



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

**ANÁLISIS DE PAR Y POTENCIA DE UN VEHÍCULO JETOUR X70 2022 CON  
MOTOR TURBOALIMENTADO 1.5 L, UTILIZANDO DIFERENTES ADITIVOS  
EN COMBUSTIBLE**

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

AUTOR: ISAAC FRANCISCO OJEDA VIVANCO

TUTOR: ING. ADRIÁN XAVIER SIGÜENZA REINOSO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Isaac Francisco Ojeda Vivanco con documento de identificación N° 1104737455, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 25 de julio del 2023

Atentamente,



---

Isaac Francisco Ojeda Vivanco

1104737455

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

Yo, Isaac Francisco Ojeda Vivanco con documento de identificación N° 1104737455, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Análisis de par y potencia de un vehículo Jetour x70 2022 con motor turboalimentado 1.5 l, utilizando diferentes aditivos en combustible”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 25 de julio del 2023

Atentamente,



---

Isaac Francisco Ojeda Vivanco

1104737455

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Adrián Xavier Sigüenza Reinoso con documento de identificación N° 0103827366, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE PAR Y POTENCIA DE UN VEHÍCULO JETOUR X70 2022 CON MOTOR TURBOALIMENTADO 1.5 L, UTILIZANDO DIFERENTES ADITIVOS EN COMBUSTIBLE, realizado por Isaac Francisco Ojeda Vivanco con documento de identificación N° 1104737455, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de julio del 2023

Atentamente,



---

Ing. Adrián Xavier Sigüenza Reinoso, MSc.

0103827366

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto es el resultado de un esfuerzo conjunto y quiero dedicarla a ustedes, mis queridos padres Nelson Castillo y Augusta Vivanco, a mis hermanos Pablo y Ana, a mi cuñado Cristian que ha sido como un hermano más, que vuestro aliento y motivación, he encontrado la fuerza para superar los desafíos y seguir adelante en este camino de aprendizaje. Vuestro ejemplo de dedicación y sacrificio ha sido mi inspiración para perseverar en busca del conocimiento.*

*Así mismo se lo dedico a mis abuelos Carlos Vivanco y Elsa Aguirre, por confiar y apoyarme en cada momento, por nunca olvidarse de mí.*

*De la misma manera a mis tíos Cesar Novillo y Mónica Vivanco que han sido como unos segundos padres para mí. Vuestra presencia en mi vida ha sido una bendición y un regalo que siempre atesoraré.*

**Isaac Francisco Ojeda Vivanco**

## AGRADECIMIENTO

*Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, mi fuente de fortaleza y guía en cada paso de esta travesía académica. Sin su amor y bendiciones, nada de esto habría sido posible.*

*A mis amados padres, quienes han sido mi mayor inspiración y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida. Gracias por creer en mí, por alentarme a perseguir mis sueños y por estar siempre a mi lado en cada desafío. Su amor y sacrificio han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar mis metas.*

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi estimado tutor de tesis, Ing. Adrian Singüenza. Su guía, conocimiento y paciencia han sido fundamentales en el desarrollo de este trabajo académico.*

*A mis queridos hermanos, cuyo cariño y compañía han sido un pilar fundamental en mi camino. Gracias por compartir risas,*

*alegrías y también momentos difíciles. Saber que puedo contar con ustedes en todo momento me ha dado la confianza para enfrentar cualquier obstáculo.*

*A mis queridos tíos y primos, quienes han sido una familia cercana y cariñosa, brindándome su apoyo y aliento en cada etapa de mi vida. Gracias por siempre estar dispuestos a tenderme una mano y por hacerme sentir amado y valorado.*

*A mis amigos, quienes han sido mis cómplices y confidentes, compartiendo risas y lágrimas durante esta travesía. Su amistad ha sido un regalo preciado que ha enriquecido mi vida de manera inigualable.*

*Este logro no solo es mío, sino también de cada una de las personas que han sido parte de mi vida y han dejado su huella en mi corazón. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por formar parte de este camino y por ser mi mayor motivación para alcanzar el éxito.*

