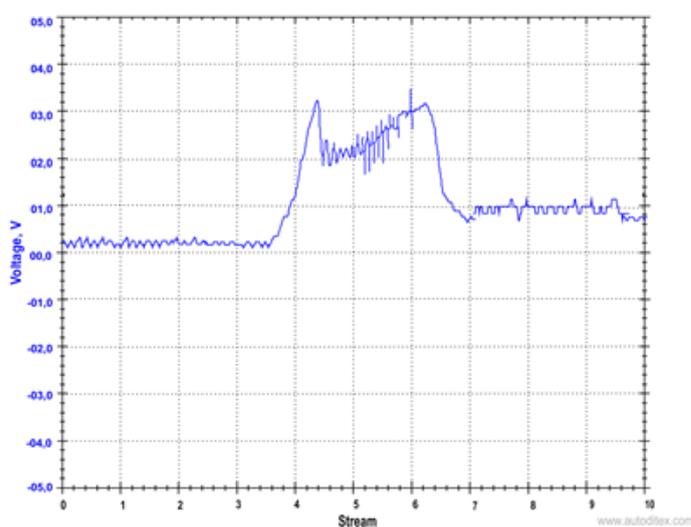


Figura 2.25 Señal de onda de sensor MAF

Fuente: (Rodriguez Alfonso et al., 2020)

Sensor MAP

Tipo de sensor que permite obtener una señal de salida de manera análoga y digital mediante la comparación de vacío respecto a la presión atmosférica donde se encuentra, haciendo subir o bajando la tensión de salida para efectuar la señal, por lo general una señal en ralentí es de 1V y al aumentar el vacío en el colector este se encontrara entre 3.5 a 5V.

En el caso del sensor digital se muestra una onda cuadrada con frecuencia y amplitud de 5V representado la respuesta al cambio de vacío que se produce en el múltiple de admisión.

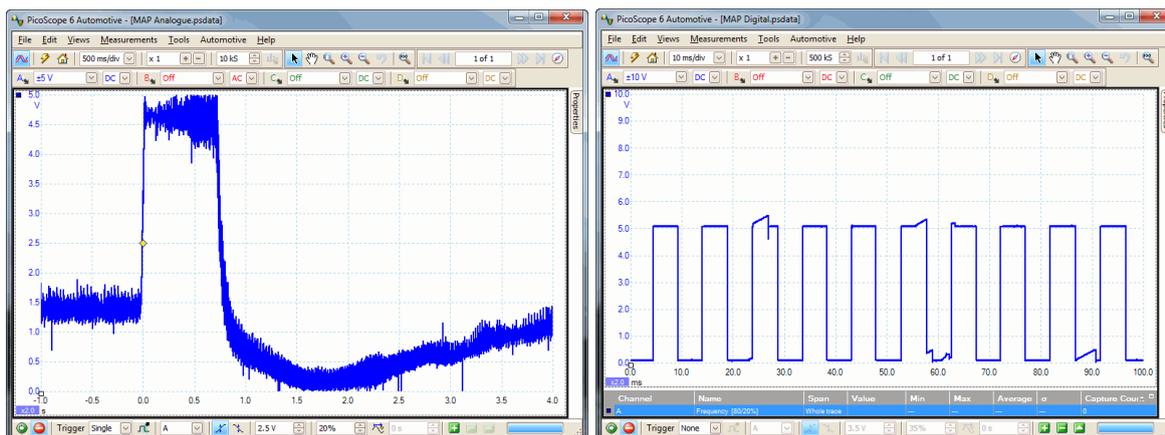


Figura 2.26 Señal de onda de sensor MAP

Fuente: (Bernal, 2018)

Sensor IAT-ECT

Tipo de señal analógica producto de la temperatura vs voltaje, donde el circuito del sensor cuando este abierto su valor de lectura será 5V debido a un divisor de voltaje de tipo termistor también llamada resistencia variable que varía su señal de voltaje conforme aumente o baje la temperatura.

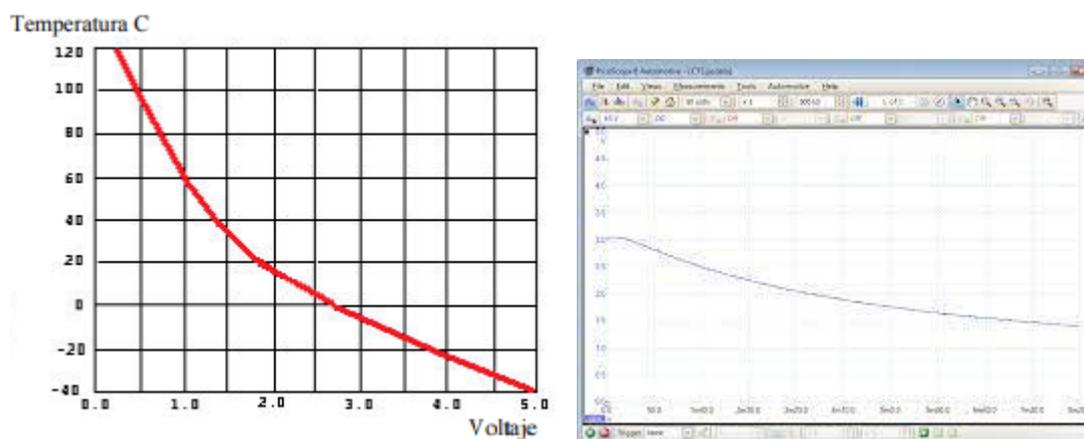


Figura 2.27 Señal de onda de sensor IAT-ECT

Fuente (Bernal, 2018)

Válvula IAC

Señal de onda lineal referente a la tensión de carga, además funciona cuando el terminal de control o suministro de carga se conmuta a tierra haciendo la apertura de la válvula mediante la retracción de resorte en un tiempo determinado, este varía dependiendo el ciclo de trabajo y ángulo de rotación de la válvula, cuando este se abre la válvula se vuelve a cerrar.

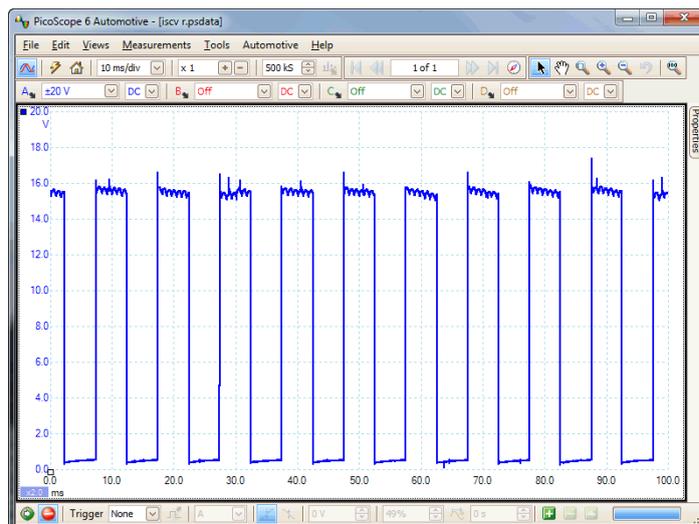
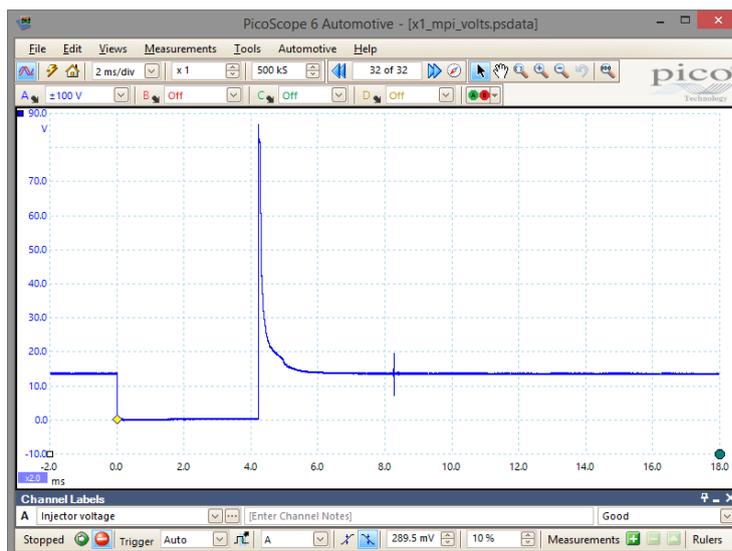


Figura 2.28 Señal de onda de válvula IAC de motor de pasos

Inyectores

A partir de la activación del transistor de potencia que controlar el inyector se tiene el cierre a masa para realizar la activación y permitir que el inyector pulverice el combustible mediante una caída de voltaje entre 12 a 0V con un tiempo de apertura de 4ms hasta llegar a desactivarse el transistor y producir una autoinducción producto de la bobina del inyector generando un pico de tensión superior a los 50V, llegando este a disiparse hasta cerrar por completo al inyector.



Fuente: (Bernal, 2018)

Bobina de encendido

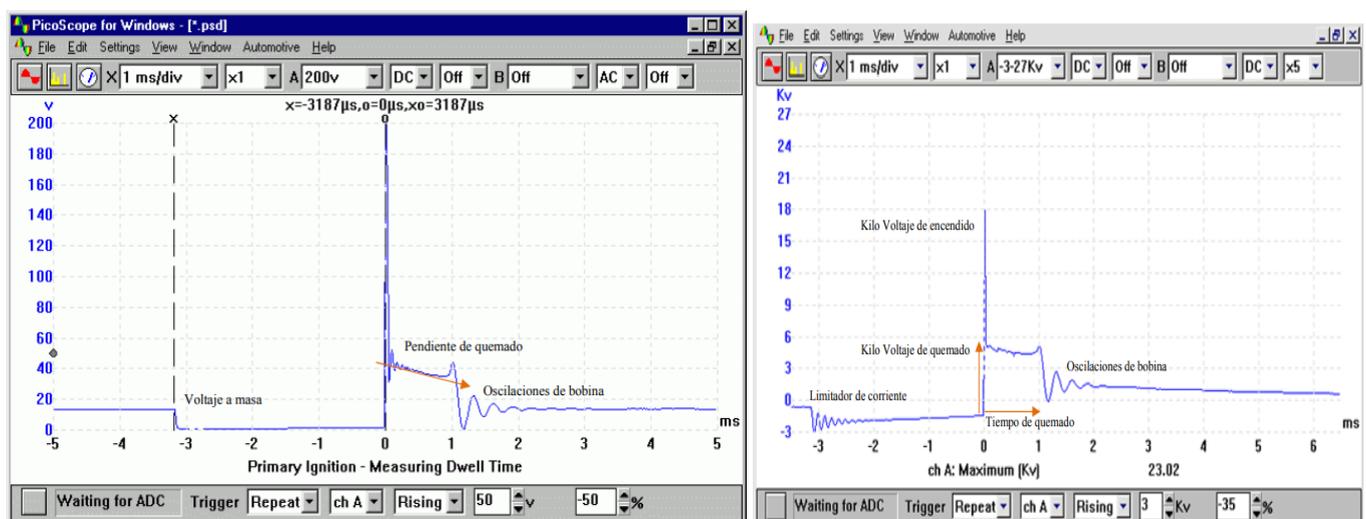
Mediante la determinación de cada sección referente a los circuitos de encendido se detalla el funcionamiento como base de diagnóstico que se presentada como tipo de onda.

Circuito primario

Tipo de onda que inicia con la activación de bobina donde no hay corriente hasta llegar al periodo Dwell debido a la conexión aun de tierra de bobina, posterior a ello el transistor de encendido se encarga del Dwell determinando el tiempo necesario para acumular 8 amperios conocidos como saturación en un tiempo de 3 a 4ms. De esta manera se efectuara una tensión superior a 200V producto de una tensión inducida que se genera por la desactivación de bobina generando un tiempo de quemado que esta alrededor de 1 a 1.7 ms hasta llegar a un periodo de oscilaciones que muestran el estado de la bobina referenciando un mínimo de 4 a 5 picos de oscilaciones como referencia.

