UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

FABRICACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL DIAGNÓSTICO DE CUERPOS DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICOS DE MOTORES CON SISTEMA DE INYECCIÓN

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: ERIC BOLÍVAR ABARCA ILLESCAS
JHON JAIRO AGUILAR ESPINOZA
TUTOR: ING. ANDRÉS ESTEBAN ORDOÑEZ SEGARRA, MSc.

Cuenca - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Eric Bolívar Abarca Illescas con documento de identificación N° 1900540269 y Jhon Jairo Aguilar Espinoza con documento de identificación N° 0705635449; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 17 de julio del 2024

Atentamente,

Eric Bolívar Abarca Illescas
190054026-9

Jhon Jairo Aguilar Espinoza
070563544-9

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Eric Bolívar Abarca Illescas con documento de identificación N° 1900540269 y Jhon Jairo Aguilar Espinoza con documento de identificación N° 0705635449, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: "Fabricación de un banco didáctico para el diagnóstico de cuerpos de aceleración electrónicos de motores con sistema de inyección", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de julio del 2024

Atentamente,

Eric Bolívar Abarca Illescas
190054026-9

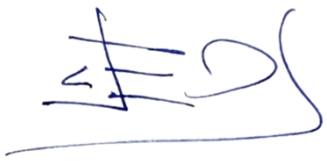
Jhon Jairo Aguilar Espinoza
070563544-9

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Esteban Ordoñez Segarra con documento de identificación N° 0103567863, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: FABRICACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL DIAGNÓSTICO DE CUERPOS DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICOS DE MOTORES CON SISTEMA DE INYECCIÓN, realizado por Eric Bolívar Abarca Illescas con documento de identificación N° 1900540269 y Jhon Jairo Aguilar Espinoza con documento de identificación N° 0705635449, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Andrés Esteban Ordoñez Segarra, MSc.
0103567863

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico principalmente a mis padres, Manuel Abarca y Angélica Illescas, así como a mi pareja Isabel Alejandro, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, reflejado en la culminación de mi carrera.

De igual manera, agradezco a mi hermano John Abarca, quien me ayuda a seguir adelante y a ser un ejemplo a seguir para él.

Por último, pero no menos importante, dedico este trabajo a mí mismo por nunca dejar de creer en mí, por mi enfoque en la superación personal y el crecimiento. Esto es solo un vistazo de lo que puedo llegar a lograr

Eric Bolívar Abarca Illescas

DEDICATORIA

Dedico este logro en mi vida a Dios primero, por escuchar mis plegarias en los momentos más difícil de mi carrera, a mi familia: a mi madre (Elena), a mi padre (Amado), a mi hermano (Leonel) y a mi hermana (Carolina) por estar siempre presentes para mí, con su apoyo y preocupación por mi bienestar emocional y educativo. a mi esposa amada (Johana) que fue la principal persona que estuvo alentándome a que culmine este sueño, y como no a mi princesa hermosa, mi hija (Hellen), la cual siempre estuvo a mi lado diciéndome "papi" tu si puedes dale. además, a todas las personas que estuvieron a mi lado este tiempo aconsejándome, apoyándome, gracias por sus consejos desinteresados amigos y amigas.

Jhon Jairo Aguilar Espinoza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen del Cisne por guiar mis pasos y no dejarme desamparado en ningún momento. A mis padres, por brindarme las herramientas necesarias para afrontar el camino de la vida siendo una persona de bien.

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana y a cada uno de los docentes que, a lo largo de los años, me brindaron sabiduría. De manera especial, quiero reconocer al Ing. Andrés Esteban Ordóñez MSc. por su impecable labor como tutor del proyecto, demostrando paciencia y contribuyendo al éxito de esta investigación.

Eric Bolívar Abarca Illescas

AGRADECIMIENTO

Incalculable las personas que lograron con su apoyo incondicional que este proceso sea frutífero para mí. Dios, ante todo, familia, amigos, maestros y compañeros que en algún momento aportaron con gran importancia en el proceso educativo que tuve en este lapso de tiempo Universitario.

a mi familia, mi madre Elena y mi padre Amado, a mi esposa adorada Johana, y mi hija Hellen princesa hermosa que siempre está para mí. y como no a mis dos hijos que vienen en camino este presente año. por todos ellos es por quien he luchado para ser un profesional y una mejor persona cada día, poder llegar a ser un ser de orgullo y ejemplo para todos ellos.

Mi más grande agradecimiento al Ing. Andrés Esteban Ordoñez Msc, por ser parte de este proyecto final como el tutor y guía de este proceso, gracias por tener la paciencia, dedicación y guía incondicional para que este proyecto sea un éxito total, gracias a todos los Ingenieros que a lo largo de la carrera estudiantil nos han apoyado y han compartido con nosotros sus inmensos conocimientos, gracias a la

Universidad Politécnica Salesiana por acogernos en sus aulas y brindarnos todo el apoyo y facilidades para cumplir este sueño de ser Ingeniero Automotriz.

.

Jhon Jairo Aguilar Espinoza

RESUMEN

Los cuerpos de aceleración electrónicos (CAE) en vehículos modernos son esenciales para controlar el flujo de aire hacia los cilindros del motor. Se planteó la fabricación de un equipo capaz de detectar fallas en el cuerpo de aceleración electrónico a partir de la obtención de datos como valores de voltaje de TPS1 y TPS2, además de sus gráficas y consumo de Amperaje del motor de corriente continua que dispone para el movimiento de la mariposa de aceleración. Los mismos que serán comparados con los datos entregados en el manual de taller por parte del fabricante para su análisis comparativo. Se elaboro un estado del arte con información de los cuerpos de aceleración electrónicos con respecto a funcionamiento, posibles fallas y mantenimientos necesarios para su correcto funcionamiento. Con respecto al fabricante el mismo nos brinda información sobre los CAE, como es una tabla de valores correspondientes a cada TPS1 y TPS2 respectivamente al ángulo de giro de la mariposa de aceleración. Con el fin de poder realizar un análisis comparativo el mismo que realizaremos mediante la obtención de datos con el equipo a fabricar.

Para la obtención de datos a comparar se realiza la fabricación del equipo de diagnóstico el cual consiste de una placa Arduino como computadora principal del equipo la cual nos permite medir los valores en voltaje de cada TPS1 y TPS2 del CAE, además incorporamos un módulo sensor de corriente Acs712 de 20A, para conseguir el amperaje consumido por el motor DC que contiene el CAE, para poder obtener los grados de apertura de la mariposa de aceleración se realiza la programación necesaria en Arduino para tener una salida de pulsos (PWM), y por último se utilizó un ordenador para la visualización de los datos obtenidos en valores numéricos y en graficas lineales de los voltajes correspondientes a los TPS1 y TPS2, esto fue posible mediante la programación en la interfaz de Visual Studio.

Como resultado obtenemos los valores de amperaje consumido por el motor DC, el cual según el fabricante no puede exceder a los 9 amperios, los valores de TPS1 y TPS2 los mismos que sumados deben estar dentro de un rango de 4.5 a 4.8 voltios. Y referente a las gráficas generadas por la lectura de los TPS1 y TPS2 se deberá tener en cuenta un diagnóstico visual, el cual comprenderá en un proceso lógico que va de la siguiente manera, la gráfica lineal que proporciona el TPS1 será inversa a la gráfica proporcionada por el TPS2, mientras la mariposa de aceleración realiza su apertura gradual de 0 al 100%.

Como conclusiones luego de realizar las pruebas correspondientes del equipo a fabricar se observa una gran similitud en los valores de los voltajes en TPS1 y TPS2 en comparación con los valores dados por el fabricante del cuerpo de aceleración electrónico comprobado con el equipo de diagnóstico, así como también se observa sus graficas lineales como se esperaba.

Palabras Claves:
Cuerpo de aceleración electrónico (CAE)**,** Diagnóstico automotriz**,** Mariposa de aceleración**,** Software de control**,** Motor de corriente continua**,** Rendimiento del motor

ABSTRACT

Electronic throttle bodies (EAB) in modern vehicles are essential to control the air flow to the engine cylinders. We proposed the manufacture of a device capable of detecting faults in the electronic throttle body by obtaining data such as voltage values of TPS1 and TPS2, as well as their graphs and Amperage consumption of the DC motor that has for the movement of the throttle butterfly. The same that will be compared with the data delivered in the workshop manual by the manufacturer for comparative analysis. A state of the art was elaborated with information of the electronic throttle bodies with respect to operation, possible failures and necessary maintenances for its correct operation. With respect to the manufacturer, the same provides us with information on the CAE, such as a table of values corresponding to each TPS1 and TPS2 respectively to the angle of rotation of the throttle butterfly. In order to be able to carry out a comparative analysis, this will be done by obtaining data with the equipment to be manufactured.

1. INTRODUCCION

En el ámbito automotriz, asegurar el correcto funcionamiento y la seguridad de los vehículos mediante el diagnóstico preciso de fallas en los sistemas electrónicos es fundamental. Los cuerpos de aceleración electrónicos (CAE) desempeñan un papel crítico en los motores de combustión interna modernos al controlar el flujo de aire hacia el motor, influyendo directamente en el rendimiento y la eficiencia del vehículo.

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un banco didáctico destinado a la verificación de cuerpos de aceleración electrónicos, utilizando oscilogramas y lecturas de voltaje, y empleando técnicas de programación para su análisis y diagnóstico preciso.

2. PROBLEMA

Según diversos estudios técnicos, se han identificado importantes y frecuentes fallas en el sistema de alimentación de los vehículos, tanto por parte de los usuarios como de los técnicos especializados (Gossip Vehículos, s. f.). Estas fallas suelen manifestarse en el sistema de encendido, la alimentación de combustible y el ingreso de aire. Además, se ha observado que las fallas que causan una disminución en la potencia del vehículo están relacionadas con errores en los componentes electrónicos encargados de monitorear y controlar los accesorios del motor, con especial incidencia en el cuerpo de aceleración (Gossip Vehículos, s. f.). Particularmente, las fallas recurrentes en el sistema de alimentación de vehículos con inyección electrónica, especialmente en el cuerpo de aceleración electrónico, presentan desafíos significativos para un diagnóstico preciso y oportuno, lo que impacta negativamente en los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo. Ante esta problemática, se destaca la necesidad de desarrollar un banco didáctico especializado que permita un diagnóstico exclusivo y preciso del cuerpo de aceleración electrónico, con el objetivo de optimizar los procesos de mantenimiento (Henkel Ibérica S.A., 2019).

2.1 Antecedentes

A partir del año 2000, los vehículos con sistema de inyección electrónica incorporaron un cuerpo de aceleración electrónico con el objetivo de optimizar su rendimiento y reducir las emisiones contaminantes. Sin embargo, este componente ha presentado fallas recurrentes que generan inconvenientes significativos en el diagnóstico y mantenimiento. La complejidad del sistema y la carencia de herramientas especializadas obligan a recurrir a métodos imprecisos o a reemplazos directos del componente, incrementando así los costos y aumentando el riesgo de diagnósticos erróneos. La ausencia de un diagnóstico preciso dificulta la identificación de la falla

exacta, lo que conlleva a reparaciones innecesarias, una menor vida útil del vehículo y un mayor riesgo de nuevas averías. Por ello, es crucial desarrollar herramientas y metodologías que permitan un diagnóstico preciso y oportuno de las fallas en el cuerpo de aceleración electrónico. La implementación de un banco didáctico especializado contribuiría a mejorar la precisión del diagnóstico, el mantenimiento y la formación de técnicos automotrices, beneficiando a usuarios, talleres y técnicos.

2.2 Importancia y Alcances

El proyecto se dirige al Grupo de Investigación en Ingeniería de Transporte (GIIT) y se enmarca en la línea de investigación de la ingeniería del mantenimiento aplicada al transporte, a los servicios automotrices multimarca y concesionarios dedicados a vehículos con motor a combustión interna e inyección electrónica.

2.3 Delimitación

El presente proyecto se desarrollará dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Cuenca perteneciente a la provincia del Azuay, ubicada en la parte centro – sur del Ecuador. Entre las características principales de esta ciudad están: altura sobre el nivel del mar de 2560 m.s.n.m... Población de 661.000 aproximadamente y temperaturas medias durante el día entre 14-18°C.

Figura 1

Ubicación geográfica de la Universidad Politécnica Salesiana

Nota. Ubicación Geográfica de la Universidad Politécnica Salesiana, Tomado de Google Maps

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Fabricar un banco didáctico, mediante la adquisición y comparación de datos para obtener el diagnóstico de cuerpos de aceleración electrónicos de motores con sistemas de inyección.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el estado del arte sobre los cuerpos de aceleración electrónicos respecto del funcionamiento, posibles fallas y mantenimientos necesarios para su óptimo desempeño.
- Construir un banco didáctico para el diagnóstico de cuerpos de aceleración electrónicos que cumplan, los estándares técnicos del fabricante.
- Evaluar los resultados obtenidos a través de pruebas experimentales entre los valores del banco didáctico en diversos cuerpos de aceleración.

4. CAPITULO 1

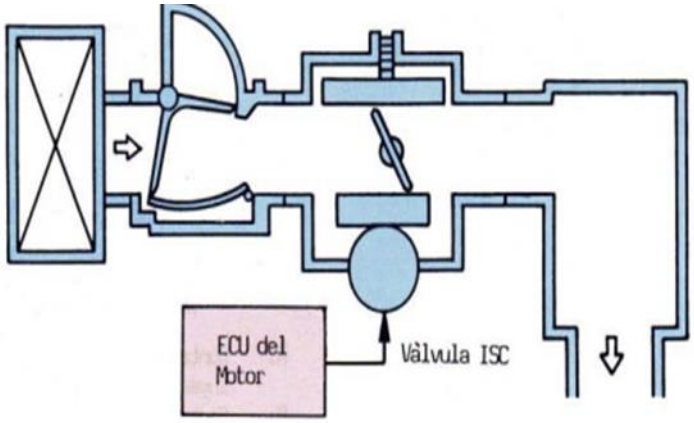
4.1 Sistema de inducción de aire

El sistema de inducción de aire es un elemento esencial del motor de combustión interna, se encarga de suministrar la cantidad precisa de aire limpio y temperatura adecuada a las cámaras de combustión. Este proceso incluye filtración del aire para eliminar impurezas, la medición precisa de su flujo mediante el uso del sensor MAF (Mass Air Flow), además, el sensor IAT (Intake Air Temperature) se encarga medir la temperatura del aire y enviar los datos a la ECU (Engine Control Unit); la ECU utiliza esta información de los sensores para controlar la cantidad de aire que ingresa al motor a través del cuerpo de aceleración electrónico (TOYOTA, 2008).

El motor de combustión interna alternativo, cuando opera a su velocidad mínima (ralentí), regula un flujo de aire controlado para mantener las revoluciones por minuto (RPM) estables. Al liberar el pedal del acelerador, la válvula de mariposa del cuerpo de aceleración se cierra, desviando el flujo de aire a través de un conducto de derivación que lo dirige directamente hacia los cilindros, conforme se ilustra en la Figura 2. En condiciones de temperatura menores a 25°C, la válvula de control de aire en ralentí IAC (Idle Air Control) se abre, permitiendo un flujo adicional de aire caliente para incrementar las RPM y facilitar el calentamiento del motor (Honorio & Saucedo, 2019).

Figura 2

Entrada de aire hacia el motor



Nota. El diagrama de entrada de aire hacia el motor. Tomado de (TOYOTA, 2008).

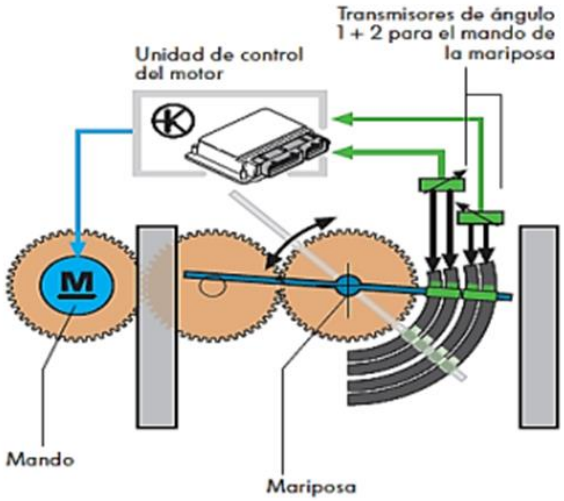
4.2 Funcionamiento del sistema de acelerador electrónico

En el sistema de control del acelerador, se incorpora un sensor de posición del pedal de aceleración (APP), cuya función primordial radica en registrar con precisión la posición del pedal en todo su rango de movimiento, desde el ralentí hasta la máxima aceleración. Este rango abarca desde 0.3 Voltios (V) hasta 4.8 Voltios (V). Este sensor emite una señal eléctrica proporcional a la posición del pedal, transmitida a la unidad de control electrónica (ECU) a través de un conector eléctrico. En dicho conector, el pin de alimentación suministra una tensión de 5V o 12V, el pin de tierra está conectado a la tierra del vehículo, y el pin de señal de salida del sensor proporciona un voltaje que varía linealmente con la posición del pedal dentro del rango especificado. La ECU analiza esta señal y calcula el porcentaje de apertura necesario para el acelerador, el cual se ajusta mediante un motor de corriente continua (CC) ubicado en el cuerpo de aceleración. Este motor regula la apertura de la mariposa del acelerador, controlando así la cantidad de aire que ingresa al motor (Giler & Morocho, 2023).