**Isaac Francisco Ojeda Vivanco**

## RESUMEN

El presente estudio analiza la potencia y par de un vehículo Jetour X70 2022 con motor turboalimentado de 1.5 litros, utilizando diversos aditivos en el combustible. El problema surge porque algunos propietarios emplean combustibles de menor octanaje al recomendado, lo que afecta el rendimiento y economía del vehículo. Mediante un diseño de experimentos y pruebas en un banco dinamométrico, se compararon los resultados con los aditivos A, B y C. Los objetivos comprenden definir conceptos base, establecer protocolos de muestreo y realizar análisis estadísticos para comprender el comportamiento del motor. El análisis de varianza (ANOVA) muestra diferencias significativas entre las medias de potencia de los aditivos. El aditivo B exhibe un aumento promedio superior en la potencia en comparación con los aditivos A y C. Se sugiere considerar el aditivo B para optimizar el rendimiento en vehículos similares. El estudio es relevante para propietarios de vehículos y la industria automotriz, brindando información sobre el impacto de los aditivos en motores turboalimentados y contribuyendo al conocimiento científico en ingeniería automotriz.

***Palabras Claves:*** *Potencia, Par, Turboalimentación, Aditivos, DAQ*



## ABSTRACT

This study analyzes the power and torque of a Jetour X70 2022 vehicle with a 1.5-liter turbocharged engine, using various fuel additives. The problem arises because some owners use lower octane fuels than recommended, which affects the vehicle's performance and economy. Through a design of experiments and dynamometric bench tests, the results were compared with additives A, B and C. The objectives include defining base concepts, establishing sampling protocols and performing statistical analyses to understand engine behavior. The analysis of variance (ANOVA) shows significant differences between the power means of the additives. Additive B exhibits a higher average increase in power compared to additives A and C. It is suggested that additive B be considered to optimize performance in similar vehicles. The study is relevant for vehicle owners and the automotive industry, providing information on the impact of additives in turbocharged engines and contributing to scientific knowledge in automotive engineering.

**Keywords:** *Power, Torque, Turbocharging, Additives, DAQ*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. PROBLEMA .....	5
<b>2.1. Antecedentes</b> .....	5
<b>2.2. Importancia y Alcances</b> .....	5
<b>2.3. Delimitación</b> .....	6
3. OBJETIVOS.....	8
<b>3.1. Objetivo General</b> .....	8
<b>3.2. Objetivo Específico</b> .....	8
4. CAPÍTULO I .....	9
<b>4.1. Evolución de los Motores de Combustión Interna.</b> .....	9
<b>4.2. Normativas que Rigen la Contaminación Ambiental</b> .....	10
<b>4.3. Factores que Afectan el Rendimiento del Combustible.</b> .....	11
<b>4.3.1. Composición del Combustible</b> .....	11
<b>4.3.2. Calidad del Combustible.</b> .....	11
<b>4.3.3. Tecnologías de Combustión</b> .....	11
<b>4.3.4. Condiciones de Operación</b> .....	12
<b>4.3.5. Mantenimiento Adecuado</b> .....	12
<b>4.4. Motores Downsizing</b> .....	12
<b>4.5. Funcionamiento</b> .....	14
<b>4.5.1. Ciclo Teórico del Motor Otto</b> .....	15
<b>4.5.2. Ciclo Real del Motor Otto</b> .....	15
<b>4.5.3. Ciclo Práctico del Motor Otto</b> .....	16
<b>4.6. Características para mejorar el funcionamiento</b> .....	17
<b>4.6.1. Bujías</b> .....	17
<b>4.6.2. Sobrealimentación</b> .....	18
<b>4.6.3. Tipo de encendido</b> .....	18
<b>4.7. Definición Rendimiento Par y Potencia</b> .....	19
<b>4.7.1. Par</b> .....	19