Circuito secundario

Tipo de onda que se produce inicialmente hasta llegar a los 0 kV del encendido primario, posterior a esto se induce un alto voltaje hasta llegar a 40kV que se produce al desconectar el circuito del primario, donde el voltaje secundario caerá entre 2 a 3kV por un aproximado de 2ms producto de la duración de chispa, de esta manera la oscilación decreciente se efectúa entre 4 a 5 ciclos respectivamente hasta llegar a los 0kV logrando estabilizar la oscilación indicando el final de chispa.



Fuente: (Bernal, 2018)

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se muestra los resultados obtenidos luego del desarrollo investigativo y metodológico basado en el diseño y construcción del prototipo para pruebas en banco a partir de la simulación de circuitos de la gestión electrónica en motores MEP. En este punto se muestra el proceso y obtención de circuitos para el control de sensores y actuadores como fueron circuitos generados de voltaje de 5V, generador de voltaje mediante un selector con salida de 5 a 12V y divisores de voltaje permitiendo el control de tensión, además de la modificación de parámetros programables realizados en el microcontrolador Arduino para control de ancho de pulso PWM para actuadores a partir de la incorporación de Timers que permiten la modificación de frecuencia en un pin digital especificado llevado a cabo en el software libre IDE Arduino. La construcción de circuitos, programación y conexión de componentes fue parte fundamental para la obtención de oscilogramas y señales mediante la realización de pruebas a diferentes sensores y actuadores, añadiendo simuladores físicos para un estudio más real que se detallara a continuación.

3.1 Simulación de circuitos de sensores y actuadores

En este apartado se simulo los diferentes circuitos para comprobar el funcionamiento mediante uso de osciloscopio en los softwares EasyEDA y Livewire.

3.1.1 Circuitos generadores

Circuito generador de 5V desarrollado y simulado en el software EasyEDA a partir de la utilización de componentes electrónicos como representa en la figura 3.1, siendo este el encargado de energizar a los diferentes sensores como son TPS, MAF, MAP y CKP de efecto Hall.

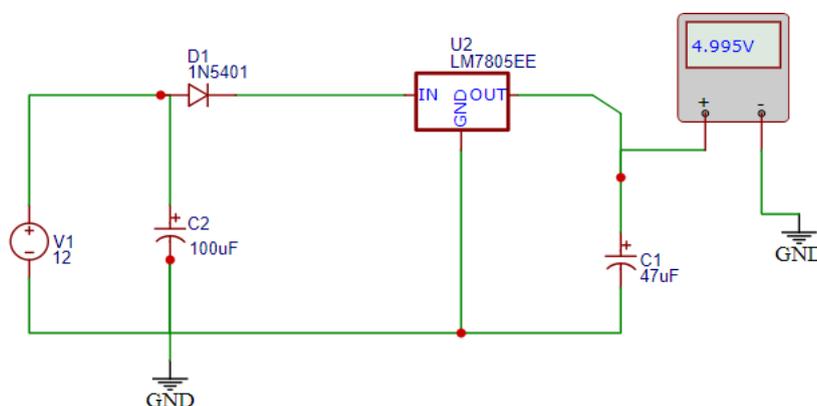


Figura 3.1 Circuito generador de 5V simulado

Circuito generador de tres posiciones para la obtención de señal de salida de 5V o 12V mediante la incorporación de un LM7805 y un interruptor para la alimentación del sensor MAF representado en la figura 3.2 donde en la posición central sera un valor neutral o masa.

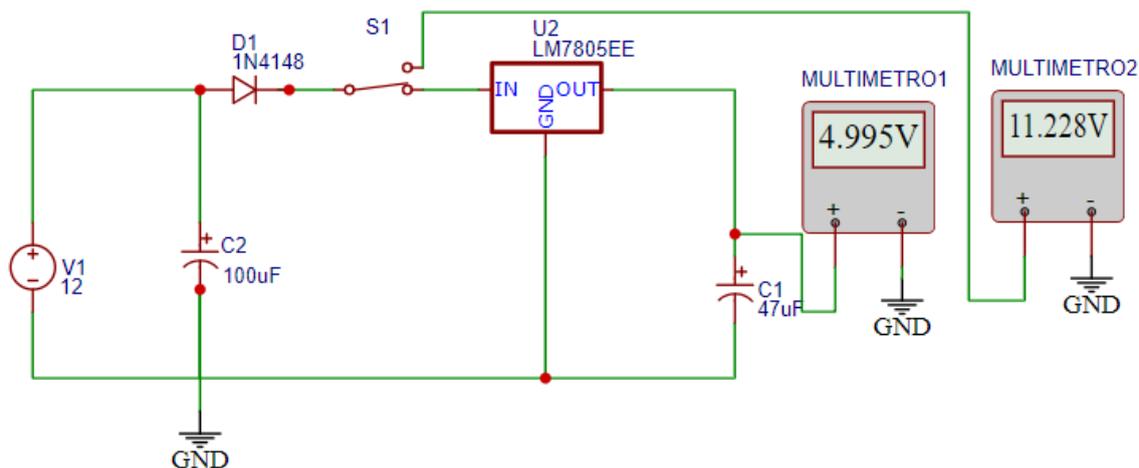


Figura 3.2 Circuito generador de 5V o 12V simulado

Circuito divisor de voltaje utilizado para la alimentación y variación de sensores de temperatura como son IAT-ECT, el cual es conformado por un circuito generador de 5V principalmente a su salida se conecta un potenciómetro de 5K o una resistencia variable para la obtención del valor requerido que se encuentre entre los 0 a 5V como se presenta en la figura 3.3.

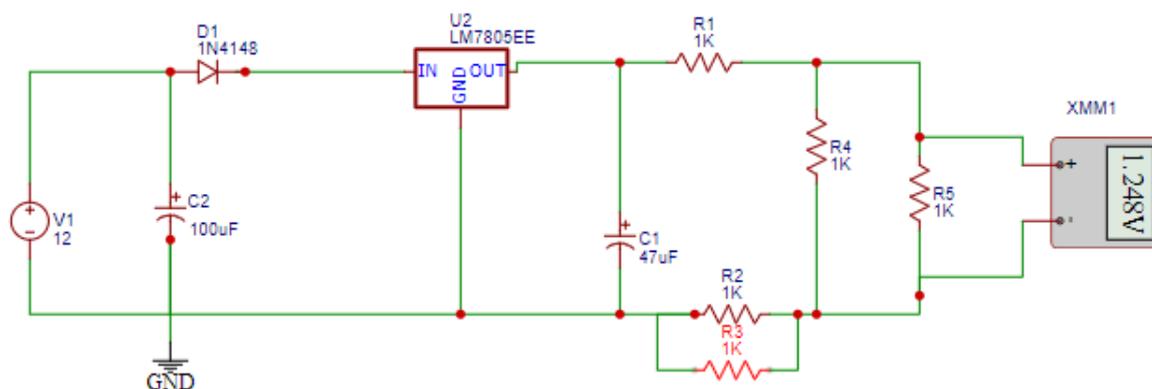


Figura 3.3 Circuito divisor de voltaje simulado

3.1.2 Circuito generador de PWM

Circuito generador de PWM para control de actuadores que funciona a partir de una entrada de +12V provenientes de la fuente de poder, este a su vez se encuentra interconectada a una a un circuito y dos potenciómetros.

El circuito PWM de control de bobinas se encuentra conectado a masa y voltaje donde un interruptor de 3 posiciones será el encargado de la selección de +12V o 5V+ para el control de PWM que ira a la entrada generando señales de salida a partir de la alimentación, permitiendo oscilaciones de HIGH O LOW en el control de ancho de pulso, debido a que las bobinas sin transistor se alimentarán con +12V y PWM y su estado no se activará pero si los +12V y el PWM se coloca a masa esta se activará y cargará el bobinado, en caso de ser transistorizada se alimentará a la base de un transistor entre 0V y 5V encargado de energizar y conmutar al transistor.

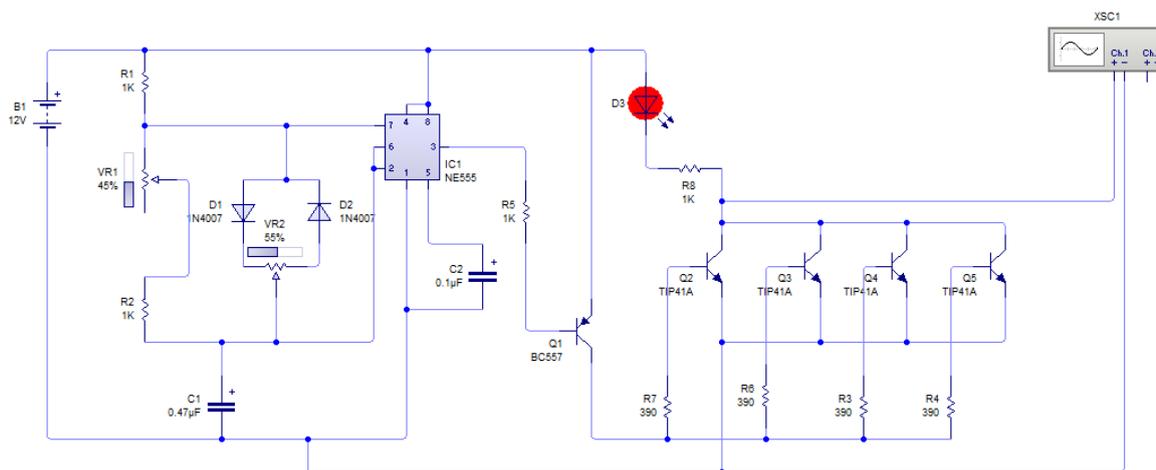


Figura 3.4 Circuito generador de PWM simulación

A partir del circuito generador de PWM se implementó dos potenciómetros de resistencia variable, capaz de modificar parámetros de % Duty o trabajo y frecuencia para control de actuadores representativo en la figura 3.5 con un 50% en cada una de sus ilustraciones, siendo una frecuencia constante.

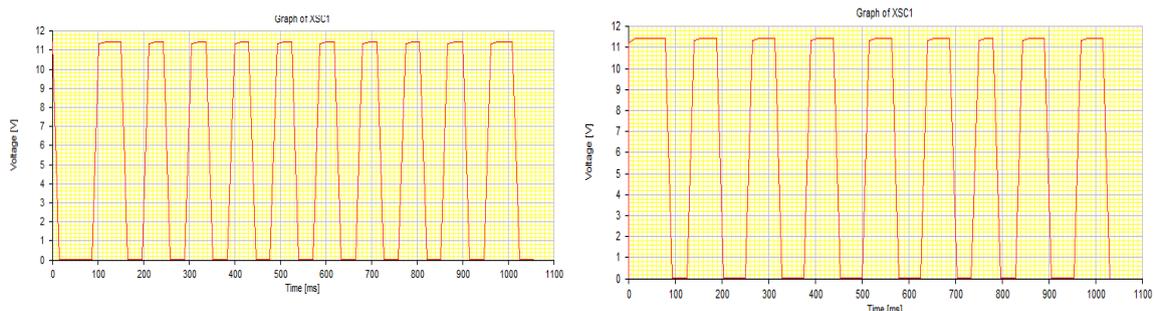


Figura 3.5 Simulación obtenida por osciloscopio de 50 %Duty y frecuencia

3.2 Pruebas en banco

Las siguientes pruebas se desarrollaron para comprobar las alimentaciones, señales y masas de cada sensor. Para ello se utilizó un potenciómetro de $5K\Omega$ y un multímetro para verificar la variación de voltaje que se produce en los sensores de posición como TPS y sensores de temperatura como IAT-ECT.

