



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA
COMPROBACIÓN DE ELECTROBOMBAS DE GASOLINA EN MOTORES DE
COMBUSTIÓN CON INYECCIÓN INDIRECTA**

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

**AUTORES: JOHN SEBASTIAN CORONEL ALLAUCA
ANDRÉS SEBASTIÁN CAIZAPANTA MONCAYO**

TUTOR: JOSÉ LUIS MULLO CASILLAS

Quito - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, John Sebastian Coronel Allauca con documento de identificación N°1725500647 y Andrés Sebastián Caizapanta Moncayo con documento de identificación N°1723794788 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.

Quito, 02 de agosto del año 2024

Atentamente,



John Sebastian Coronel Allauca
1725500647



Andrés Sebastián Caizapanta Moncayo
1723794788

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

Nosotros, John Sebastian Coronel Allauca con documento de identificación No.1725500647 y Andrés Sebastián Caizapanta Moncayo con documento de identificación No.1723794788, 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: “Diseño y construcción de un banco de pruebas para la comprobación de electrobombas de gasolina en motores de combustión con inyección indirecta”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, 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

Quito, 02 de agosto del año 2024

Atentamente,



John Sebastian Coronel Allauca
1725500647



Andrés Sebastián Caizapanta Moncayo
1723794788

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, José Luis Mullo Casillas con documento de identificación N°0502365869, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA COMPROBACIÓN DE ELECTROBOMBAS DE GASOLINA EN MOTORES DE COMBUSTIÓN CON INYECCIÓN INDIRECTA, realizado por John Sebastian Coronel Allauca con documento de identificación N°1725500647 y por Andrés Sebastián Caizapanta Moncayo con documento de identificación N°1723794788, 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.

Quito, 02 de agosto del año 2024

Atentamente,



Ing. José Luis Mullo Casillas, PhD

0502365869

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mi madre Elena Allauca por su apoyo, sacrificio y amor incondicional a lo largo de la carrera manteniendo mi mente tranquila y guiándome siempre por el buen camino, gracias por enseñarme a enfrentar cada desafío con valentía y determinación, por ser mi mayor inspiración y mi fuerza en los momentos difíciles, por esperarme siempre con una sonrisa y un corazón lleno de amor. A mi padre Clever Coronel quien con su ejemplo de integridad y dedicación me ha enseñado el verdadero significado del esfuerzo, gracias por apoyarme siempre, tus sacrificios han sido fundamentales para que pudiera llegar a este punto de mi vida. A mi hermano Wladimir Coronel, compañero de aventuras y amigo más cercano, con el que he reído en toda ocasión y me ha enseñado a disfrutar de una vida más tranquila y relajada.

Les dedico la tesis con todo mi amor y gratitud ya que sin ustedes no podría haberlo logrado.

John Coronel

Dedico el presente proyecto a mis padres, Mireya Moncayo y Danilo Caizapanta, quienes me han criado y me han hecho la persona que soy hoy día. Les doy las gracias por darme su confianza y por convertirme en alguien con la capacidad de soñar y cumplir sus metas. Su amor, apoyo y sacrificio han sido el motor que me ha impulsado a lo largo de este camino. Les agradezco de igual manera a mis abuelos, Jorge Moncayo, Lupe Herrera y Susana Garcés, quienes me dieron el apoyo y el amor que necesitaba en los momentos más complicados de esta etapa de mi vida. Sus enseñanzas y consejos han sido fundamentales para superar los desafíos y seguir adelante.

También quiero agradecer a mis hermanos, amigos y familia, quienes siempre estuvieron dispuestos a ayudarme y que han estado conmigo desde que inicié este proceso hasta el día de hoy. Sus palabras de aliento y su compañía han sido invaluable para mantenerme motivado y enfocado en mis objetivos. A todas estas personas, les dedico este trabajo con mucho amor y lleno de agradecimiento. Sin ustedes, nada de esto habría sido posible. Este logro es tanto mío como suyo, y lo celebro con cada uno de ustedes en mi corazón.

Andrés Caizapanta

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA	2
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.	4
Marco Teórico	5
CAPÍTULO 1	10
SELECCIÓN DE COMPONENTES Y MATERIALES	10
1.1 Selección del caudalímetro	10
1.2 Selección del manómetro.....	15
1.3. Selección del material para el banco	19
1.4 Selección de la fuente	21
CAPÍTULO 2	24
DISEÑO DE COMPONENTES.....	24
2.1 Requisitos del banco de pruebas.....	24
2.2 Diseño conceptual de la estructura	24
2.3 Modelado 3D de la estructura.....	25
2.4 Elaboración de planos y esquemas	27
2.5 Tanque de combustible.....	27
2.6 Diagrama en el software Fluid SIM Hidráulica.....	28
2.7 Diseño en el software Proteus de la fuente de alimentación	29
CAPÍTULO 3	34
CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....	34
3.1 Corte	34
3.2 Doblado	35
3.3 Soldadura TIG	35
3.4 Instalación de los componentes en el banco.....	36
3.5 Instalación de mangueras.....	37
3.6 Acabado y montaje final.....	38

CAPÍTULO 4	39
PRUEBAS FINALES DE FUNCIONAMIENTO	39
4.1 Instalación de la electrobomba en el banco	39
4.2 Pruebas	42
4.2.1 Pasos para la prueba a diferentes voltajes sin ejercer Presión	43
4.2.2 Pasos para la prueba ejerciendo diferentes presiones a 13,5 V	44
4.2.3 Pasos para la prueba a presión máxima estimada por el fabricante a 60,72 (psi) variando el voltaje	44
4.2.4 Pasos para la prueba de activación de válvula de alivio a 13,5 V	45
4.2.5 Pasos para la prueba de Hermeticidad	45
4.3 Resultados y Análisis	46
4.3.1 Resultados de las pruebas a diferentes voltajes sin ejercer Presión	46
4.3.2 Prueba ejerciendo diferentes presiones a 13,5 V	51
4.3.3 Resultados de la prueba a presión estimada por el fabricante a 60,72 (psi) variando el voltaje.	55
4.3.4 Resultados de la prueba de activación de válvula de alivio a 13,5 V	57
4.3.5 Pruebas de Hermeticidad	58
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	62
ANEXOS.	65
Anexo 1. Banco de pruebas para la comprobación de electrobombas de gasolina con inyección indirecta (Componentes)	65
Anexo 2. Plano del banco de Pruebas de Electrobombas de gasolina	66
Anexo 3. Plano del tanque de combustible.	67
Anexo 4. Plano de la puerta del banco de pruebas.	68
Anexo 5. Plano de la tapa del Tanque	69
Anexo 6. Representación del circuito eléctrico de la fuente.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Caudalímetro de 0.5 a 4.0 LPM	15
Figura 1.2 Manómetro de glicerina 300 psi entrada posterior.....	19
Figura 1.3. Fuente de alimentación regulable Nice Power.....	23
Figura 2.1. Toma de medidas usando pie de rey de los diferentes componentes.....	25
Figura 2.2. Extrucción de piezas del banco	26
Figura 2.3. Perforación del banco en el programa.....	27
Figura 2.4. Diseño del tanque de combustible	28
Figura 2.5. Esquema Hidráulico	29
Figura 3.1. Cortadora de láminas de acero inoxidable	34
Figura 3.2. Doblado de láminas.....	35
Figura 3.3. Soldadora TIG.....	36
Figura 3.4. Perforación del banco.....	37
Figura 3.5. Instalación de mangueras y acoples	38
Figura 3.6. Banco de pruebas culminado	38
Figura 4.1. Electrobomba de combustible marca: Hyundai	39
Figura 4.2.Carcasa de electrobomba de combustible marca: Hyundai	40
Figura 4.3. Conector JST para la electrobomba de gasolina	40
Figura 4.4. Instalación de la electrobomba.....	41
Figura 4.5. Gasolina Extra colocada en el banco	41
Figura 4.6. Instalación de tapa y empaque	42
Figura 4.7. Electrobomba colocada en el banco.....	42
Figura 4.8. Gráfica Amperaje vs Voltaje.....	47
Figura 4.9. Gráfica Caudal vs Voltaje	48
Figura 4.10. Gráfica Caudal vs Amperaje	49
Figura 4.11. Gráfica Caudal vs Presión.....	52
Figura 4.12. Gráfica Amperaje vs Presión	53
Figura 4.13. Gráfica Caudal vs Amperaje	53
Figura 4.14. Gráfica Amperaje vs Voltaje.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Especificaciones de caudalímetros	10
Tabla 1.2. Ventajas y desventajas de un manómetro de Tubo Bourdon	16
Tabla 1.3. Ventajas y desventajas del manómetro.....	16
Tabla 1.4. Ventajas y desventajas de un manómetro de glicerina.....	17
Tabla 1.5. Comparación de los manómetros	17
Tabla 1.6. Tabla de análisis cuantitativo para elección del material	20
Tabla 1.7. Especificaciones de las fuentes de alimentación	21
Tabla 4.1. Electrobombas utilizadas para las pruebas	43
Tabla 4.2. Abreviaciones	46
Tabla 4.3. Pruebas a diferentes voltajes sin ejercer presión	47
Tabla 4.4. Prueba ejerciendo diferentes presiones	51
Tabla 4.5. Pruebas de variación de voltaje a 60.72 psi.....	56
Tabla 4.6. Activación de la válvula de alivio	58
Tabla 4.7. Pruebas de hermeticidad.....	58

RESUMEN

El presente documento describe el proceso de construir un banco de pruebas para comprobar electrobombas de gasolina con el fin de verificar y dar garantías de esta mediante pruebas como voltaje, amperaje y caudal del combustible en litros por minuto, estas pruebas nos permitirán conocer el estado en el que se encuentra la electrobomba para posteriormente ser instalada en el vehículo con total seguridad.

El diseño del banco se realiza utilizando herramientas de diseño asistidas por computadora (CAD) en este caso, Autodesk Inventor asegurando que el diseño final sea detallado y preciso para el trabajo a realizar. Además de ayudarnos en reducción de tiempos necesarios para la elaboración de planos y posibles mejoras en el diseño antes de su construcción final.

Para la construcción del banco se utilizó acero inoxidable para evitar la corrosión y mantener la durabilidad, especialmente porque el equipo se maneja con gasolina. Si la electrobomba por diferentes circunstancias está operando a valores superiores o elevados a las que se especifican, el amperaje y voltaje aumentan ocasionando que la electrobomba se caliente y posteriormente se queme. La mayoría de las electrobombas de gasolina manejan un rango de 30-40 psi que será fácil de comprobarlo mediante el banco de pruebas.

La electrobomba original demostró ser la más eficiente y fiable, manteniendo un caudal alto y constante con incrementos moderados en el amperaje y voltaje además indico un consumo menor en todas las pruebas. Su desempeño indica una alta calidad de construcción y componentes, reflejando una relación positiva y consistente entre voltaje, amperaje y caudal.

Palabras Claves: Electrobombas de gasolina, Inyección, Diseño, Combustible, Caudal

ABSTRACT

This document describes the process of building a test bench to test gasoline electric pumps in order to verify and give guarantees of this through tests such as voltage, amperage and fuel flow in liters per minute, these tests will allow us to know the state in which is the electric pump to be subsequently installed in the vehicle with total security.

The design of the bench is done using computer aided design tools (CAD) in this case, Autodesk Inventor ensuring that the final design is detailed and accurate for the work to be done. In addition to helping us reduce the time required for the preparation of drawings and possible improvements in the design before its final construction.

Stainless steel was used for the construction of the bench to avoid corrosion and maintain durability, especially since the equipment is operated with gasoline. If the electric pump, due to different circumstances, is operating at higher or higher values than those specified, the amperage and voltage increase, causing the electric pump to heat up and subsequently burn out. Most gasoline electric pumps handle a range of 30-40 psi which will be easy to check on the test bench.

The original electric pump proved to be the most efficient and reliable, maintaining a constant high flow rate with moderate increases in amperage and voltage and indicated lower consumption in all tests. Its performance indicates a high quality of construction and components, reflecting a positive and consistent relationship between voltage, amperage and flow.

Keywords: Gasoline electric pumps, Injection, Design, Fuel, Fuel, Flow.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la venta de repuestos automotrices ha aumentado debido al incremento de vehículos. Esto ha llevado a que varias marcas reduzcan la calidad de sus productos para venderlos más baratos. En particular, nos centramos en las electrobombas de gasolina, que tienen una amplia gama de modelos y marcas. Por esta razón, se decidió crear un banco de pruebas para verificar el estado del producto antes de su instalación en el automóvil.

En el capítulo 1 se presenta la selección de componentes, como el caudalímetro, manómetro y la fuente de alimentación, además del material utilizado para construir el banco. Para la selección, se aplicó una ponderación lineal, además se elaboraron tablas comparativas que detallan las ventajas y desventajas de cada opción. Este enfoque permitió tomar decisiones bien fundamentadas y alineadas con los parámetros requeridos para el banco de pruebas.

En el capítulo 2 se muestra el diseño de los componentes y proceso de diseño del banco el cual se lo realizó mediante el software Inventor y en el que se incluyen los planos utilizados para su posterior construcción, la estructura del banco se diseña con un enfoque centrado en la funcionalidad, la practicidad y la facilidad de uso para el operador, además de una caracterización de la fuente de alimentación mediante el software de diseño y simulación electrónica (Proteus) en el cual se diseñó el circuito eléctrico para el accionamiento de la electrobomba de gasolina.

El capítulo 3 se describe el procedimiento de construcción y ensamblaje del banco de pruebas. Se detallan sus etapas de fabricación, desde la elección del mejor material para su elaboración, hasta la construcción de la estructura, considerando el uso de gasolina durante las pruebas. Se especifica que el ensamblaje se realizó mediante soldadura TIG, destacando las ventajas de este método para asegurar la integridad y calidad de las uniones. Finalmente, se presenta el resultado final del banco de pruebas, mostrando sus acabados.

En el capítulo 4 se interpretan y se explican los resultados de las pruebas realizadas en el banco comparándolo con detalles proporcionados por el fabricante, por lo tanto, las principales características revisadas son el caudal de combustible, amperaje, voltaje y presión que genera la misma.

PROBLEMA

La industria automotriz requiere de componentes innovadores para mantener un margen de ventas alto y se necesita que los elementos que lo constituyen sean de buena calidad para mantener una adecuada eficiencia y rendimiento del auto. Actualmente, existen diferentes calidades, precios y marcas al hablar de una electrobomba de gasolina.

Hoy las electrobombas de gasolina no siempre cumplen con los requerimientos necesarios para su funcionamiento, algunas vienen con fallas o clonadas por marcas reconocidas, pero las más afectadas son las casas de repuestos automotrices, ya que realizan las ventas del producto. Por esta razón en muchos almacenes de repuestos se requiere del banco que realice una evaluación precisa y rápida para verificar si la electrobomba de gasolina está trabajando a los valores correctos.

La incorporación de un banco de pruebas en los establecimientos que comercializan repuestos automotrices es fundamental por dos razones principales. En primer lugar, permite asegurar la calidad de las electrobombas de gasolina que se comercializan, verificando que funcionen correctamente antes de venderlas. En segundo lugar, fortalece los vínculos comerciales entre los clientes y proveedores del sector automotriz al generar mayor confianza en los productos que se ofrecen. En resumen, contar con un banco de pruebas permite garantizar la calidad de las electrobombas de gasolina previo a su venta, protegiendo así el prestigio y la buena reputación de los negocios especializados en la venta de repuestos automotrices ante sus clientes.

De acuerdo con Parera (1990), las electrobombas se denominan sumergidas porque se accionan por un motor eléctrico refrigerado por el caudal del combustible que genera la bomba. los sistemas de inyección necesitan generar una presión superior para lograr una correcta atomización o vaporización del combustible. Una mayor presión es determinante en el sistema de inyección para asegurar que la gasolina se disperse en pequeñas gotas o partículas, facilitando así su mezcla con el aire antes de ingresar a los cilindros del motor. Por ello, es un requerimiento importante que la electrobomba de gasolina se encuentre en perfecto estado para su correcto funcionamiento (López Vidal-Abarca et al., 2021).

Es importante realizar varias pruebas para encontrar una electrobomba de gasolina recomendable para el comprador y que se relacione en calidad-precio y que cuenten con certificados de garantía y seguridad para realizar un trabajo óptimo. Por lo tanto, se debe considerar que las fallas en una electrobomba de gasolina dependen de varios factores como puede ser de un mantenimiento inadecuado y sus condiciones de uso. Por eso hubo que diseñar un banco de pruebas de electrobombas de gasolina.

En vista de ello, el proyecto se delimita físicamente a laboratorios automotrices y talleres de mantenimiento y reparación de vehículos. Se extendería geográficamente a nivel nacional, ya que los problemas están siempre presentes en el vehículo y son más comunes de lo pensado.

Delimitación del problema. –

El proyecto y diseño del equipo se restringe físicamente a laboratorios especializados y distribuidores de repuestos automotrices, así como a talleres de mantenimiento y reparación de vehículos, donde se evaluarán electrobombas de gasolina para vehículos ligeros. Esta limitación física implica un desafío significativo para asegurar que el banco de pruebas sea funcional y eficiente, y seguro y confiable en todas sus operaciones.