4.7.2.	<i>Potencia</i> .....	20
4.7.3.	<i>Medición Par</i> .....	20
4.7.4.	<i>Determinación de la Potencia</i> .....	20
4.7.5.	<i>Curvas Características de Par y Potencia</i> .....	21
4.7.6.	<i>Sensor para la Obtención del Par Motor y Potencia</i> .....	23
4.8.	<b>Influencia de Aditivos en Combustibles</b> .....	24
4.8.1.	<i>El Octanaje y su Importancia en la Combustión</i> .....	24
4.8.2.	<i>Tipos de Aditivos</i> .....	25
4.8.3.	<i>Daños Producidos en el Motor Utilizando Aditivos.</i> .....	27
4.9.	<b>Resumen de Estudios Realizados</b> .....	28
4.10.	<b>Diseño de Experimentos</b> .....	29
4.10.1.	<i>Anova</i> .....	30
4.10.2.	<i>Factores por Analizar</i> .....	31
4.11.	<b>Dispositivos para la Toma de Datos y Pruebas</b> .....	33
4.11.1.	<i>Tarjeta de Adquisición de Datos DAQ Ni USB-6212</i> .....	33
4.11.2.	<i>Banco Dinamométrico</i> .....	34
4.11.3.	<i>Acople de Bujía para Sensor</i> .....	35
4.12.	<b>Características de Vehículo de Estudio</b> .....	35
5.	<b>Capítulo II</b> .....	37
5.1.	<b>Metodología</b> .....	37
5.1.1.	<i>Método Analítico</i> .....	37
5.1.2.	<i>Método Cuantitativo.</i> .....	37
5.1.3.	<i>ANOVA</i> .....	38
5.1.4.	<i>Definir las Hipótesis Nula y Alternativa</i> .....	38
5.1.5.	<i>Seleccionar el Nivel de Significancia</i> .....	38
5.1.6.	<i>Realizar el Análisis ANOVA Utilizando Software Estadístico.</i> .....	39
5.1.7.	<i>Interpretar los Resultados y Hacer Conclusiones.</i> .....	39
5.1.8.	<i>Método Cualitativo.</i> .....	39
5.2.	<b>Corridas experimentales</b> .....	40
5.3.	<b>Condiciones para la Evaluación de Pruebas</b> .....	42
5.4.	<b>Fundamentos</b> .....	43
5.4.1.	<i>Desarrollo de Algoritmo</i> .....	45
5.4.2.	<i>Diseño de Experimento</i> .....	47
5.4.3.	<i>Aditivos Implementados</i> .....	50
5.4.4.	<i>Bardahl Octane Booster</i> .....	50
5.4.5.	<i>Octane Plus-Liqui Moly</i> .....	51

5.4.6.	<i>Ravenol Petrol</i> .....	52
5.4.7.	<i>Implementación del Experimento</i> .....	52
5.4.8.	<i>Condiciones de Muestreo para Banco Dinamométrico</i> .....	53
5.4.9.	<i>Prueba en Banco Dinamométrico</i> .....	56
5.4.10.	<i>Prueba en carretera</i> .....	57
5.4.11.	<i>Cálculo de Variables de Respuesta</i> .....	61
5.4.12.	<i>Voltajes Obtenidos</i> .....	62
5.4.13.	<i>Potencia</i> .....	65
5.4.14.	<i>Par</i> .....	69
6.	<b>Capítulo III</b> .....	73
6.1.	<b>Análisis de resultados</b> .....	73
6.2.	<b>Selección de datos</b> .....	73
6.3.	<b>Determinación de par y potencia</b> .....	74
6.4.	<b>Análisis anova de voltajes recolectados</b> .....	75
6.5.	<b>Interpretación de gráficas de potencia</b> .....	79
6.6.	<b>Interpretación de gráficas de par</b> .....	82
7.	<b>Conclusiones</b> .....	85
8.	<b>Recomendaciones</b> .....	87
9.	<b>Referencias bibliográficas</b> .....	89
10.	<b>Anexos</b> .....	93

## 1. INTRODUCCIÓN

El constante avance tecnológico en la industria automotriz ha llevado a una búsqueda continua por mejorar la eficiencia y el rendimiento de los vehículos. En este sentido, el análisis del par y la potencia se ha convertido en una herramienta fundamental para comprender y optimizar el desempeño de los motores turboalimentados de combustión interna. En el caso específico del Jetour X70 2022, un vehículo utilitario deportivo ampliamente reconocido y líder en ventas en Ecuador (AEADE, 2022), su motor turboalimentado de 1.5 litros ha sido diseñado para funcionar con combustible de 93 octanos.

Sin embargo, es común que los propietarios de vehículos utilicen combustibles de menor octanaje al recomendado por el fabricante. Para abordar esta situación, en el mercado se han introducido aditivos que prometen elevar el octanaje del combustible y mejorar el rendimiento del motor. En el contexto de Ecuador, donde existe una preocupación constante por el ahorro de combustible y el rendimiento eficiente de los vehículos, es importante investigar cómo estos aditivos afectan el par y la potencia del Jetour X70.

A pesar de la relevancia de este tema, se ha identificado una falta de estudios específicos que aborden el impacto del cambio de combustible en el Jetour X70 y su relación con el par y la potencia generados. Por lo tanto, este estudio busca llenar ese vacío y proporcionar una base sólida de conocimiento sobre este tema.