Para la sección de actuadores se utilizó el microprocesador de Arduino y un drive L298N de Opunte H para el circuito generador de los simuladores de rueda fónica, resistencia calefactora y velocidad de ventilador.

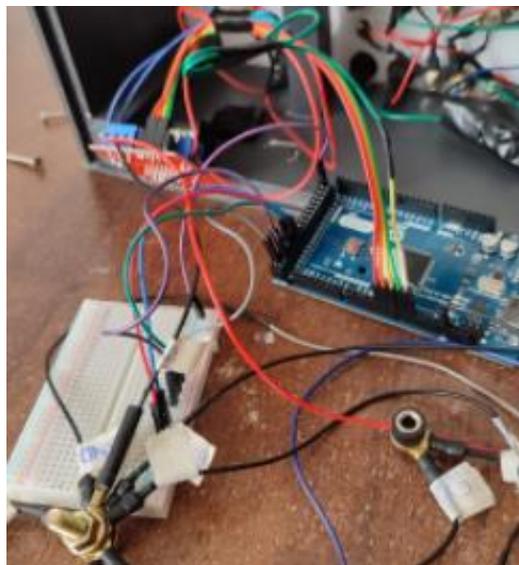


Figura 3.6 Pruebas en banco mediante uso de protoboard para accionamiento de simuladores.

3.3 Pruebas de funcionamiento con sensores y actuadores

A continuación, se realizaron diferentes pruebas de funcionamiento tanto para sensores y actuadores que conforman el proyecto de investigación, mostrando en cada una de ellas los oscilogramas obtenidos, valores de voltaje y frecuencias obtenidas por el osciloscopio digital.

3.3.1 Sensor TPS

La señal de este sensor es de tipo análoga, es decir se deben apreciar valores de voltaje en cada instante de tiempo, en este caso para un lapso de 7 segundos, como se puede apreciar en la figura 3.8 existe la curva que genera el sensor al mover la mariposa de aceleración, sin embargo, para

simular el movimiento de la mariposa se interviene directamente en el sensor moviéndolo manualmente ya que se encuentra conectado al banco de pruebas como se aprecia en la figura 3.7.

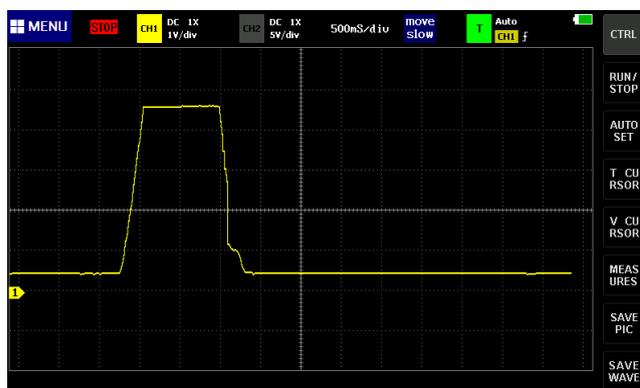


Figura 3.7 Oscilograma de funcionamiento de sensor TPS

En la figura 3.8 se puede ver que existe una variación de tensión entre el límite inferior del rango de lectura del sensor (0,5 V) y el límite superior (4,5 V), la señal que se observa en el oscilograma representa la variación de tensión del sensor al ser intervenido, claramente el sensor funciona de manera correcta ya que la curva no pierde valores al crecer o decrecer.

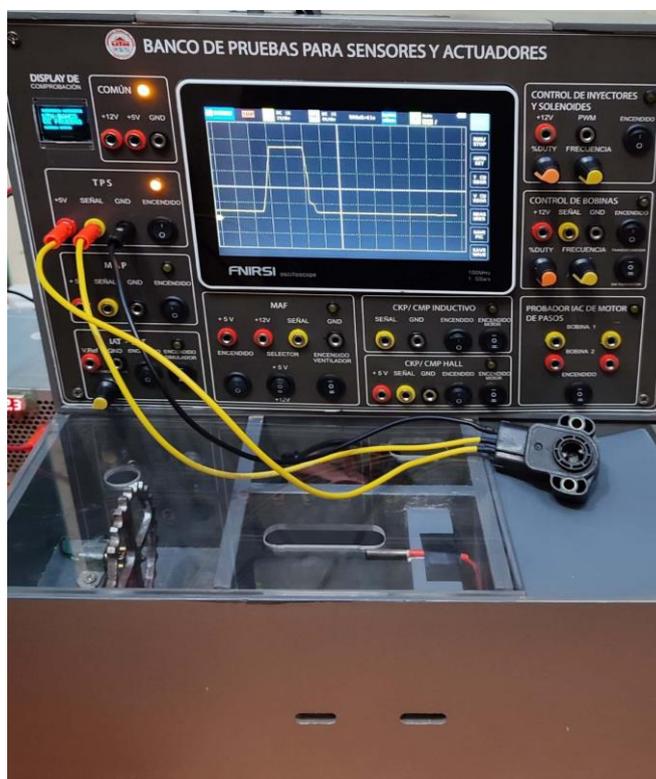


Figura 3.8 Oscilograma TPS y conexión física

3.3.3 Sensor IAT-ECT

Al igual que el sensor MAP, los sensores IAT y ECT se pueden considerar como potenciómetros, de hecho, la señal que se obtuvo en el banco de pruebas que se observa en el oscilograma de la figura 3.11 indica la variación de voltaje que produce el sensor al someterse a diferentes temperaturas, evidentemente el sensor opera dentro del rango de trabajo considerado. Se pudo concluir para esta prueba que este sensor funciona correctamente.

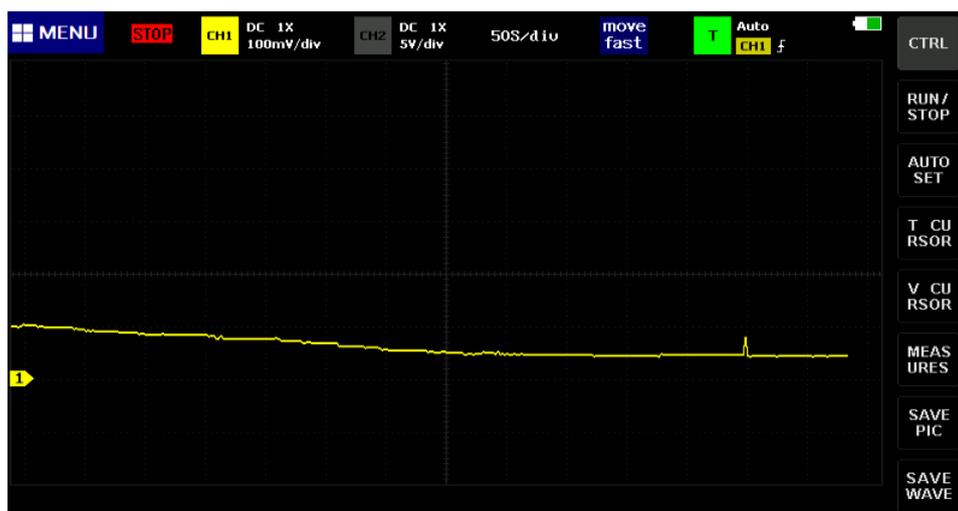


Figura 3.11 Oscilograma de funcionamiento de sensores de temperatura

3.3.4 Sensor MAF

En el oscilograma de la figura 3.12 se puede observar la señal que generó el sensor MAF de hilo caliente al ser probado en el banco de pruebas. Ciertamente se puede ver una señal fluctuante de valores de voltaje de entre -1,2 V y 1.2 V la señal fluctúa debido al movimiento de la hélice del ventilador instalado en el banco de pruebas, se puede entender cada pico de onda como una cantidad X de aire que empuja cada hélice el cual es captado por el sensor. Se pudo concluir que el sensor funcionó correctamente en esa prueba debido a que genera una señal coherente para las circunstancias a la que fue sometido.

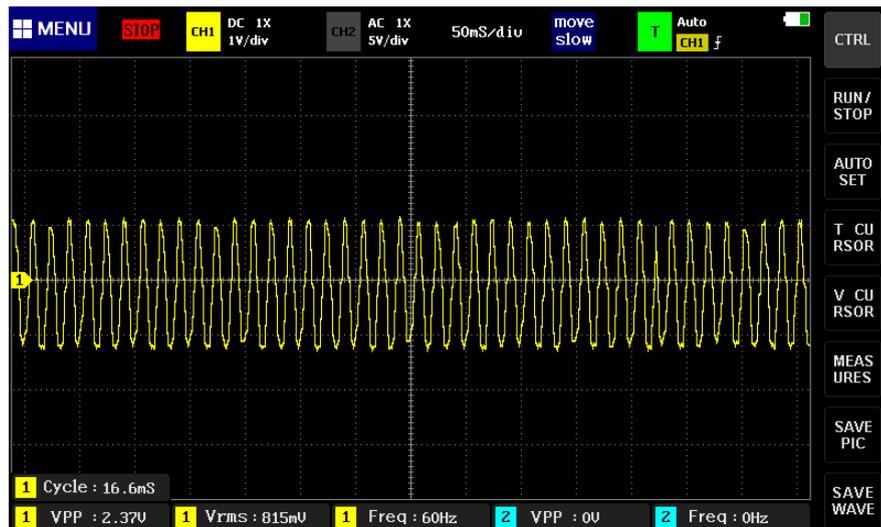


Figura 3.12 Oscilograma de funcionamiento de sensor de flujo de aire MAF

En la figura 3.13 se puede observar la prueba de funcionamiento del sensor conectado directamente al banco de pruebas a través del osciloscopio.



Figura 3.13 Oscilograma de sensor MAF con simulación física

3.3.5 Sensor CKP/CMP Inductivo

En la Figura 3.14 se aprecia la onda generada por el sensor donde cada pico en el instante de tiempo representa uno de los 23 dientes que posee la rueda dentada instalada en el banco, como se puede observar cada 22 dientes existe una perturbación en uno de los picos de la onda esto se debe a que el sensor ha captado uno de los dientes corridos que tiene la rueda dentada antes mencionada. Se puede concluir que efectivamente el sensor funciona ya que genera la onda

esperada sin pérdida de información o anomalías, respetando el límite inferior y superior del rango de operación del sensor.

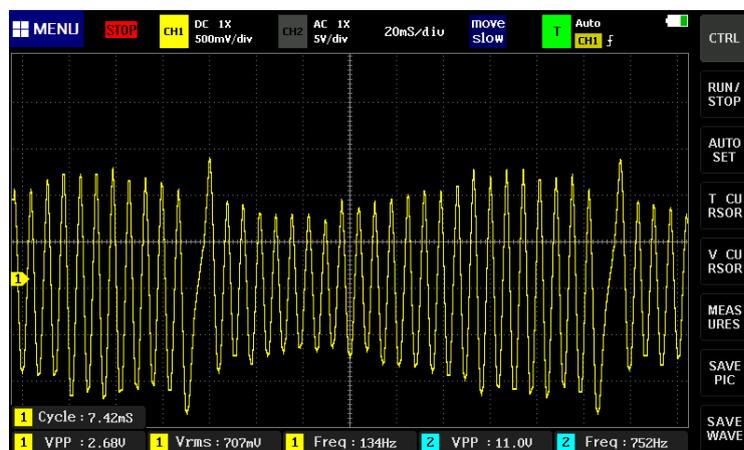


Figura 3.14 Oscilograma de funcionamiento de sensor CKP inductivo

En la Figura 3.15 se puede apreciar la conexión del sensor durante su funcionamiento en el banco de pruebas.



Figura 3.15 Oscilograma CKP inductivo y conexión física

3.3.6 Sensor CKP/CMP Hall

Como se puede observar en la figura 3.16 existe un oscilograma con una señal cuadrada que va desde los 0 a 5V, esta señal depende directamente de la velocidad a la que gira la rueda dentada

y la frecuencia, por lo general una frecuencia baja representa los 80Hz y a mayor frecuencia 178Hz, para este caso la frecuencia es de 143 Hz, la señal es perfectamente cuadrada y cada 22 dientes existe una perturbación en la onda la cual indica que el sensor efectivamente capta el diente corrido de la rueda dentada.