Para garantizar la precisión y confiabilidad del sistema, la ECU (Unidad de Control Electrónico) utiliza diferentes tipos de memorias para almacenar información vital. Entre estas memorias se encuentran la ROM (Memoria de Solo Lectura) y la RAM (Memoria de Acceso Aleatorio). La ROM contiene datos permanentes proporcionados por el fabricante, como los mapas de inyección de combustible, encendido y otros parámetros clave del motor. Por otro lado, la RAM almacena datos temporales, incluida la información de los sensores, como los dos sensores Throttle Position Sensor (TPS) que monitorean la apertura de la mariposa en el cuerpo de aceleración y envían información a la ECU. Son potenciómetros que convierten el ángulo de apertura de la mariposa del acelerador en una relación de tensiones proporcional. Consisten en un transductor angular con una curva característica lineal. Un rotor, conectado al eje de la mariposa, se desplaza a lo largo de unas guías de resistencia, traduciendo la posición en una relación de tensión, en la figura 3 podemos observar el funcionamiento del cuerpo de aceleración (Carlos & Brito, 2019).

Figura 3

Funcionamiento del cuerpo de aceleración electrónico.



Nota. El funcionamiento del cuerpo de aceleración electrónico. Tomado de (Giler & Morocho, 2023).

4.2.1 Modulo del pedal del acelerador.

El módulo del pedal del acelerador cumple una función vital al traducir la presión ejercida por el conductor sobre el pedal en una señal eléctrica precisa y exacta, la cual representa la demanda de potencia del vehículo. La señal se envía a la unidad de control del motor (ECU) con datos específicos eléctricos y codificados según los protocolos de comunicación como Controller Area Network (CAN), Local Interconnect Network (LIN) o Pulse Width Modulation (PWM) establecidos. Esta información es transferida a una memoria interna designada dentro de la ECU, típicamente la RAM (Memoria de Acceso Aleatorio), donde se almacena temporalmente para su procesamiento y análisis. El propósito principal de esta transmisión de datos es proporcionar a la ECU información en tiempo real sobre la intención del conductor, permitiendo así que el sistema de control de aceleración ajuste de manera adecuada la entrega de potencia del motor según las necesidades operativas del vehículo (Chucuyan & Alejandro, 2016).

4.2.2 Unidad de control del motor.

La ECU procesa la señal proveniente del módulo del pedal del acelerador y datos de sensores como el sensor de posición del acelerador (TPS) y el sensor de flujo de aire masivo (MAF); mediante la comparación con datos almacenados para calcular el par motor requerido. Esta información se utiliza para ajustar la cantidad de aire que ingresa al motor, regulada por el actuador de la mariposa del cuerpo de aceleración. Los voltajes en los pines de la ECU varían según la señal que se esté transmitiendo o recibiendo, el voltaje de referencia del TPS puede estar entre 0.5V y 4.8V, mientras que el voltaje de retorno puede oscilar entre 0.2V y 4.8V. Con base de esta información, la ECU calcula el par motor requerido para impulsar el giro del motor y envía una señal al actuador de la mariposa del cuerpo de aceleración, en la figura 3 observamos con

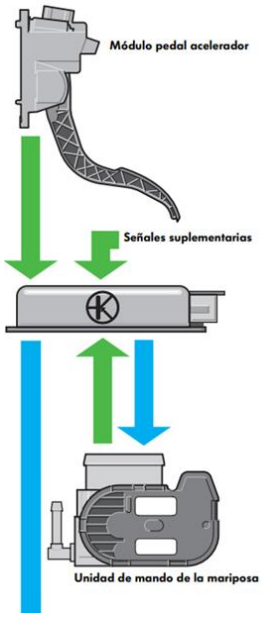
líneas verdes como recibe la señal la unidad de control y también recibe otras señales suplementarias (Hernandez, 2019).

4.2.3 Unidad de control de la mariposa.

La unidad de control de la mariposa recibe las instrucciones de la ECU en la cual envía voltajes a este actuador que va de 0 V a 5 V y las transforma en un movimiento físico. La función de la unidad de control de la mariposa es ajustar y controlar la apertura de la mariposa, regulando así el flujo de aire hacia el motor de manera precisa. Cuando se requiere una aceleración rápida, la ECU enviará un voltaje más alto al actuador para abrir la mariposa más ampliamente y permitir un mayor flujo de aire hacia el motor. Por otro lado, en situaciones de desaceleración o frenado, la ECU reducirá el voltaje enviado al actuador para cerrar la mariposa y limitar el flujo de aire. Durante el proceso, el sistema es continuamente supervisado por sensores de ángulo como el TPS, que operan en un rango de 0.2 V a 4.8 V y envían datos de vuelta a la ECU, como se observa en la figura 3 que la ECU con la flecha azul manda las indicaciones y luego recibe valores de la unidad de control de la mariposa con la flecha verde establecido así un ciclo de retroalimentación que garantiza la eficiencia del sistema (Chucuyan & Alejandro, 2016).

Figura 4

La configuración del sistema del pedal de acelerador.



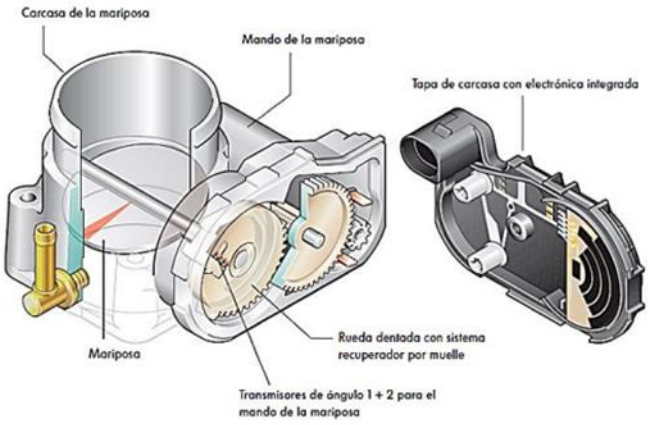
Nota. La configuración del sistema del acelerador electrónico. Tomado de (Montanaro et al., 2014).

4.3 Cuerpo de aceleración electrónico.

El cuerpo de aceleración electrónico es crucial en el control preciso del flujo de aire hacia el motor, lo que impacta directamente en la aceleración del vehículo. Su función principal radica en regular la apertura de la válvula de mariposa para ajustar el volumen de aire admitido. Este sistema se basa en la información recopilada por diversos sensores, como el sensor de posición de la mariposa (TPS) y el sensor de posición del pedal del acelerador (APP), así como en las demandas del conductor expresadas mediante el pedal del acelerador. La unidad de control del motor (ECU) procesa estas señales y envía instrucciones al actuador de la mariposa para precisar su posición y, por ende, el flujo de aire (Bosch Motorsport, 2023).

Figura 5

Cuerpo de aceleración electrónico.



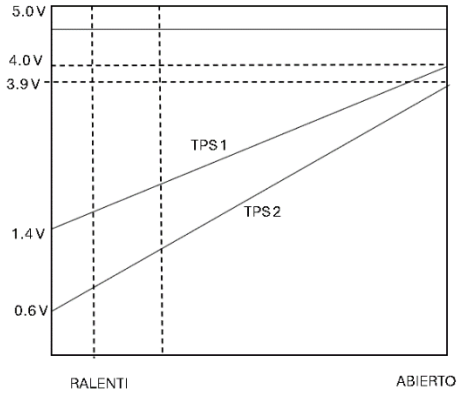
Nota. Cuerpo de aceleración electrónico. Tomado de (Gilbert, 2010).

4.3.1 Funcionamiento del cuerpo de aceleración electrónica

El cuerpo de aceleración electrónico (ETB) utiliza un motor corriente continua (CC) controlado por la unidad de control del ETB para ajustar el ángulo de la mariposa, regulando el flujo de aire hacia los cilindros del motor. La posición de la mariposa se monitorea mediante dos sensores de posición del acelerador (TPS1 y TPS2) y se comunica a la computadora ECU. La redundancia de los sensores garantiza el funcionamiento continuo del ETB incluso en caso de falla de uno de ellos. Los TPS comparten alimentación a tierra y una fuente de voltaje de 5V, con señales que varían entre 0.5V y 4.5V para TPS1 y 4.5V a 0.5V para TPS2. La arquitectura común del ETB es de 8 pines, con alimentación independiente para cada TPS (Carlos & Brito, 2019).

Figura 6

Funcionamiento del TPS 1 Y TPS 2.

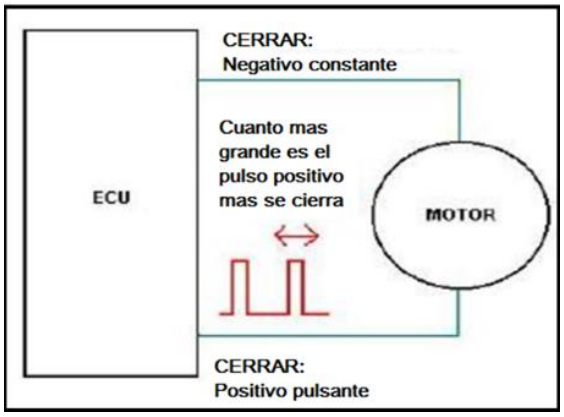


Nota. Señales del TPS en el ETB. Tomado de (Gilbert, 2010).

El funcionamiento de este se basa en la apertura y cierre de la mariposa para el paso del aire, este proceso lo realiza mediante un motor de corriente continua (CC) con señal pulsante e inversiva de sus polaridades, como ejemplo de su funcionamiento se podrá observar en la siguiente imagen que para cerrar dicha mariposa se necesita un negativo constante y por consiguiente un positivo pulsante para el giro del motor CC (Gilbert, 2010).

Figura 7

Regulación de la marcha y régimen bajo.

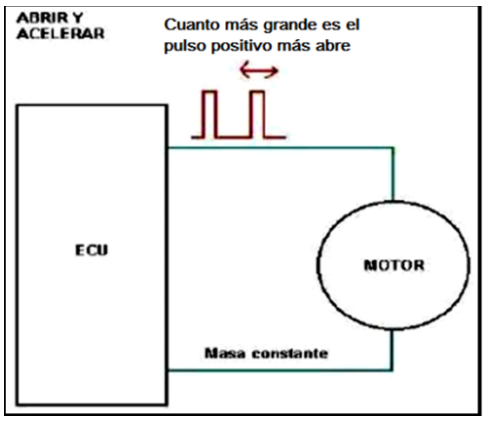


Nota. Regulación de la marcha mínima y régimen bajo. Tomado de (Chucuyan & Alejandro, 2016).

Además, durante la aceleración y en regímenes altos, la ECU implementa un cambio de polaridad en el motor CC, esto hace que cambien la polaridad del corriente eléctrico pasando de positiva a negativa a positivo pulsante. La duración de los pulsos positivos determina el grado de apertura de la mariposa de aceleración. A medida que aumenta la duración de los pulsos positivos y la mariposa se abre más hasta alcanzar los 90º, el cual corresponde al 100% de apertura (Bosch Motorsport, 2023).

Figura 8

Aceleraciones y regímenes altos.



Nota. Aceleraciones y regímenes altos. Tomado de (Chucuyan & Alejandro, 2016).

4.3.2 Mando de la mariposa del cuerpo de aceleración electrónico.

El control de la mariposa de aceleración electrónica se realiza mediante un motor eléctrico gestionado por la unidad de control del cuerpo de aceleración. Este control se realiza mediante la aplicación de 12 voltios en modulación por ancho de pulsos (PWM), que permite variar la dirección y velocidad del motor de la mariposa. La apertura de la mariposa se regula mediante un

conjunto de engranajes accionados por un motor DC, permitiendo un control preciso y continuo del flujo de aire hacia el motor (Heisner, 2016).

4.3.3 Transmisores de ángulo o TPS.

Se trata de los encargados de mostrar la posición de la mariposa en forma de porcentaje, esta información la obtiene la ECU con la ayuda de los sensores de posición de la mariposa de aceleración. con la ayuda de estos sensores puede saber si está cerrada o abierta la mariposa. Dando valores cercanos a los 0 V en el caso de estar cerrada y cercano a los 5V cuando la misma está totalmente abierta (90º) o viceversa según sea el caso de TPS1 o TPS2 (Infineon Technologies AG, 2008).

Tabla 1

Señal de TPS.

Sensor de tensión de alimentación	5 ± 0.2 V
Máxima corriente permitida del generador	≤10.0 A
CARACTERISTICAS	
Señal de salida I	0 a 5V de 0 a 90°
Señal de salida II	5 a 0 V de 0 a 90|°

Nota. En esta tabla tenemos los valores de señal de los TPS 1 Y TPS 2. Realizado por: Autores.

4.3.4 TPS lineal de efecto hall

Estos sensores usan la tecnología de sistemas inductivos, capaces de medir la posición de rotación sin tener contacto físico con sus piezas. esto se hace con la integración de circuitos impresos en el cuerpo de aceleración, este circuito genera señal de excitación y decodificación de

señales. la salida de este tipo de sensor puede ser flexible de tal manera que se puede encontrar señales tanto analógicas, como digitales (Infineon Technologies AG, 2008).

4.3.5 TPS con sistemas magnéticos

Continuando con la tendencia de los sistemas sin contacto, estamos con los sistemas magnéticos basados en el efecto Hall, ya integrados en silicio. sus principales ventajas dadas a conocer son el no tener desgaste, altamente confiable, sustitución directa de potenciómetros, sus salidas se dan en señales digitales y posible codificación. además de contar con varios protocolos de salida posible. Los protocolos avanzados de estos sistemas permitirán la detección de errores, mejorar la relación señal-ruido, detección de cortocircuito. pero como todo sistema también dispone de desventajas entre ellas el sensor necesita compensar la temperatura y el estrés afecta su rendimiento (Montanaro et al., 2014).

4.4 Indicadores de rendimiento para diferentes principios de detección de la posición del acelerador.

Si bien los sistemas ópticos y los codificadores incrementales ofrecen mayor precisión y resolución en la detección de la posición del acelerador, su elevado costo, menor confiabilidad y limitada capacidad para operar en entornos de alta temperatura las convierten en soluciones poco prácticas para la mayoría de las aplicaciones de cuerpos de aceleración electrónicos (ETB). La selección de la tecnología adecuada para la detección de la posición del acelerador debe considerar cuidadosamente las necesidades específicas de cada aplicación, tomando en cuenta factores como el costo, la confiabilidad, la precisión y la resistencia a altas temperaturas (Giler & Morocho, 2023).

Tabla 2

Indicadores de rendimiento en los TPS.

	POTENCIOMETRICO	INDUCTIVO	MAGNETICO
FIABILIDAD	Principio de contacto, propenso a desgaste	Sin contacto, bueno	Sin contacto, bueno
INTERFAZ	Analógico	I/F digital	Analógico y Digital
RUIDO	Pobre	Medio	Bien
RESULUCION	Malo	Bueno	Bueno
DETENCCION DE ERRORES	Ninguno	Posible incorporación	Varias seguridades
REDUNDANCIA	Pistas adicionales, pero desgaste paralelo	Pistas adicionales y IC posible	Fácil de montar dos sensores

Nota. En esta tabla se muestran los rendimientos de cada tipo de TPS. Realizado por: Autores.

4.5 Arduino

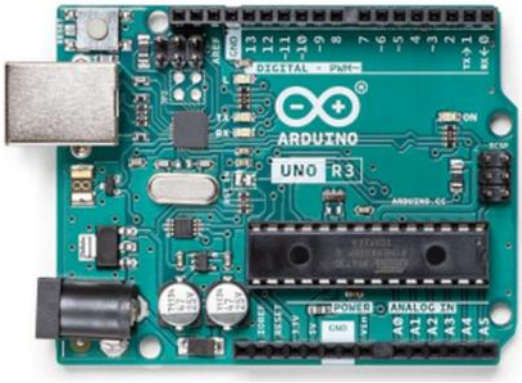
Se trata de una placa de microcontrolador que se basa en el ATmega328P, Ofrece 14 pines que pueden usarse como entradas o salidas digitales, 6 compatibles con salidas PWM. Además, cuenta con 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz (modelo CSTCE16M0V53-R0), una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Diseñada para brindar soporte completo al microcontrolador, esta versión opera con 5 V en sus entradas y salidas digitales (Nussey, 2018).

La placa de Arduino uno es una plataforma electrónica de código abierto, la cual se puede emplear para crear dispositivos electrónicos, recopilar datos y controlar sistemas físicos. En su microcontrolador ATmega328P procesa las instrucciones programadas anteriormente y controla los diferentes componentes de la placa (Strauss, 2022).