## **2. PROBLEMA**

### **2.1. Antecedentes**

Considerando que el Jetour X70, es un vehículo que según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador es el vehículo utilitario deportivo más vendido del Ecuador, de enero a agosto 2022 (AEADE, 2022); este tiene especificaciones definidas utilizando el combustible de 93 octanos para así otorgar una potencia máxima de 147HP a 5500 RPM y un torque de 210 Nm de 1750 a 4000 rpm, con una cilindrada de 1.5 litros ( Ficha X70 Jetour, 2022), sin embargo los propietarios suelen utilizar combustible de menor octanaje al recomendado por el fabricante, por lo tanto en el mercado existe aditivos los cuales indican que pueden elevar el octanaje para la utilización en el vehículo y de esta manera obtener un funcionamiento de características deseadas, a demás representen a nivel del Ecuador un ahorro de economía tratando de obtener optimo funcionamiento, dado aquello se puede observar a través de revisiones bibliográficas, que no hay estudios específicos para este modelo de vehículo que definan como el cambio de combustibles puede afectar a la definición de par y potencia de este vehículo por lo que es necesario un análisis que permita definirlo.

### **2.2. Importancia y Alcances**

La importancia de este estudio radica en varias dimensiones. En primer lugar, proporcionará información valiosa sobre el impacto de diferentes aditivos en el combustible en el rendimiento de un vehículo turboalimentado específico, el Jetour X70 2022. Esta información permitirá a los propietarios de vehículos tomar decisiones más informadas sobre la elección de combustible y la posible utilización de aditivos para optimizar el rendimiento de sus motores.

Además, el estudio contribuirá al conocimiento científico existente en el campo de la ingeniería automotriz, específicamente en relación con los motores turboalimentados y la

influencia de los aditivos en el rendimiento del motor. Al proporcionar datos empíricos y resultados analíticos, se generarán hallazgos que pueden servir como base para futuras investigaciones y estudios relacionados con el tema.

Desde una perspectiva práctica, los resultados de esta investigación pueden tener implicaciones significativas para la industria automotriz y los fabricantes de aditivos en combustible. Los hallazgos podrían respaldar la mejora continua de los motores y la formulación de aditivos más efectivos, lo que a su vez podría conducir a vehículos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

En cuanto a los alcances de este estudio, se centrará específicamente en el análisis del par y la potencia del motor del Jetour X70 2022 con motor turboalimentado de 1.5 litros. Se evaluará el rendimiento del motor utilizando diferentes aditivos en combustible y se compararán los resultados obtenidos. El análisis se realizará a través de pruebas en un banco dinamométrico y se utilizará un diseño de experimentos para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados.

Es importante destacar que este estudio se realizará en la ciudad de Cuenca, considerando las condiciones de presión y temperatura específicas de esa región. Estas condiciones pueden influir en el rendimiento del motor y, por lo tanto, es relevante analizar cómo los aditivos en combustible pueden afectar el par y la potencia en este contexto particular.

### **2.3. Delimitación**

La delimitación geográfica de este estudio se establece en la ciudad de Cuenca, Ecuador, concretamente en la ubicación de la Calle Vieja 12-30 y Elia Liut de la Universidad Politécnica Salesiana. Su ubicación es  $2.8941^{\circ}$  S de latitud y  $79.0102^{\circ}$  W de longitud. La

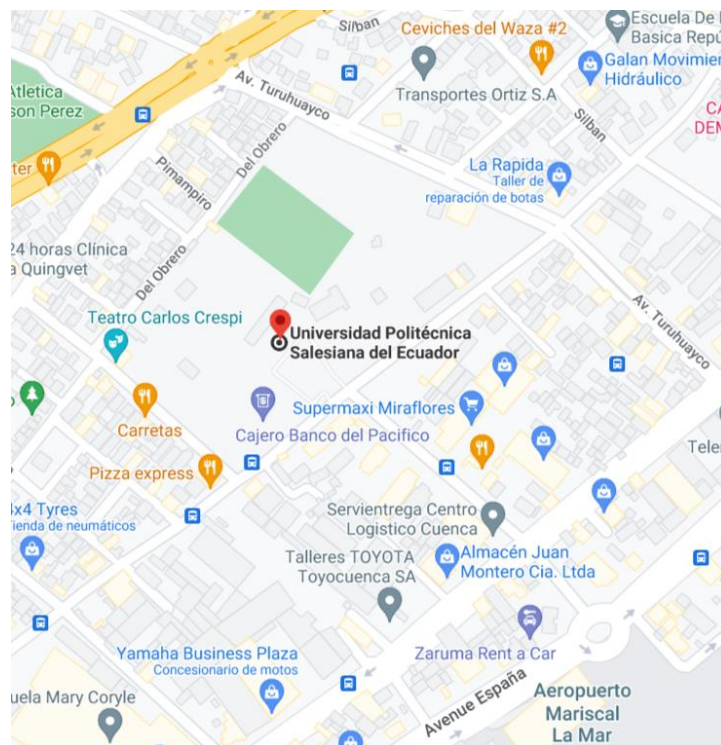
recopilación de datos, la realización de pruebas en un banco dinamométrico y cualquier otro aspecto relacionado con la investigación se llevarán a cabo en esta ubicación específica.