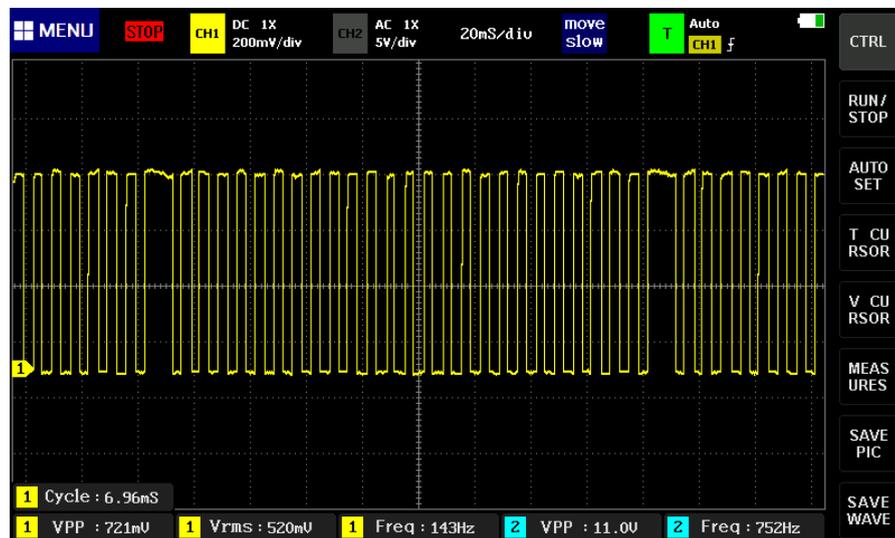


Figura 3.16 Oscilograma de funcionamiento de sensor CKP efecto Hall

Se puede concluir que el sensor está perfectamente operativo, responde a los voltajes de alimentación y produce una señal. En la figura 3.17 del eje Y se puede observar la conexión física entre el sensor y el banco de pruebas.



Figura 3.17 Oscilograma de sensor CMP Hall y conexión física

3.3.7 Control de inyectores y solenoides

En la figura 3.18 se puede observar la onda correspondiente al funcionamiento del inyector conectado al banco de pruebas, como se puede apreciar en la figura Y en el banco de pruebas existe una perilla que permite controlar el ancho de pulso del inyector, en este caso el banco de pruebas permite al inyector alcanzar anchos de pulsos de 1,3 ms, la onda graficada es correcta y da un buen indicador de que el inyector estuvo correctamente operativo, en la onda se aprecia el tiempo de activación de la bobina y el movimiento de la aguja (pico de onda) que se generó al energizar el inyector. En este caso no existió pérdida de señal en el pico o curva de la onda y los valores de pico alcanzados corresponden al voltaje ideal pico que debería tener un inyector.

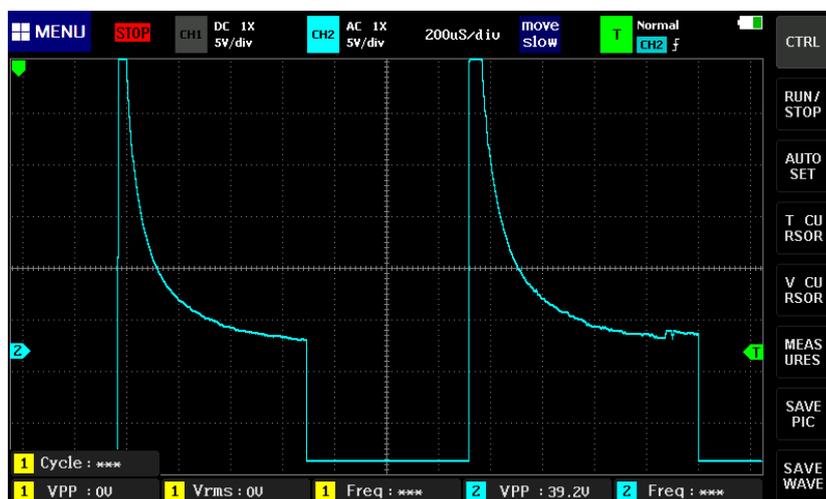


Figura 3.18 Generador de pulso PWM y Timers de frecuencia

3.3.8 Control de bobinas

En la figura 3.19 se puede observar el oscilograma representativo bobina mostrado en el canal 2 del osciloscopio (color azul), al ser una bobina transistorizada recibe pulsos cuadrados de activación entre 0 a 5V, este a su vez puede variar en frecuencia o %Duty. Además de +12V y GND para energizar a la bobina, donde el consumo de corriente es directamente proporción a la carga de bobina cuando este está en alto pulso de inyección.

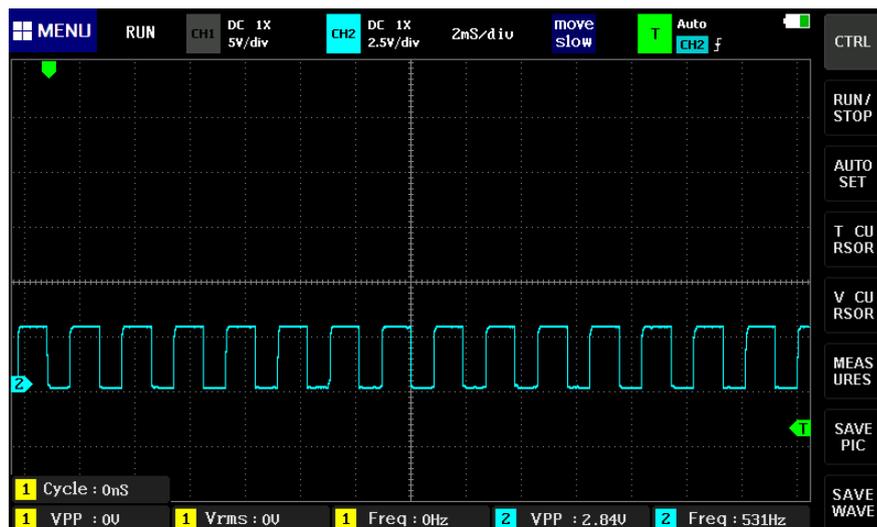


Figura 3.19 Oscilograma de funcionamiento de bobina transistorizada

En la figura 3.20 se puede observar el diagrama del circuito primario de la bobina mostrada con un pico inductivo producto de la activación de contactos y dos oscilaciones que representan la disipación de energía, donde no se observa el tiempo de trabajo o salto de chista producto de daños internos en el bobinado o distancia de aproximación a la cavidad de bujía.

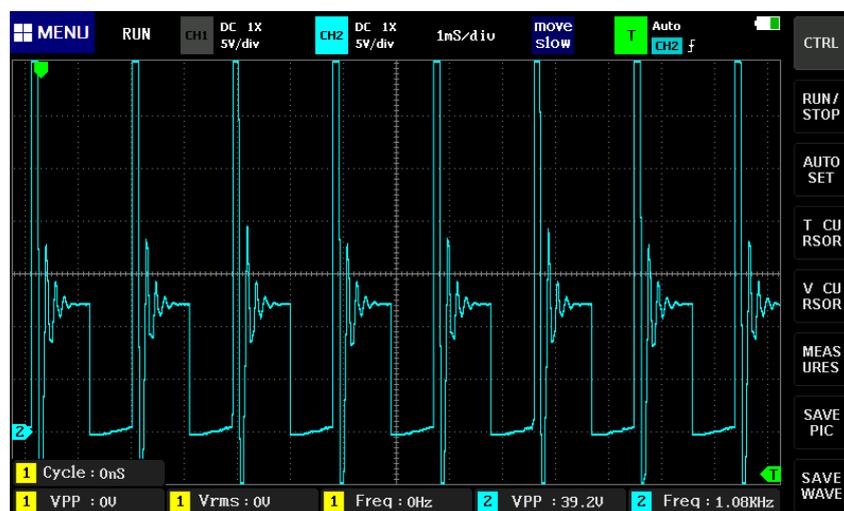


Figura 3.20 Oscilograma de funcionamiento de bobina sin transistor

En la representación visual se comprobó que la bobina recibe la activación y pulsos, sin embargo, esta no efectúa la representación del tiempo de trabajo debido a los factores efectuados anteriormente.

3.3.9 Probador de IAC de motor de pasos

Circuito probador de IAC mediante programación en IDE de Arduino y uso de drive L298N, a partir de sus salidas permiten tener el control y número de pasos para retraer o extender el vástago del paso del aire.

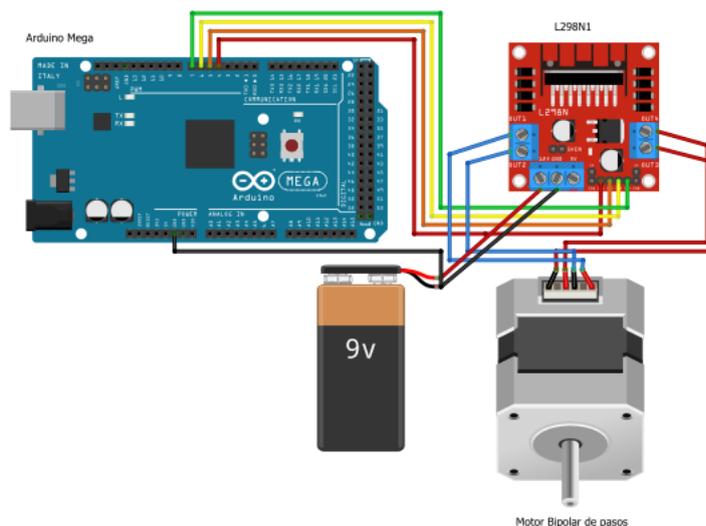


Figura 3.21 Funcionamiento de IAC de motor de pasos

En bajas revoluciones y con un número de pasos predefinido de 67 el control de la válvula IAC se observa que al extender y retraer el vástago inicialmente este se halla en perfectas condiciones de funcionamiento, sin embargo, al modificar parámetros como son revoluciones y número de pasos a 120 la válvula quedaba retraída posibles causas que se pueden diagnosticar de manera visual por obstrucción, daños internos o suciedad.