Sus puertos de entrada/Salida le permiten al Arduino Uno conectar sensores, actuadores y otros dispositivos electrónicos para ser controlados según lo programado en su software, además cuenta con su convertidor analógico-digital, el cual convierte señales analógicas a digitales que pueden ser procesados por el microcontrolador; y viceversa digital-analógico para convertir señales digitales a analógicas para el control de motores y Leds. Si hay que controlar sus procesos desde un ordenador, el Arduino Uno tiene un puerto serial que permitirá su conexión y transferencia de información simultánea por USB (Nussey, 2018).

Figura 9

Estructura del Arduino Uno,



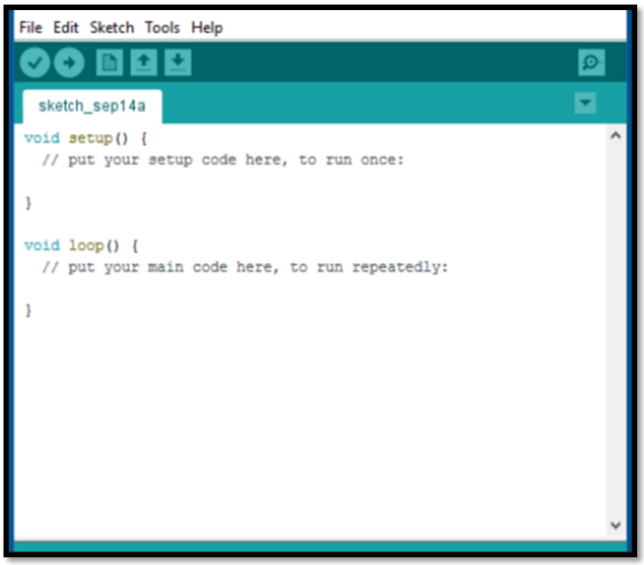
Nota. Dispositivo Arduino uno. Tomado de (Galvis, 2023).

4.6 Software Arduino IDE

Para programar la placa Arduino Uno se utiliza su software original gratuito y de código abierto. el mismo que permite depurar y cargar la programación a la placa conectada mediante su puerto USB (Fernandez, 2024).

Figura 10

Software Arduino IDE.



Nota. Software de Arduino Ide. Tomado de (Fernandez, 2024).

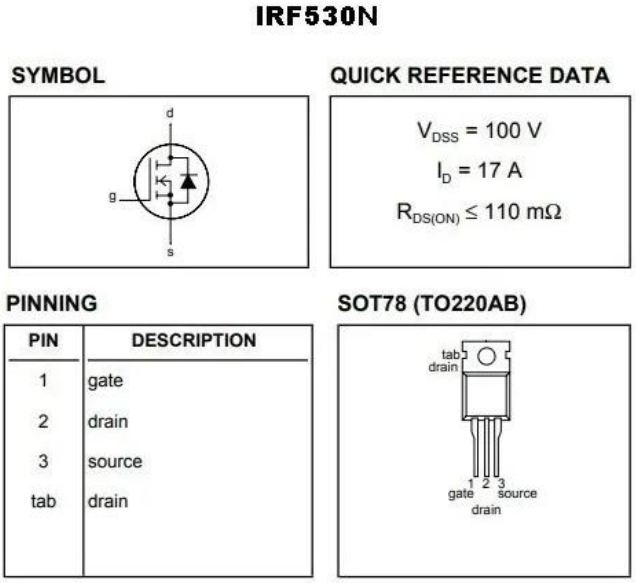
4.7 Etapa de potencia

Una etapa de potencia realizada con transistores en este preciso caso transistores Mosfet del tipo IRF530N con un encapsulado TO-220 (encapsulado estándar para dispositivos electrónicos de potencia), este transistor IRF530N es del tipo N (entrada Negativa). Se diseñó para aplicaciones con manejo de alta corriente y velocidades de conmutación altas. Sus características se pueden visualizar en la imagen. Su función es amplificar un voltaje o corriente de una señal de

entrada baja a alta o mayor potencia, para controlar dispositivos de mayor potencia como motores, actuadores o lámparas (Morris, 2008).

Figura 11

Etapa de potencia.



Nota. Etapa de potencia con transistores. Tomado de (Morris, 2008).

4.8 Microsoft Visual Studio

Entorno de desarrollo integrado (IDE) multiplataforma, desarrollado por Microsoft. Capaz de crear aplicaciones web, móviles, de escritorio y casi cualquier tipo de software computacional. Visual Studio es un IDE compatible con muchos lenguajes de programación que incluye C++, C#, Python, JavaScript, .NET, etc. Además, entre sus funciones se puede encontrar la capacidad para edición y depuración de código. Estas funciones permiten al programador identificar y corregir errores de software durante el desarrollo. Para nuestra aplicación se utilizará su versión Visual Studio Community la cual es una versión gratuita con amplio conjunto de funcionalidades (Strauss, 2022).

Figura 12

El interfaz de Visual Studio.

Nota. El interfaz de Visual Studio. Tomado de (Strauss, 2022).

5. CAPITULO 2.

5.1 Desarrollo del Software

En el desarrollo del banco didáctico de diagnóstico del cuerpo de aceleración electrónico, se han utilizado diversas herramientas y componentes para crear una interfaz gráfica de usuario (GUI) robusta y funcional. Estos elementos se dividen en varias categorías que abarcan desde lenguajes de programación y FrameWorks hasta componentes electrónicos como sensores. Se emplearon dos entornos de programación principales: Visual Studio y Arduino IDE. Los sistemas adquieren magnitudes físicas, específicamente voltajes, del cuerpo de aceleración electrónico y luego los convierten en representaciones textuales mediante varios pasos fundamentales.

5.1.1 Elementos de diseño

5.1.1.1 **Lenguajes de Programación.** Para la implementación del banco didáctico de diagnóstico, se han utilizado principalmente los siguientes lenguajes de programación:

- **C#:** Elegido por su capacidad para crear aplicaciones Windows Forms y su integración con Visual Studio. C# es un lenguaje versátil que permite desarrollar interfaces gráficas interactivas y gestionar la comunicación serial con microcontroladores.
- **Visual Basic NET**: Utilizado en algunas partes del proyecto para facilitar la selección de puertos seriales y la configuración de la comunicación. Visual Basic.NET ofrece una sintaxis sencilla y rápida para el desarrollo de aplicaciones de control.
- **Frameworks.NET:** Este FrameWork proporciona una amplia variedad de bibliotecas y herramientas necesarias para desarrollar aplicaciones Windows Forms, gestionar la comunicación serial y realizar operaciones de entrada/salida. La elección del .NET Framework garantiza la estabilidad y funcionalidad de la aplicación.

5.1.1.2 **Entornos de desarrollo.** El desarrollo del proyecto se da en un entorno, que ofrece herramientas como editor de código, compilador e intérprete, depurador, herramientas de diseño, gestión de proyectos y control de versiones, facilitando la creación y el mantenimiento del software.

5.1.1.3 **Bibliotecas.** Serial (Arduino) es una biblioteca fundamental para la comunicación serial entre el Arduino y la interfaz GUI. Esta biblioteca permite enviar y recibir datos a través de los puertos seriales, facilitando el control y monitoreo de los sensores y actuadores conectados al Arduino.

5.1.1.4 **Interfaces gráficas.** Plataforma utilizada para diseñar la interfaz gráfica de usuario. Windows Forms permite crear ventanas, botones, gráficos y otros elementos interactivos que facilitan la interacción del usuario con el sistema.

5.1.2 Programación Arduino

Para el diagnóstico preciso del cuerpo de aceleración electrónico, se programó un Arduino en el banco didáctico. Se establecieron variables para recibir los voltajes de los sensores TPS 1 y TPS 2 a través de los pines 5 y 6, respectivamente. Con el fin de obtener datos confiables, se configuraron 100 muestras cada 100 milisegundos.

5.1.2.1 Almacenamiento y procesamiento de datos:

Se definió una estructura de datos para almacenar las lecturas promedio de voltaje de tres pines analógicos. Uno de ellos es la variable "I" almacena el valor de corriente calculado a partir del sensor conectado al pin analógico A0, utilizando una sensibilidad de 0,185 V/A. Esta sensibilidad se basa en la ecuación obtenida a partir de puntos de referencia medidos en el sensor.

En la función principal ("**loop**"), se realizaron lecturas analógicas múltiples de los sensores y se promediaron para obtener valores precisos de voltaje. Posteriormente, se calculó la corriente "I" a partir de la lectura de voltaje en A0 y el factor de sensibilidad definido. La cadena "rx" almacenaba datos entrantes en serie, y el indicador "fintxt" señalaba la recepción de un mensaje completo. Las variables "pos1" y "pos2" registraban las posiciones de los caracteres "P:" y "D:" en el mensaje recibido, mientras que el valor de PWM mapeado se almacenaba en "value" y el porcentaje de velocidad del motor en "porcentaje".

5.1.2.2 Control del motor:

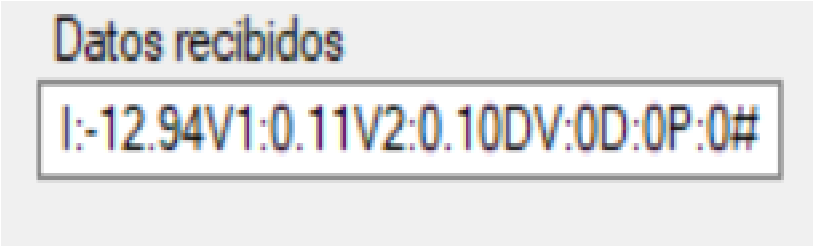
Para controlar el motor, se mapeó el porcentaje de velocidad a un valor PWM (0-255). Dependiendo de la dirección recibida ("P" para adelante o "D" para atrás), se establecía el valor PWM para "pin_pwm1" o "pin_pwm2", respectivamente, asegurando que el motor girara en la dirección correcta.

5.1.2.3 Configuración e impresión de datos:

Durante la función de configuración ("setup"), se inicializó la comunicación en serie a 115200 baudios y se reservó memoria para la variable "rx". La salida en serie imprimía en el monitor varios datos, incluyendo el valor de corriente ("I"), los voltajes de los pines analógicos, un indicador de caída de voltaje, la dirección y el porcentaje de velocidad del motor recibidos. Finalmente, el sistema esperaba 100 milisegundos antes de repetir el ciclo. La Figura 14 muestra un ejemplo del mensaje recibido con los datos en serie.

Figura 13

Datos recibidos desde el Arduino.



Nota. Datos recibidos desde el Arduino mediante la programación serial. Realizado por: Autores.

5.1.3 Programación del Visual Studio

En la siguiente programación se establece comunicación serial con el Arduino, para el monitoreo y control de sus parámetros a través de una interfaz gráfica de usuario. El sistema permite la recepción y el procesamiento de datos provenientes del dispositivo, así como el envío de comandos de control hacia el mismo.

Para la comunicación serial, se emplea un objeto SerialPort denominado port. Al cargar el formulario principal (Form1_Load), se recuperan los puertos COM disponibles y se muestran en un menú desplegable llamado ListBT.

La función DataReceivedHandler se activa cada vez que se reciben datos del puerto serial. Esta función lee una línea de datos utilizando el método sp.ReadLine() y procede a buscar palabras clave específicas dentro de la información recibida para su posterior procesamiento. Las palabras clave identificadas son las siguientes:

- **"I:" - Valor actual (Amperios):** Extrae el valor de corriente, lo convierte a un número decimal, lo muestra en la etiqueta Amperios y actualiza la imagen de LedAmp en función del rango de valores.

- **"V1:" - Señal de voltaje 1:** Extrae el valor de voltaje, lo muestra en la etiqueta V1 y lo añade como un punto de datos a la serie "Señal 1" en el gráfico correspondiente.
- **"V2:" - Señal de voltaje 2:** Similar a "V1:", pero para la serie "Señal 2".
- **"D:" - Estado de entrada digital (Led):** Extrae el valor digital, proveniente del mensaje serial
- **"P:" - Porcentaje de ciclo de trabajo PWM (Apertura):** Extrae el valor de PWM, lo escala, lo muestra en la etiqueta Apertura y en la barra de progreso correspondiente.

Todos los datos recibidos del dispositivo se muestran en el cuadro de texto Rx para fines de registro y monitoreo.

Si bien el código no realiza una transmisión directa de datos al momento de recibirlos, sí permite al usuario controlar la información que se envía al dispositivo mediante casillas de verificación (**Direccion**) y barras de desplazamiento (**ValuePWM**). En base a las selecciones del usuario, se construye una cadena de control que incluye información sobre la dirección (D:) y el valor de PWM (P:). Esta cadena se envía posteriormente al dispositivo serial utilizando el método sp.WriteLine().

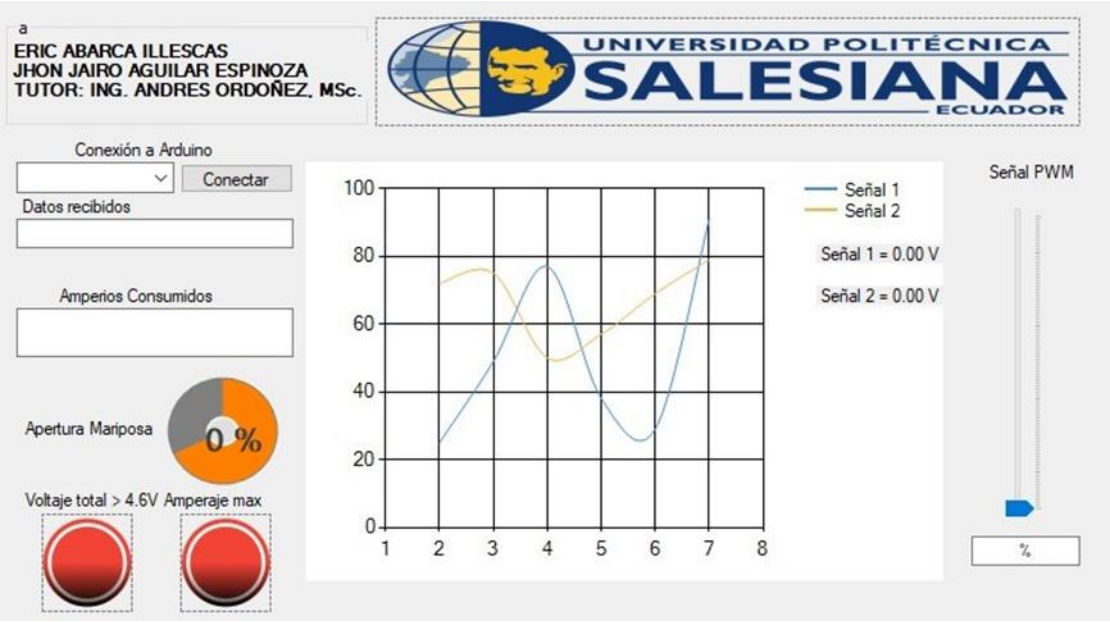
5.1.4 Diseño de la Interfaz en Visual Studio

El banco didáctico de diagnóstico presenta un diseño visual optimizado para facilitar la comprensión e interacción del usuario. La interfaz intuitiva y visualmente coherente, junto a la organización lógica de los elementos, garantiza la legibilidad de la información y la integración efectiva de gráficos y diagramas técnicos. Elementos clave como el botón de conexión, el indicador de consumo de amperios, el control de PWM y la gráfica de la mariposa permiten a los usuarios

interpretar datos de sensores, estados del sistema y mensajes de error de forma rápida y precisa, maximizando la eficiencia y efectividad en el diagnóstico automotriz.

Figura 14

El interfaz del Banco didáctico.



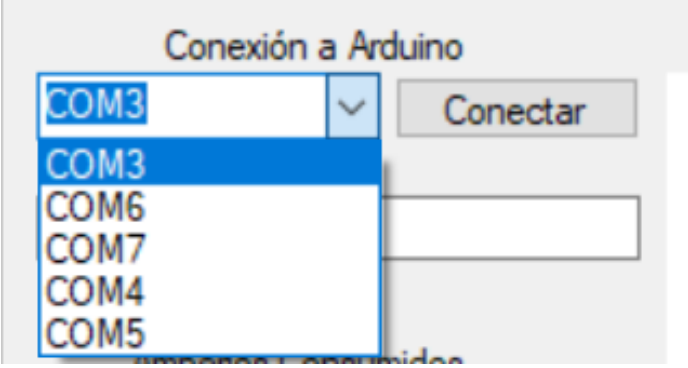
Nota. Interfaz de banco didáctico para el diagnóstico de cuerpos de aceleración electrónicos.

Realizado por: Autores.

Botón de Conectar: La función del botón es la que se encarga de gestionar la conexión y desconexión al puerto serial. Si el puerto ya está abierto, se procede a cerrarlo. De lo contrario, se selecciona el puerto deseado y se intenta abrirlo a una velocidad de baudios de 115200. En caso de presentarse un error durante la conexión, se muestra un mensaje informativo al usuario.