Además, se han llevado a cabo simulaciones detalladas para evaluar el desempeño del equipo bajo diversas condiciones operativas, aunque la complejidad inherente a la diversidad de escenarios de prueba representa otra limitación a superar. Este enfoque busca asegurar la robustez y consistencia de los resultados obtenidos, a pesar de las variaciones esperadas en las condiciones reales de uso de las electrobombas.

Objetivo General.

Construir un banco universal de comprobación de electrobombas de gasolina para motores de combustión equipados con inyección indirecta que verifique sus valores de funcionamiento de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

Objetivos Específicos.

- Analizar y elegir de manera efectiva los componentes a utilizar en el banco de pruebas para comprobar las electrobombas de gasolina.
- Diseñar el circuito de control a utilizar para el accionamiento de la electrobomba dentro del banco de pruebas en el que se verificara la eficiencia de la bomba, flujo de combustible y pruebas de fugas.
- Ensamblar el banco de pruebas que nos permitirá obtener datos visuales para el correcto diagnóstico y verificar el estado de la electrobomba de gasolina.
- Realizar pruebas con diferentes electrobombas de gasolina y compararlos con los valores de funcionamiento estandarizados por el fabricante como presión, caudal de combustible, voltaje e intensidad de corriente.

Marco Teórico

Electrobomba de Gasolina

La electrobomba de combustible es un componente sustancial dentro del sistema de un auto ya que provee combustible desde el depósito al sistema de inyección. Por ello, el suministro de gasolina debe ser constante y adecuado, además de que la misma debe mantener una presión apropiada, necesaria para la inyección precisa del combustible en los cilindros para que el motor actúe correctamente. Una electrobomba de gasolina funcionando correctamente ayuda a mejorar el rendimiento, mejora el consumo de combustible y reduce los gases tóxicos. Las fallas en una electrobomba de gasolina pueden ocasionar, pérdida de potencia, bajo rendimiento y dificultad al arrancar el vehículo (Paz & Alfredo, 2010).

Válvula de Alivio

Una válvula de alivio en las electrobombas de gasolina es un componente crucial que se utiliza para proteger el sistema hidráulico de sobrepresiones que podrían dañar los componentes o causar fallos operativos.

La válvula de alivio se encarga de regular la presión dentro del sistema de bombeo. En situaciones donde la presión excede un nivel preestablecido, la válvula de alivio se abre para permitir que parte del fluido (en este caso, gasolina) regrese al tanque o a una línea de retorno. Esto evita que la presión continúe aumentando, protegiendo así el sistema de posibles daños.

La válvula de alivio está diseñada con un resorte calibrado que mantiene la válvula cerrada bajo condiciones normales de operación. Cuando la presión de gasolina excede la fuerza del resorte, la válvula se abre, permitiendo que el exceso de fluido se descargue hasta que la presión vuelva a niveles seguros. Una vez que la presión se reduce, el resorte cierra la válvula nuevamente, restableciendo el circuito a su estado normal (Gómez & Ramírez, 2014).

Sistema de Alimentación

Los sistemas de inyección son el método actual de suministrar combustible a los motores de gasolina; por ende, el sistema se apoya en los inyectores que se sitúan en la cámara de

combustión para entregar combustible al motor. Este sistema se basa en la proporción precisa de gasolina necesaria para el proceso de combustión dentro del motor según las necesite el vehículo. El mismo, recibe almacena y proporciona gasolina para un correcto rendimiento del motor (Paz & Alfredo, 2010).

Inspección a las electrobombas de gasolina

Se debe revisar siempre las conexiones eléctricas como los fusibles, relé y cables. Las mangueras que son las encargadas de transportar la gasolina al manipularlas con fuerzas estas pueden romperse o deformarse al estar en altas temperaturas. Es importante no disminuir el nivel de combustible por debajo de $\frac{1}{4}$ de su capacidad total ya que la gasolina funciona como un refrigerante ante la electrobomba de gasolina (Lema, 2019).

Los inconvenientes más comunes al dañarse una electrobomba de combustible son: arranque difícil del auto, ralentí irregular, cabeceo o golpeteo y pérdida de potencia. La electrobomba de combustible requiere una presión mínima de 2 bares, que puede aumentar hasta 4 bares dependiendo de la velocidad del automóvil.

Prefiltros de combustible

El prefiltro se encuentra situado antes de la electrobomba, y es crucial reemplazarlo, ya que su falta podría resultar en daños a la electrobomba debido a que se puede quemar al estar obstruida. La operación eficiente de la bomba depende de la presencia del prefiltro, cuya función es aspirar las impurezas presentes en el combustible. Está instalado después de la electrobomba y consta de un elemento de papel que se encarga de realizar la limpieza del combustible, además de posibles partículas (Madriral et al., 2013).

Manómetro

El manómetro tiene un papel decisivo en la fase de verificación de las electrobombas de gasolina en el banco de pruebas. Este dispositivo mide la presión del líquido, en este caso el combustible que la electrobomba empuja hacia el riel de inyectores. Esencialmente, permite observar la fuerza con la que la electrobomba suministra el combustible al sistema de inyección, lo que resulta fundamental para garantizar un funcionamiento óptimo del motor.

En el contexto del banco de pruebas, la lectura en el manómetro muestra la presión generada por la electrobomba la cual debe estar dentro de una condición específica para asegurar un buen rendimiento del sistema de inyección.

Generalmente, la presión normal de funcionamiento en general del vehículo esta entre 3 y 3,5 bar, o de 43 a 50 libras por pulgada cuadrada ($\frac{lbf}{in^2}$). Sin embargo, estos valores pueden variar según las especificaciones del fabricante del vehículo. Por lo tanto, durante la prueba en el banco de pruebas, es crucial comparar la presión medida con los valores recomendados por el fabricante para asegurar la conformidad con los estándares de calidad (Castro, 2021).

La presión es fundamental para el trabajo adecuado del sistema de inyección de gasolina, porque verifica que cumpla con los requisitos del motor. Cada tipo de vehículo tiene un nivel de presión específico proporcionado por el fabricante, lo que resalta la importancia de una medición precisa y un ajuste adecuado durante las pruebas en el banco de pruebas para avalar un trabajo preciso del sistema de inyección de combustible. Entonces, el manómetro no solo es una herramienta de medición, sino también una pieza clave en el proceso de verificación de electrobombas de combustible para garantizar un rendimiento confiable del motor (Reyes, 2018).

Voltaje

El voltaje necesario para que una electrobomba de gasolina trabaje de manera eficiente y mantenga una presión adecuada es un factor crítico en su funcionamiento. Generalmente, el voltaje requerido oscila entre 12 y 12,4 voltios. Si el voltaje suministrado es inferior a este rango, la presión generada por la electrobomba disminuirá, lo que podría impactar negativamente el desempeño del motor y la eficiencia del combustible. Por lo tanto, es crucial garantizar que el sistema eléctrico del vehículo proporcione el voltaje adecuado para la operación adecuada de la electrobomba de gasolina.

Amperaje

Es fundamental mantener un amperaje correcto (aproximadamente 5 amperios) en una electrobomba de gasolina para asegurar su eficiencia y alargar su vida útil. Un amperaje

adecuado permite que la electrobomba proporcione la presión y el flujo de combustible necesarios sin sobrecargas ni sobrecalentamientos. Esto ayuda a prevenir fallos tempranos y asegura el rendimiento óptimo del motor, evitando problemas de disminución de potencia y consumo excesivo de gasolina.

Caudalímetro

El flujo de combustible que envía la electrobomba pasa por el caudalímetro, que es el dispositivo responsable de cuantificar o medir la cantidad de gasolina por unidad de tiempo, en el banco de pruebas una electrobomba a unos valores de 12,4 (V), 5,15 (A) y 4 bares deben tener un caudal superior a 100 l/h. Por lo tanto, la relación entre presión y caudal nos dice si la electrobomba está o no en buen estado. El calibrador que se encuentra dentro del caudalímetro se usa para precisar las dimensiones de un objeto, por lo que el principio de operación involucra el empleo de dos mandíbulas o extremos que se mueven en una escala graduada (Hernández, 2008).

Es crucial determinar si la electrobomba de gasolina suministra la cantidad necesaria de combustible porque es necesario satisfacer las diversas etapas de operación del motor, desde el ralentí hasta la carga completa. Esta evaluación se realiza mediante la medición del caudal, lo que proporciona la seguridad de garantizar que el motor absorba la cantidad adecuada de gasolina por un funcionamiento óptimo.

Medición de Corriente

El propósito principal de la prueba es calcular la corriente que consume la electrobomba de combustible. Al medir la corriente, buscamos identificar posibles problemas internos en la electrobomba, como desgaste, suciedad o fallos eléctricos. Aunque una bomba pueda mostrar una presión y caudal adecuados, estas medidas por sí solas no garantizan que todas las condiciones operativas sean óptimas. Un consumo de corriente extraño puede indicar que la electrobomba está trabajando bajo condiciones de estrés, lo que podría llevar a un fallo prematuro. Además, una corriente correcta asegura y mejora la eficiencia del sistema, extiende la vida útil de la electrobomba y contribuye al óptimo rendimiento del motor, evitando problemas como la falta de potencia e incremento en el consumo de gasolina.

Realizar esta prueba regularmente es fundamental para el mantenimiento preventivo del sistema de combustible.

Unidad de Control

Es el elemento central en el sistema, desempeñando el papel de "cerebro" al intentar calcular la cantidad exacta de combustible a inyectar es crucial. Por lo tanto, este cálculo se basa en los datos recolectados por los sensores del sistema. La unidad de control ajusta la cantidad de gasolina suministrada al motor regulando la duración de apertura de válvulas, más bien conocida como tiempo de inyección. (Trujillo-Tello et al., 2020)

La unidad de control calcula la porción exacta de gasolina que se debe inyectar a cada instante utilizando la información proporcionada por varios sensores, como el sensor de presión de combustible y el sensor de flujo de aire. Este proceso de control constante y preciso mejora la eficacia del sistema de inyección y prolonga la vida útil de la electrobomba de gasolina y el motor del vehículo.

CAPÍTULO 1

SELECCIÓN DE COMPONENTES Y MATERIALES

La selección de componentes es una parte fundamental en la construcción de cualquier equipo. Este proceso se realiza para asegurar que los componentes cumplan con los requisitos para el correcto funcionamiento del equipo y verificar que sean compatibles. Además, se considera la mejor opción en términos de presupuesto, prestaciones, calidad y fiabilidad. Para ello, es común utilizar una metodología que permita comparar varias alternativas, garantizando que se elijan los componentes más adecuados. Según César Andrés Rivera Morales, la evaluación meticulosa de los dispositivos antes del proceso de construcción del banco es esencial para identificar y mitigar posibles incompatibilidades y deficiencias en el diseño, lo que resulta en un dispositivo más robusto y fiable (Rivera Morales, 2017).

1.1 Selección del caudalímetro

Para la selección de un este elemento se tomó en cuenta 3 equipos que desempeñen con las características que se necesita para calcular el flujo de combustible como se muestra en la Tabla 1.1 que circula por una electrobomba de gasolina tomado en cuenta que las electrobombas tienen una capacidad de flujo de 0.946 a 2.21 litros por minuto (LPM).

Tabla 1.1 Especificaciones de caudalímetros

Comparación de caudalímetros			
Fabricante	Uxcell	Ftvogue	Xnrtop
Criterios -Rango de flujo	15-150 LPM	0.5-4.0 LPM	0.2-2 LPM
Material	Fibra – Acero inoxidable interior	Material acrílico- Acero inoxidable interior	Plástico- Acero inoxidable interior

Dimensiones	0,68 × 0,68 × 3,02 (m)	0,18 × 0,10 × 0,0399 (m)	0,245x0,04x0,04 (m)
Peso	0,90 (kg)	1,20 (kg)	0,98 (kg)
Presión de operación	6,8 (bar)	6,8 (bar)	6,8 (bar)

A continuación, se muestra los pasos utilizados para realizar una ponderación lineal para la elección del caudalímetro según (A. Rodríguez et al., 2021).

Primero, se asigna pesos a los criterios según su importancia. Los criterios que podrían influir en la puntuación incluyen el rango de flujo, el material, las dimensiones, el peso y la presión de operación. Luego, se normaliza los valores, convirtiendo todos los valores a una escala común para compararlos equitativamente. Después, se asigna puntos a cada criterio, basados en la normalización y los pesos de los criterios. Finalmente, se suman los puntos para cada caudalímetro, calculando la puntuación total ponderada para cada uno.

Paso 1.- Se coloca los siguientes pesos para los criterios los mismos se pueden ajustar dependiendo su importancia relativa que se les quiera asignar.

- Rango de flujo: 20%
- Material: 30%
- Dimensiones: 20%
- Peso: 20%
- Presión de operación: 10%

Paso 2.- Se normaliza los valores.

Rango de flujo en LPM:

- Uxcell: 150 LPM (máximo)
- Ftvogue: 4 LPM

- Xnrtop: 2 LPM

Normalización:

$$\text{Valor normalizado} = \frac{\text{Flujo (LPM)}}{\text{Flujo M\u00e1ximo (LPM)}} \quad \text{Ec. (1.1)}$$

$$U_{\text{xcell}} = \frac{150}{150} = 1.0$$

$$F_{\text{tvogue}} = \frac{4}{150} = 0.027$$

$$X_{\text{nrtop}} = \frac{2}{150} = 0.013$$

Material:

Se asignaron valores entre 0 y 1 basado en la preferencia

- Uxcell: 0.8
- Ftvogue: 1.0
- Xnrtop: 0.6

Dimensiones (Volumen)

Se calcul\u00f3 el volumen para normalizar.

- Uxcell: $68\text{cm} \cdot 68\text{cm} \cdot 302\text{cm} = 1.400.992\text{cm}^2$
- Ftvogue: $18\text{cm} \cdot 10\text{cm} \cdot 3.99\text{cm} = 718.2\text{cm}^2$
- Xnrtop: $24.5\text{cm} \cdot 4\text{cm} \cdot 4\text{cm} = 392\text{cm}^2$

En la Ec. (1.2) se expresa la f\u00f3rmula para la normalizaci\u00f3n.

$$\text{Valor normalizado} = \frac{\text{Valor original}}{\text{Valor m\u00e1ximo}} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

Aplicaci\u00f3n de la f\u00f3rmula a cada caudal\u00edmetro:

$$\text{Valor normalizado de Uxccl} = \frac{1400992}{1400992} = 1.0$$

$$\text{Valor normalizado de Ftvogue} = \frac{718.2}{1400992} = 0.0005$$

$$\text{Valor normalizado de Xnrtp} = \frac{392}{1400992} = 0.0003$$

Peso (valor invertido porque menor peso es mejor)

- Uxccl: 0.90 kg
- Ftvogue: 1.20 kg
- Xnrtp: 0.98 kg

Para la normalización del peso se utilizó la Ec.1.2 mostrada anteriormente.

$$\text{Valor normalizado de Uxccl} = \frac{1}{0.90} = 1.11$$

$$\text{Valor normalizado de Ftvogue} = \frac{1}{1.20} = 0.83.$$

$$\text{Valor normalizado de Ftvogue} = \frac{1}{0.98} = 1.02$$

Presión de operación

- Uxccl: 1.0
- Ftvogue: 1.0
- Xnrtp: 1.0

Paso 3.- Sumar los puntos para cada criterio (Puntaje Total).

$$\text{PT} = (\text{Rago de flujo} \cdot 0.20) + (\text{material} \cdot 0.30) + (\text{dimensiones} \cdot 0.20) + (\text{peso} \cdot 0.20) + (\text{Presión de operación} \cdot 0.10) \quad \text{Ec. (1.3)}$$

Uxccl:

$$PT = (1.0 \cdot 0.20) + (0.8 \cdot 0.30) + (1.0 \cdot 0.20) + (1.11 \cdot 0.20) + (1.0 \cdot 0.10)$$

$$PT = 0.20 + 0.24 + 0.20 + 0.222 + 0.10$$

$$PT = 0.962$$

Ftvogue:

$$PT = (0.027 \cdot 0.20) + (1.0 \cdot 0.30) + (0.0005 \cdot 0.20) + (0.83 \cdot 0.20) + (1.0 \cdot 0.10)$$

$$PT = 0.0054 + 0.30 + 0.0001 + 0.166 + 0.10$$

$$PT = 0.5715$$

Xnrtop:

$$PT = (0.013 \cdot 0.20) + (0.6 \cdot 0.30) + (0.0003 \cdot 0.20) + (1.02 \cdot 0.20) + (1.0 \cdot 0.10)$$

$$PT = 0.0026 + 0.18 + 0.0006 + 0.204 + 0.10$$

$$PT = 0.4872$$

Selección del Caudalímetro:

- **Uxcell:** 0.962
- **Ftvogue:** 0.5715
- **Xnrtop:** 0.4872

Aunque la marca Uxcell obtuvo los mayores resultados en las evaluaciones, su caudalímetro no cuenta con una válvula reguladora y sus dimensiones eran excesivamente grandes, con un rango de flujo de hasta 150 LPM. Este rango elevado no era viable para nuestras necesidades, ya que un máximo de 4.0 LPM es más que suficiente para las pruebas planificadas. Por esta razón, se optó por el caudalímetro del fabricante Ftvogue, con un rango de flujo de 0.5-4.0 LPM. Este modelo no solo cumple con los requisitos ideales, sino que también se encuentra elaborado con materiales de calidad y el que mejor se adapta a las

especificaciones del proyecto, contando este con una perrilla para poder modificar el flujo de combustible, así como pernos en la parte trasera para sujetarlo al banco tiene en su parte frontal cuenta con la escala de medición en litros por minuta como se muestra en la Figura 1.1.