Figura 3.22 Simulación física de válvula IAC y conexión física

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Los sensores TPS, MAF, MAP, CKP/CMP Hall son sensores activos, estos requieren de una alimentación de +5V generada a través de un circuito regulador de voltaje, además de una salida de señal para comprobar su funcionamiento y la masa general del comprobador. En el caso de sensores pasivos como el ECT y IAT, requieren un circuito divisor de voltaje para su funcionamiento.
- Para el control de los actuadores basados en bobinados (inyectores, bobinas, solenoides), se diseña un circuito capaz de otorgar +12V de alimentación y una señal de ancho de pulso modulado variable en %Duty y frecuencia. Los actuadores basados en motores (de paso a paso, de corriente continua) se genera una señal de +12V y PWM pero con un circuito puente H para inversión del sentido de giro.
- Para comprobar el funcionamiento de ciertos sensores, es necesario simular condiciones físicas que permitan generar señales de respuesta. Para el caso de los sensores de posición rotacional, se simula la rueda fónica del vehículo a través de un motor de corriente continua y una rueda férrea acoplada a su eje. El simulador de sensores de temperatura está conformado por una niquelina que calienta el sensor para variar la respuesta de salida en el divisor de voltaje. El sensor de flujo de aire requiere de una variación de las corrientes de aire para ser captadas; estos se logran a través de un electroventilador que genera dichas corrientes. El microcontrolador Arduino a través de etapas de potencia controla la activación y funcionamiento de cada uno de los simuladores.
- Para la generación de ancho de pulso modulado PWM se diseña un circuito basado en el integrado IC555, el cual genera señales de voltaje y masa variables. Se integra dos etapas de control para la variación de %Duty y frecuencia, además de una etapa de potencia para la conmutación de altas corrientes.
- La interfaz de diagnóstico simula las señales de entrada de varios tipos de sensores, principalmente los que requieren alimentaciones de 5 o 12 V, masa y la salida de señal. Mediante el osciloscopio integrado es posible determinar si el sensor genera una respuesta acorde para evaluar su funcionamiento. De igual manera el banco puede emitir un control PWM para activar actuadores y verificar su funcionamiento.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para una siguiente etapa de investigación evaluar el funcionamiento del circuito generador de PWM y modificarlo para una gama más amplia de frecuencias. La finalidad de esta modificación será la de generar pulsos superiores a 2ms de activación en bajo y observar un mejor funcionamiento del actuador.
- Para un trabajo futuro, se recomienda evaluar el funcionamiento y forma de diagnóstico de otro tipo de sensores como los sensores de presión y sensores de oxígeno. Para el caso de sensores de presión se podría utilizar una bomba de vacío que simule las condiciones de succión de un motor de combustión interna. Para el caso de sensores de oxígeno se podría adaptar un sistema que simule el trabajo del sensor y un control de activación para el elemento calefactor.
- Por otra parte, diseñar y construir un banco con dispositivos de seguridad pasiva como accionamiento y control de airbag, sensores de ocupación de asiento, además de la adaptación de los sistemas de seguridad activa como es el sistema de control de frenado como es el antibloqueo ABS o sistema de dirección asistida y sensor captador de velocidad en las ruedas a partir de un estudio y búsqueda de métodos para elaborar el control y accionamiento.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS

- AEDE. (2018). *Anuario 2018 Asociación de Empresas automotrices del Ecuador*.
[http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2019/03/Anuario 2018.pdf](http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2019/03/Anuario%202018.pdf)
- Andino, F., & Corrales, L. (2017). *Escuela politécnica nacional*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19042>
- Aparicio, M. (2020). *Válvula EGR*. 2020-07-08. <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/valvula-egr-para-que-sirve/>
- Aranda, D. (2013). *Electrónica del automóvil* (E-Book (ed.); 1 edición).
- Avance, A. (2013). *Que es un Sensor de Posición del Cigüeñal Sensor CKP Y CMP*. 2013-06-12.
<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/149-que-es-un-sensor-de-posicion-del-ciguenal-sensor-ckp-y-cmp/>
- Avance, A. (2017). *Motores con Válvulas VVT*. 2017-09-28. <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/preguntas-mecanica-automotriz/69-motores-con-valvulas-vvt/>
- Avance, A. (2020). *Ecu Automotriz*. 2020-03-12. <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/ecu-automotriz-funcionamiento/>
- Ávila, D. (2021). *Sensor MAF*. 2021-06-08. <https://www.actualidadmotor.com/sensor-maf-o-sensor-de-flujo-de-aire/>
- Bernal, J. L. (2018). *Inyección electrónica de gasolina*. <https://docplayer.es/29189175-.html>
- Beru. (2013). Información completa sobre las bobinas de encendido. *Federal Mogul*, 7, 24.
http://beru.federalmogul.com/sites/default/files/ti07_ignition_coils_es_2013.pdf
- Blasco, V. (2000). *Sistema de diagnostico obd ii*. 1–6.
- Booster, B. (2012). *Curso de sensores de flujo de aire*. 1–12.
- Booster, B. (2015a). *Señales Electrónicas del Motor*. 2015-07-10.
<https://www.encendidoelectronico.com/senales-electronicas-motor/senales-electronicas-del-motor-parte-3/>
- Booster, B. (2015b). *Sensores MAP*. 2015-07-12.
<https://www.encendidoelectronico.com/sensores-map/sensores-map-parte-1/>
- Chávez, Á. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis de señales de los sensores y actuadores del automóvil por medio de un osciloscopio*.
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.530>
- Chirinos, J. (2021). *Los 8 Tipos De Bobinas Automotrices Y Sus Funciones*. 2021-09-01.
<https://unisalia.com/tipos-de-bobinas-de-automotrices-funciones/>
- Colombia, C. (2015). Principales actuadores en el vehículo y sus posibles fallos. *Autocrash*.
<https://www.revistaautocrash.com/electromecanica-principales-actuadores-en-el-vehiculo->

y-sus-posibles-fallos/

- Diagnosics, B. (2005). *Diagnóstico a Bordo. 1*, 4.
- FAE. (2017). *Sensor de temperatura*. 48–49. <http://www.fae.es/es/productos/sensor-temperatura>
- Fernández, Y. (2020). *Qué es Arduino*. 2020-08-03. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Ferrel, Á. (2021). *Los inyectores*. 2021-28-07. <https://www.autonocion.com/mantenimiento-inyectores-funcionamiento/>
- Ferrer, Á. (2021). *Inyección en Motores de Gasolina*. 2021-27-03. <https://www.scribbr.es/detector-de-plagio/generador-apa/new/webpage/>
- García, A. (2013). *Arduino Mega*. 2013-23-01. <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>
- García, G. (2016). *Sensor CKP y CMP los encargados de la sincronización de la inyección*. 2016-08-04. <https://www.pruebaderuta.com/sensor-ckp-y-cmp-los-encargados-de-la-sincronizacion-de-la-inyeccion.php>
- Gulmaraes, U. (2014). *Comparativo Técnico*. 19. <https://www.ds.ind.br/media/linhas/info/3c/b7/6e/b9bb7624cf0d2585ec73e9ea966ff065.pdf>
- Hernández, L. (2020). *Tipos de memoria de Arduino*. 2020-05-30. <https://programarfácil.com/blog/tipos-de-memoria-de-arduino/>
- Idrovo, M. (2011). *Técnicas de diagnóstico-Sistemas de encendido*. 22 Junio, 55, 1. <https://es.scribd.com/doc/58463211/Bobinas-Dis-Cop>
- Industria, C. O. (2018). *Situación y perspectivas en el sector del automóvil. Medidas ambientales, digitalización y automatización de la industria*. 2018-09-01, 115.
- Latam, M. (2021). *Potenciómetro*. 2021-04-23. <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/electronica/componentes-electronicos/potenciometro/>
- Loayza Romero Yandri y Abril Rivera Raúl. (2005). *Control del Sistema de Inyección de un Motor a gasolina. In Cuenca -Ecuador 2005*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/189/1/05583.pdf>
- López, J., Hughes, R., 3D Benchy, Osorio, S. B., Arciniegas, Á. J. R., Gokhare, V. G., Raut, D. N., Shinde, D. K., & Oscar, T. A. (2016). *Arduino Curso Practico De Formacion*. In *Memorias* (Vol. 6, Issue 06).
- Mathas, C. (2011). *Conceptos Básicos sobre sensores de temperatura*. 2011-10-27. <https://www.digikey.com/es/articles/temperature-sensors-the-basics>

- Mejía, L. A., Romero, C. A., & Monroy-Jaramillo, M. (2020). Pasado y presente en el diagnóstico de los motores en los talleres de servicio automotor. Del vacuómetro a los sistemas basados en la nube. *Informador Técnico*, 85(1), 107–125. <https://doi.org/10.23850/22565035.2623>
- Méndez, R. (2009). Teoría y práctica. *Dearq*, 5, 79–81. <https://doi.org/10.18389/dearq5.2009.07>
- Morales, C., & Valverde, U. (2010). *Tesis*. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6289/SCANNERAUTO.pdf>
- Moreno, A., & Córcoles, S. (2018). *Arduino. Guía práctica de fundamentos y simulación: Robótica* (Ra-ma (ed.); 1 Edición). <https://es.scribd.com/read/409473310/Arduino-Guia-practica-de-fundamentos-y-simulacion-Robotica>
- Ortega, J. (2021). *la válvula IAC*. 2021-07-27. <https://automexico.com/mantenimiento/que-es-la-valvula-iac-aid5235>
- Ortiz López, J. C. (2014). Diseño De Escáner Automotriz Obdii Multiprotocolo. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 122. <https://docplayer.es/1287942-Diseno-de-escaner-automotriz-obdii-multiprotocolo.html>
- Osorio, J. (2015). *Sistema de Autodiagnostico*. 2015-09-09. <https://es.scribd.com/doc/279610542/Sistema-de-Autodiagnostico>
- Paladino, V. (2019a). *El escáner automotriz*. 2019-10-10. <https://www.mundoautomotriz.tech/tienda/escaner-automotriz/>
- Paladino, V. (2019b). El sistema EVAP. *Mundo Automotriz*. <https://www.mundoautomotriz.tech/obd2/el-sistema-evap/>
- Panadero, J. (2012). *ECU, qué es y el porqué de su existencia*. 2012-06-03. <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/07/03/ecu-que-es-y-el-porque-de-su-existencia/>
- Pérez Darquea, D. G. (2017). *Evolución De Los Dispositivos Electrónicos En Un Automóvil* *Evolution of Electronic Devices in an Automobile*. 3(2), 1–7.
- Reyes, E. (2019). *Voltaje Pull Up*. <https://es.scribd.com/presentation/416651090/361872198-Voltaje-Pull-up-Alex-ppt>
- Rodríguez Alfonso, D. S., Castellanos Contreras, J. U., diana.rodriguezal@campusucc.edu.co, & jose.castellanos@campusucc.edu.co. (2020). Sensor MAF en vehículos utilitarios - Posibles fallas un estado del arte. V. A. Palacios Mera, «*sistema Electronico Para El Control de Posicion Angular Del Eje de Un Motor Trifasico Asíncrono*,» *Ambato, Ecuador, 2016.*, 1–12. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/28308>
- Salas Moyano, R. (2018). *EVOLUCION DE LOS PROTOCOLOS DE DIAGNOSTICO OBD 2 Y OBD3 DIAGNOSTICO A BORDO – (PARTE2)*. 2018-10-02.

<https://mecanicaparatodosblog.wordpress.com/2018/10/02/historia-de-los-protocolos-de-diagnostico-parte2-obd-2-diagnostico-a-bordo/>

Salas, R. (2018). *EVOLUCION DE LOS PROTOCOLOS DE DIAGNOSTICO OBD (DIAGNOSTICO A BORDO) (PARTE 1)*).

<https://mecanicaparatodosblog.wordpress.com/2018/10/01/historia-de-los-protocolos-de-diagnostico-parte-1-obd-diagnostico-a-bordo/>

Salvador Morabowen, I. G. (2016). *Sensores del sistema , medición y análisis de inyección electrónica a gasolina / Cumbayá , Ecuador Iván Guillermo Salvador Morabowen Iván Guillermo Salvador Morabowen.*

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida.* 84. http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

Staff, O. (2018). *Mass Air vs. Speed Density.* 2018-04-27.

<https://www.onallcylinders.com/2018/04/27/efi-101-mass-air-vs-speed-density-best-ride/>

Valdés, J. (2020). *Inyección de combustible.* 2020-23-08.