Figura 15

El botón de Conectar.

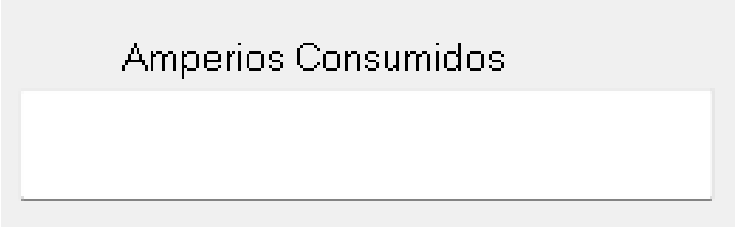


Nota. Botón de conectar en el interfaz de conexión entre Arduino Ide y visual Studio. Realizado por: Autores.

Indicador de consumo de amperios: El apartado "Consumo de Amperios" en la interfaz del banco didáctico de diagnóstico ofrece una monitorización precisa y en tiempo real del consumo de corriente eléctrica del motor. Mediante un módulo de sensor de corriente externo conectado al Arduino mide la corriente con precisión, y el Arduino procesa los datos para mostrar el valor en amperios.

Figura 16

Indicador de amperios consumidos.

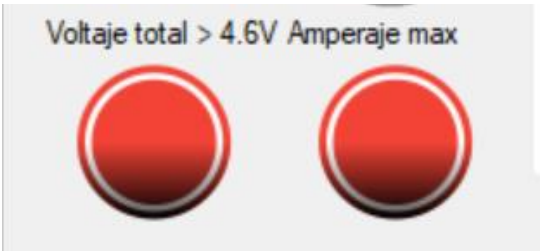


Nota. Indicador de Amperios consumidos del motor de cuerpo de aceleración electrónico. Realizado por: Autores.

Indicadores Led: El banco didáctico de diagnóstico incorpora un sistema de monitoreo integral para el cuerpo de aceleración electrónica, compuesto por indicadores LED y comunicación binaria. Los indicadores LED, uno para amperaje (máximo 9 Amperios) y otro para voltaje (máximo 4.6 V), cambian de color (verde en condiciones normales, rojo en caso de anomalías) para una interpretación visual sencilla. Este sistema permite un diagnóstico preciso y en tiempo real del cuerpo de aceleración, identificando fallas como consumo excesivo de corriente o voltajes anormales en los sensores TPS, facilitando la toma de decisiones y acciones preventivas para optimizar el rendimiento y la vida útil del sistema.

Figura 17

Indicadores Led.



Nota. Indicador led de aviso. Realizado por: Autores.

Grafica de los TPS 1 Y TPS 2: El gráfico ofrece un sistema integral de monitoreo y análisis para los sensores TPS 1 y TPS 2. Un gráfico en tiempo real muestra los voltajes de cada sensor dentro de un rango de 0 a 5 V, permitiendo observar su comportamiento y detectar anomalías como picos o voltajes fuera de rango. Este sistema facilita la comprensión del funcionamiento de los sensores, la detección temprana de fallas y la optimización del rendimiento. Además, junto al gráfico, se presenta un panel que muestra los voltajes numéricos exactos de cada TPS, proporcionando una visión detallada y precisa de sus lecturas.

Figura 18

Graficas de TPS1 Y TPS2.

Nota. Grafica TPS 1 Y TPS 2. Realizado por: Autores.

Control de PWM: El interfaz proporciona una técnica integral para el control del cuerpo de aceleración, combinando una simulación interactiva realista que permite un control intuitivo del motor con un sistema de control PWM preciso. El porcentaje de movimiento se ajusta de 0% a 100%, asegurando una precisión óptima mediante una sensibilidad de 0.1% para una calibración fina y con rendimiento optimo. La retroalimentación visual en tiempo real facilita la comprensión del sistema, y el trackbar permite un ajuste en los parámetros para un control optimizado.

Figura 19

Control de PWM.

Nota. Control de PWM. Realizado por: Autores

5.1.5 Componentes usados

5.1.5.1 **El Lenovo IdeaPad D330-10IGL.** Es una tablet idónea para el desarrollo del banco didáctico. Está equipada con un procesador Intel Celeron N4020 y 4 GB de RAM. Su pantalla táctil de 10.1 pulgadas con resolución HD proporciona una visualización clara y precisa de datos y gráficos técnicos. Esta característica es esencial para la interacción eficiente con aplicaciones especializadas. Además, su capacidad de almacenamiento es suficiente para manejar archivos y datos del interfaz de usuario. El dispositivo opera con el sistema operativo Windows 10, lo que garantiza compatibilidad con una amplia gama de software.

Figura 20

Tablet Lenovo IdeaPad D330-10IGL.

Nota. Tablet Lenovo IdeaPad D330-10IGL. Realizado por: Autores.

5.1.5.2 **Fuente de Alimentación ATX Anera AE-PSU2575.** La fuente de alimentación ATX Anera AE-PSU257 es fundamental para el banco didáctico, suministrando voltajes clave como 12V, 5V y 3.3V necesarios para el funcionamiento óptimo de sus componentes electrónicos. Compatible con procesadores Intel y AMD modernos, garantiza protección contra cortocircuitos y sobrecargas, preservando la integridad de los equipos. Con opciones de entrada que incluyen 115 Vac o 230 Vac y frecuencia de 50 o 60 Hz, se adapta fácilmente a diversas redes eléctricas. Con una potencia de 750 Watts, proporciona la energía necesaria para sistemas de alta demanda, asegurando un rendimiento confiable y versátil para el proyecto (Electronica Cecomin, 2024).

Figura 21

Fuente de alimentación ATX Anera.

Nota. La fuente de alimentación ATX Anera. Tomado de (Electronica Cecomin, 2024).

5.1.5.3 **Modulo sensor de corriente ACS7/12 20 A.** El módulo sensor de corriente proporciona una señal analógica proporcional al nivel de corriente medida, permitiendo su integración fácil en el sistema de control de la maqueta. Con un rango de medición de hasta 20A de corriente continua (CC), una salida analógica de alta precisión con baja desviación y alta linealidad, y aislamiento galvánico para proteger otros componentes electrónicos, el ACS712 20A ofrece una solución robusta y confiable (Electrostore, 2019)**.**

Figura 22

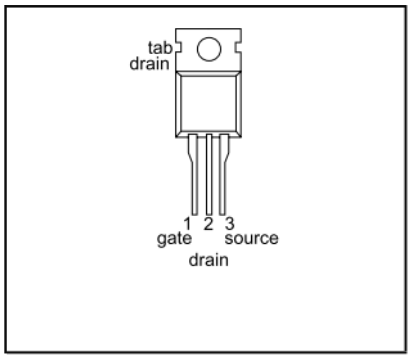
El módulo sensor de corriente ACS7/12 20 A.

Nota. El módulo sensor de corriente ACS7/12 20 A. Tomado de (Electrostore, 2019).

5.1.5.4 **Transistor IRF530N:** Con características diseñadas específicamente para esta aplicación, tales como un alto voltaje de trabajo de hasta 100V que asegura la operación segura del motor del CAE, una alta capacidad de corriente de hasta 17A a 25 A para manejar cargas sin riesgo de sobrecalentamiento, y una baja resistencia de encendido de entre 80mΩ y 275mΩ que minimiza las pérdidas de potencia, el IRF530N mejora significativamente la eficiencia del sistema. Además, su capacidad de energía de avalancha de hasta 150mJ protege contra picos de voltaje repentinos, mientras que su amplio rango de temperatura de operación de -55°C a 175°C garantiza un rendimiento consistente en diversas condiciones ambiental (Philips Electronics, 1999).

Figura 23

El Transistor IRFN 530N.



Nota. El transistor IRF530N. Tomado de (Philips Electronics, 1999).

5.1.6 Diagrama de conexiones

5.1.6.1 **Distribuida de fuente de poder y reducción de voltaje.** La placa de derivación de fuente de poder es un componente crucial en nuestro banco didáctico, permitiendo la selección y distribución eficiente de energía entre una batería de 12V y la alimentación de 110V a través de un interruptor integrado. Este circuito, montado en una placa de fibra recubierta de cobre, actúa como conductor y comprende varios componentes esenciales para facilitar el uso versátil del banco, tales como:

Tabla 3

Descripción de componentes de conexiones.

Componente	**Descripción**
Bornera de 3 Pines (J1)	Conecta las salidas de la fuente de poder de 110V CA, proporcionando 12V CC, 5V CC y GND.
Bornera de 2 Pines (J2)	Utilizada para conectar la batería de 12V CC del vehículo, incluyendo los terminales positivo y negativo.
Bornera de 3 Pines (J4)	Proporciona tres salidas de 12V, 5V y GND para alimentar el circuito eléctrico del equipo, la etapa de potencia y los potenciómetros internos, como los del cuerpo de aceleración electrónico.
Bornera de 2 Pines (J5)	Conecta la entrada (IN) y salida (OUT) del módulo de medición de amperios que

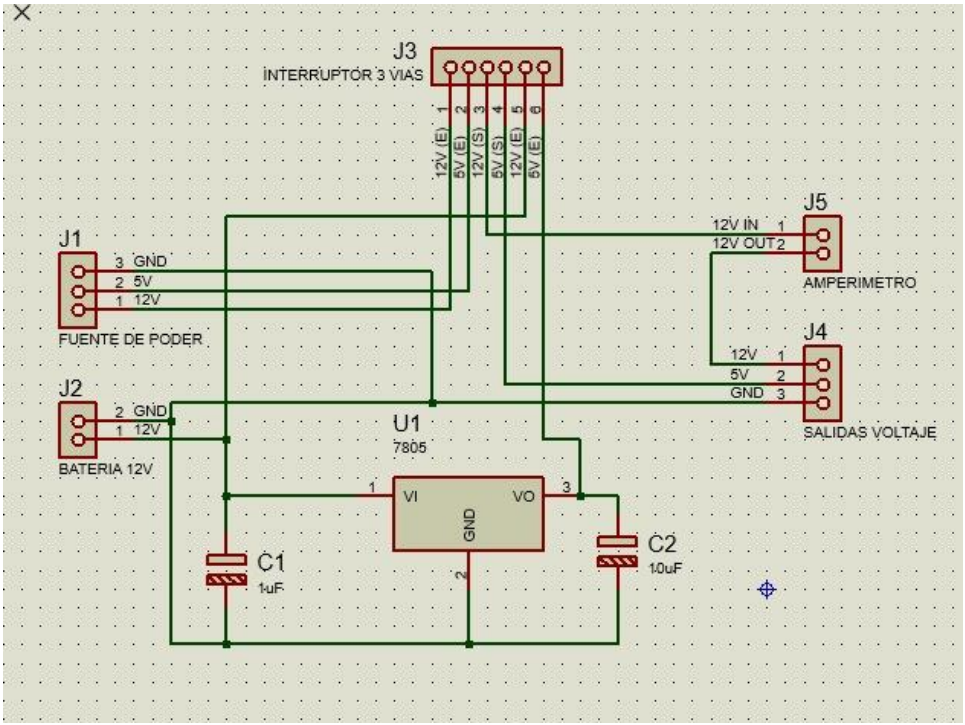
	monitoriza el equipo, utilizando la línea de 12V positiva.
Circuito Integrado 7805	Regulador de voltaje que reduce los 12V de la batería a una salida estable de 5V. Ofrece hasta 1A de corriente y es esencial para aplicaciones que requieren un suministro preciso y constante de 5V.
Condensadores Electrolíticos	Componentes críticos que actúan como filtros para prevenir corrientes parásitas y suavizar fluctuaciones de voltaje en el sistema.

Nota. En esta tabla se muestra el funcionamiento o descripción de cada uno de los compones del diagrama de conexiones. Realizado por: Autores.

En la Figura 24 se observa el esquema eléctrico del circuito de potencia, el cual incluye una batería de 12V, un interruptor de tres vías, un regulador de voltaje 7805, condensadores, un amperímetro, resistencias, diodos y un transistor.

Figura 24

Esquema eléctrico de la fuente de poder y reducción de voltaje.



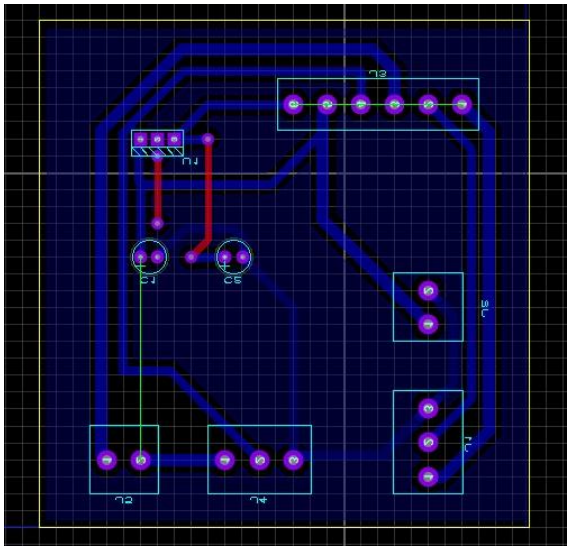
Nota. Sistema eléctrico de la fuente de poder y reducción del voltaje. Realizado por: Autores.

En la Figura 25 se presenta las conexiones realizadas internamente en la placa PCB, donde se encuentran las diferentes borneras. En la bornera J3, tenemos 6 pines, de los cuales 4 son ingresos de voltaje de las diferentes fuentes y los 2 pines restantes son salidas que llevan la energía a los diferentes aparatos que la requieran. Las borneras J5 y J2 son de 2 pines cada una.

Además, tenemos la bornera J1 y J4, cada una de 3 pines, donde se encuentran los pines de 12V, GND y 5V. En la figura también se observa el regulador de voltaje 7805, el cual tiene un puente para asegurar que las conexiones no sean interrumpidas. Este regulador está conectado a través del puente a dos condensadores, identificados previamente en la tabla.

Figura 25

Placa PCB de la fuente de poder y reducción de voltaje.



Nota. Placa PCB de la fuente de poder y reducción de voltaje. Realizado por: Autores.

5.1.6.2 **Etapa de potencia.** La etapa de potencia, un circuito electrónico es diseñada para amplificar la señal PWM del Arduino para controlar con precisión la alta carga de corriente del motor del cuerpo de aceleración (CAE). Implementada con componentes como el transistor MOSFET IRF530N, diodos de protección, resistencias y condensadores, esta etapa protege al Arduino, asegura un funcionamiento eficiente y proporciona la potencia necesaria para el motor del CAE, siendo fundamental para el control preciso del cuerpo de aceleración en el banco didáctico.

Tabla 4

Descripción de componentes de la etapa de potencia.

Componente	**Función**

Bornera de 2 Pines (J2)	Conecta la entrada de pulsos PWM provenientes de la placa Arduino. Se utiliza uno de sus pines; el otro pin se anula.
Bornera de 2 Pines (J3)	Conecta el motor del cuerpo de aceleración a diagnosticar, correspondiendo a los terminales positivo y negativo de 12V.
Bornera de 2 Pines (J4)	Conecta la entrada del voltaje de trabajo de la etapa de potencia, proporcionando 12V y GND, para alimentar el circuito y suministrar la energía necesaria.
Transistor IRF530N	Permite conmutar linealmente una corriente alta partiendo de una corriente baja (PWM), ideal para aplicaciones de control de potencia debido a su capacidad para manejar corrientes elevadas.
Resistencia de 1,0 kΩ	Limita la corriente proveniente del Arduino hacia la base del transistor, asegurando su correcto funcionamiento y evitando daños al microcontrolador.
Resistencia de 220 kΩ	Conectada entre la base del transistor y GND, asegura que el transistor permanezca en estado de apagado cuando no hay señal de control, evitando activaciones accidentales.