Figura 1.1: Caudalímetro de 0.5 a 4.0 LPM



Fuente: Autores

1.2 Selección del manómetro

La correcta selección del manómetro es fundamental ya que nos proporciona la lectura de la presión del combustible y es uno de los factores más críticos para evaluar el desempeño de la electrobomba. Por lo tanto, una lectura imprecisa nos puede llevar a conclusiones erróneas sobre el funcionamiento de la electrobomba.

Un manómetro adecuado asegura que las evaluaciones de las electrobombas de gasolina sean precisas mejorando la eficiencia del proceso de prueba. Esto no solo proporciona resultados confiables, sino que también optimiza la operatividad del banco de pruebas. Es por ello que se realizó un cuadro con las ventajas y las desventajas de los manómetros más utilizados en la industria, se detallan desde la Tabla 1.2 hasta la Tabla 1.4.

- Manómetro de tubo Bourdon

Este tipo de manómetro utiliza un tubo Bourdon, que se deforma en respuesta a la presión interna del combustible. La deformación del tubo mueve una aguja sobre una escala calibrada para indicar la presión (Hernández et al., 2017).

Tabla 1.2. Ventajas y desventajas de un manómetro de Tubo Bourdon

Ventajas	Desventajas
Amplia gama de presiones	Sensible a golpes y vibraciones
Fácil de leer y calibrar	Puede ser afectado por fluctuaciones de temperatura
Construcción robusta y duradera	Requiere recalibración periódica
Precisión y fiabilidad	Puede tener errores debido a la fatiga del material

- Manómetro Digital

Los medidores de presión digitales emplean sensores electrónicos para detectar la presión y muestran la lectura en una pantalla digital. Son conocidos por su precisión y capacidad de integrarse con otros sistemas electrónicos como se ve en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Ventajas y desventajas del manómetro

Ventajas	Desventajas
Alta precisión y capacidad de lectura detallada	Requiere fuente de alimentación (baterías o conexión eléctrica)
Puede almacenar datos y conectarse a sistemas de control	Más caro en comparación con manómetros mecánicos
Rápida respuesta a cambios de presión	Sensible a condiciones ambientales extremas
Funciones adicionales como alarmas y registros	Puede requerir calibración y mantenimiento especializados

- Manómetro de Glicerina

Los manómetros llenos de glicerina están diseñados para reducir las vibraciones y pulsaciones, proporcionando lecturas más estables. La glicerina actúa como un amortiguador que protege los componentes internos del manómetro (Sorrosa et al., 2008).

Tabla 1.4. Ventajas y desventajas de un manómetro de glicerina

Ventajas	Desventajas
Amortiguación de vibraciones y pulsaciones	Más pesado que los manómetros secos
Mayor vida útil debido a la protección interna	El glicerol puede congelarse en temperaturas muy bajas
Lectura más estable en condiciones de operación severas	Más caro que los manómetros sin líquido
Resistente a la corrosión y contaminación interna	Posible fuga de glicerina si el sello está comprometido

La Tabla 1.5 presenta una comparativa de los manómetros para seleccionar la mejor opción basándose en diferentes criterios como vibraciones, precisión, durabilidad, facilidad de lectura y costos.

Tabla 1.5. Comparación de los manómetros

Criterio	Manómetro de Glicerina	Manómetro de Tubo Bourdon	Manómetro Digital
Amortiguación de Vibraciones	Excelente	Pobre	Depende del modelo
Precisión en Condiciones Severa	Alta	Moderada	Alta
Durabilidad	Alta	Moderada	Alta, pero depende de la electrónica

Facilidad de Lectura	Alta (debido a la estabilidad de la aguja)	Alta, pero afectada por vibraciones	Muy alta
Mantenimiento	Bajo	Moderado	Alto (debido a componentes electrónicos)
Costo	Moderado	Bajo	Alto

Se descartó el uso del manómetro digital debido a las vibraciones generadas por la activación de la electrobomba en el banco de pruebas, las cuales podrían comprometer la precisión de las mediciones. En contraste, el manómetro de glicerina se destacó como una opción más adecuada asegurando lecturas estables y precisas. Además, se consideró que el manómetro de glicerina ofrece ventajas significativas en términos de costo inicial y mantenimiento, lo que lo convierte en una opción rentable a largo plazo para el banco de pruebas.

La glicerina dentro del manómetro actúa como un amortiguador, reduciendo las vibraciones y pulsaciones que son comunes en los sistemas de bombeo de combustible. Esto resulta en lecturas más estables y precisas. Además, la glicerina ayuda a proteger los componentes internos del manómetro contra la corrosión, especialmente cuando se mide la presión de combustibles que pueden contener impurezas

La capacidad de amortiguación de la glicerina ayuda a prevenir picos de presión y golpes hidráulicos, reduciendo el riesgo de fallos catastróficos en el sistema de prueba. Seleccionar el manómetro de glicerina para el banco de pruebas de electrobombas de gasolina proporciona ventajas significativas en términos de estabilidad de lectura, durabilidad, precisión en condiciones extremas y reducción de mantenimiento.

Estas características del manómetro de glicerina aseguran que el proceso de prueba sea más fiable, seguro y eficiente, lo que resulta en evaluaciones más precisas y consistentes de las electrobombas de gasolina.

En la Figura 1.2 se muestra el manómetro seleccionado, el cual cumple con todos los parámetros requeridos y necesarios para su instalación en el banco de pruebas.

Figura 1.2: Manómetro de glicerina 300 psi entrada posterior



Fuente: Autores

1.3. Selección del material para el banco

La selección del material del que será construido el banco es un paso crucial debido a varios factores ya que puede afectar directamente en su durabilidad, funcionalidad y costo del banco de pruebas. A continuación, se detallan algunos aspectos tomados a la hora de elegir el material correcto.

- **Ambiente o entorno de trabajo:** Es importante constatar en donde estará ubicado el banco de pruebas en este caso estará principalmente en casas de repuestos automotrices y talleres por lo cual puede estar en contacto directo con diferentes sustancias como por ejemplo gasolina.

Un material como el acero inoxidable es una opción viable ya que es resistente a la corrosión.

- **Seguridad:** Al estar expuesto a corrosión el banco y al no tener un material correcto con el tiempo este se puede debilitar y causar fallas en el mismo.
- **Frecuencia de uso:** El banco está pensado para ser utilizado constantemente por ello se tiene que tomar en cuenta un material como acero inoxidable aluminio o tol estos materiales aseguran un soporte al desgaste por el uso.

- Importancia de elegir un buen material: Al elegir un material bueno supone un costo de inversión más alto al inicio, pero ahorrando costos y durabilidad a largo plazo.

Seleccionar el material apropiado para construir un banco que pruebe las electrobombas de combustible es esencial para asegurar la funcionalidad, seguridad, durabilidad y eficiencia del banco. Cada material tiene sus beneficios y desventajas es por ello que tienen que ser meticulosamente evaluadas en relación con los requisitos específicos de la aplicación. (Padilla, 1999)

En la Tabla 1.6. muestra un análisis cuantitativo en el que se detalla la densidad su resistencia, elasticidad, resistencia a la corrosión, costo, durabilidad y procesabilidad para escoger la mejor opción.

Tabla 1.6. Tabla de análisis cuantitativo para elección del material

Material	Acero inoxidable	Aluminio	Acero al carbono
Densidad (g/cm ³)	7.85	2.70	7.85
Tracción (MPa)	620-750	200-400	400-550
Elasticidad (GPa)	180-210	69-80	190-210
Resistencia a la Corrosión	Muy Alta	Media	Baja
Costo (1-bajo) (10-muy alto)	8	4	2
Durabilidad	Muy alta	Alta	Alta
Procesabilidad	Difícil se requiere equipo especializado	Fácil de mecanizar y soldar	Media

Al analizar los materiales propuestos destaca la superioridad del acero inoxidable para la construcción del banco de pruebas, primero porque ofrece una clara resistencia a la corrosión, ya que se usará gasolina en las pruebas. Además, el acero inoxidable puede durar años sin necesidad de mantenimientos.

1.4 Selección de la fuente

Elegir una fuente correcta es importante en el proyecto ya que será la encargada de suministrar voltaje y amperaje para el accionamiento de la electrobomba es por ello que se realizó una tabla en la que muestra 3 opciones de fuentes de alimentación para escoger la que más se adecúe para el banco. La figura 1.3. muestra la fuente de alimentación elegida para ser colocada en el banco Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Especificaciones de las fuentes de alimentación

Marca y Modelo	Voltaje máximo	Corriente máxima	Tipo de regulación	Precisión de la pantalla
Nice Power	30V	10A	Conmutación Ajustable	Alta precisión
Korad KA3005P	30V	5A	Lineal Regulada	$\pm 0.5\%$ + 2 dígitos
Rigol DP832	32V	3A	Lineal Regulada	$\pm 0.03\%$ + 10mV

- **Fuente de alimentación Nice Power**

Es una fuente de alimentación que brinda un rango de salida de hasta 30V y 10A recalando por su alta precisión y versatilidad, la misma está equipada con una pantalla LED permitiendo una lectura clara, sus particularidades de protección contienen prueba de plomo, lo cual es fundamental para mantener la seguridad de los dispositivos conectados. Es una elección ideal para proyectos de alta demanda de corriente, como el trabajo con motores o

componentes de alta potencia. Además de tener protección contra sobrecarga y sobrecalentamiento al poseer un ventilador.

- **Fuente de alimentación Korad**

Es una fuente de alimentación lineal regulada que ofrece hasta 30V y 5A, conocida por su claridad y fiabilidad. La pantalla LED de 4 dígitos suministra lecturas precisas con una desviación mínima de $\pm 0.5\%$ + 2 dígitos. Una característica apreciable es su puerto USB para control remoto, admitiendo su integración en sistemas automatizados de pruebas y laboratorios. La protección contra sobrecarga, cortocircuito asegura una operación segura y extiende la vida útil de los componentes acoplados. Es una elección excelente para entornos de laboratorio donde la precisión y la protección son cruciales.

- **Fuente de alimentación Rigol**

Es una fuente de alimentación lineal regulada de alta gama, ofreciendo tres canales de salida con un máximo de 32V y 3A. Su pantalla LCD suministra una interfaz de usuario avanzada con una exactitud de $\pm 0.03\%$ + 10mV, lo que la hace excelente para proyectos que solicitan extrema precisión. La DP832 incluye múltiples puertos de conectividad como USB, LAN y RS232, proporcionando su combinación en sistemas complejos y admitiendo el control remoto. Además, cuenta con protección avanzada contra sobrevoltaje, sobre corriente y sobre temperatura, asegurando una operación segura y confiable en entornos exigentes como laboratorios de investigación y desarrollo.

En la Figura 1.3 se observa la fuente de voltaje Nice Power, la cual cuenta con tres entradas para conexiones eléctricas y perillas para la regulación del voltaje. la elección de la fuente de alimentación Nice Power se basa en varios factores técnicos clave que la hacen ideal para su uso en un laboratorio automotriz y mejor aún para ser utilizado en el banco de pruebas para alimentar una electrobomba de gasolina. El amplio rango de voltaje y corriente que maneja permite la alimentación no solo para electrobombas de combustible sino para una variedad de componentes que regularmente se utilizan en el área automotriz.

Figura 1.3: Fuente de alimentación regulable Nice Power



Fuente: Autores

La fuente está diseñada para ofrecer alta precisión en sus salidas de voltaje y corriente lo cual es crucial para obtener resultados confiables. La precisión es esencial en la evaluación de los componentes automotrices para asegurar que se comporten de manera esperada bajo sus condiciones óptimas de funcionamiento. Además, se tomó en cuenta su relación en calidad- precio para su elección.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE COMPONENTES

Este capítulo detalla el diseño estructural del banco para la verificación de electrobombas de gasolina en motores de combustión interna con inyección indirecta, utilizando Autodesk Inventor. Se abordan consideraciones técnicas como la selección de materiales, ergonomía, precisión, y seguridad. El diseño incluye la geometría óptima, el proceso abarca la creación de esquemas iniciales. Este enfoque asegura que la estructura satisfaga los más altos estándares de eficacia y funcionalidad para pruebas precisas y fiables.

2.1 Requisitos del banco de pruebas

El objetivo es verificar los valores de funcionamiento de las electrobombas de gasolina según las especificaciones del fabricante. Esto incluye parámetros como presión, flujo y rendimiento general de las electrobombas bajo condiciones controladas, con los componentes adquiridos para el banco. La estructura tiene que resistir el peso de todos los equipos de prueba, incluidas las electrobombas y herramientas necesarias para la medición y el análisis. Es esencial que la estructura proporcione una base estable y rígida para evitar vibraciones y movimientos que puedan afectar la precisión de los datos obtenidos y, por ende, los resultados de las pruebas. Además, el diseño debe permitir un fácil acceso para el mantenimiento y la observación de pruebas realizadas, lo que implica una configuración que facilite el montaje y desmontaje de los componentes y equipos de prueba.

En esta evaluación se utilizaron electrobombas de la marca Hyundai, modelo Tucson, debido a que estas electrobombas son muy comerciales y ampliamente disponibles en el mercado, lo que facilita su adquisición y reposición. Asimismo, previamente se contaba con dos electrobombas de este modelo, lo que permitió un aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles.

2.2 Diseño conceptual de la estructura

Para la parte del diseño es crucial comenzar con la creación de bocetos preliminares. Estos bocetos ayudan a visualizar y comprender mejor las necesidades y objetivos tanto estéticos

como prácticos de la estructura. Es esencial tomar medidas precisas de los componentes seleccionados para asegurarse de que se coloquen en posiciones que sean cómodas para el operario, manteniendo siempre la seguridad y cumpliendo con el circuito establecido.

Al realizar los bocetos iniciales, se deben considerar varios factores importantes:

- **Ergonomía y Accesibilidad:** Los componentes deben estar ubicados de manera que faciliten su operación y mantenimiento. El diseño debe permitir un fácil acceso a las electrobombas y otros dispositivos de prueba para realizar ajustes o reparaciones.
- **Distribución de Componentes:** Se debe planificar cuidadosamente la disposición de cada componente para asegurar que el flujo de trabajo sea eficiente y que todos los elementos estén correctamente integrados en la estructura.
- **Seguridad:** La disposición de los elementos debe minimizar riesgos potenciales para el operario, como la exposición a partes móviles o a altas temperaturas.

Una vez que los bocetos iniciales estén completos y revisados, se puede crear modelos conceptuales en el programa. Estos modelos permiten una evaluación detallada de la geometría y estructura, asegurando que todas las partes se integren (Rodríguez, 2017).

2.3 Modelado 3D de la estructura

Para la parte del diseño en programa, se tomaron en cuenta las medidas precisas del manómetro, caudalímetro y fuente de voltaje y corriente variable para ubicarlos correctamente como se muestra en la Figura 2.1.

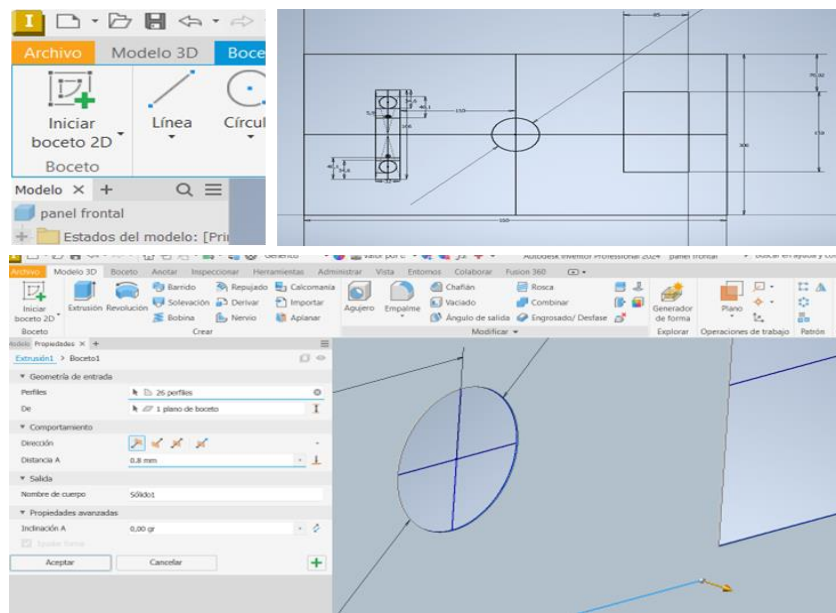
Figura 2.1: Toma de medidas usando pie de rey de los diferentes componentes



Fuente: Autores

Como se observa en la Figura 2.2. Se utilizaron las herramientas de boceto 2D para dibujar los contornos y detalles iniciales, aplicando cotas para definir dimensiones exactas y asegurarse de que todas las partes encajaran perfectamente. Posteriormente, se realizó la extrusión de estos bocetos para convertirlos en modelos 3D, lo que permitió una visualización más realista del diseño.