<https://espirtuvintage.com/2020/03/28/inyeccion-de-combustible/>

ANEXOS

ANEXO I

Programación de control y accionamiento de banco de pruebas realizado en IDE Arduino

```

#include <Wire.h> // librería para bus I2C
#include <Adafruit_GFX.h> // librería para pantallas graficas
#include <Adafruit_SSD1306.h> // librería para controlador SSD1306
#include <Stepper.h>

#define STEPS 170
#define ANCHO 128 // reemplaza ocurrencia de ANCHO por 128
#define ALTO 64 // reemplaza ocurrencia de ALTO por 64
#define OLED_RESET 4 // necesario por la libreria pero no usado
Adafruit_SSD1306 oled(ANCHO, ALTO, &Wire, OLED_RESET); // crea objeto

Stepper stepper(STEPS,5,6,7,8); //Librería para motor de pasos IAC con pines de conexión
predefinidos
int pintps=22;
int pinmap=24;
int piniat=26;
int pinmaf=28;
int pinckp=29;
int pininy=23;
int pinbob=25;
int piniac=27;
int piniatsim=30;
int pinmafvent=31;
int pinckpsim=32;
int pinckpsim2=35;
int piniac1=33;
int piniac2=34;

boolean valortps;
boolean valormap;
boolean valoriat;
boolean valormaf;
boolean valorckp;
boolean valoriny;
boolean valorbob;
boolean valoriac;
boolean valoriatstim;
boolean valormafvent;
boolean valorckpsim;
boolean valorckpsim2;

```

```

boolean valoriac1;
boolean valoriac2;

int salidaiatsim=2;
int salidamafvent=3;
int salidackpsim=4;
int salidainy=9;
int salidabob=10;

int pwmiatsim=255; //aquí modifiko la potencia de la niquelina del iat
int pwmmafvent=255; //aquí modifiko la velocidad del motor
int pwmckpsim=50; //aquí modifiko la velocidad de la rueda fónica
int pwminy;
int pwmbob;

int datoiny;
int entradainy=A0;
int datobob;
int entradabob=A1;

void setup() {

Wire.begin(); // inicializa bus I2C
oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // inicializa pantalla con dirección 0x3C
Serial.begin(9600);
analogReference(DEFAULT);
pinMode(pintps, INPUT);
pinMode(pinmap, INPUT);
pinMode(piniat, INPUT);
pinMode(pinmaf, INPUT);
pinMode(pinckp, INPUT);
pinMode(pininy, INPUT);
pinMode(pinbob, INPUT);
pinMode(piniac, INPUT);
pinMode(piniatsim, INPUT);
pinMode(pinmafvent, INPUT);
pinMode(pinckpsim, INPUT);
pinMode(piniac1, INPUT);
pinMode(piniac2, INPUT);

pinMode(salidaiatsim, OUTPUT);
pinMode(salidamafvent, OUTPUT);
pinMode(salidackpsim, OUTPUT);
pinMode(salidainy, OUTPUT);

TCCR2B = TCCR2B & B11111000 | B00000101;

```

```

stepper.setSpeed(180);

}

void loop() {

oled.clearDisplay(); // limpia pantalla
oled.setTextColor(WHITE); // establece color al unico disponible (pantalla monocromo)
oled.setCursor(0, 0); // ubica cursor en inicio de coordenadas 0,0
oled.setTextSize(1); // establece tamaño de texto en 1
oled.print("INGENIERIA AUTOMOTRIZ"); // escribe en pantalla el texto
oled.setCursor (0, 15); // ubica cursor en coordenadas 10,30
oled.setTextSize(2); // establece tamaño de texto en 2
oled.print("UTN:BANCO DE PRUEBAS"); // escribe texto
oled.setCursor (0, 55); // ubica cursor en coordenadas 10,30
oled.setTextSize(1); // establece tamaño de texto en 2
oled.print("SISTEMA ACTIVO");
oled.display(); // muestra en pantalla todo lo establecido anteriormente

//Lectura de pin para tps
valortps=digitalRead(pintps);
if(valortps==1){

}

//Lectura de pin para map
valormap=digitalRead(pinmap);
if(valormap==1){

}

//Lectura de pin para map
valoriat=digitalRead(piniat);
if(valoriat==1){

}

//Lectura de pin para maf
valormaf=digitalRead(pinmaf);
if(valormaf==1){

}

//Lectura de pin para ckp
valorckp=digitalRead(pinckp);
if(valorckp==1){

}

//Lectura de pin para inyectores

```

```
valoriny=digitalRead(pininy);
if(valoriny==1){

}

//Lectura de pin para bobinas
valorbob=digitalRead(pinbob);
if(valorbob==1){
  datobob=analogRead(entradabob);
  pwmbob=datobob*0.25;
  analogWrite(salidabob,pwmbob);
  delay(100);
}
else {
  analogWrite(salidabob,0);
}

//Lectura de pin para iac
valoriac=digitalRead(piniac);
if(valoriac==1){
  stepper.step(170);
  delay(500);
  stepper.step(-170);
  delay(500);
}

//Lectura de pin para iat simulador
valoriatsim=digitalRead(piniatsim);
if(valoriatsim==1){
  analogWrite(salidaiatsim,pwmiatsim);
}
else {
  analogWrite(salidaiatsim,0);
}

//Lectura de pin para maf ventilador
valormafvent=digitalRead(pinmafvent);
if(valormafvent==1){
  digitalWrite(salidamafvent,HIGH);
  delay(100);
}
else {
  digitalWrite(salidamafvent,LOW);
}

//Lectura de pin para ckp simulador
```

```
valorckpsim=digitalRead(pinckpsim);
valorckpsim2=digitalRead(pinckpsim2);
if(valorckpsim==1 or valorckpsim2==1){
  analogWrite(salidackpsim,pwmckpsim);

}
else {
  analogWrite(salidackpsim,0);
}

//control inyectoros
valoriny=digitalRead(pininy);
if(valoriny==1){
  datoiny=analogRead(entradainy);
  pwminy=datoiny*0.25;
  analogWrite(salidainy,pwminy);
  delay(100);
}
else {
  analogWrite(salidainy,0);
}

}
```

Plano desarrollado en SolidWorks y cotas para elaboración

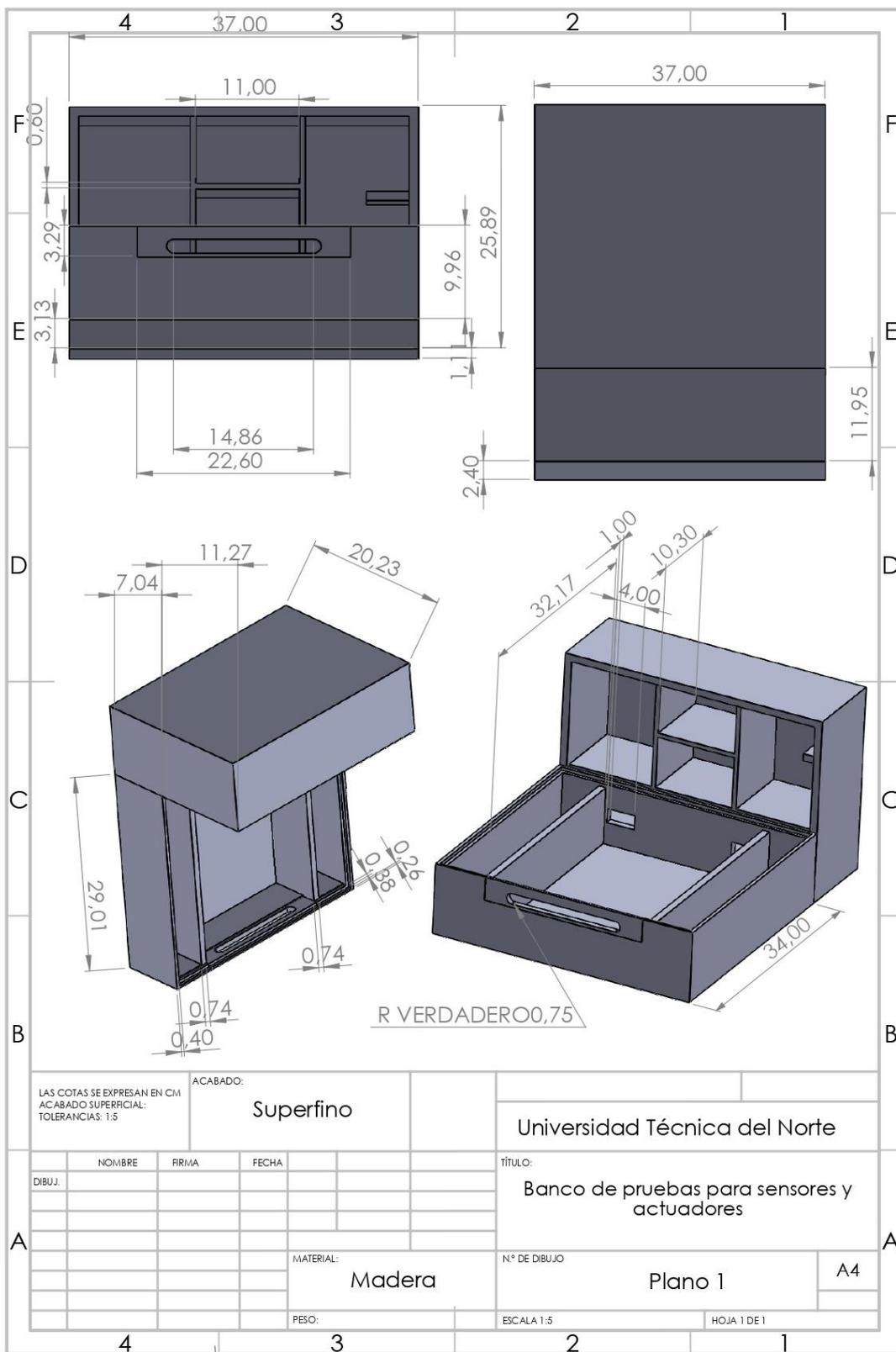
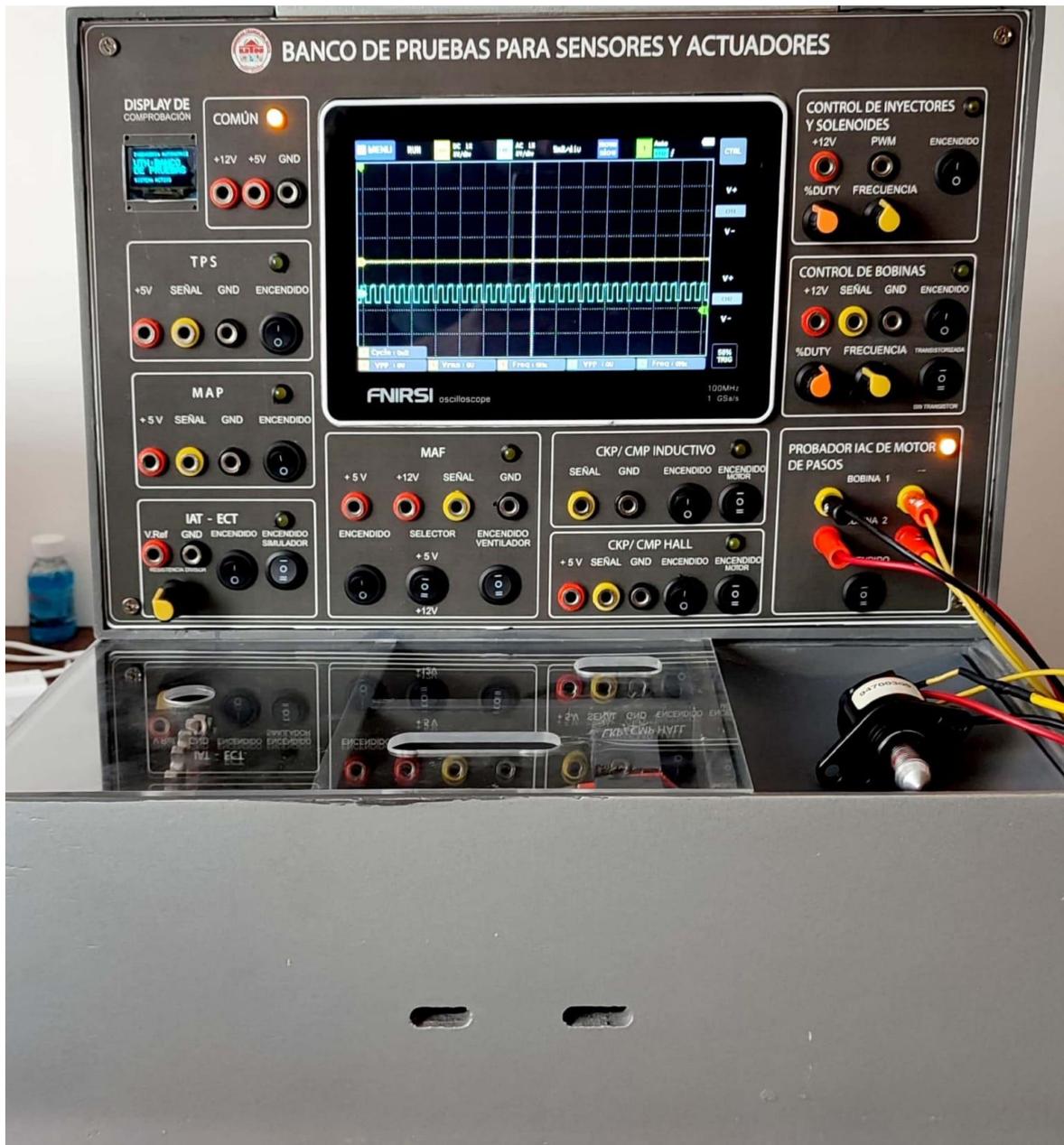
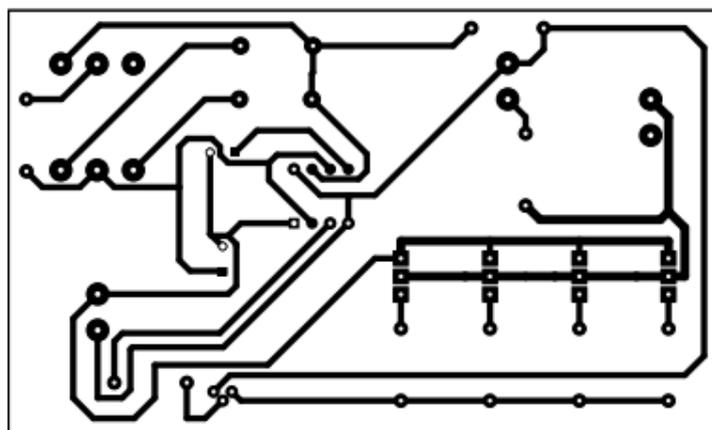
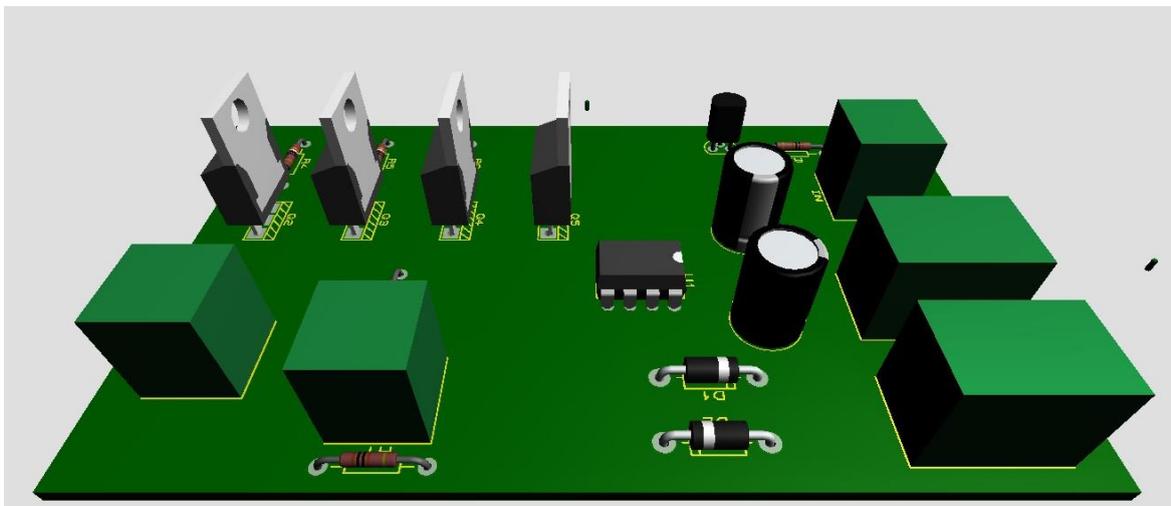