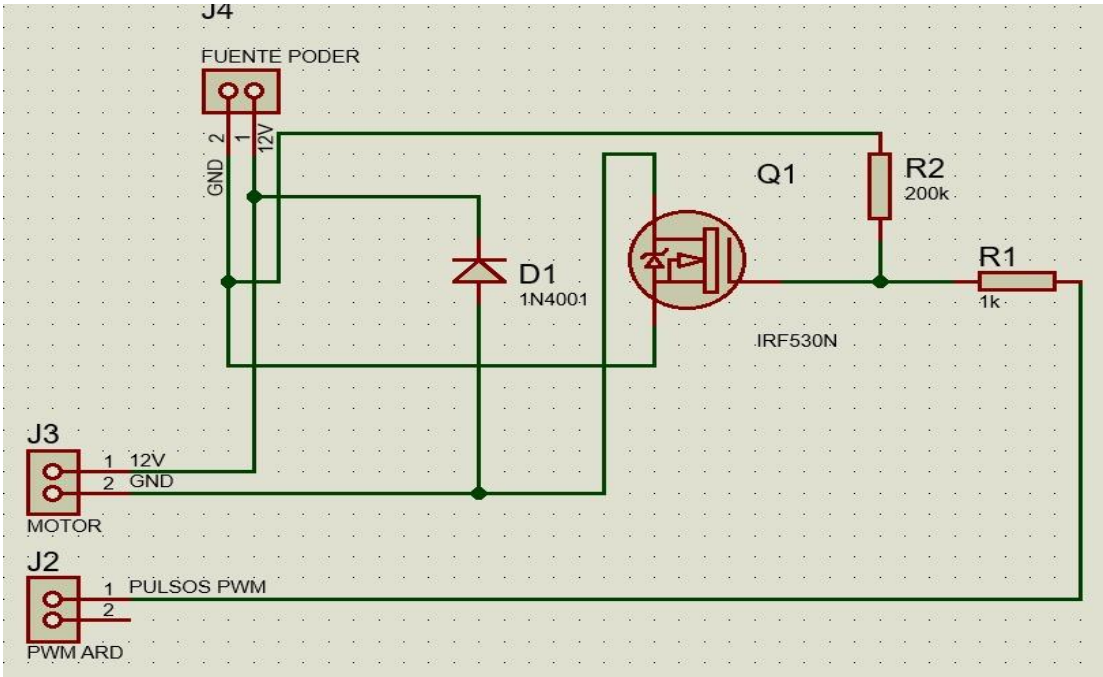
Diodo 1N4007	Conectado a cada extremo de las conexiones al motor DC del equipo a diagnosticar, protege al transistor de picos de voltaje generados por el inducido del motor.

Nota. En esta tabla se muestran los funcionamientos de cada uno de los componentes en el diagrama de etapa de potencia. Realizado por: Autores.

En la Figura 26 se muestra el esquema eléctrico de un circuito diseñado para controlar la velocidad y dirección de un motor de corriente continua (CC).

Figura 26

Esquema eléctrico de la Etapa de potencia para motor DC.



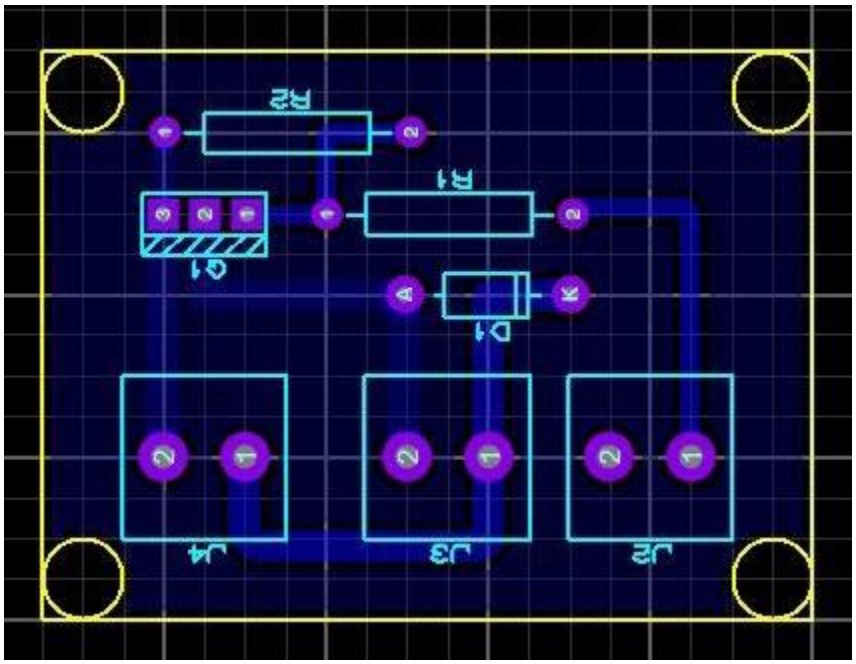
Nota. Esquema eléctrico de la Etapa de potencia para motor DC. Realizado por: Autores.

En la Figura 27 se muestra el esquema eléctrico de un circuito diseñado para controlar la velocidad y dirección de un motor de corriente continua (CC). La PCB asociada a este esquema incluye varias borneras de 2 pines: J2, J3 y J4, utilizadas para el ingreso de la fuente de alimentación y pulsos PWM.

Además, en la PCB se encuentra un transistor conectado mediante resistencias a los diferentes pines (base, colector y emisor), y está enlazado a un diodo para asegurar el flujo de corriente correcto, con resistencias de 1kΩ y 220kΩ respectivamente.

Figura 27

Placa PCB de la Etapa de potencia para motor DC.



Nota. Placa PCB de la Etapa de potencia para motor DC. Realizado por: Autores.

5.2 Fabricación del banco didáctico

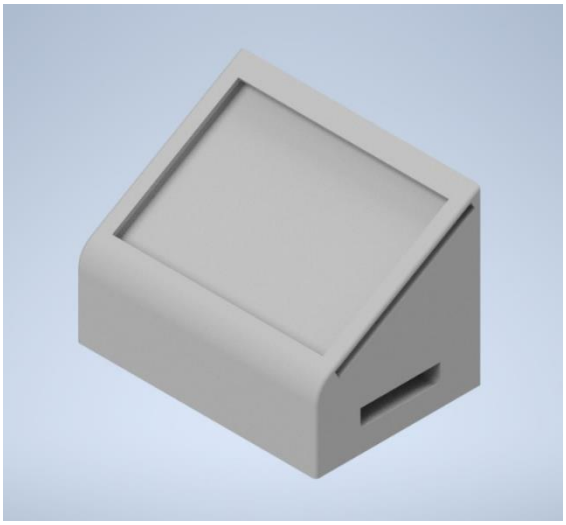
5.2.1 Modelado 3D

El modelado 3D es esencial en el diseño y desarrollo de bancos didácticos, ya que permite visualizar, simular y refinar cada componente y su integración antes de la construcción física.

Utilizando software avanzado como Autodesk INVENTOR, se crean modelos tridimensionales detallados de los componentes estructurales y electrónicos, asegurando dimensiones precisas, formas y materiales adecuados.

Figura 28

Modelado del Banco didáctico.



Nota. Modelado del Banco didáctico. Realizado por: Autores.

5.2.1.1 Material de fabricación

Para la creación del banco didáctico mediante impresión 3D, se empleará el material PLA (ácido poliláctico). Este termoplástico, conocido por su resistencia mecánica y rigidez, soporta adecuadamente el peso de los componentes. Con una densidad de 1.24 g/cm³ y una resistencia a la tracción de 60 MPa, el PLA es ideal para estructuras estables y duraderas. Su temperatura de extrusión de 190 a 220 °C facilita su uso en impresoras 3D estándar (Plásticos Brello, 2022).

5.2.1.2 Medidas de los componentes

En este apartado, describiremos las medidas de cada componente principal que utilizaremos. Esta información es esencial para poder desarrollar el modelado en 3D y asegurar que cada

componente se acople correctamente en su base correspondiente. A continuación, se detallan los componentes:

Tabla 5

Medidas de los componentes.

Nombre del producto	Longitud	Ancho	Profundidad
Tablet Lenovo IdeaPad D330-10IGL.	249 mm	178 mm	95 mm
Fuente de alimentación ANERA AE-PSU2575	151 mm	142 mm	89 mm

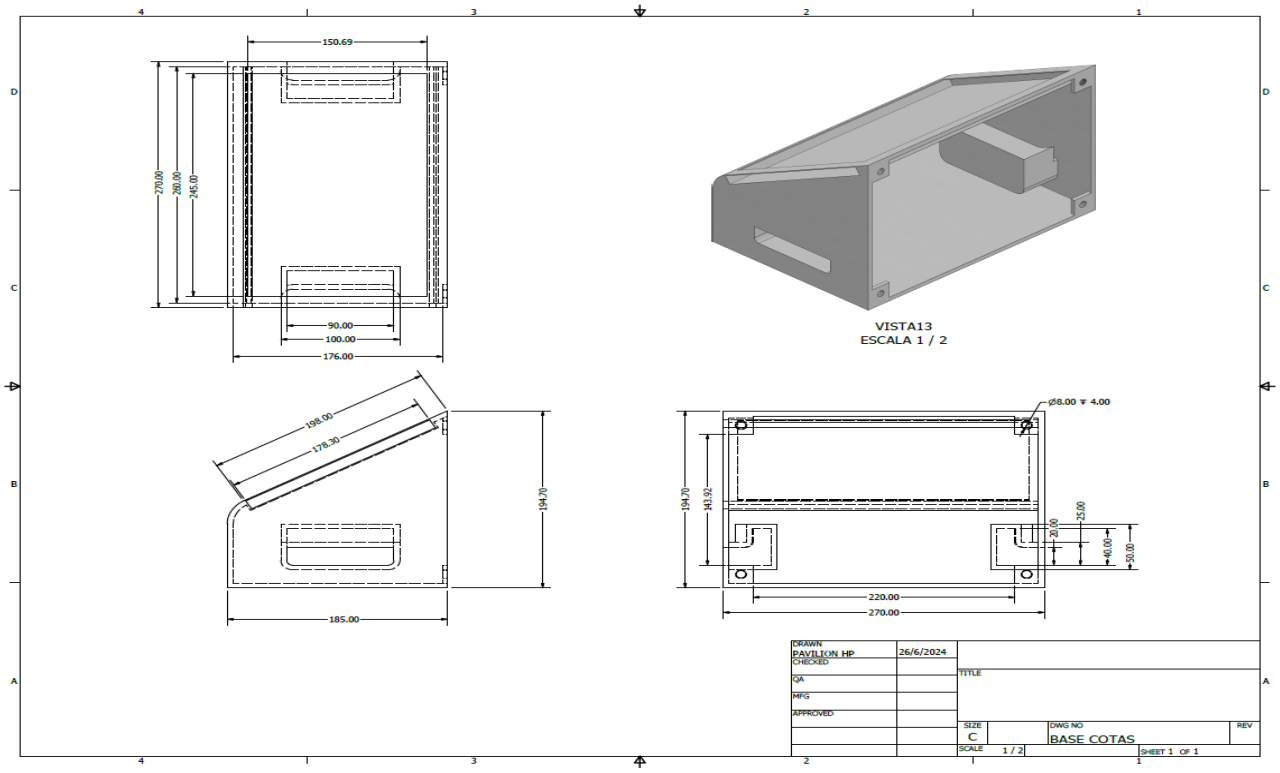
Nota. En esta tabla se muestran las medidas correspondientes de cada componente. Realizado por: Autores.

5.2.1.3 Medidas del banco didáctico.

En este apartado, se presentarán los planos y medidas del banco didáctico en milímetros (mm), asegurando el cumplimiento de las normativas técnicas y estándares vigentes, específicamente aquellos establecidos por el American National Standards Institute (ANSI). El banco didáctico está diseñado para facilitar el aprendizaje y la experimentación en la electrónica, proporcionando una plataforma segura y estructurada para diversas prácticas y pruebas.

Figura 29

Planos y medidas del Banco didáctico.



Nota. Planos y medidas del banco didáctico. Realizado por: Autores.

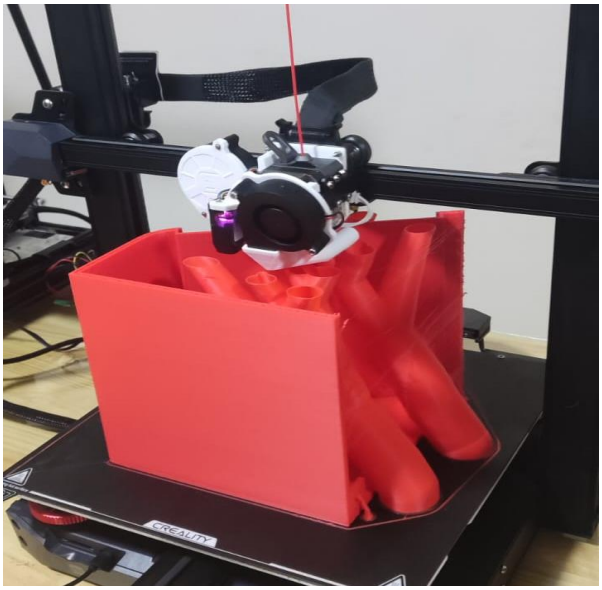
5.2.2 Ensamblaje e integración

5.2.2.1 Preparación de la Estructura:

El primer paso en el montaje de la estructura del banco didáctico consistió en preparar la base impresa en 3D. Para ello, se procedió a eliminar las líneas visibles de la impresión mediante un proceso de lijado meticuloso, seguido de la limpieza y borrado de residuos. Posteriormente, se aplicó una capa base de pintura para asegurar un acabado uniforme y una superficie óptima para las capas subsecuentes.

Figura 30

Estructura del Banco didáctico.



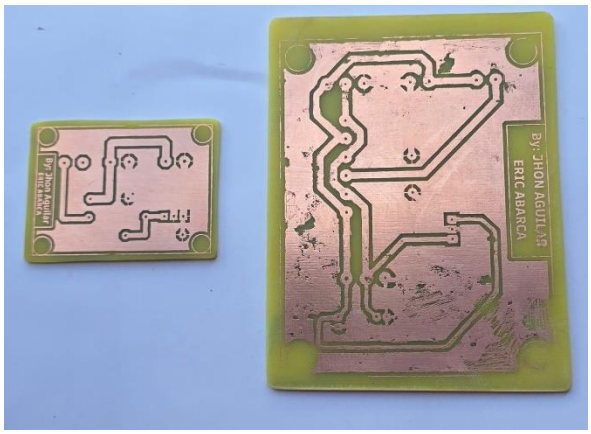
Nota. Estructura del banco didáctico. Realizado por: Autores.

5.2.2.2 Montaje de Placas de Baquelita:

La creación de las placas de baquelita fue un proceso crítico que se llevó a cabo de forma casera utilizando técnicas de impresión y grabado químico. Se imprimieron los diseños de las pistas de cobre en papel, los cuales se transfirieron a las placas de baquelita utilizando clorhídrico para grabar las pistas.

Figura 31

Placas de baquelita.

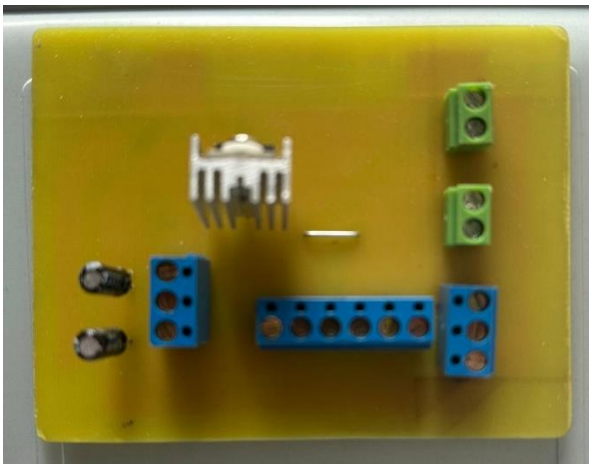


Nota. Placas de baquelita. Realizado por: Autores.

Luego, se procedió a la soldadura de los componentes electrónicos, asegurando conexiones correctas y firmes en cada punto. Este paso incluyó la verificación minuciosa de cada soldadura para evitar fallos en el funcionamiento del circuito. Las placas finalizadas fueron sometidas a pruebas preliminares para garantizar su operatividad.

Figura 32

Ensamblaje de componentes.



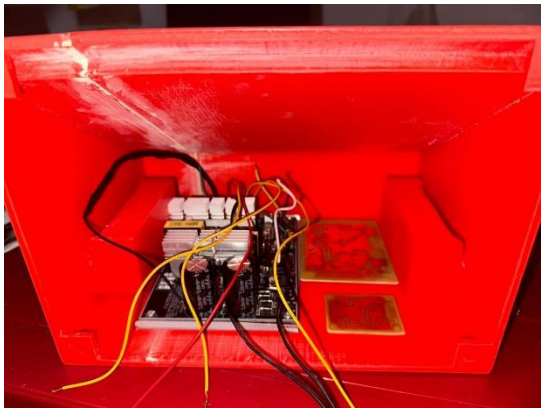
Nota. Ensamblaje de componentes. Realizado por: Autores.

5.2.2.3 Ubicación de Componentes:

Una vez preparadas y verificadas las placas de baquelita, se dispusieron los componentes principales dentro del espacio disponible en la estructura. Esto incluyó la ubicación del Arduino, las dos placas de baquelita, la fuente de alimentación desarmada, interruptores y conexiones necesarias para el correcto funcionamiento del banco didáctico. La disposición se planificó cuidadosamente para optimizar el espacio y asegurar la accesibilidad a cada componente, facilitando futuras operaciones de mantenimiento o ajustes.

Figura 33

Ubicación de componentes.



Nota. Ubicación de componentes. Realizado por: Autores.