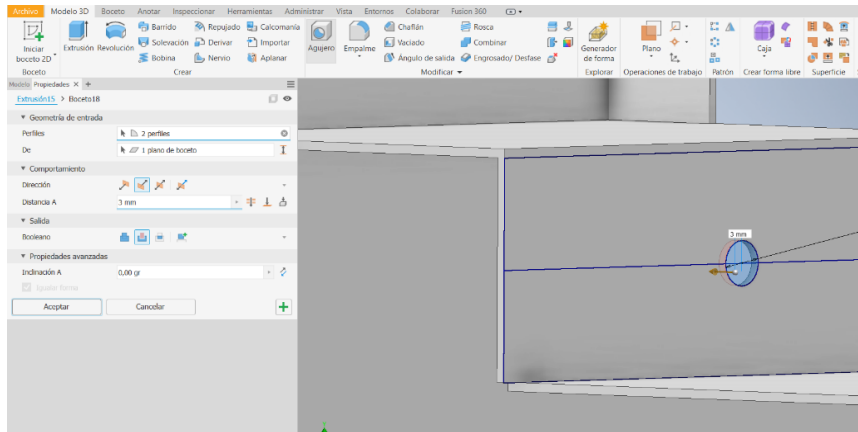
Figura 2.2: Extrusión de piezas del banco



Fuente: Autores

Durante este proceso, también se llevaron a cabo perforaciones como se muestra en la Figura 2.3 estas en las áreas correspondientes para la instalación de los componentes, asegurando que cada pieza tuviera su lugar específico. Se consideraron los componentes previamente seleccionados y el método de suministro de combustible, garantizando el diseño final para que no sea solo funcional, sino también eficiente y seguro (Rodríguez, 2017).

Figura 2.3: Perforación del banco en el programa



Fuente: Autores

Este enfoque en el diseño permitió crear un modelo detallado y preciso de la estructura, asegurando que efectuara con todas las exigencias operacionales necesarias para las pruebas de las electrobombas de gasolina.

2.4 Elaboración de planos y esquemas

Se elaboraron planos detallados y esquemas de la estructura utilizando Autodesk Inventor, según la plantilla ISO (mm) proporcionada por el software para garantizar la precisión y estandarización. Se incluyeron tipos de planos como el de conjunto general, de detalle y de fabricación. Estos planos proporcionaron una representación visual completa y precisa del diseño de la estructura, facilitando la comunicación con el equipo de fabricación y asegurando la consistencia en la producción, como se muestra en el Anexo 1.(D. S. Rodríguez, 2017).

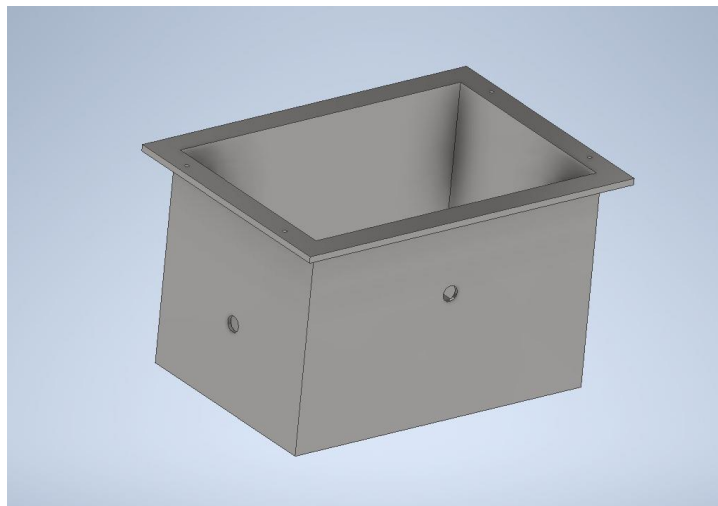
La norma ISO, establecida por la Organización Internacional de Normalización (ISO), es un conjunto de directrices y especificaciones que aseguran la seguridad, eficiencia y calidad de los productos, servicios y sistemas. La ISO no desarrolla directamente las normas, sino que facilita su creación y adopción por parte de organizaciones especializadas en diversos sectores.

2.5 Tanque de combustible

El tanque permite la recirculación del combustible durante las pruebas, lo que es necesario para pruebas prolongadas y continuas. Además, facilita la incorporación de sistemas de filtrado para mantener el combustible limpio y evitar la contaminación, lo cual, podría influir en los resultados de las pruebas.

Se muestra en la Figura 2.4 el diseño final y en el Anexo 4 los planos del tanque adecuadamente diseñado ya que, contribuye a la seguridad del banco de pruebas. Al contener y controlar el combustible, se minimiza el riesgo de derrames, incendios o explosiones, protegiendo tanto a los operarios como al equipo de pruebas.

Figura 2.4: Diseño del tanque de combustible

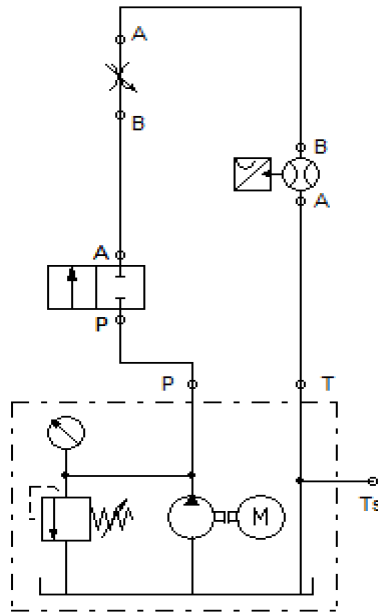


Fuente: Autores

2.6 Diagrama en el software Fluid SIM Hidráulica

Se elaboró un esquema hidráulico en el software FluidSIM, representando el flujo de gasolina a través de los diferentes componentes del sistema como se muestra en la Figura 2.5. El diagrama incluye la disposición y conexión de todos los elementos como lo son el manómetro y caudalímetro.

Figura 2.5: Esquema hidráulico



Fuente: Autores

2.7 Diseño en el software Proteus de la fuente de alimentación

El diseño y simulación del circuito en el software Proteus permite una visualización clara del funcionamiento de la fuente por dentro en la cual se pueden observar sus principales componentes y conexiones para su funcionamiento óptimo. Un buen diseño en el programa ayuda a identificar y corregir errores potenciales con anticipación, proteus permite simular la conducta de la fuente mediante diferentes escenarios de carga y entrada lo cual es sustancial para asegurar su rendimiento en situaciones reales.(Franco & Cano, 2012)

Componentes utilizados en el circuito:

- 2N3055

Es un transistor NPN de potencia, comúnmente manejado en aplicaciones de amplificación de audio y conmutación de alta corriente. En una fuente de alimentación, el 2N3055 se utiliza para regular la salida de voltaje y corriente. Puede manejar corrientes elevadas (hasta 15A) y voltajes (hasta 60V), que lo convierte en la mejor opción para etapas de salida de potencia

elevada. Su uso incluye fuentes de alimentación lineales y conmutadas, donde controla la distribución de energía hacia la carga (Hendi, 2017).

- Alternador

Se simula para generar corriente alterna (AC) que luego debe ser rectificadas y regulada. Este componente convierte la energía mecánica en eléctrica, tal como lo haría en un vehículo real. En una fuente de alimentación, el alternador representa la fuente primaria de energía, suministrando corriente alterna que luego se convierte a corriente continua (CC) mediante un proceso de rectificación y filtrado.

- Transistor BD140

El BD140 es un transistor PNP de mediana potencia, utilizado en aplicaciones de amplificación y conmutación. En una fuente de alimentación, puede trabajar junto con el 2N3055 para proporcionar control adicional de la corriente y estabilización del voltaje. Puede manejar corrientes de hasta 1.5A y voltajes de hasta 80V, haciéndolo útil para la regulación de corriente y para funciones de protección dentro del circuito de la fuente de alimentación (Hendi, 2017).

- Diodo Zener BZV85C30

Este diodo Zener de 30V es crucial para la regulación de voltaje. Mantiene una tensión constante de 30V cuando se polariza inversamente, protegiendo el circuito contra fluctuaciones de voltaje que podrían dañar componentes sensibles. En una fuente de alimentación, se utiliza para estabilizar el voltaje de salida, asegurando que permanezca dentro de los límites seguros y evitando picos de voltaje que podrían causar fallos.

- Capacitor

Los capacitores se utilizan para almacenar y liberar energía eléctrica, actuando como filtros para suavizar la salida de la fuente de alimentación. Son esenciales para eliminar el rizado en la salida de corriente continua (CC), proporcionando una salida más limpia y estable. Esto es especialmente importante para proteger los componentes sensibles que requieren un suministro de energía constante y sin fluctuaciones. En una fuente de alimentación, los

capacitores ayudan a mantener la integridad de la señal y a prevenir fluctuaciones bruscas en el voltaje de salida.

- Diodo

Los diodos sirven para convertir corriente alterna (AC) en corriente continua (CC) además, permiten el paso de corriente en una sola dirección. En una fuente de alimentación, los diodos se utilizan en la etapa de rectificación para convertir la salida AC del transformador o alternador en DC. También protegen contra inversión de polaridad y picos de voltaje, evitando daños a los componentes del circuito.

- Puente rectificador GBPC3504

Este puente rectificador de 35A y 400V es fundamental en la conversión de AC a CC. Permite una rectificación completa de onda, lo que proporciona una salida DC más uniforme y estable comparado con la rectificación de media onda. Es crucial en la etapa de rectificación de una fuente de alimentación, asegurando una conversión eficiente y reducción de rizado en la salida.

- LED

Los LEDs se utilizan como indicadores visuales en la fuente de alimentación. Pueden mostrar el estado del dispositivo, como si está encendido, si la salida está dentro del rango esperado, o si hay condiciones de fallo. Proporcionan una retroalimentación inmediata al usuario, lo que facilita el monitoreo y diagnóstico del estado operativo del sistema.

- LM723

Este regulador de voltaje integrado es clave para proveer una salida de voltaje ajustable. Ofrece alta precisión y estabilidad, regulando la salida para mantener un voltaje constante. Incluye protecciones integradas contra sobre corriente y sobre voltaje, por lo cual lo hace ideal para aplicaciones que demandan un suministro de energía confiable y seguro (Arévalo et al., 2003).

- Motor-CC

En la simulación de una fuente de alimentación, un motor CC puede actuar como una carga variable para probar la capacidad del suministro de energía para manejar dispositivos de consumo variable. Permite evaluar el rendimiento y la estabilidad de la fuente bajo condiciones de carga realistas, asegurando que la fuente pueda abastecer energía de manera eficiente y constante en este caso se lo reemplazo como si fuera el ventilador de la fuente.

- Potenciómetro-HG

El potenciómetro de alta gama permite ajustar manualmente los parámetros del circuito, como el nivel de salida de voltaje. Esto es crucial para calibrar la fuente de alimentación según las necesidades específicas o ajustar el punto de operación para obtener un rendimiento óptimo. Proporciona flexibilidad en el diseño y uso de la fuente de alimentación, permitiendo ajustes finos y precisos.

- RES.IEEE

Los resistores conforme al estándar IEEE se utilizan para limitar la corriente, ajustar niveles de voltaje y establecer condiciones de funcionamiento estables para otros componentes. Son esenciales para el control de corriente y protección en el diseño de una fuente. También se utilizan en divisores de voltaje y redes de polarización para asegurar que los transistores y otros semiconductores operen dentro de sus especificaciones.

- Switch

El interruptor se utiliza para controlar la conexión de la fuente a la entrada de energía. Permite encender o apagar el suministro de energía, proporcionando un control sencillo y seguro del circuito. Es esencial para la operación segura de la fuente de alimentación, permitiendo al usuario controlar el flujo de energía hacia el sistema.

- Transformador-2P2S

Este transformador con dos primarios y dos secundarios convierte los niveles de voltaje AC, proporcionando aislamiento y ajustando el voltaje a niveles adecuados para la rectificación y regulación. En una fuente de alimentación, el transformador es crucial para reducir o elevar el voltaje a un nivel manejable antes de la rectificación y estabilización, asegurando que el sistema opere dentro de los rangos de voltaje seguros.

En el Anexo 6 se muestra la fuente de alimentación generada en el software Proteus. Cada componente desempeña un papel vital en el funcionamiento de la fuente de alimentación. Desde, generación y rectificación de corriente hasta la regulación y estabilización de voltaje, además del control manual de los parámetros del circuito, todos contribuyen a crear un sistema de suministro de energía eficaz y eficiente. La simulación en Proteus permite verificar y optimizar cada uno de estos aspectos, asegurando que la fuente de alimentación funcione correctamente bajo diversas condiciones de carga y operación.

Se muestra el circuito de fuente de alimentación regulada que puede dar un voltaje de salida ajustable entre 0 y 30 voltios con una corriente de hasta 5 amperios. El circuito comienza con un transformador (TR1) que convierte la tensión de entrada de CA a un nivel más bajo adecuado para rectificación. El puente rectificador (BR1) convierte la tensión de CA en una tensión de CC pulsante que luego se filtra con el condensador C1 para obtener una tensión de CC más suave. Un regulador de voltaje ajustable (U1, LM723) se utiliza para estabilizar la salida y permitir el ajuste de voltaje mediante el potenciómetro RV1.

El circuito también incorpora varios transistores (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5) para amplificar la corriente y manejar la carga de hasta 5 amperios. Los diodos D1 y D2 junto con los resistores asociados (R1 a R17) y los condensadores (C2, C3) ayudan en la regulación y estabilización del voltaje de salida. Los interruptores (INT-1, INT-2, INT-3) y los medidores de voltaje y corriente se utilizan para el control y monitoreo del circuito. Los componentes adicionales como el diodo Zener (DZ1) proporcionan una referencia de voltaje estable para el regulador, asegurando que la salida se mantenga constante a pesar de las variaciones en la carga o la tensión de entrada.

CAPÍTULO 3 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

La construcción del banco de pruebas es una parte esencial del proyecto, ya que en esta etapa se busca transformar los planos diseñados en una estructura real utilizando diversas técnicas de fabricación. Este capítulo describe el proceso detallado de construcción, que incluye corte de planchas, doblado y soldadura TIG, basado en el modelo diseñado previamente en Inventor. Las medidas y especificaciones precisas del diseño aseguran que todos los componentes encajen correctamente, garantizando la funcionalidad y estabilidad del banco de pruebas (Montúfar Luis, 2011).

3.1 Corte

Las planchas de acero inoxidable serán procesadas utilizando una máquina de corte mecánico, equipada con una cuchilla específica para este tipo de material. El procedimiento se realizará siguiendo estrictamente el diseño CAD para asegurar la precisión dimensional de los cortes.

Se eliminarán bordes afilados y rebabas para obtener superficies lisas y seguras que faciliten los siguientes pasos de doblado y ensamblaje como se muestra en la Figura 3.1 (Almeida Gonzalo, 2006).

Figura 3.1: Cortadora de láminas de acero inoxidable



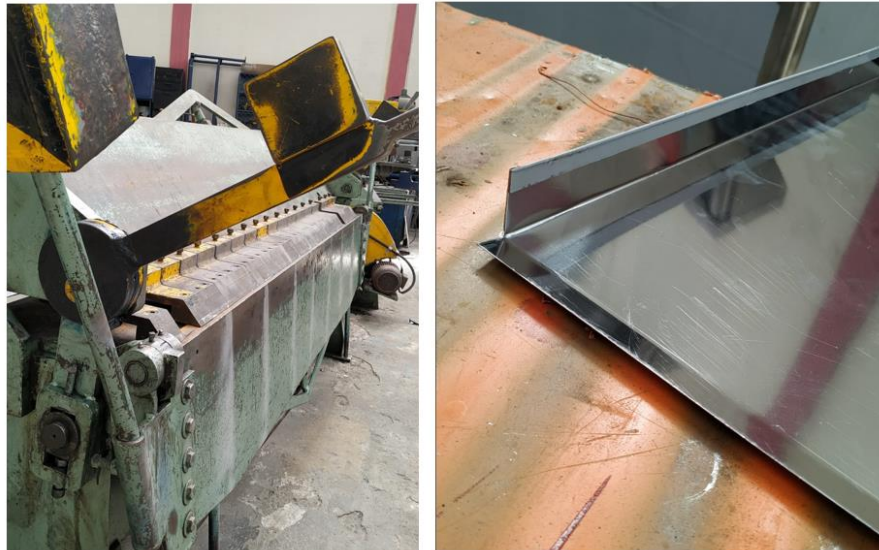
Fuente: Autores

3.2 Doblado

Las piezas cortadas se doblaron en una prensa plegadora de alta precisión, equipada con matrices y punzones adecuados para el acero inoxidable. En esta etapa, se realizaron los pliegues y dobleces conforme a los ángulos y formas especificadas en los planos técnicos. Este proceso de plegado es fundamental para asegurar que todas las piezas se alineen y ensamblen correctamente, manteniendo la integridad estructural y dimensional del conjunto final. En la Figura 3.2 se indica parte del procedimiento.