Ilustración de banco de pruebas



Circuito impreso generador de PWM para control de actuadores



Manual de funcionamiento

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

MANUAL DE USO



INTRODUCCIÓN

Este manual es una serie de consideraciones que se debe tener para el manejo de la maqueta que conforma el proyecto.

El desarrollo del proyecto consistió en la elaboración de un banco de pruebas multimarca para prueba de sensores y actuadores, donde se elaboró diferentes mecanismos de simulación para probar el funcionamiento de sensores y actuadores. El uso del microcontrolador Arduino MEGA 2560 fue parte del control de ancho de pulso modulado para actuadores y activación de simuladores.

Esta parte es una simulación de condiciones físicas a las que se encuentra sometido diferentes dispositivos en el vehículo, para ello los circuitos de activación se encuentran en cada uno de los 9 módulos con el propósito de activar directamente uno y no tener interferencias. Para esto se elaboró una maqueta donde se pretende mostrar cómo esta recibe las señales de entrada para verificar su funcionamiento.

Los diferentes oscilogramas del motor MEP como son sensores o actuadores tipo bobinado (inyectores, bobinas y solenoides) al ser sometidos en este banco permiten ver su estado de funcionamiento, curvas características, voltajes. Además de ver el comportamiento visual como puede ser la calidad de chispa o tiempos de activación en actuadores, siendo estos mecanismos manipulados manualmente.

DESARROLLADO:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DIRECTOR:

ING. RAMIRO ROSERO. MSc.

AUTOR:

ALBARO CHAFUEL ESPAÑA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.



PARTES DEL PROYECTO

A continuación, se presenta las partes que conforman la maqueta:

PARTE FRONTAL:

En esta parte se ubica las partes principales de control y accionamiento para sensores y actuadores del motor de combustión interna MEP.

- Parte central de la maqueta osciloscopio
- Control de sensores
- Control de actuadores
- Display de comprobación
- Modulo común



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO
DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN
ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.**



PARTE POSTERIOR:

En esta parte se encuentran los puntos de alimentación del banco de pruebas, como se detalla a continuación:

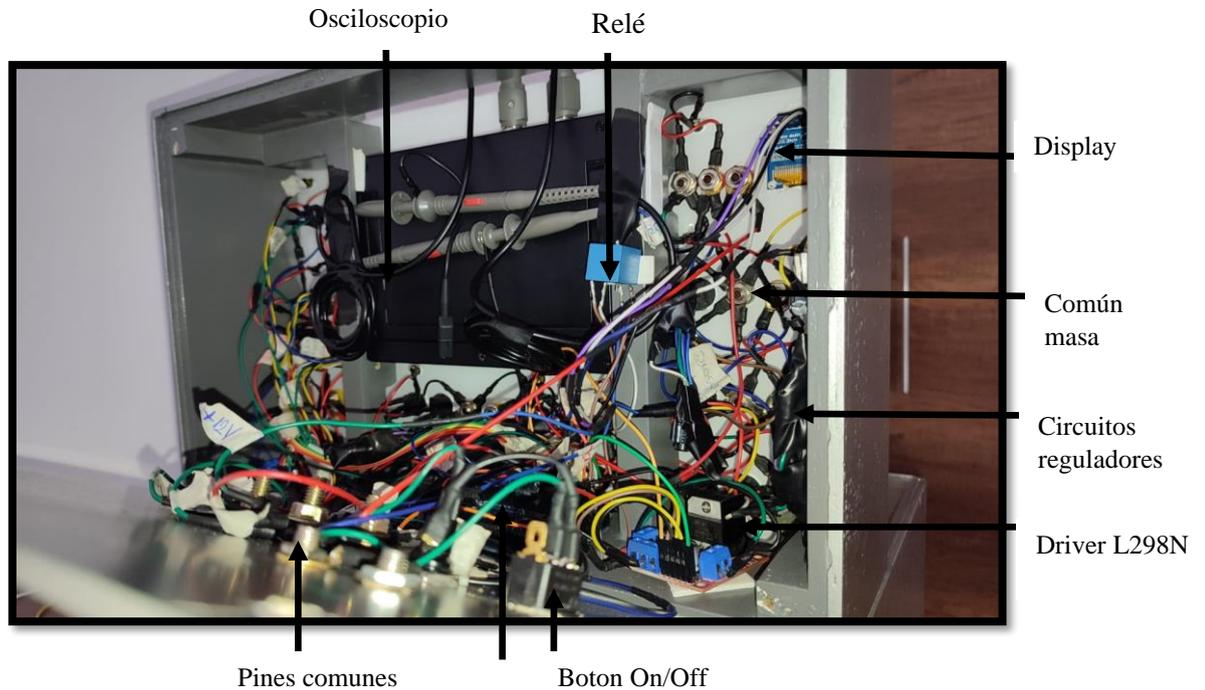
- Activación de banco ON/OFF
- Fusible de 6 Amp
- Alimentación



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.



COMPONENTES DEL TABLERO:



→ Switch de encendido On/Off

→ Pines comunes de alimentación +5V/+12V, Señal, Masa

→ Circuitos reguladores +5V

→ Potenciómetros para control de sensores (IAT)

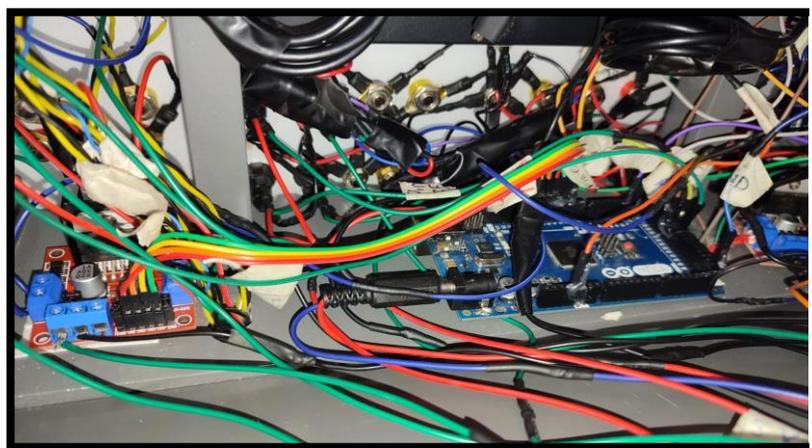
→ Microcontrolador Arduino

→ Pines de alimentación para fuente externa

→ Osciloscopio (2 canales)

NOTA:

En la imagen de la derecha se observa el microcontrolador Arduino 2560 y los pines de conexión con el Drive L298N para control de motor de bipolar de pasos.



ADVERTENCIAS:



- Colocar los cables de alimentación correctamente (positivo + con el positivo de la fuente externa y negativo con el negativo de la fuente).
- No colocar al microcontrolador Arduino más voltaje del necesario está diseñado para trabajar con un voltaje nominal de 12V.
- Utilizar la maqueta con cuidado y precaución
- Revisar que todos los cables estén conectados antes de iniciar su funcionamiento.
- Antes de energizar la fuente externa revisa con multímetro si no existe continuidad en ninguno de los pines de alimentación.
- Encender un switch de un módulo de acuerdo con el dispositivo que desee probar o dos si fuera necesario entre sensores y actuadores respectivamente.
- Utiliza correctamente el probador de bobinas y haga uso de un chispometro automotriz para verificar la calidad de chispa.
- Utiliza una correcta distancia entre mecanismos simuladores: giro rotacional, flujo de aire y temperatura y sensores (considera que las velocidades o temperaturas si se encuentran a 255 serían peligrosas)
- Mantener una distancia prudente con la computadora para su comunicación con interfaz, modificación de parámetros.
- Mantener limpia la maqueta y su zona de uso.
- No realizar conexiones incorrectas en el banco de pruebas, en caso de suceder podría ocasionar daños en los circuitos o directamente al microcontrolador Arduino.