5.2.3 Conexiones Eléctricas y Electrónicas:

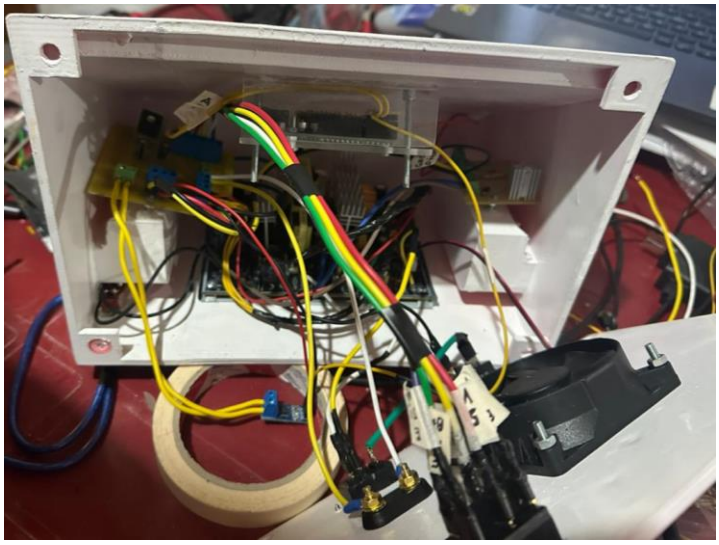
5.2.3.1 Conexiones Internas:

El siguiente paso consistió en realizar las conexiones eléctricas y electrónicas internas. Se detallaron y ejecutaron las conexiones necesarias entre el Arduino, las placas de baquelita y la

fuente de alimentación. Además, se instalaron interruptores y conexiones frontales para el cuerpo de aceleración, garantizando la accesibilidad y seguridad de estas interfaces. Las conexiones fueron aseguradas mediante el uso de terminales adecuados y métodos de fijación que evitan desconexiones accidentales y protegen contra cortocircuitos. Este proceso también incluyó la organización y fijación de los cables para mantener un entorno de trabajo limpio y seguro.

Figura 34

Conexiones eléctricas.



Nota. Conexiones eléctricas. Realizado por: Autores.

5.2.3.2 Aspecto del Banco Didáctico

El banco didáctico para cuerpos de aceleración electrónicos está completamente ensamblado y operativo. Con una estructura robusta y organizada, integra componentes como el Arduino, placas de baquelita para circuitos electrónicos, y una fuente de alimentación precisa de 12V, 5V y 3.3V. Está recubierto con un forro protector y cuenta con una Tablet conectada para monitoreo y

control directo del sistema. Este diseño asegura pruebas y diagnósticos eficientes en el análisis de diagnóstico.

Figura 35

Prototipo final del Banco didáctico.

Nota. Prototipo final del banco didáctico. Realizado por: Autores.

5.2.4 FUNCIONAMIENTO

Para evaluar el funcionamiento del banco didáctico, se realizó una prueba utilizando el cuerpo de aceleración electrónica de un vehículo Kia Sportage GDI 2019. Este componente se conectó al banco didáctico mediante una batería de 12V. El procedimiento comenzó con la meticulosa identificación de cada cable de conexión del motor del cuerpo de aceleración, tras una investigación exhaustiva en diversas plataformas para determinar los cables específicos requeridos según el diagrama eléctrico del modelo de vehículo en cuestión. Se elaboró una tabla detallando la identificación de cada cable del cuerpo de aceleración como resultado de esta investigación.

Tabla 6

Identificaciones de pines.

Pin	Descripción	Color de cable
1	Cable Negativo de la bobina del motor	Naranja
2	Cable positivo de la bobina del motor	Rosa
3	Tierra (GND) del sensor de posición del acelerador (TPS)	Naranja
4	Señal TPS1	Amarillo
5	Alimentación de 5V del TPS	Azul/Naranja
6	Señal TPS2	Gris

Nota. En esta tabla se identifica cada uno de los pines del conector del cuerpo de aceleración electrónico. Realizado por: Autores.

Después de identificar cada cable según la tabla proporcionada, se procedió a conectarlos correctamente con nuestros cables de prueba. Esto permitió realizar pruebas con precisión, asegurando que cada conexión correspondiera adecuadamente. Cada uno de nuestros cables estaba claramente identificado para su conexión específica, facilitando la ejecución de las pruebas con el cuerpo de aceleración electrónica del vehículo Kia Sportage GDI 2019.

Figura 36

Conexiones del cuerpo de aceleración.

Nota. Conexiones del cuerpo de aceleración. Realizado por: Autores

Posteriormente, se procedió a conectar los cables a los pines identificados del cuerpo de aceleración. Una vez completada la conexión, se activó el equipo mediante el interruptor principal, iniciando así el encendido de la Tablet integrada y la sincronización con todos los componentes del banco.

Figura 37

Conexiones del Banco didáctico al cuerpo de aceleración.

Nota. Conexiones de todo el banco didáctico. Realizado por: Autores.

Para iniciar las pruebas, se utilizó la función de modulación por ancho de pulso (PWM) para aplicar el voltaje necesario al motor, permitiendo una apertura controlada de la mariposa del acelerador. Se realizaron pruebas variando el PWM desde el 0% hasta el 100% para evaluar el rendimiento del motor que controla el cuerpo de aceleración y también para revisar las gráficas de los TPS 1 Y TPS 2 en cual sean los correspondientes.

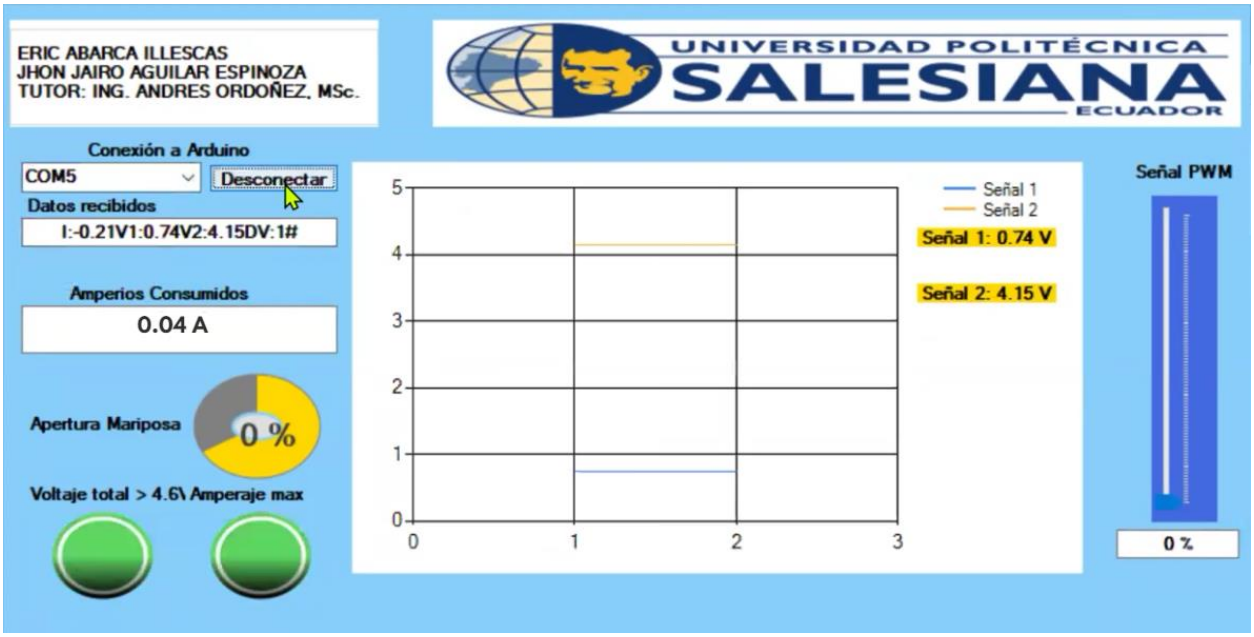
5.2.4.1 Primera Prueba de funcionamiento

Durante la primera prueba a 0% de PWM, se observó que el motor no registró consumo de corriente, indicando un estado de reposo. Las lecturas del sensor TPS1 mostraron a 0.74 V, mientras que TPS2 mostró un valor a 4.15 V, lo cual es consistente con una posición de mariposa cerrada. Los datos recibidos y procesados por el Arduino reflejaron correctamente estas lecturas,

confirmando el funcionamiento adecuado de los sensores y la integración del sistema de diagnóstico automotriz.

Figura 38

Primera prueba de funcionamiento.



Nota. Primera prueba de funcionamiento. Realizado por: Autores.

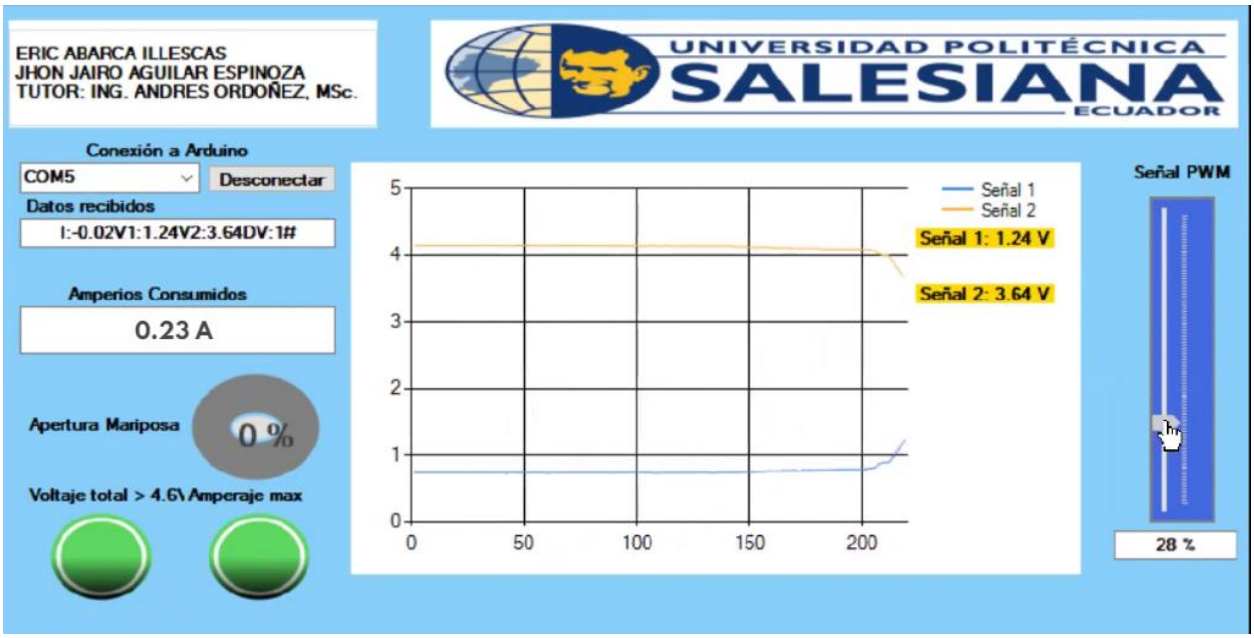
5.2.4.2 Segunda prueba de funcionamiento

En la segunda prueba, se procedió a abrir la mariposa del acelerador al 28% utilizando el control de señal PWM. Durante esta operación, se observó un aumento en el consumo de corriente del motor, alcanzando 0.23 A. Las lecturas de TPS1 mostraron un aumento progresivo en su voltaje 1.24 V, mientras que TPS2 registró una disminución gradual de su voltaje a 3.64 V. Estos cambios son indicativos de un funcionamiento adecuado del cuerpo de aceleración, ya que el amperaje y las señales de voltaje están dentro de los rangos esperados. Los indicadores visuales confirman

que el sistema de diagnóstico considera que el cuerpo de aceleración opera dentro de los parámetros normales, mostrando una luz verde para cada evaluación realizada.

Figura 39

Segunda prueba de funcionamiento.



Nota. Segunda prueba de funcionamiento. Realizado por: Autores.

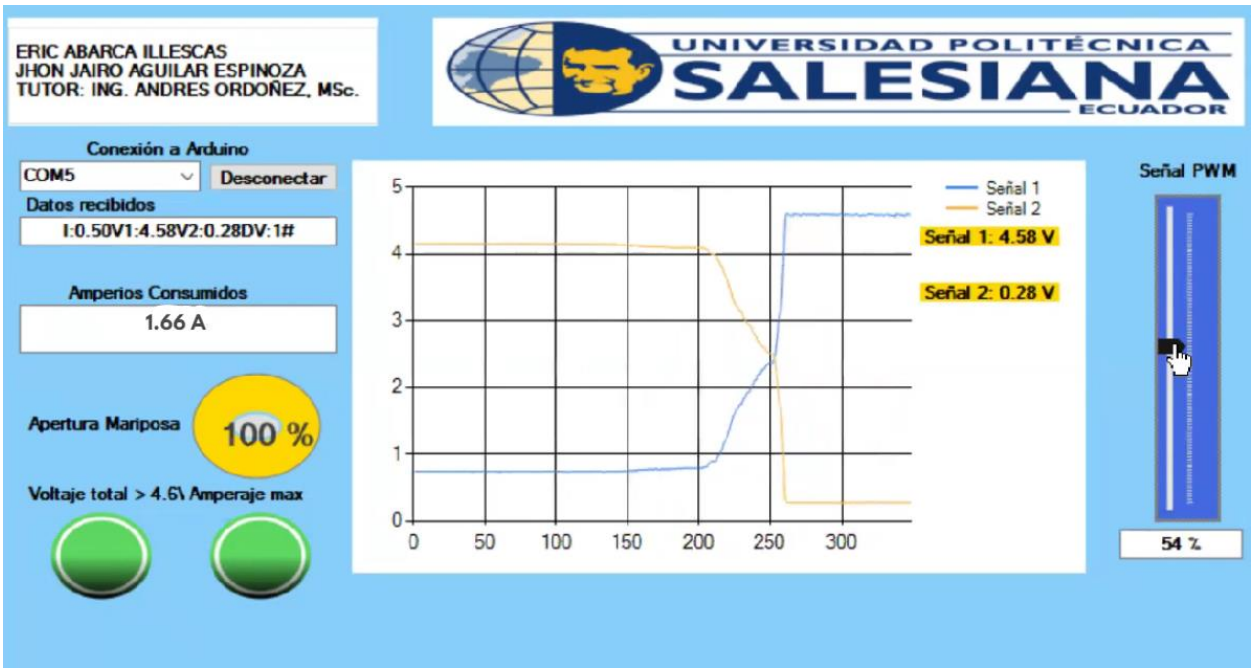
5.2.4.3 Tercera prueba de funcionamiento

En la última prueba, se procedió a abrir completamente la mariposa del acelerador al 100%. Durante esta operación, se registraron los siguientes datos característicos: el amperaje alcanzó 1.66 A, mientras que los voltajes de TPS1 fueron de 4.58 V y TPS2 de 0.28 V. Las gráficas correspondientes mostraron que las señales de TPS1 aumentaron gradualmente desde un nivel inicial bajo, mientras que TPS2 disminuyo progresivamente desde un nivel alto. Estos resultados indican que el amperaje y los voltajes están dentro de los rangos aceptables para el funcionamiento normal del cuerpo de aceleración. Los indicadores visuales muestran una luz verde, confirmando

que el sistema de diagnóstico considera que el cuerpo de aceleración está operando correctamente según las mediciones realizadas.

Figura 40

Tercera prueba de funcionamiento.



Nota. Tercera prueba de funcionamiento. Realizado por: Autores.

6. CAPITULO 3.

6.1 Resultados y Análisis

6.1.1 Presentación de datos

En esta sección se presenta los resultados obtenidos a través de pruebas experimentales realizadas en el banco didáctico con el cuerpo de aceleración del vehículo Kia Sportage GDI 2019. Se analiza los datos recopilados durante diferentes pruebas de funcionamiento, evaluando el rendimiento del sistema bajo condiciones controladas. Las siguientes tablas proporcionan una descripción detallada de los parámetros medidos, incluyendo consumos de corriente y lecturas de sensores, para cada configuración de operación del cuerpo de aceleración.

Resultados de la primera prueba del cuerpo de aceleración del vehículo de estudio sin ser energizado por el sistema de encendido. Se observó ausencia de consumo de corriente, indicativo de estado de reposo. Lecturas de TPS1 a 0.74V y TPS2 a 4.15V, confirmando posición de mariposa cerrada.

Tabla 7

Datos de la primera prueba.

Parámetro	Valor Medido
Consumo de corriente (A)	0
Sensor TPS1 (V)	0.74
Sensor TPS2 (V)	4.15

Nota. En esta tabla se ve los valores de la primera prueba de funcionamiento de (0% de PWM). Realizado por: Autores.

Se obtuvo resultados durante la prueba con mariposa abierta al 30% mediante PWM. Un consumo de corriente de 0.23A. TPS1 mostró un aumento progresivo y TPS2 disminución gradual, indicativos de funcionamiento adecuado del cuerpo de aceleración.

Tabla 8

Datos de la segunda prueba

Parámetro	Valor Medido
Consumo de corriente (A)	0.23
Sensor TPS1 (V)	1.24 (aumento gradual)
Sensor TPS2 (V)	3.64 (disminución progresiva)

Nota. En esta tabla se ve los valores de la primera prueba de funcionamiento de (30% de PWM). Realizado por: Autores.