Por último, se realizará una inspección visual y dimensional minuciosa de las piezas dobladas antes de avanzar a la fase de ensamblaje. Esta revisión garantizará la ausencia de defectos superficiales, deformaciones o irregularidades, confirmando que las piezas están preparadas para integrarse de manera óptima en la estructura final (Sánchez, 2023).

Figura 3.2: Doblado de las laminas



Fuente: Autores

3.3 Soldadura TIG

Las piezas fueron unidas mediante el proceso de soldadura TIG, la cual destaca, por su capacidad para producir uniones de alta calidad y precisión. Inicialmente, se procedió a la preparación del equipo de soldadura TIG, seleccionando los electrodos de tungsteno y

ajustando los parámetros operativos según el grosor específico del acero inoxidable utilizado.(Sucle, 2016).

Como se observa en la Figura 3.3. Este proceso garantiza que las uniones resultantes cumplan con los estándares de calidad requeridos y mantengan las propiedades mecánicas del acero inoxidable, asegurando así la fiabilidad y durabilidad de los componentes fabricados.

Figura 3.3: Soldadora TIG



Fuente: Autores

3.4 Instalación de los componentes en el banco

Una vez completas las soldaduras, se procede al lijado y pulido de las superficies para lograr un acabado uniforme y estéticamente agradable. Este proceso no solo mejora la apariencia visual, sino que también elimina imperfecciones superficiales que podrían comprometer la integridad estructural y corrosiva del acero inoxidable.

Después, se realizará el ensamblaje de los componentes adicionales del banco de pruebas, por lo tanto, este proceso se realiza con especial atención a los detalles, asegurando que cada parte se ajuste correctamente y que todos los sistemas funcionen de acuerdo con las especificaciones del diseño. Se realizan pruebas para verificar la funcionalidad y

confiabilidad del banco de pruebas, garantizando tanto la operatividad como la apariencia del producto final.

Para iniciar el proceso, se realizó la medición precisa de los equipos que se integrarán. Posteriormente, se marcaron las ubicaciones exactas en el banco de acero inoxidable donde se instaló los componentes. A continuación, se realizaron perforaciones en el banco utilizando brocas adecuadas para el material, asegurando mantener la alineación y el tamaño en las especificaciones técnicas de los equipos como se muestra en la Figura 3.4. Es crucial seguir las normas de seguridad y manejar equipos de protección personal durante todo el proceso de perforación.

Figura 3.4: Perforación del banco



Fuente: Autores

3.5 Instalación de mangueras

Se realizó la interconexión como se muestra en la Figura 3.5 de las mangueras para manejar el flujo de gasolina, con los dispositivos de medición. Primero, se conectaron las mangueras al manómetro para monitorear la presión del fluido. Luego, se integraron al caudalímetro, encargado de medir el caudal volumétrico de la gasolina en Litros por minuto (LPM). Es esencial asegurar que todas las conexiones sean herméticas y compatibles con los instrumentos, utilizando acoplamientos adecuados y aplicando el par de apriete

recomendado para evitar fugas y garantizar la precisión de las mediciones. Además, se verificó que las mangueras cumplan con los estándares de resistencia química y presión operativa adecuados para la gasolina.

Figura 3.5: Instalación de mangueras y acoples



Fuente: Autores

3.6 Acabado y montaje final

Como se puede observar en la Figura 3.6 el banco cuenta con un acabado visual de alta calidad cumpliendo con las perspectivas de futuros clientes interesados en el banco de pruebas. Este enfoque meticuloso en la fabricación y ensamblaje asegura que el banco no solo sea funcional y fiable, sino también estéticamente atractivo y duradero, cumpliendo así con los estándares más exigentes de la industria.

Figura 3.6: Banco de pruebas de electrobombas de gasolina



Fuente: Autores

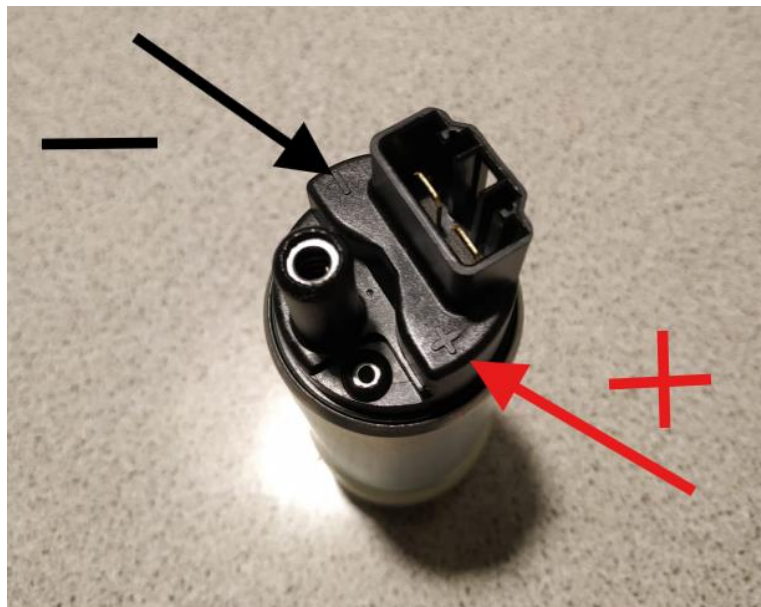
CAPÍTULO 4 PRUEBAS FINALES DE FUNCIONAMIENTO

En este capítulo, se describen las metodologías y procedimientos utilizados para evaluar el rendimiento de las electrobombas de combustible mediante el uso de un banco de pruebas. Se detallan las pruebas específicas realizadas, los parámetros medidos y los criterios de aceptación, suministrando una base sólida para la determinación de la eficiencia y el estado funcional de las bombas. Estas pruebas son esenciales para garantizar la confiabilidad del sistema de combustible en vehículos automotores.

4.1 Instalación de la electrobomba en el banco

En primer lugar, se debe identificar el positivo y negativo de la electrobomba de combustible como se muestra en la Figura 4.1.

Figura 4.1: Electrobomba de combustible de 4,6 bar de presión y 12 V



Fuente: Autores

En la Figura 4.2 se muestra el conjunto total para el accionamiento y suministro de gasolina mediante la electrobomba en un automóvil.

Figura 4.2: Carcasa de electrobomba de combustible 4,6 bar de presión y 12 V



Fuente: Autores

Es de suma importancia que el positivo y negativo de la fuente no se toquen para que no genere chispa ya que, se está trabajando con gasolina. Es por ello además que se utilizara siempre para mayor seguridad un conector JST como se ve en la Figura 4.3, el mismo se utiliza frecuentemente en aplicaciones electrónicas

Figura 4.3: Conector JST para la electrobomba de gasolina



Fuente: Autores

Se conecta la manguera a la electrobomba y por mayor seguridad una abrazadera como se muestra en la Figura 4.4.

Figura 4.4: Instalación de la electrobomba.



Fuente: Autores

Una vez se conectan la manguera y el conector JST a la electrobomba se coloca cuidadosamente la gasolina como se muestra en la Figura 4.5 en el tanque asegurarse que la electrobomba se cubra por completo por la gasolina.

Figura 4.5: Gasolina extra colocada en el banco



Fuente: Autores

Por seguridad la instalación de la tapa y su empaque se ajusta con los pernos y las arandelas Figura 4.6 para evita derrames y que escapen los vapores de la gasolina del tanque al momento de iniciar la prueba.

Figura 4.6: Instalación de tapa y empaque



Fuente: Autores

Como se muestra en la Figura 4.7 se verifica que el caudalímetro se encuentre con la llave abierta para que pase el combustible y que la manguera de retorno se encuentre dentro del tanque para energizar a la electrobomba con la fuente e iniciar las pruebas.

Figura 4.7: Electrobomba colocada en el banco






Fuente: Autores

4.2 Pruebas

Para las pruebas se seleccionaron las electrobombas de gasolina de un vehículo Hyundai Tucson 2009 a 2010. Estos modelos utilizan la misma electrobomba de combustible en todas sus versiones con motores a gasolina. Se consiguieron tres tipos de electrobombas: una usada

de un vehículo, nueva genérica y original, con las cuales se realizar las 5 pruebas que se detallaran a continuación en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Electrobombas utilizadas para las pruebas

Usada	Genérica	Original
		

Fuente: Autores

4.2.1 Pasos para la prueba a diferentes voltajes sin ejercer presión

En el análisis del desempeño de las electrobombas de combustible, es crucial establecer una línea base de funcionamiento que permita evaluar su eficiencia y capacidad operativa en condiciones controladas. La prueba de consumo sin ejercer presión es una metodología que permite medir el consumo de corriente de las electrobombas sin la influencia de la presión del sistema. Esto proporciona una referencia inicial para comparar el rendimiento de diferentes tipos de electrobombas y detectar posibles ineficiencias o desgastes.

Procedimiento:

- Conectar la electrobomba al banco de pruebas. sin aplicar presión externa.
- Registrar el amperaje consumido por la electrobomba con multímetro.
- Registrar el voltaje medido con el multímetro

- Registrar el caudal generado.
- Registrar el voltaje de la fuente.
- Registrar el amperaje de la fuente.
- Registrar el consumo.

4.2.2 Pasos para la prueba ejerciendo diferentes presiones a 13,5 V

Para garantizar el correcto funcionamiento de las electrobombas de combustible bajo condiciones operativas reales, es fundamental someterlas a pruebas que simulen la presión del sistema de combustible del vehículo. En este capítulo, se describe la prueba realizada a las electrobombas de combustible a un voltaje constante de 13,5(V), evaluando su desempeño bajo diferentes niveles de presión.

Procedimiento:

- Alimentar la electrobomba con una fuente de 13,5 V.
- Generar presión a la electrobomba a 30, 35 y 45 psi.
- Registrar el amperaje consumido por la electrobomba con multímetro.
- Registrar el voltaje medido con el multímetro
- Registrar el caudal generado.
- Registrar el voltaje de la fuente.
- Registrar el amperaje de la fuente.
- Registrar el consumo.

4.2.3 Pasos para la prueba a presión máxima estimada por el fabricante a 60,72 (psi) variando el voltaje

El propósito de estas pruebas fue verificar cómo varía el caudal generado por la electrobomba de combustible cuando se alimenta con voltajes de 12,5 V y 13,5 V. Se buscó también analizar las diferencias en el consumo eléctrico entre las diferentes configuraciones de la electrobomba, proporcionando información útil para la selección y el uso adecuado de

la electrobomba en aplicaciones prácticas. Además, para las pruebas se convirtió de las unidades de (bar) a (psi) para mejor entendimiento.

Procedimiento:

- Conectar la electrobomba a una fuente de 12 (V) y 13,5 (V)
- Registrar el amperaje consumido por la electrobomba con multímetro.
- Registrar el voltaje medido con el multímetro
- Registrar el caudal generado.
- Registrar el voltaje de la fuente.
- Registrar el amperaje de la fuente.
- Registrar el consumo.

4.2.4 Pasos para la prueba de activación de válvula de alivio a 13,5 V

El objetivo de esta prueba es valorar la capacidad máxima de presión de la electrobomba y el caudal generado.

Procedimiento:

- Incrementar la presión hasta el valor máximo que la electrobomba pueda generar.
- Medir la presión máxima alcanzada y el caudal correspondiente.
- Registrar si activa o no activa.

4.2.5 Pasos para la prueba de hermeticidad

El propósito de esta prueba es comprobar la hermeticidad de la electrobomba y su capacidad para mantener la presión sin fugas.

Procedimiento:

- Operar la electrobomba a una presión establecida.
- Apagar la fuente y observar si mantiene la presión.
- Registrar cualquier disminución en la presión.

4.3 Resultados y Análisis

Se realizaron pruebas con las metodologías descritas anteriormente. Los resultados que se obtuvieron se registraron en una tabla y se realizaron gráficas para facilitar el análisis y comparación con los valores esperados.

4.3.1 Resultados de las pruebas a diferentes voltajes sin ejercer presión

En la Tabla 4.2 se especifican las abreviaturas que se utilizaran para especificar voltajes, amperajes y caudal.

Tabla 4.2: Abreviaciones

Abreviaciones	
Voltaje de la fuente (V)	V_f
Voltaje medido (V)	V_m
Consumo (A)	C_o
Amperaje de la fuente (A)	A
Caudal (LPM)	C_a

Fuente: Autores

La tabla 4.3 muestra los valores obtenidos al realizar diferentes pruebas en el banco los principales valores son el voltaje amperaje y caudal los cuales indican variaciones significativas

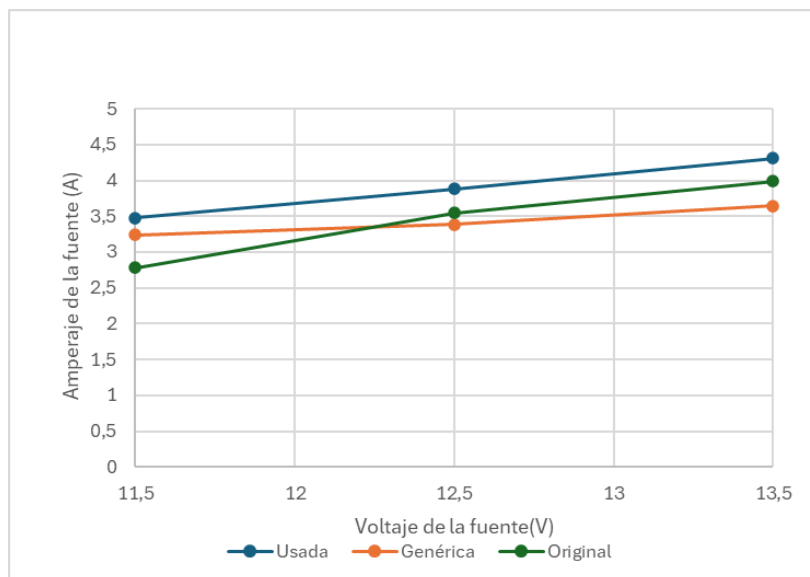
Tabla 4.3: Pruebas a diferentes voltajes sin ejercer presión

Electrobomba de combustible Hyundai - Tucson												
Prueba a diferentes voltajes sin ejercer presión												
	Usada				Genérica				Original			
V _f	V _m	C _o	A	C _a	V _m	C _o	A	C _a	V _m	C _o	A	C _a
11,5	11,44	0,378	3,477	1,4	11,47	0,429	3,238	1,52	11,400	0,132	2,784	1,800
12,5	12,36	0,382	3,884	1,51	12,4	0,458	3,387	1,75	12,420	0,123	3,546	1,820
13,5	13,38	0,395	4,313	1,56	13,27	0,462	3,644	1,8	13,260	0,143	3,990	1,900

Fuente: Autores

En la Figura 4.8 se grafica una comparativa de amperaje y el voltaje suministrado a las diferentes electrobombas, se puede observar que la electrobomba usada es la que más amperaje tiene esto se traduce de igual manera a que el consumo de esta es mayor para funcionar a niveles de voltaje estándar haciéndola menos eficiente para el vehículo.

Figura 4.8: Gráfica Amperaje (A) vs Voltaje (V)

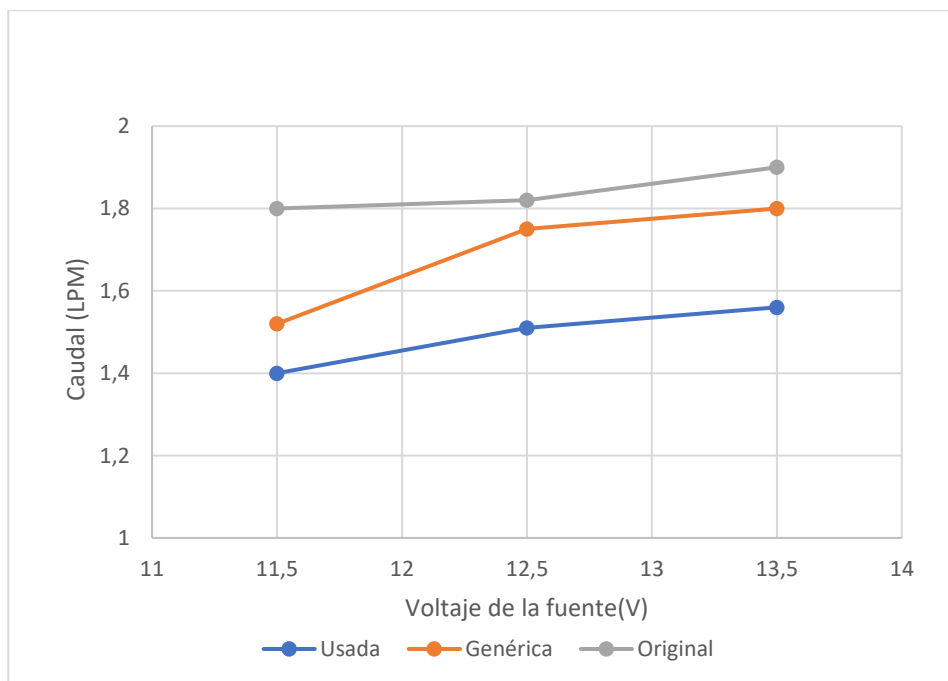


Fuente: Autores

En la Figura 4.9 se puede observar la relación que existe entre el voltaje suministrado y el caudal que puede suministrar la electrobomba. También podemos relacionar esto con el funcionamiento de un vehículo: al aumentar sus revoluciones al acelerar, el alternador carga la batería y aumenta su voltaje. Esto se traduce en que el motor consume más gasolina y la electrobomba suministra mayor caudal.