Es importante destacar que la elección de esta ubicación se debe a la disponibilidad de infraestructura y recursos necesarios para llevar a cabo el estudio. La Universidad Politécnica Salesiana proporcionará el espacio y las instalaciones adecuadas, así como el acceso a equipos y herramientas especializadas necesarias para realizar las pruebas en el banco dinamométrico.

La delimitación geográfica también implica que los resultados y conclusiones obtenidos en este estudio serán aplicables a la ciudad de Cuenca y sus alrededores, considerando las condiciones de presión y temperatura específicas de esta área geográfica.

**Figura 1**

*Localización UPS*



*Nota. Adaptado de Mapa UPS [Fotografía], por Google Maps, 2023*



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Analizar par y potencia de un vehículo Jetour x70 2022 con motor turboalimentado 1.5 l, utilizando diferentes aditivos en combustible.

#### **3.2. Objetivo Específico**

- Definir conceptos base para el estudio, a través del estado del arte de fuentes bibliográficas que establezcan definiciones de parámetros de funcionamiento para el análisis de los motores turbo alimentados.
- Establecer un diseño de experimentos para definir protocolos de muestreo para la adquisición de datos de par y potencia, en un banco dinamométrico en las diferentes composiciones de combustibles.
- Realizar un análisis estadístico que permita definir a través de campos vectoriales y curvas de nivel, el comportamiento del motor en las diferentes pruebas de trabajo.

## 4. CAPÍTULO I

### 4.1. Evolución de los Motores de Combustión Interna.

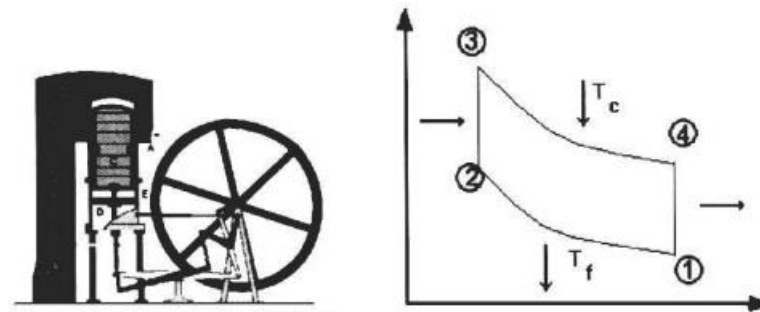
Un gran paso para la ingeniería fue el aprovechamiento de la transformación de la energía. Sin contar la complejidad de las máquinas de hoy en día, sus fundamentos se apoyan en las máquinas principales como la palanca, la rueda, el eje, la polea, la cuña y el tornillo.

En el siglo I a.C. se desarrolla la primera máquina térmica por Herón de Alejandría, sirvió como pilar para el motor de turbina a vapor. Para 1685, Christian Huyghens intenta desarrollar una máquina de combustión interna usando pólvora de combustible, su diseño tenía la particularidad de incluir una válvula de seguridad, este prototipo se lo conoce como la primera máquina térmica de combustión interna, debido a la falta de apoyo se mantuvo con el vapor como fuente de energía, es así que Thomas Savery ensamblo la primer máquina a vapor que fue patentada en 1698, con la potencia de 6 caballos vapor y un rendimiento térmico promedio de 0,5%.(Gaviria Jorge et al., 2002)

Para 1816 se inventa el motor Stirling por Sir Robert Stirling, este motor posee un ciclo conformado por dos evoluciones a volumen constante y dos evoluciones isométricas.