Resultados de la prueba con mariposa abierta al 100% mediante PWM. Se obtuvo un consumo de corriente de 1.66A. Lecturas de TPS1 a 4.58V y TPS2 a 0.28V, indicando operación dentro de parámetros normales del cuerpo de aceleración.

Tabla 9

Datos de la tercera prueba.

Parámetro	Valor Medido
Consumo de corriente (A)	1.66
Sensor TPS1 (V)	4.58
Sensor TPS2 (V)	0.28

Nota. En esta tabla se ve los valores de la primera prueba de funcionamiento de (100% de PWM) Realizado por: Autores.

6.1.2 Análisis comparativo

Se lleva a cabo un análisis comparativo entre los datos obtenidos por las diferentes pruebas y los valores de referencia especificados por el fabricante para el cuerpo de aceleración del vehículo Kia Sportage GDI 2019. Después de las pruebas, se realizó una investigación exhaustiva para determinar los voltajes específicos de los sensores TPS1 y TPS2 y los correspondientes porcentajes de apertura de la mariposa, basándose en las especificaciones técnicas del fabricante de este cuerpo aceleración electrónico en esta figura observamos los datos.

Tabla 10

Salidas de voltajes de TPS1 Y TPS2 por el fabricante.

Angulo de mariposa (grados)	**TPS1 (V)**	**TPS2 (V)**
0	0.0	5.0
10	0.48	4.52
20	0.95	4.05
30	1.43	3.57
40	1.90	3.10
50	2.38	2.62
60	2.86	2.14
70	3.33	1.67
80	3.81	1.19
90	4.29	|0.71
100	4.76	0.24

Nota. En esta tabla se ve los valores de los TPS1 y TPS2 de los fabricantes. Realizado por: Autores.

Teniendo en cuenta los parámetros obtenidos a partir de las pruebas en el banco didáctico y los valores de referencia proporcionados por el fabricante para el cuerpo de aceleración del vehículo Kia Sportage GDI 2019, es posible realizar un análisis comparativo detallado. En esta tabla, se observa las diferencias de voltajes entre los resultados obtenidos del equipo de medición y los parámetros especificados por el fabricante, proporcionando una visión clara del rendimiento y la precisión del sistema de diagnóstico implementado.

Tabla 11

Comparación de datos TPS1 y TPS2.

Angulo	TPS1(Banco didáctico)	TPS1 (Manual de fabricante)	TPS2 (Banco didáctico)	TPS2 (Manual de fabricante)
0	0.74	0	4.15	5.0
30	1.24	1.43	3.64	3.57
100	4.58	4.76	0.28	0.24

Nota. En esta tabla se ve los valores del fabricante comparando con los datos del banco didáctico. Realizado por: Autores.

Mediante la comparación de los datos obtenidos y los valores de referencia del fabricante, se pueden observar algunas diferencias. Por ejemplo, en la condición de 0% de apertura de la mariposa, el voltaje del TPS1 según el fabricante debería ser de 5V, mientras que en el equipo de medición construido se registró 4.19V. Para el TPS2, el fabricante especifica un voltaje de 0V, pero se obtuvo 0.78V en nuestras mediciones. Estas variaciones, aunque pequeñas, se encuentran dentro de una tolerancia de 15%. considerando las posibles discrepancias debidas a factores como la

precisión de la fabricación del banco didáctico y las fluctuaciones en el voltaje de la batería utilizada. Este estudio está respaldado por un nivel de confianza del 85%, que, valida la precisión de las mediciones realizadas y la consistencia de los resultados obtenidos, aunque ciertas mejoras en la estabilidad del suministro eléctrico podrían reducir aún más estas diferencias.

6.1.3 Diagnóstico del equipo

6.1.3.1 Primera comprobación.

Para verificar el estado del cuerpo de aceleración electrónico (CAE), se realiza una correlación entre los voltajes de los sensores TPS1 y TPS2. Si la suma de estos voltajes es mayor a 4.5V, indica un posible mal funcionamiento debido a una inversión de los voltajes entre ambos sensores. Este fenómeno puede sugerir problemas con la orientación de los sensores o un desajuste en las lecturas esperadas. Si la suma alcanza o supera los 5V, podría indicar un cortocircuito o problemas con las pistas del sensor TPS, lo cual puede afectar la precisión de las lecturas. En tal caso, el indicador en pantalla mostrará un color rojo, alertando sobre posibles fallas o averías en el CAE que requieren.

6.1.3.2 Segunda Comprobación

Otra herramienta crucial en el diagnóstico del cuerpo de aceleración electrónica (CAE) es la visualización del oscilograma. Esta función permite observar gráficamente las variaciones de los voltajes de TPS1 y TPS2 a medida que se modifica la posición de la mariposa de aceleración. Se pueden identificar caídas anómalas en uno de los sensores o irregularidades en las transiciones entre ambos, lo que indica posibles problemas de funcionamiento. La representación gráfica proporcionada por el oscilograma facilita la detección de fallos en los potenciómetros

6.1.3.3 Tercera Comprobación

Además de la correlación de voltajes y la visualización del oscilograma, se realiza la medición del amperaje del motor que controla la mariposa de aceleración. El límite establecido para un funcionamiento adecuado del CAE es de 2,2 A. Un aumento en el amperaje indicaría la presencia de un cortocircuito o un problema mecánico en el sistema, como fricciones excesivas o bloqueos en la mariposa. Esta medición proporciona una evaluación adicional del estado operativo del CAE, complementando las otras dos formas.

6.1.4 Análisis Estadístico

En el análisis estadístico realizado para comparar los valores del banco didáctico con las especificaciones del fabricante, se observó que el TPS1 exhibió un alto nivel de confiabilidad del 86.45%. Este porcentaje indica una consistencia notable entre los datos obtenidos del banco didáctico y los valores de referencia proporcionados por el fabricante, dentro de una tolerancia aceptable.

Tabla 12

Datos de confiablidad TPS1.

Angulo (Grados)	TPS 1 (Banco didáctico)	TPS1 (Manual del fabricante)	Tolerancia (%)	Nivel de confianza (%)
0	4.14	5.0	17.20	82.80
10	3.91	4.52	13.50	86.50
20	3.69	4.05	8.89	91.11
30	3.46	3.57	3.08	96.92
40	3.22	3.10	3.87	96.13
50	3.02	2.62	15.27	84.73

60	2.78	2.14	29.91	70.09
100	0.28	0.24	16.67	83.33
Media Estadística				86.45

Nota. En esta tabla se ve los valores del fabricante comparando con los datos del banco didáctico para así determinar la confiabilidad de la señal TPS2. Realizado por: Autores.

Se realizó un análisis detallado para comparar los valores del banco didáctico con las especificaciones del fabricante para TPS2. En los diferentes ángulos, se observó una confiabilidad del 86.45%. Esta variabilidad se atribuye principalmente a fluctuaciones en el voltaje suministrado durante las pruebas, que no siempre se mantuvo en 12V como especificado por el fabricante. Además, las condiciones de prueba pueden no haber replicado completamente los ambientes variados que el fabricante simula computacionalmente y verifica mediante pruebas de calidad rigurosas para garantizar la precisión de sus equipos.

Tabla 13

Datos de confiablidad TPS2.

Angulo (grados)	TPS 2 (Banco didáctico)	TPS2 (Manual del fabricante)	Tolerancia (%)	Nivel de confianza
0	0.74	0.0	0	100
10	0.88	0.48	83.33	16.67
20	0.97	0.95	2.11	97.89
30	1.41	1.43	1.4	98.60
40	1.85	1.90	12.63	97.37
50	2.27	2.38	4.20	95.80

60	2.10	2.86	26.57	73.43
100	4.58	4.76	3.78	96.22
Media Estadística				84.62

Nota. En esta tabla se ve los valores del fabricante comparando con los datos del banco didáctico para así determinar la confiabilidad de la señal TPS2. Realizado por: Autores.

Al combinar las confiabilidades obtenidas de diversas ecuaciones, hemos determinado que nuestro equipo tiene una confiabilidad del 85%. Esta cifra refleja una buena incertidumbre, considerando las variaciones en la graduación incorrecta del sistema de programación cuando el porcentaje de apertura no es el adecuado. A pesar de estas limitaciones, nuestro equipo ofrece capacidades avanzadas de diagnóstico para cuerpos de aceleración electrónicos.

Tabla 14

Datos de valores sumatorios

Angulo (grados)	TPS 1 (Banco didáctico)	TPS 1 (Banco didáctico)	Valores Sumatorios
0	4.14	0.74	4.88
10	4.01	0.88	4.84
20	3.91	0.97	4.88
30	3.69	1.19	4.88
40	3.46	1.41	4.87
50	3.02	1.85	4.87

60	2.78	2.10	4.88
100	0.28	4.58	4.86

Nota. En esta tabla se observan los valores sumatorios de los diferentes voltajes. Realizado por: Autores.

Utilizamos oscilogramas detallados para cada TPS, los cuales permiten una observación precisa de los voltajes en tiempo real. Esta herramienta nos proporciona una representación gráfica que facilita la identificación de patrones y anomalías en los voltajes, lo que es crucial para detectar problemas potenciales en los TPS. Además, nuestro sistema está equipado con indicadores que alertan sobre voltajes incorrectos y variaciones inusuales en la corriente, lo que permite un diagnóstico rápido y efectivo.

En resumen, a pesar de las limitaciones inherentes, nuestro equipo demuestra ser una herramienta confiable y efectiva para el diagnóstico preciso de cuerpos de aceleración electrónicos, respaldado por un riguroso análisis estadístico y una metodología de prueba exhaustivo

7. CONCLUSIONES

A través de una revisión bibliográfica exhaustiva la cual permitió obtener un conocimiento profundo sobre las características de los diferentes tipos de cuerpos de aceleración electrónicos, abarcando su funcionamiento, posibles fallas y los mantenimientos necesarios para su óptimo desempeño. Este análisis incluyó la consulta de manuales del fabricante del vehículo Kia Sportage 2019 GDI y se usaron dos artículos científicos del cuerpo de aceleración, cuatro manuales de fabricantes y ocho proyectos técnicos, utilizado en las pruebas y la recopilación de información de estudios previos sobre bancos didácticos similares. Esta base teórica fue fundamental para guiar y referenciar la construcción de nuestro propio banco didáctico, asegurando su relevancia y precisión.

La construcción del banco didáctico implicó una meticulosa programación y diseño, así como la implementación de diversas conexiones electrónicas. Se utilizaron componentes de alta calidad para permitir un diagnóstico preciso de los cuerpos de aceleración. Se modeló la programación y el software, y se realizaron simulaciones detalladas en Proteus para la etapa de potencia y la conexión del Arduino. Este enfoque garantizó la integridad del sistema antes de su ensamblaje final. Durante el armado, se llevaron a cabo conexiones electrónicas mediante soldadura y el uso de placas, asegurando la robustez y funcionalidad del banco.

Para las pruebas experimentales se evaluaron diferentes parámetros de funcionamiento y se calculó la media aritmética de los resultados, obteniendo una fiabilidad del 85%. Este porcentaje de fiabilidad se logró mediante la comparación de los voltajes obtenidos en las señales del TPS1 y

TPS2 en cada etapa de apertura de la mariposa de aceleración. Esta metodología permitió identificar y corregir cualquier variación, asegurando la precisión de las mediciones. Estas pruebas se realizaron sin la alimentación del vehículo, si no utilizando una batería de 12V directamente en nuestro banco, destacando la independencia y versatilidad del sistema y así mismo evitando posibles errores en conexiones o voltajes de la computadora del vehículo. Llevando al cuerpo de aceleración electrónico a una prueba precisa y especifica del mismo.

El banco didáctico proporciona graficas lineales basadas en los voltajes leídos a partir de los TPS1 y TPS2 con el fin de identificar visualmente alguna variación en su lectura, los valores se graficarán en un rango de 0 a 4.8 voltios dentro de un plano cartesiano X, Y; esenciales para identificar problemas en el cuerpo de aceleración como posibles fallas en los sensores de posición del acelerador. Adicionalmente, el sistema cuenta con indicadores de amperaje que, al sobrepasar los 2.2A, señalan con led rojo en el interfaz de la pantalla en la cual nos indica posibles problemas en el motor, tales como cortocircuitos o sobrecalentamiento. Este conjunto de herramientas permite un diagnóstico completo y preciso.

El banco también incluye funcionalidades avanzadas, como la capacidad de monitorear en tiempo real las variaciones de voltaje y corriente, proporcionando una visualización clara de los datos a través de interfaces gráficas intuitivas. Esto facilita el análisis y la interpretación de los resultados por parte de los usuarios, permitiendo una identificación rápida y precisa de anomalías.

El desarrollo de este banco didáctico representa una contribución significativa al campo del diagnóstico de cuerpos de aceleración electrónica, combinando teoría y práctica de manera efectiva. Como resultado, se obtienen los valores de amperaje consumido por el motor DC, el cual, según el fabricante, no debe exceder los 9 amperios. Los valores de TPS1 y TPS2, sumados,

deben estar dentro de un rango de 4,5 a 4,8 voltios. Además, las gráficas generadas por la lectura de los TPS1 y TPS2 permiten un diagnóstico visual, en el cual la gráfica lineal proporcionada por el TPS1 es inversa a la proporcionada por el TPS2, mientras la mariposa de aceleración realiza su apertura gradual de 0 al 100 %. La alta confiabilidad y precisión del sistema, junto con sus capacidades avanzadas de diagnóstico, lo posicionan como una herramienta invaluable para la educación y el análisis técnico en el ámbito automotriz.

8. RECOMENDACIONES

Se sugiere a los usuarios del banco didáctico desarrollar un software complementario que incorpore el análisis de cuerpos de aceleración electrónicos (CAE) con sensores de posición del acelerador (TPS) tipo Hall. Este software debería integrar algoritmos avanzados para el procesamiento y análisis de señales, permitiendo una evaluación más precisa y rápida de los datos recogidos por los sensores. Además, sería beneficioso incluir una interfaz de usuario intuitiva que facilite la interacción con el sistema y la interpretación de los resultados.

Es fundamental seguir estrictamente los protocolos de funcionamiento, asegurando la correcta instalación y calibración de los componentes. La precisión en la instalación y calibración es crítica para obtener datos fiables y reproducibles. Se deben realizar pruebas bajo condiciones controladas, minimizando variables externas que puedan afectar los resultados. Esto incluye mantener una temperatura ambiente constante, utilizar fuentes de alimentación estables y asegurarse de que todos los componentes del sistema estén funcionando dentro de sus especificaciones operativas.

Analizar y comparar los datos obtenidos con los valores especificados por el fabricante es esencial para asegurar la precisión del diagnóstico. Este proceso debe incluir la implementación de técnicas estadísticas avanzadas para evaluar la concordancia entre los datos experimentales y las especificaciones del fabricante. La incorporación de herramientas de análisis de datos, como gráficos de dispersión e histogramas, puede facilitar la visualización de las discrepancias y ayudar a identificar patrones o anomalías.

Se recomienda mantener actualizado el banco didáctico y el software asociado, incorporando nuevas técnicas de diagnóstico conforme avancen las tecnologías de los CAE. Esto puede implicar la actualización regular del firmware del banco, la integración de nuevos tipos de sensores y la mejora continua de los algoritmos de análisis. Mantener el equipo y el software al día con las últimas innovaciones tecnológicas asegurará que el banco didáctico permanezca relevante y útil para los usuarios.

Finalmente, se recomienda capacitar a los usuarios en el manejo del software y la interpretación de los resultados. Esta capacitación debe incluir sesiones prácticas y teóricas, asegurando que los usuarios comprendan tanto el funcionamiento del banco didáctico como los principios subyacentes del diagnóstico de CAE. Además, es crucial elaborar un manual de uso detallado que incluya instrucciones sobre la operación, interpretación de datos y mantenimiento del banco didáctico. Este manual debe ser claro y conciso, proporcionando guías paso a paso para las tareas comunes y soluciones a problemas frecuentes. También debe incluir secciones sobre seguridad y mejores prácticas para garantizar el uso correcto y seguro del equipo.

9. BIBLIOGRAFIA

Bosch Motorsport. (2023). *Electronic Throttle Body*. https://www.bosch-motorsport.com/content/downloads/Raceparts/en-GB/51017995147518219.html

Carlos, J. & Brito, S. (2019). *Diagnóstico y Reprogramación de Cuerpos de Aceleración Electrónicos Automotrices bajo protocolo de comunicación J2534* [TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ, FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9940

Chucuyan, P. & Alejandro, C. (2016). *Análisis de funcionamiento del sistema de acelerador electrónico del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail* [Trabajo de tesis, FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ]. http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1445

Electronica Cecomin. (2024a. abril). *Fuente de Poder ATX 750 W para CPU de computador marca Anera*. Electronica Cecomin. Tecnología de Shopify. https://www.electrocecomin.com/products/fuente-de-poder-atx-750-w-para-cpu-de-computador-marca-anera

Electronica Cecomin. (2024b. abril). *Fuente de Poder ATX 750 W para CPU de computador marca Anera*. Electronica Cecomin. Tecnología de Shopify. https://www.electrocecomin.com/products/fuente-de-poder-atx-750-w-para-cpu-de-computador-marca-anera

Electrostore. (2019a). *MÓDULO SENSOR DE CORRIENTE ACS712 – 20A*. Electrostore. https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/corriente/modulo-sensor-de-corriente-acs712-20a/

Electrostore. (2019b). *MÓDULO SENSOR DE CORRIENTE ACS712 – 20A*. Electrostore. https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/corriente/modulo-sensor-de-corriente-acs712-20a/

Fernandez, Y. (2024, 23. septiembre). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. XALAKA. https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno

Galvis, F. (2023). *Adecuación de los bancos didácticos de distribución e indexación para las materias de automatización y microcontroladores* [Proyeto de grado]. FACULTAD INGENIERÍA MECATRÓNICA.