Analizando la gráfica, se identifica que la electrobomba original tiene una notable eficiencia a bajos voltajes debido a sus materiales y componentes. Incluso en condiciones de 12 y 13 voltios, sigue teniendo un mejor caudal que la electrobomba genérica y usada.

Figura 4.9: Gráfica Caudal (LPM) vs Voltaje(V)

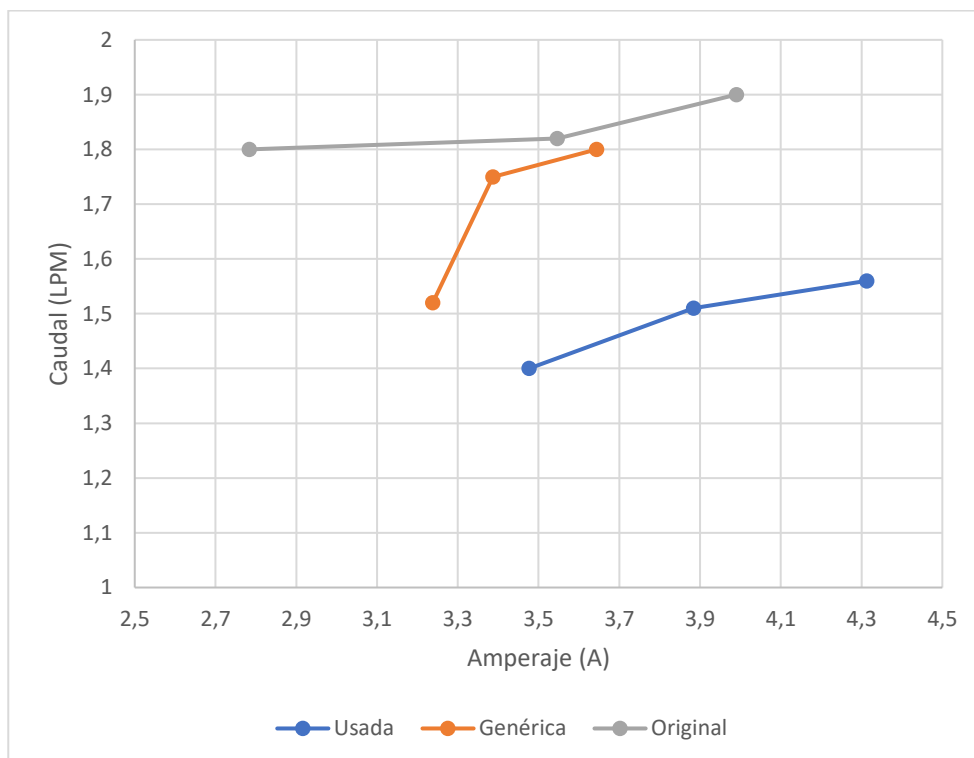


Fuente: Autores

En la Figura 4.10 se visualiza bien la relación directamente proporcional entre el caudal y el amperaje en las electrobombas. A medida que el caudal aumenta, la electrobomba requiere más energía para mover el fluido, lo que produce un incremento del consumo de corriente eléctrica. Este fenómeno se explica mediante la ley de Ohm y la fórmula de la potencia eléctrica, donde para un voltaje constante, un mayor caudal implica una mayor demanda de

potencia y, por lo tanto, un aumento del amperaje. Además, al incrementar el caudal, también aumenta la resistencia hidráulica en el sistema, lo que obliga a la electrobomba a consumir más corriente para superar esta resistencia y mantener el flujo adecuado, en la gráfica podemos observar el rendimiento superior de la electrobomba original respecto a la electrobomba usada y genérica que consume menos amperios y tiene mayor caudal.

Figura 4.10: Gráfica Caudal (LPM) vs Amperaje (A)



Fuente: Autores

Análisis de resultados

Electrobomba Usada

La electrobomba usada muestra un aumento progresivo en el caudal con el incremento del amperaje.

A 3,477 (A), el caudal es de 1,4 LPM. A medida que el amperaje aumenta a 3,884 (A), el caudal sube a 1,51 (LPM), y a 4,313(A), alcanza 1,56 (LPM).

Este incremento sugiere que la electrobomba usada mantiene un caudal relativamente constante y mejora ligeramente con el aumento del amperaje, aunque la eficiencia puede no ser la óptima debido al desgaste.

La electrobomba usada presenta un comportamiento aceptable, pero podría estar limitada en su capacidad de respuesta y eficiencia en comparación con las electrobombas más nuevas.

Electrobomba Genérica

La electrobomba genérica muestra un notable aumento en el caudal con el incremento del amperaje.

A 3,238 (A), el caudal es de 1,52 (LPM), y a medida que el amperaje aumenta a 3,387 (A), el caudal sube a 1,75 (LPM), alcanzando 1,8 LPM a 3,644 (A).

Este comportamiento indica que la electrobomba genérica responde bien a mayores demandas eléctricas, mostrando una relación positiva entre amperaje y caudal.

Sin embargo, la eficiencia y consistencia pueden ser variables debido a la calidad de los componentes, aunque su desempeño general es bastante bueno en términos de caudal.

Electrobomba Original

La electrobomba original mantiene un caudal alto y constante con un aumento moderado en el amperaje.

A 2,784 (A), el caudal es de 1,8 LPM. Al incrementarse el amperaje a 3,546 (A), el caudal sube ligeramente a 1,82 (LPM), y a 3,990 (A), alcanza 1,9 (LPM).

Este comportamiento sugiere una alta eficiencia y consistencia en la respuesta a las demandas eléctricas, reflejando una calidad superior en la construcción y los componentes.

La electrobomba original es claramente la más eficiente y fiable de las tres, mostrando una relación positiva y consistente entre amperaje y caudal sin grandes variaciones.

Discusión de Resultados

Aunque la electrobomba usada muestra un comportamiento aceptable con un aumento del caudal a medida que incrementa el amperaje, su eficiencia puede estar comprometida por el desgaste. La electrobomba usada es adecuada pero no ideal para mantener una alta eficiencia bajo mayores demandas eléctricas.

La electrobomba genérica responde bien a mayores demandas eléctricas con un aumento notable en el caudal. Sin embargo, puede presentar variaciones en la eficiencia y consistencia debido a la calidad de los componentes. Es una opción intermedia que puede ser adecuada dependiendo de las expectativas de rendimiento y fiabilidad.

La electrobomba original demuestra la mejor eficiencia y consistencia, manteniendo un caudal alto y constante con incrementos moderados en el amperaje. Es la opción más fiable y eficiente, adecuada para asegurar un rendimiento óptimo bajo diversas condiciones operativas.

4.3.2 Prueba ejerciendo diferentes presiones a 13,5 V

Tabla 4.4 Prueba ejerciendo diferentes presiones

Electrobomba de combustible Hyundai – Tucson												
Prueba ejerciendo diferentes presiones a 13,5 (V)												
	Usada				Genérica				Original			
Psi	V _m	C _o	A	C _a	V _m	C _o	A	C _a	V _m	C _o	A	C _a
35	13,35	0,35	5,12	1,12	13,30	0,44	4,66	1,60	13,38	0,16	4,39	1,20
40	13,38	0,35	5,22	1,00	13,40	0,47	5,32	1,30	13,26	0,16	4,55	1,75
45	13,33	0,35	5,39	0,90	13,23	0,51	5,10	1,15	13,21	0,17	4,64	1,78

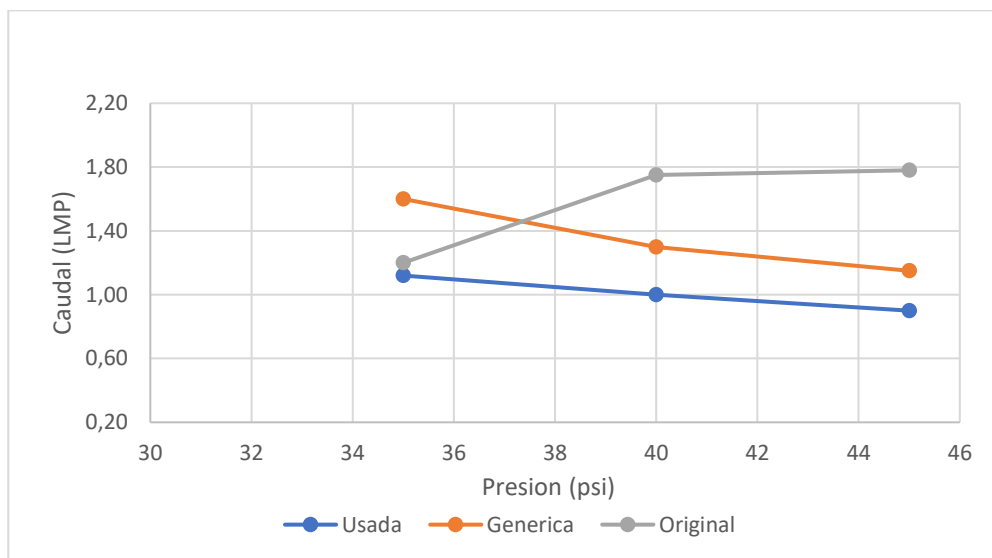
Fuente: Autores

En la Figura 4.11 se muestra una gráfica que representa la relación entre el caudal en (LPM) y la presión en (psi) transformándolo de (Bar), se puede observar que en la electrobomba usada disminuye significativamente su caudal con el aumento de presión, indicando desgaste y menor capacidad de suministro de combustible a presiones altas esto se ve en la Tabla 4.4.

La electrobomba genérica ofrece un rendimiento mejor que la usada, pero su caudal aun disminuye a medida que aumenta la presión, aunque a menor escala.

La electrobomba original mantiene el mejor rendimiento, con un caudal constante y alto en todo el rango de presiones, lo que la hace más confiable y eficiente para aplicaciones que requieren mantener un suministro constante de combustible a diferentes presiones.

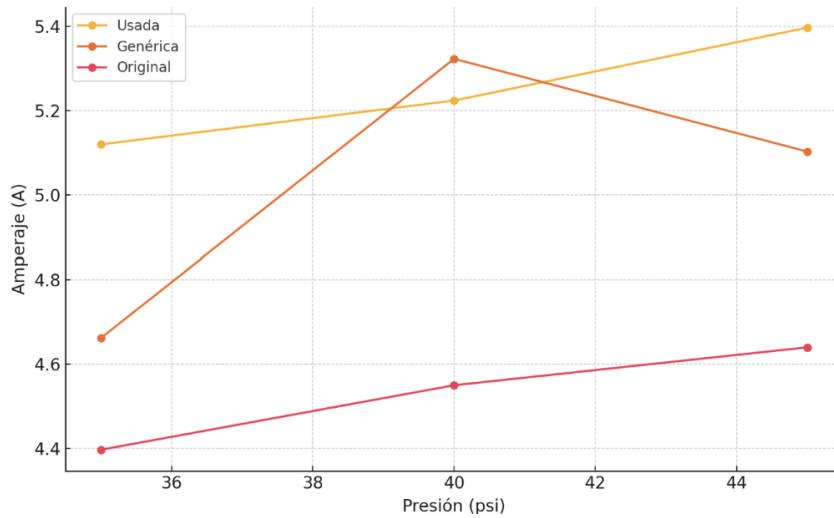
Figura 4.11. Gráfica Caudal (LMP) vs Presión (psi)



Fuente: Autores

En la Figura 4.12 se muestra que la electrobomba de combustible usada tiene el mayor consumo de amperaje a medida que aumenta la presión, alcanzando 5,397 (A) a 45 (psi). La electrobomba genérica tiene un comportamiento no lineal, con un pico de 5,323 (A) a 40 (psi), pero disminuye a 5,103 (A) a 45 (psi). La electrobomba original presenta el consumo de amperaje más bajo y estable, subiendo ligeramente de 4,397 (A) a 4,640 (A) entre 35 y 45 (psi). En términos de eficiencia y estabilidad, la electrobomba original es la mejor opción.

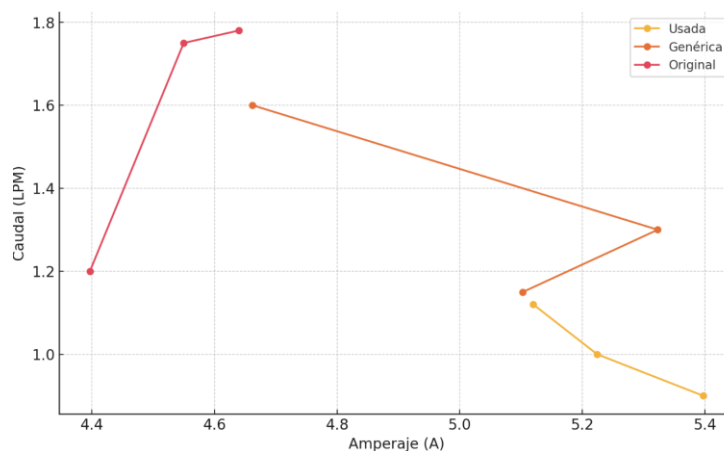
Figura 4.12. Gráfica Amperaje (A) vs Presión (psi)



Fuente: Autores

En la Figura 4.13 la electrobomba de combustible original muestra el mejor desempeño en términos de relación entre amperaje y caudal, manteniendo un caudal alto y constante a través de un rango de amperajes propuestos. Esto indica una mayor eficiencia y calidad de construcción. Por otro lado, la electrobomba usada muestra una clara disminución en el caudal con el aumento del amperaje, lo que indica desgaste y menor eficiencia. La electrobomba genérica tiene un comportamiento intermedio, con variaciones en el caudal que sugieren inconsistencias en su eficiencia. En resumen, para un rendimiento óptimo y confiabilidad, la electrobomba original es la mejor opción entre las tres.

Figura 4.13. Gráfica Caudal (LPM) vs Amperaje (A)



Fuente: Autores

Análisis de resultados

Resistencia Interna de las electrobombas

Fórmula para calcular la resistencia:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Electrobomba Usada:

$$R = \frac{13,5V}{5,120 A} = 2,63 \Omega$$

Electrobomba Genérica:

$$R = \frac{13,5 V}{4,662 A} = 2,89 \Omega$$

Electrobomba Original:

$$R = \frac{13,5 V}{4,397 A} = 3,07 \Omega$$

La electrobomba original tiene la mayor resistencia interna, lo que explica su menor consumo de corriente.

Caída de Voltaje

Electrobomba Usada:

$$\text{Caida de } V = 13,5 - 13,35 = 0,15 V$$

Electrobomba Genérica:

$$\text{Caida de } V = 13,5 - 13,300 = 0,20 V$$

Electrobomba Original:

$$\text{Caida de } V = 13,5 - 13,380 = 0,12 V$$

La electrobomba original muestra la menor caída de voltaje, indicando un circuito eléctrico más eficiente.

Rendimiento Volumétrico

Se analizó si existe una reducción o aumento de flujo al variar las presiones:

Electrobomba Usada:

Cae de 1,120 LPM a 0,900 LPM (19,6% de reducción)

Electrobomba Genérica:

Cae de 1,600 LPM a 1,150 LPM (28,1% de reducción)

Electrobomba Original:

Aumenta de 1,200 LPM a 1,780 LPM (48.3% de aumento)

La electrobomba original muestra un comportamiento atípico y muy eficiente, aumentando su caudal con la presión mientras que la usada y genérica reducen el caudal suministrado.

Discusión de resultados

La electrobomba original muestra características superiores en eficiencia eléctrica y rendimiento volumétrico, por otro lado, la electrobomba usada muestra signos de desgaste en sus componentes internos, reflejados en su menor caudal y eficiencia. La electrobomba genérica, aunque tiene un alto caudal inicial, muestra una caída significativa de rendimiento con el aumento de presión, lo que podría señalar un diseño menos robusto como se muestra en la Figura 4.14.