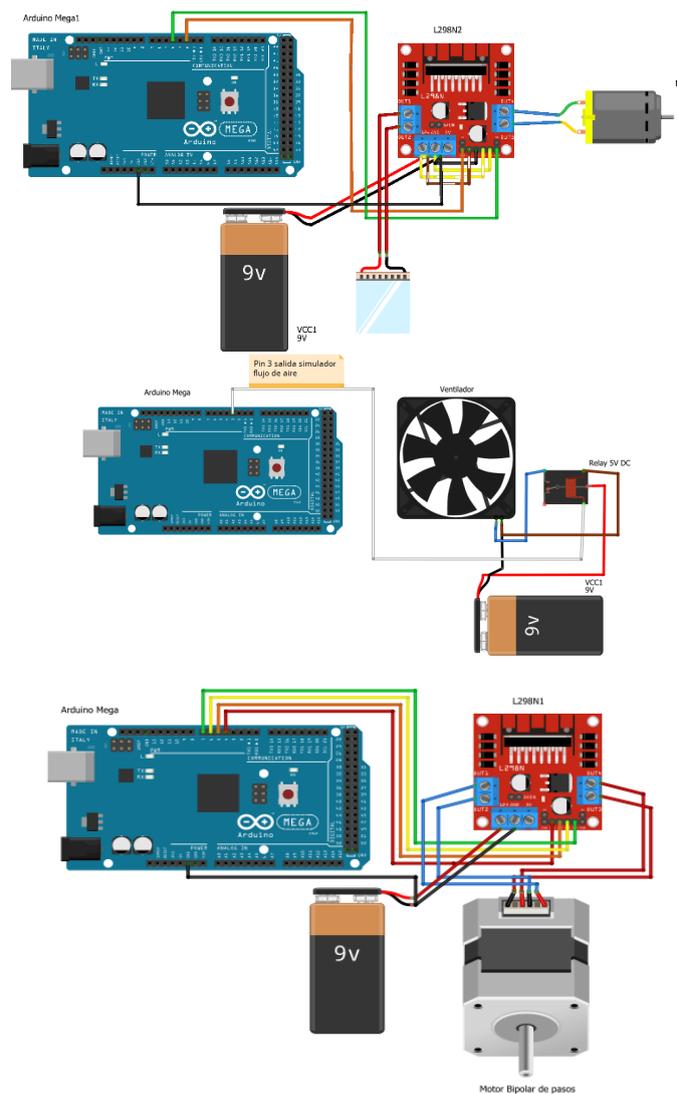
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MICROCONTROLADOR ARDUINO

Arduino es una placa electrónica de código abierto basado en microcontroladores reprogramables que trabajan junto con instrucciones ya programadas IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), siendo un sistema de programación C/C++ permite tener un sin número de funcionalidades. Además, incorporan múltiples periféricos de entrada y salida que permiten la conexión con diferentes tipos de sensores o actuadores para interactuar con el entorno.

Se utilizo en el proyecto con la finalidad de generar un control de PWM para actuadores y simuladores.



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO
DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN
ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.**



<i>Número De PIN</i>	<i>Componente y Señal De Salida</i>
(1)	Señal Display
(2)	Display comprobador
(3)	Sensor de flujo de aire simulador
(4)	Sensor CKP señal
(6)	Bobina 1 (Control de IAC)
(7)	Bobina 2 (Control de IAC)
(8)	Bobina 2 (Control de IAC)
(35)	CKP/CMP simulador Hall
(32)	CKP/CMP simulador Inductivo
(-)	Masa
(11)	Sensor MAP
(30)	Sensor ECT/IAT Simulador temperatura
(-)	5V
(30)	Sensor ECT/IAT
(1)	Display comprobador
(37)	Led comprobador IAC
(33)	Señal MAP

CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO EN EL PROGRAMA EN ARDUINO

El banco de pruebas para sensores y actuadores multimarca funciona a partir de un microcontrolador Arduino siendo este un dispositivo que a partir de configuración y parámetros previamente establecidos en su memoria permite generar señales PWM de entrada o salida respectivamente para el accionamiento primeramente de los diferentes simuladores, este se llevó a cabo mediante un selector de tres posiciones ubicado en la parte frontal del proyecto donde al selección la posición de encendido este emite una señal donde el microcontrolador interpreta y manda pulsos de activación para que estos se activen, la modificación de parámetros para los diferentes emuladores puede variar de acuerdo a las condiciones que requiera en un rango de 0 a 255 respectivamente. Para el control de válvulas o motores (corriente continua o de pasos) se llevó a cabo la inclusión de una librería y pines predefinidos los encargados de activar y controlar la válvula, este a su vez puede variar en un rango de pasos de 1 a 120, para la simulación se encuentra en un número de 67 pasos. Para el display de comprobación se incluyó dos librerías siendo este dispositivo el encargado de informar el estado de activación o modo de funcionamiento del banco de pruebas.

A continuación, en esta sección se presenta la configuración inicial para conexión y pruebas de funcionamiento del banco destinado a sensores y actuadores en motores MEP.

Secuencia de conexión

En este apartado se desarrolló el protocolo de conexión y funcionamiento del banco de pruebas con el fin de evitar errores o daños en su sistema, considerando que el equipo puede probar un sensor y actuador a la vez, donde las dos sondas se utilizaron en cada sección con una conexión en serie.

1. Utilizar una fuente de poder de 12V con un amperaje mínimo de 5 ya que los sistemas simuladores del banco de pruebas pueden llegar a utilizar esa cantidad de corriente para operar de manera correcta.



2. Conecta los pines +12V y GND en la parte externa del banco de pruebas para energizar, posterior a ello energiza la fuente de poder y presiona el selector de posición en ON.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

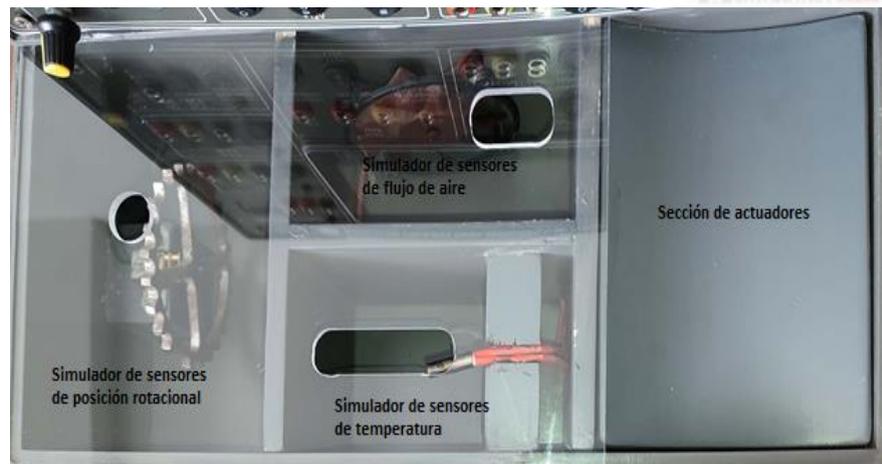


3. Cada sección de pruebas posee un interruptor de encendido o apagado, con la finalidad de evitar interferencias y poder simular el dispositivo que se requiera.
4. Cada interruptor controla las alimentaciones y sección de voltaje para alimentar a los diferentes sensores y actuadores, por ende, se debe realizar una simulación a la vez debido que el canal 1 del osciloscopio que es el encargado de graficar la señal para sensores es común para cada uno de ellos, en cambio el canal 2 del osciloscopio es común para la señal que emite cada actuador, es decir en ningún canal se podrán ver dos señales de un sensor o un actuador a la vez.
5. Para el accionamiento de los simuladores se debe colocar todos en la posición de apagada posición (-) como se muestra en la imagen, ya que en caso de no tener todos en esta posición se activará un simulador o estarán en el modo de encendido o apagado del microcontrolador posición (O) interfiriendo en el funcionamiento del simulador requerido.



6. Para la simulación de sensores de temperatura, se encuentra un divisor de voltaje y un selector de tres posiciones para el accionamiento se debe presionar el botón y colocar en encendido (O).
7. En esta sección se debe colocar el divisor de voltaje entre un valor intermedio del máximo y mínimo de temperatura que opera con la finalidad de obtener su curva característica en el osciloscopio.
8. Para la simulación de sensores de posición rotacional se encuentra una rueda fónica que se activara al presionar el selector de tres posiciones configurado en una relación de giro de 340 rpm.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.



9. Si se requiere modificar los parámetros de funcionamiento de los sistemas de simulación como son temperatura, régimen de giro o velocidad de flujo de aire en el ventilador se acude directamente a la programación, posterior a ello conectar y grabar en el microcontrolador. Los valores que puedes dar se encuentran en un rango de 0 a 255.

```
int pwniatsim=255; //modificación de la potencia de la niquelina del iat
int pwnmafvent=255; //modificación de la velocidad del motor
int pwnckpsim=50; //modificación de la velocidad de la rueda fónica
int pwnminy;
int pwnmbob;
```

10. Para el control y accionamiento de actuadores se utilizó el canal CH2 donde su circuito generador posee un variador de % Duty y frecuencia, permitiendo esto ver el aumento de frecuencia y el ancho de pulso en el ciclo de operación de cada dispositivo como hace referencia el apartado de inyectores y solenoides.
11. Para el accionamiento y control de bobinas se incorporó un selector de tres posiciones para la alimentación del circuito generador y poder probar bobinas transistorizadas y sin transistor, siendo la posición (=) accionamiento transistorizadas y (-) sin transistor.



12. Para el control de probador de motor de pasos se utilizó el bobinado 1 y 2 donde respectivamente se conectará la válvula para poder verificar el estado, siendo el sistema el encargado de empujar y retraer el vástago del paso de aire en ralentí.
13. Para conocer el bobinado 1 y 2 utiliza un multímetro digital con la finalidad de ver la resistencia en cada bobina y así poder conectar de manera correcta, una conexión incorrecta hará que el banco no permita la extensión y retracción del vástago a partir del número de pasos predefinido.

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
SIMULACIÓN DE CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO
DE SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN
ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.**



Siendo este un equipo universal se puede probar diferentes dispositivos tanto de sensores y actuadores respectivamente como es el caso de un cuerpo de aceleración electrónico, donde los TPS irán conectados en el módulo de TPS también conocido como módulo de sensores de posición y su motor en el módulo de probador de IAC, ya que basa su funcionamiento mediante pasos y usos de puentes H para invertir su giro.

Banco de prueba de sensores y actuadores			
Sensores de flujo de aire	Sensores de posición rotacional	Sensores de temperatura	Sensores de posición
VAF	CKP	ECT	TPS
MAF(Hilo caliente)	CMP	IAT	APP
MAF	CAS	EVAP	EGR
	VSS	EOT	

Banco de prueba de sensores y actuadores		
Inyectores y solenoides	Bobinas	Probador de IAC
Inyector	Transistorizada	Válvula IAC
Válvulas VVTI	Sin transistor	ETB
EGR		

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE
CIRCUITOS PARA PRUEBAS EN BANCO DE SENSORES Y ACTUADORES
DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR DE
COMBUSTIÓN INTERNA.**



GLOSARIO

Término	Descripción
ECU	Unidad De Control Electrónico
CKP	Sensor De Posición Del Cigüeñal
MAP	Sensor De Presión Absoluta Del Múltiple
TPS	Sensor De Posición Del Acelerador
O2	Sensor De Oxígeno O Lambda
IAT	Sensor De Temperatura De Aire De Entrada
ECT	Sensor De Temperatura Refrigerante
V	Voltaje
RPM	Revolución Por Minuto
CMP	Sensor De Posición Del Árbol De levas
IAC	Válvula Para El Control De Aire En Ralentí
VVT	Sincronización Variable De Válvula Inteligente
ETB	Cuerpo de aceleración electrónica
APP	Sensor de posición de pedal del acelerador