Gilbert, D. (2010). *Toyota Electronic Throttle Control Investigation*. https://www.safetyresearch.net/wp-content/uploads/2014/08/preliminary_report022110.pdf

Giler, M. & Morocho, D. (2023). *Construcción de un Banco Didáctico para el Control del Cuerpo de Aceleración por Mando Electrónico.* (M. Giler & Morocho. Diego, Eds.) [Trabajo de grado, Tecnología Superior en Electrónica Automotriz]. http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13375

Heisner, B. (2016. diciembre). The Effect of Electronic Throttle Control Systems On Gasoline Internal Combustion Engine Compression Testing Procedures. *Journal of Applied Sciences and Arts*, *1*(2). http://opensiuc.lib.siu.edu/jasa/vol1/iss2/6

Hernandez, E. (2019). *Control del cuerpo de aceleración electrónico basado en el par mediante HIL* [Tesis de Licienciatura, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA]. https://hdl.handle.net/20.500.12371/5079

Honorio, V. & Saucedo, H. (2019). *Diseño y construcción de un probador de cuerpos de aceleración electrónico para un motor Nissan QG– 15* [Examen de grado, FACULTAD DE TECNOLOGÍA CARRERA MECÁNICA AUTOMOTRIZ]. http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/28678

Infineon Technologies AG. (2008). *Throttle Position Sensing with Linear Hall Sensors Sensors* (1). www.infineon.com)

Montanaro, U., Di Gaeta, A. & Giglio, V. (2014). Robust discrete-time MRAC with minimal controller synthesis of an electronic throttle body. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, *19*(2), 524-537. https://doi.org/10.1109/TMECH.2013.2247614

Morris, M. (2008). *Lógica Digital y Diseño de Computadores* (1.ª ed.).

Nussey, J. (2018). *Arduino* (Nussey John, Ed.; 2.ª ed.). John Wiley & Sons. t https://hub.wiley.com/community/support/dummies

Nussey John. (2018). *Arduino for dummies a Willey Brand* (Nussey John, Ed.; 2.ª ed.).

Philips Electronics. (1999a). *N-channel TrenchMOS™ transistor IRF530N* (Rev1.100).

Plásticos Brello. (2022, 24. febrero). *PLA ácido poliláctico*. Plásticos Brello. https://plasticos-brello.com/material/pla-acido-polilactico/

Strauss, D. (2022a). *Getting Started with Visual Studio 2022: Learning and Implementing New Features.* (D. Strauss, Ed.; Second edition). Apress.

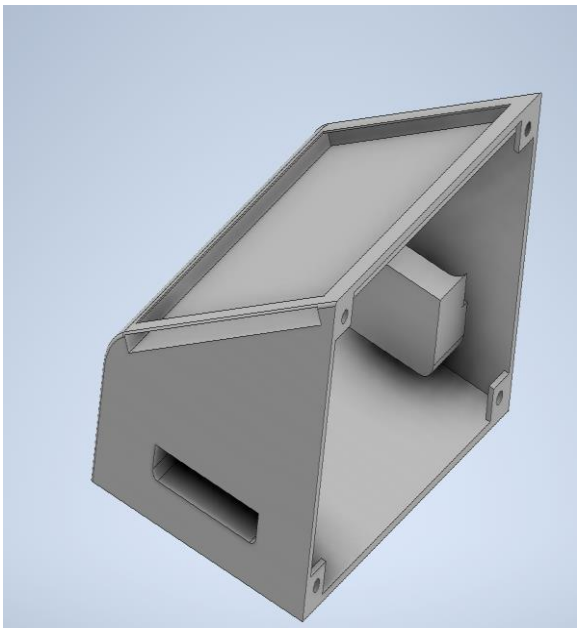
Strauss, D. (2022b). *Getting Started with Visual Studio 2022: Learning and Implementing New Features.* (D. Strauss, Ed.).

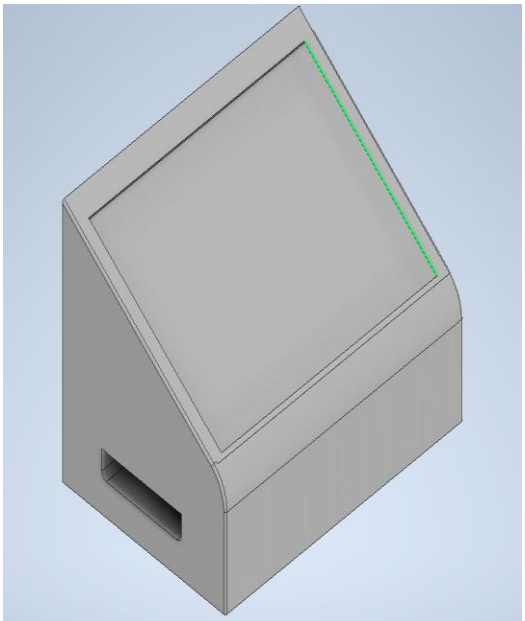
TOYOTA. (2008). Manual de Entrenamiento TCCS Sistema de Control Computarizado Toyota. *Toyota Service Training*, *1*(3).

10. ANEXOS

ANEXO A: Diseño del banco didáctico

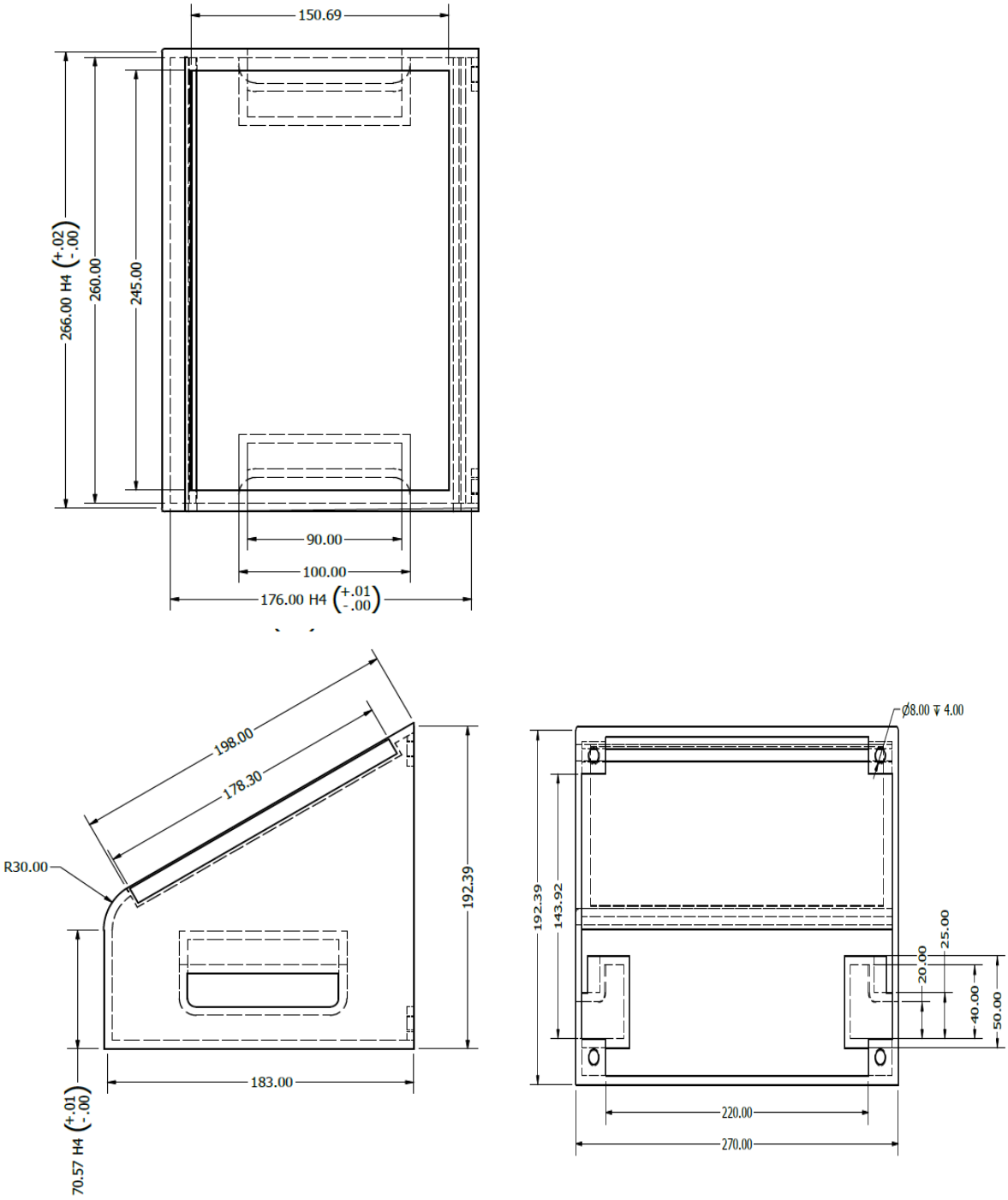
Diseño del banco didáctico





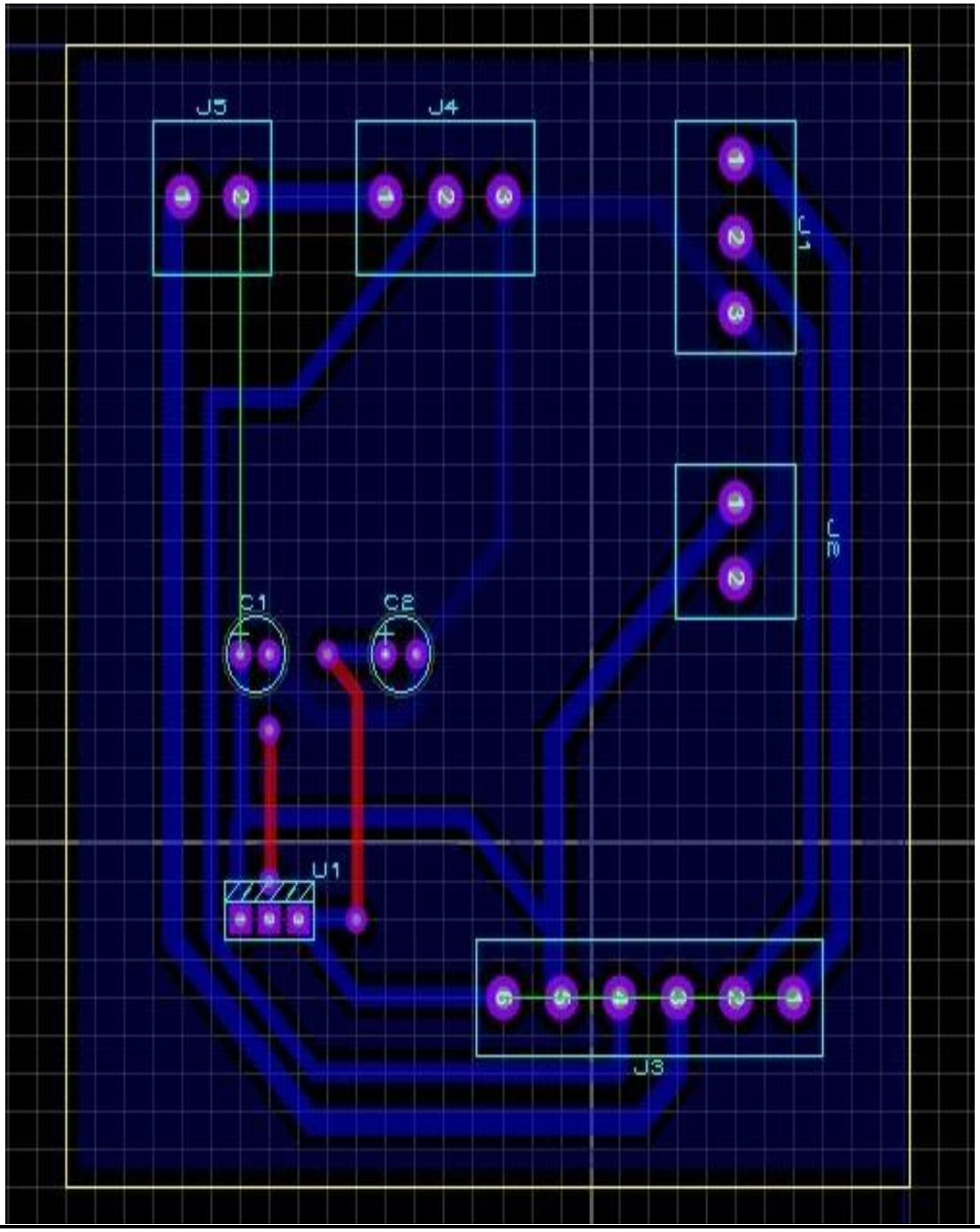
ANEXO B: Mediciones del banco didáctico

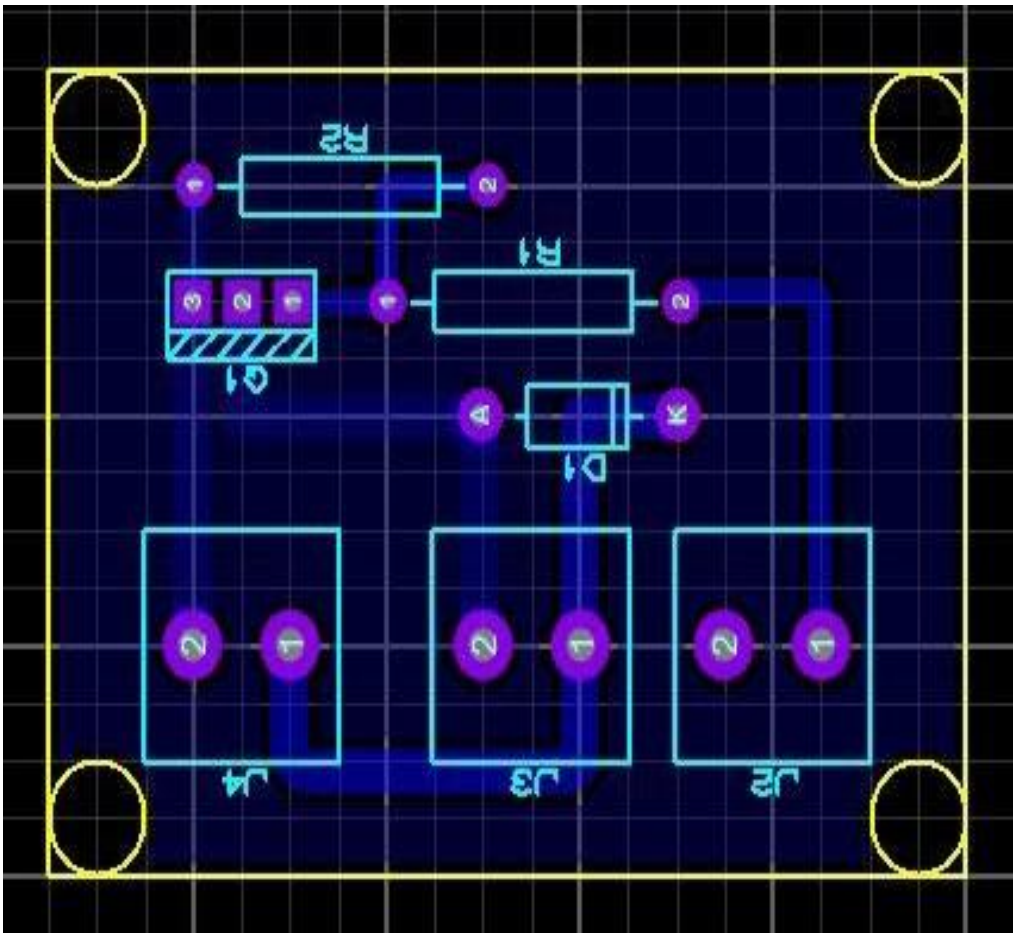
Mediciones del banco didáctico



ANEXO C: Placa PCB de la fuente de poder y reducción de voltaje.

Placa PCB de la fuente de poder y reducción de voltaje.



ANEXO D: Placa PCB de la Etapa de potencia para motor DC.

Placa PCB de la Etapa de potencia para motor DC.