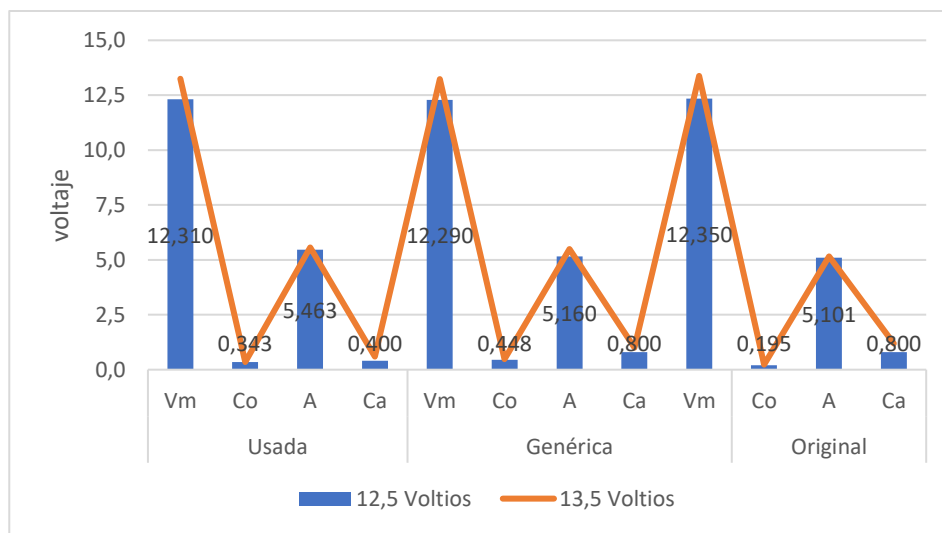
4.3.3 Resultados de la prueba a presión estimada por el fabricante a 60,72 (psi) variando el voltaje.

Tabla 4.5 Pruebas variando voltaje a 60,72psi

Electrobomba de combustible Hyundai - Tucson													
Prueba a presión estimada por el fabricante a 60,72 (psi) variando el voltaje													
	Usada				Genérica					Original			
V _f	V _m	C _o	A	C _a	V _m	C _o	A	C _a	V _m	C _o	A	C _a	
12,5	12,310	0,343	5,463	0,400	12,290	0,448	5,160	0,800	12,350	0,195	5,101	0,800	
13,5	13,250	0,354	5,568	0,600	13,240	0,486	5,487	1,000	13,380	0,230	5,152	1,200	

Fuente: Autores

Figura 4.14. Gráfica de valores a 60,72 (psi) de presión



Fuente: Autores

Análisis de Resultados

Electrobomba Usada:

El caudal aumenta de 0,400 (LPM) a 0,600 (LPM) al subir el voltaje, incrementando un 50%. El consumo de corriente (Co) aumenta ligeramente de 0,343 (A) a 0,354 (A). El amperaje (A) sube de 5,463 (A) a 5,568 (A), un aumento relativamente pequeño. La eficiencia mejora con el voltaje más alto, produciendo más caudal con un aumento mínimo en el consumo para llegar a este análisis se usó la Tabla 4.5.

Electrobomba Genérica:

El caudal aumenta de 0,800 LPM a 1.000 LPM, un incremento del 25%. El consumo de corriente sube de 0,448 (A) a 0,486 (A). El amperaje aumenta de 5,160 (A) a 5,487 (A). Muestra mejor eficiencia que la electrobomba usada, con mayor caudal en ambos voltajes.

Electrobomba Original:

El caudal aumenta de 0,800 (LPM) a 1,200 (LPM), un incremento del 50%. Tiene el consumo de corriente más bajo: 0,195 (A) a 12,5 V y 0,230 (A) a 13,5 V. El amperaje es el más bajo y estable: 5,101 (A) a 12,5 (V) y 5,152 (A) a 13,5 (V). Además, muestra la mayor eficiencia, produciendo alto caudal con el menor consumo. La electrobomba original muestra gran superioridad en comparación con las otras dos.

Discusión de Resultados

La electrobomba original demuestra el mejor rendimiento general, con la mayor eficiencia y el menor consumo. Todas las electrobombas muestran un aumento en el caudal con el incremento de voltaje, pero la original lo hace de manera más eficiente. La electrobomba genérica tiene un rendimiento intermedio, mejor que la usada pero inferior a la original. La electrobomba usada muestra el peor rendimiento, con el menor caudal y la menor eficiencia.

Al enviar la presión máxima de funcionamiento las diferencias entre las electrobombas son más evidentes, destacando a la electrobomba original como superior. La electrobomba original muestra la mejor relación entre caudal y consumo energético, lo que sugiere una mayor durabilidad y eficiencia a largo plazo.

4.3.4 Resultados de la prueba de activación de válvula de alivio a 13,5 V

Como se muestra en la Tabla 4.6. la electrobomba usada no activo la válvula de alivio al enviar la presión máxima de funcionamiento de 60,72 (psi) Mientras que la genérica y original se activaron correctamente al enviar su presión máxima. La válvula de alivio ayuda a mantener la presión de combustible dentro de un rango seguro y óptimo. Si la presión del sistema supera el límite establecido, la válvula se abre para liberar el exceso de presión, evitando daños a los componentes del sistema.

Tabla 4.6. Activación de la válvula de alivio

Electrobomba de combustible Hyundai - Tucson								
Prueba de activación de válvula de alivio a 13,5 V								
Usada			Genérica			Original		
Activa	No activa	psi	Activa	No activa	psi	Activa	No activa	psi
	x	60,72	x		60,72	x		60,72

Fuente: Autores

4.3.5 Pruebas de hermeticidad

En la Tabla 4.7. se muestra si las electrobombas mantienen su hermeticidad indicando que únicamente la electrobomba usada no la mantiene esta prueba es importante para garantizar que el sistema de combustible este sellado correctamente y no presente fugas ya que las mismas nos pueden representar directamente al rendimiento del motor.

Tabla 4.7. Prueba de hermeticidad

Electrobomba de combustible Hyundai - Tucson				
Prueba de hermeticidad del sistema con la electrobomba				
Usada				
Mantiene la hermeticidad	No mantiene	Tiempo en el que baja presión a 0		
	x	1,85 segundos		
Genérica				
Mantiene la hermeticidad	No mantiene	Tiempo en el que baja presión a 0		
x		más de 10 minutos no bajo		
Original				
Mantiene la hermeticidad	No mantiene	Tiempo en el que baja presión a 0		
x		más de 10 minutos no bajo		

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

- El banco de pruebas para electrobombas de gasolina ha demostrado ser una herramienta eficaz para obtener datos precisos y detallados sobre el rendimiento de electrobombas de combustible bajo diversas condiciones operativas. Los resultados obtenidos permiten un análisis comparativo claro y conciso evaluando la electrobomba original su eficiencia y capacidad de mantener un caudal constante a diferentes niveles de voltaje en comparación a la electrobomba usada y genérica. Indicando que a 12,5 (V) el caudal en la usada es de 1,51(LPM) en la genérica de 1,75 (LPM)y original de 1,82 (LPM) indicando la superioridad de la electrobomba original.
- Se utilizo una electrobomba usada de la marca Hyundai la cual mostró un alto consumo de corriente de 5.396 (A) y un bajo caudal de 0,9 (LPM). Su eficiencia puede comprometerse por el desgaste, lo que indica una disminución en la capacidad de respuesta bajo mayores demandas eléctricas. Además, con la ayuda del banco se demostró que la misma no activa su válvula antirretorno ni mantiene su hermeticidad lo cual causo una molestia en el vehículo en la que esta se encontraba demorando el tiempo de encendido por la falta de abastecimiento de gasolina en el sistema de inyección, por lo cual se la reemplazo.
- La electrobomba genérica soporto mayores demandas eléctricas, mostrando un notable incremento en el caudal de 0.25 (LPM) a 45 (psi) con el amperaje de 5.103 (A) en comparación a la electrobomba usada. Se determino que hay un consumo mucho mayor con relación a la electrobomba original, el consumo fue mayor por 0,344 (A), aunque presenta un buen desempeño en términos de caudal, puede variar y ser menor por la calidad de los componentes, situándola como una opción más económica pero que cumple con estándares necesarios en rendimiento para el buen desempeño del sistema de alimentación de gasolina en el vehículo. Esta electrobomba no es de mayor potencia de generación ya que no está diseñada para vehículos de competencia en este caso consume más amperaje que la original para generar la presión de combustible exigida por el vehículo.

- Tomando en cuenta que la electrobomba tanto genérica como original cuentan con las mismas especificaciones del fabricante, la de procedencia China no desempeña los estándares necesarios, ya que la electrobomba original de procedencia Coreana demostró ser la más eficiente y fiable, manteniendo un caudal alto y constante con incrementos moderados en el amperaje y voltaje además indicó un consumo menor en todas las pruebas. Siendo su mayor consumo registrado de 0,175 (A) a 45 (psi) y 13.5 (V) de alimentación. A comparación de la electrobomba genérica que a las mismas condiciones registro un consumo de 0,519 (A). Su desempeño indica una alta calidad de construcción y componentes, reflejando una relación positiva y consistente entre voltaje, amperaje y caudal. Esta electrobomba es claramente la opción más adecuada para asegurar un rendimiento óptimo bajo diversas condiciones operativas.
- El acero inoxidable empleado en la construcción del banco de pruebas se mantiene en estado óptimo, demostrando una resistencia excepcional frente a la corrosión esperada en entornos de trabajo con gasolina, el banco estuvo expuesto a combustible por 888 horas (37 días) y no presento ningún tipo de corrosión o afectación en su estructura tanto interna como externa. Esta observación valida la elección del material para ambientes propensos a la exposición del combustible y condiciones ambientales dentro de un taller automotriz, asegurando la integridad estructural y funcional del equipo a lo largo del tiempo.
- Una parte fundamental en el diseño y construcción del banco de pruebas parte desde los bocetos realizados a mano con las medidas de los componentes previamente seleccionados para optimizar espacio, ergonomía y funcionalidad del mismo, sin embargo el diseño se vio modificado varias veces al momento de llevarlo al modelado 3D en el software de Autodesk inventor ya que, al visualizarlo en el software se pudo apreciar de mejor manera dimensiones, estética y distribución de los equipos por lo cual, el diseño 3D fue determinante para el modelo final al que se llegó.

RECOMENDACIONES

- Se considera para una segunda etapa el desarrollo y ejecución de un sistema de riel de inyectores para medir y verificar con precisión la presión de salida de la electrobomba de gasolina que asegurará un rendimiento óptimo y una operación positiva al integrarse en un vehículo. Este sistema permitirá simular el suministro completo de combustible de un vehículo, facilitando la detección de fallos y la evaluación de la compatibilidad y calidad entre diferentes marcas de componentes. Sensores de presión de alta precisión se instalarán en el riel de inyectores, permitiendo un monitoreo en tiempo real y el análisis detallado de datos mediante software especializado.
- Se recomienda realizar pruebas para evaluar el rendimiento y robustez de las electrobombas de gasolina en escenarios fuera de los rangos normales de operación.
- Debería tomarse en cuenta para una segunda etapa de este proyecto la implementación de sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real en el banco para recopilar los datos de una manera más sencilla como un caudalímetro digital.
- Se recomienda realizar un análisis estructural en el software y del material en el caso de que se implemente equipos más robustos o se necesite un tanque con mayor capacidad para el almacenamiento de gasolina. Este análisis ayudará a identificar posibles puntos de falla y certificar que los nuevos componentes resistan las condiciones operativas exigidas. Así como materiales resistentes a la degradación que se ven expuestos por las propiedades químicas de la gasolina para evitar agrietamientos, deformación y ablandamiento de materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Almeida Gonzalo. (2006). Diseño de una máquina para desbarbado criogénico de piezas de caucho moldeadas tipo agitador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/13477>
- Arévalo, R., Llanos, A., & Flores, J. (2003). Diseño y construcción de los instrumentos de medición para un biorreactor prototipo. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, XXIV. <https://rmib.com.mx/index.php/rmib/article/view/281>
- Castro, F. (2021). Medidores de presión empleados en neumática. <https://www.researchgate.net/publication/354771005>
- Federico Rodríguez Paz, A. (2010). Manual de mantenimiento automotriz para el sistema de alimentación a gasolina. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2688>
- Franco, R., & Cano, H. (2012). Diseño y simulación de un controlador PD análogo con ISIS PROTEUS. *Scientia et Technica* Año XVII, 51. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4272488>
- Gómez José, & Ramírez Henry. (2014). Implementación de un sistema de Inyección programable y turbo en un Chevrolet Corsa con fines de competencia automovilística. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2001>
- Hendi, V. Y. (2017). Diseño de panel solar utilizando Transistores (2N3055 Y MJ2955) con efecto de luz solar reflejada para la optimización de la energía eléctrica generada. <http://dx.doi.org/10.33087/civronlit.v2i2.22>
- Hernández Diego. (2008). Diseño, Implementación y análisis de caudalímetro [UNIVERSIDAD DE LOS ANDES]. <http://hdl.handle.net/1992/20564>
- Hernández, S., Sánchez, H., Cárdenas, H., Manrique, J., & Muñoz, A. (2017). Calibración de un manómetro tipo Bourdon mediante un banco generador de alta presión empleando aceite mineral hidráulico como fluido. 13-22. <https://revistas.ucentral.edu.co/index.php/Ingeciencia/article/view/2350>

- Trujillo-Tello, J. T.-T., Padilla-Padilla, C., Buenaño-Moyano, L., & Cuaical-Angulo, B. (2020). Evolución y Tendencia de los Sistemas de Control de Motores de Combustión Interna Alternativos, Una Revisión Bibliográfica. *INGENIO*, 3(2), 5-14. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v3i2.2718>
- López Vidal-Abarca, F., Cesar, P., & González, O. (2021). Diseño, Implementación y mejora de un sistema de inyección de gasolina por bucle cerrado. <https://n9.cl/g7ek9>
- Madrigal, A., Alex, B., & Hernández, C. (2013). Máquina lavadora de tanque de gasolina sin desmontar [Institución Universitaria Pascual Bravo]. <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/380>
- Martí Parera, Albert. (1990). Inyección Electrónica en motores de gasolina.
- Montúfar Luis. (2011). Diseño y construcción de una máquina pulidora rotativa para piezas planas de Acero Inoxidable. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3805>
- Padilla, E. D. (1999). Aplicaciones de los Aceros Inoxidables. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v2i3.2114>
- Parra, L., & Fabricio, E. (2019). Comprobación del comportamiento de un motor de combustión interna electrónico ciclo Otto usando bioetanol con mezcla E5.
- Reyes, J. (2018). Diagnóstico de motores Diesel electrónicos, a base de presiones en el riel común (CRDI) [Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11529>
- Rodríguez, A., Vigoa Escobedo, Y., Pin García, L. J., & Delgado Lucas, H. B. (2021). Evaluación del aprendizaje mediante un enfoque constructivista a partir del método ponderación lineal. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, ISSN-e 2306-2495, Vol. 14, No. 7, 2021 (Ejemplar dedicado a: Julio), págs. 156-165, 14(7), 156-165. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590664&info=resumen&idioma=ENG>

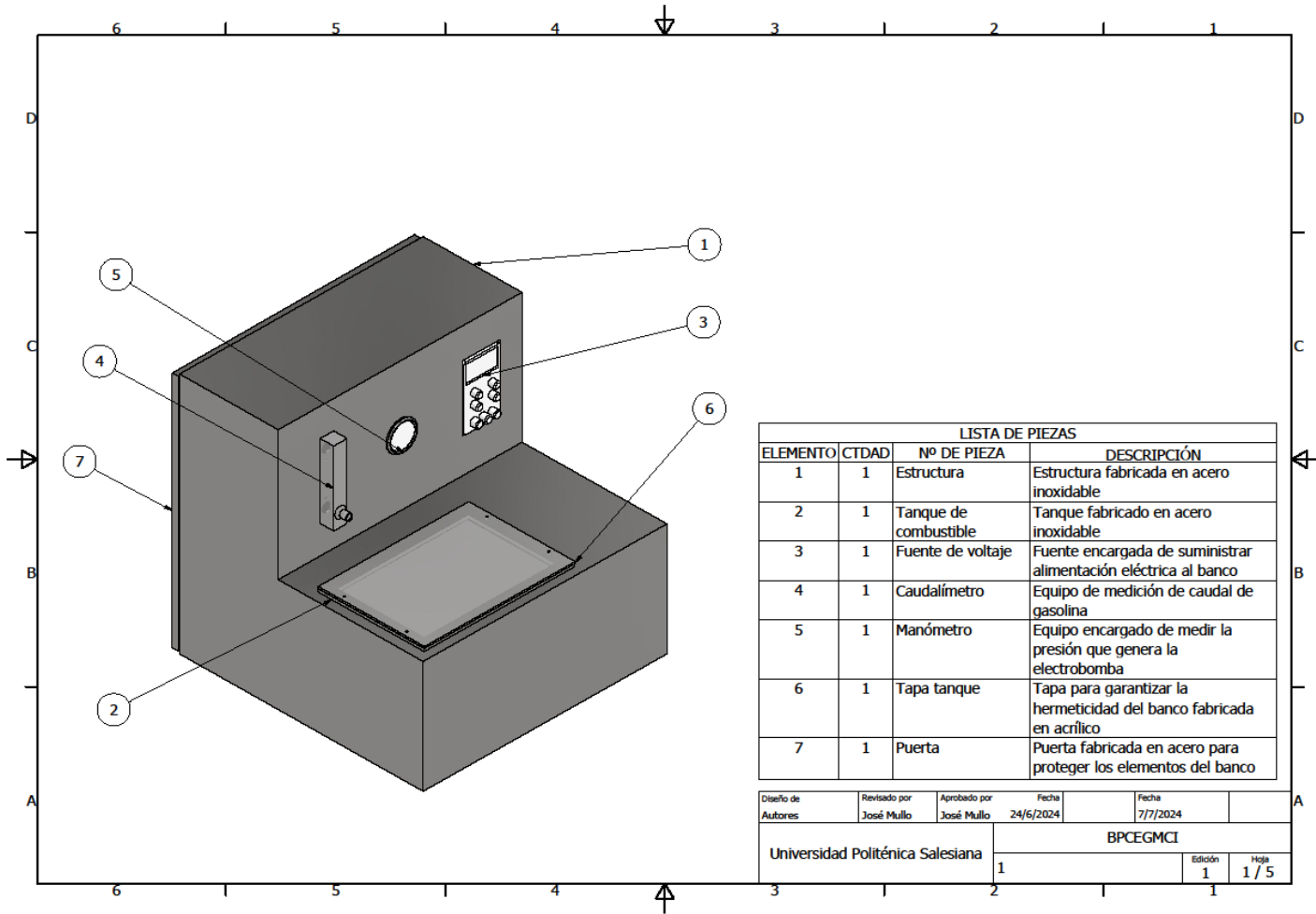
Rodríguez, D. S. (2017). Metodología didáctica en el área de expresión gráfica a través de técnicas paramétricas y realidad aumentada. [Universidad de Extremadura]. <http://hdl.handle.net/10662/6045>

Sorrosa, R., Coronel, J., Sánchez. Miguel, & De la rosa, M. (2008). Proyecto del Sistema hidráulico para la automatización de una prensa hidráulica de 10 Ton. <https://n9.cl/hw035>

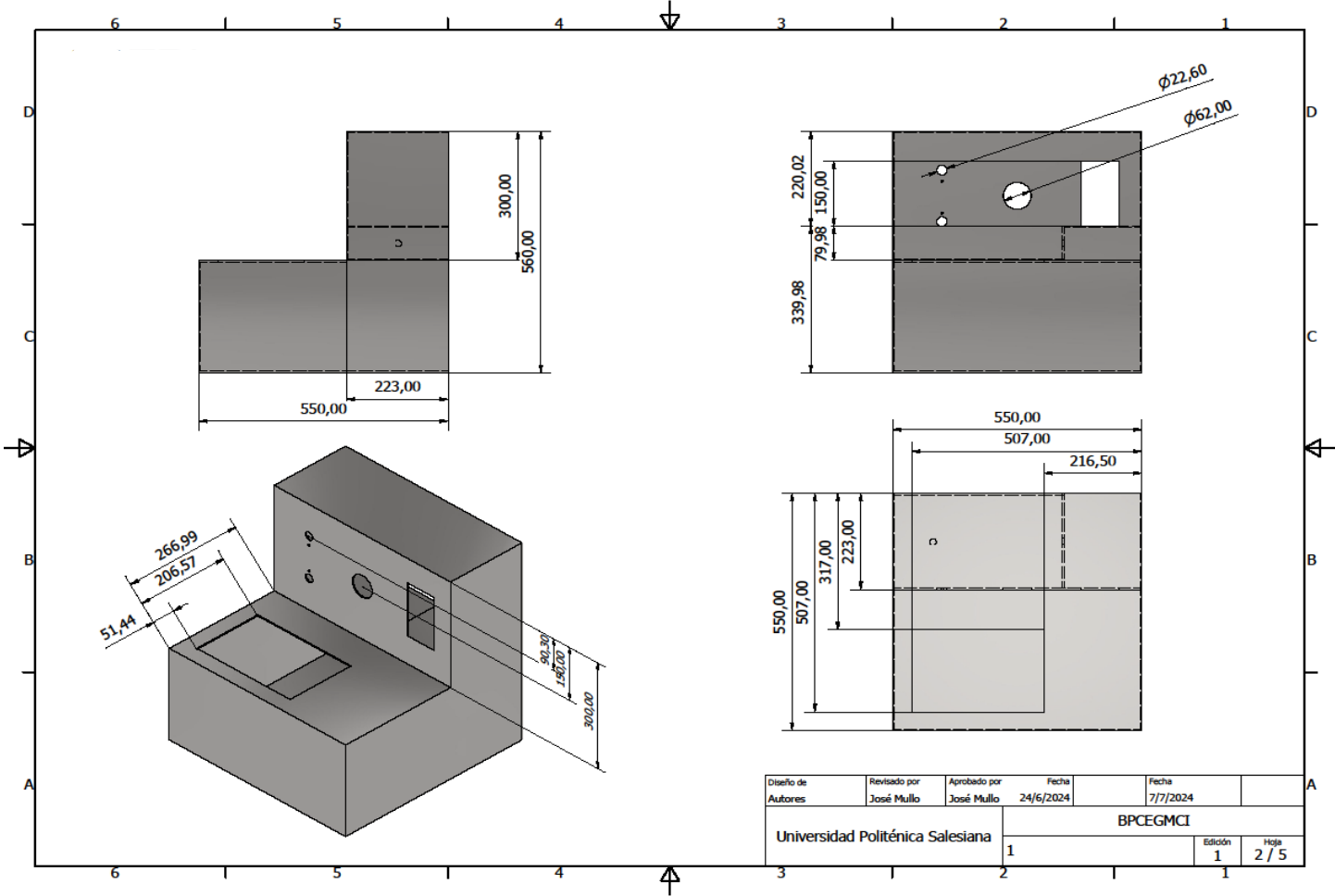
Sucle Isabel. (2016). Estudio de los defectos de soldadura TIG en la construcción de tanques de INOX 304 y su influencia en el proceso de obtención del vino [Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8408>

ANEXOS.

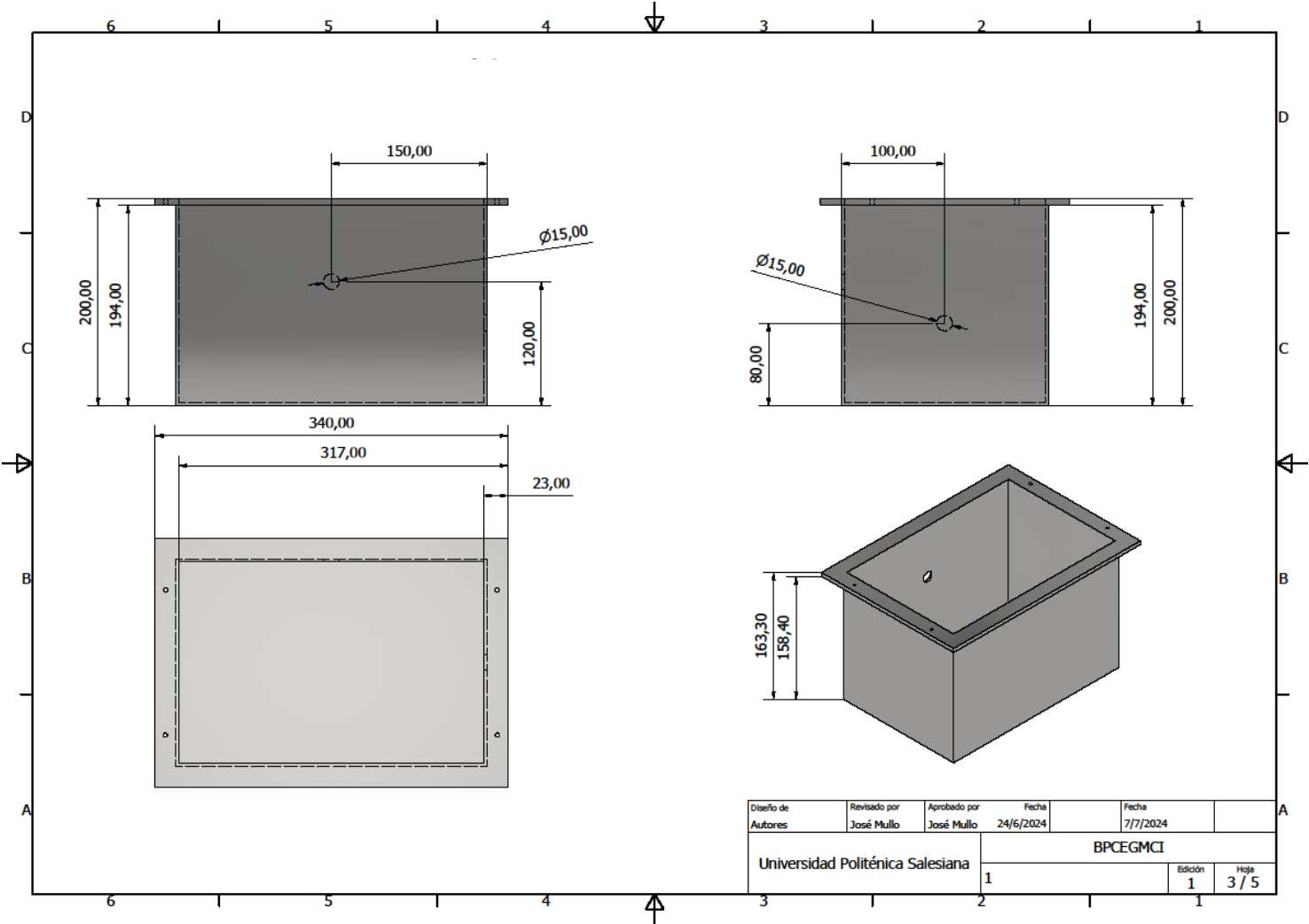
Anexo 1. Banco de pruebas para la comprobación de electrobombas de gasolina con inyección indirecta (Componentes)



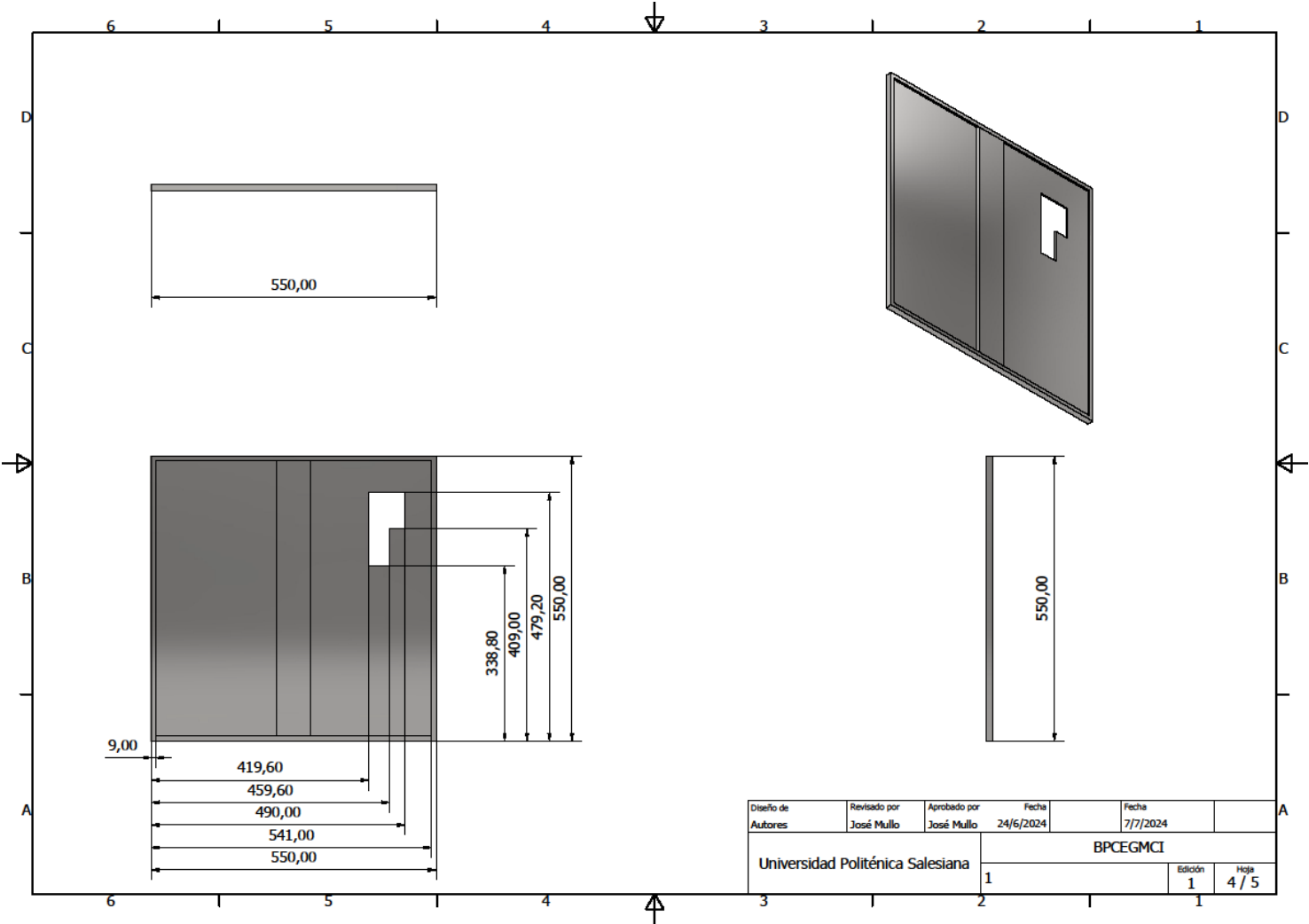
Anexo 2. Plano del banco de Pruebas de Electrobombas de gasolina.



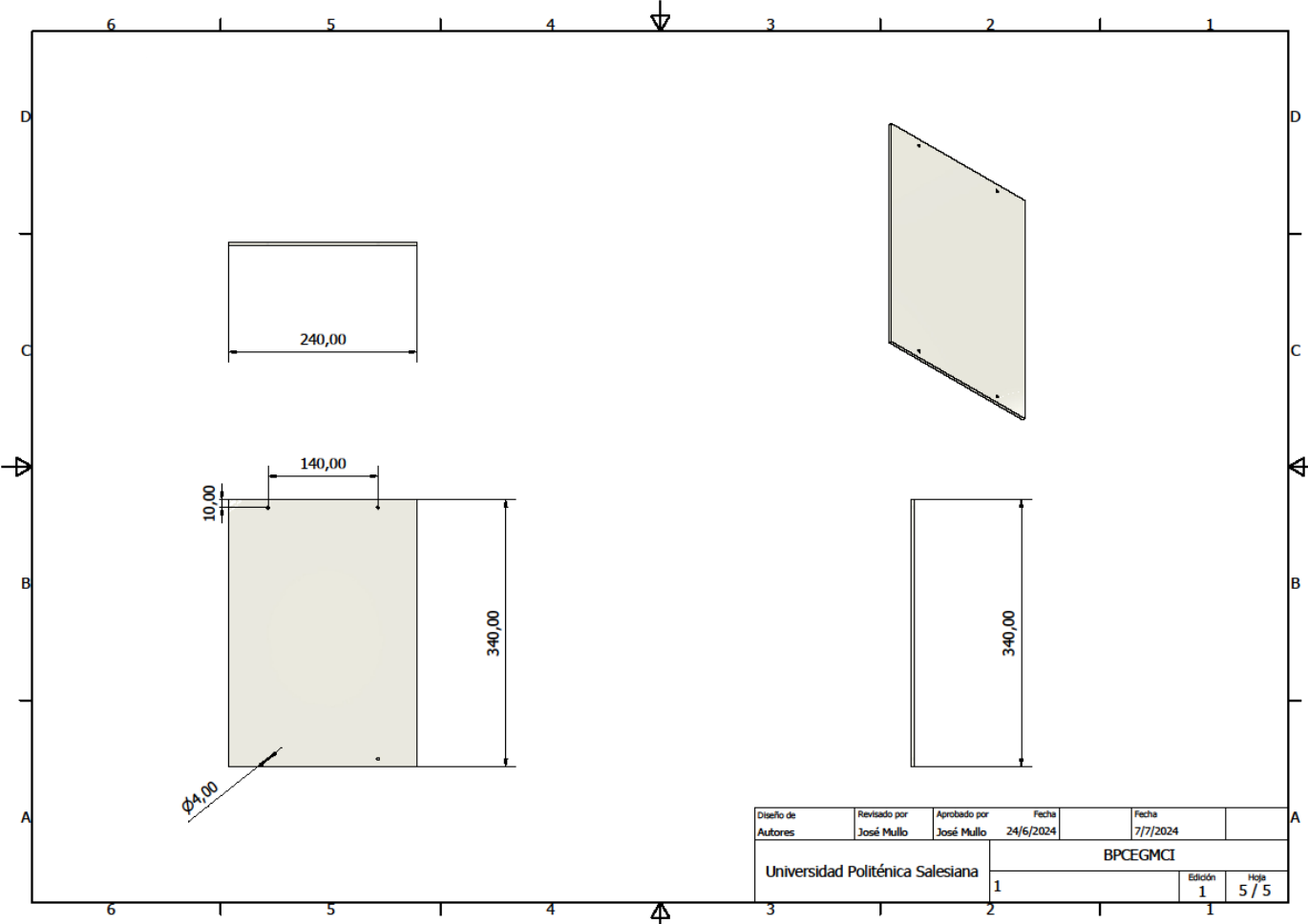
Anexo 3. Plano del tanque de combustible.



Anexo 4. Plano de la puerta del banco de pruebas.



Anexo 5. Plano de la tapa del Tanque.



Anexo 6. Representación del circuito eléctrico de la fuente de alimentación.