**Figura 2**

*Motor Stirling*



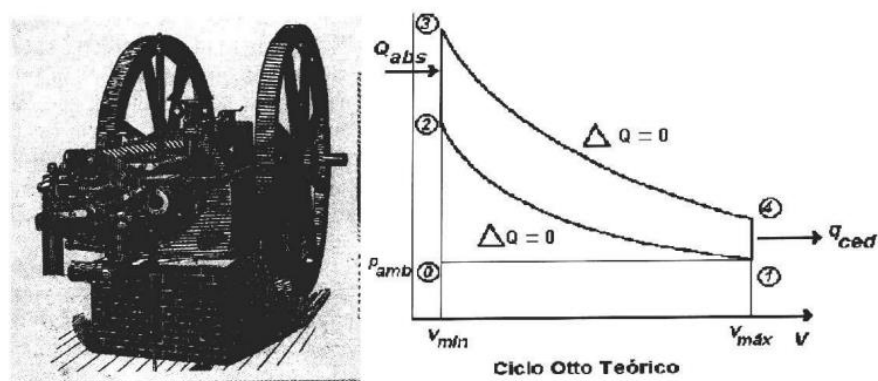
*Nota.* Adaptado de *Motores de combustión* [Fotografía], por J. Gaviria, 2002

Gracias al estudio de la termodinámica Joseph Eitenne Lenoir desarrolla el primer motor de combustión interna para el año 1859. La fuente de energía de este

motor era gas de carbón mezclado con aire, tenía una eficiencia del 5%. Gracias a este antecedente para el año 1960 se construye el primer vehículo con motor de combustión. Para 1864 se introduce la gasolina como fuente de energía para este motor. En 1876 se desarrolla el primer motor cuatro tiempos de la historia gracias a Nikolaus August Otto, debido a problemas legales su patente fue negada hacia 1884.(Gaviria Jorge et al., 2002)

**Figura 3**

*Motor y ciclo otto*



*Nota.* Adaptado de *Motores de combustión* [Fotografía], por J. Gaviria, 2002

## 4.2. Normativas que Rigen la Contaminación Ambiental

La contaminación ambiental es un problema global que afecta la calidad de vida de las personas y el equilibrio ecológico del planeta. Para abordar esta preocupación en el contexto específico de los vehículos a gasolina en Ecuador, es importante analizar las normativas vigentes que regulan esta problemática.

La Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial es la normativa fundamental en Ecuador que regula el sector del transporte terrestre, incluyendo los vehículos a gasolina y su impacto ambiental. Según el artículo 170 de esta ley, se establecen las disposiciones sobre los límites máximos permitidos de emisiones contaminantes para los vehículos en el país (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018).

El Programa de Control Vehicular Ambiental, implementado por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, es una iniciativa adicional que tiene como objetivo reducir la contaminación generada por los vehículos en circulación. Este programa, establecido mediante Acuerdo Ministerial No. 004-2019, busca incentivar la renovación del parque automotor y la adopción de tecnologías más limpias (Ministerio del Ambiente, 2019).

### **4.3. Factores que Afectan el Rendimiento del Combustible.**

En el año 2023, el rendimiento del combustible se ha convertido en un tema de gran importancia debido a su impacto en la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas de energía. Diversos factores pueden influir en el rendimiento del combustible.

#### ***4.3.1. Composición del Combustible***

La composición del combustible desempeña un papel fundamental en su rendimiento. Se han desarrollado nuevos métodos de refinación que permiten obtener combustibles con una mayor pureza y un menor contenido de impurezas. Estas mejoras en la composición tienen un impacto directo en la eficiencia de combustión

#### ***4.3.2. Calidad del Combustible.***

La calidad del combustible es un elemento fundamental que afecta su rendimiento. Normas de calidad, como el octanaje, el contenido de azufre y la presencia de aditivos, influyen en la reducción de emisiones contaminantes.

#### ***4.3.3. Tecnologías de Combustión***

Las tecnologías de combustión juegan un papel crucial en el rendimiento del combustible. Los avances en la tecnología de motores, como la inyección directa de combustible, los sistemas de encendido por chispa mejorados y los sistemas de

control electrónico, han mejorado significativamente la eficiencia de combustión y la economía de combustible.

#### **4.3.4. Condiciones de Operación**

Las condiciones de operación también pueden tener un impacto significativo en el rendimiento del combustible. Factores como la temperatura ambiente, la altitud y el tipo de terreno pueden influir en la eficiencia de combustión y en el consumo de combustible de un vehículo.

#### **4.3.5. Mantenimiento Adecuado**

Un mantenimiento adecuado de los motores y los sistemas de combustible también es crucial para optimizar el rendimiento del combustible en el año 2023. El mantenimiento regular, que incluye la limpieza y el reemplazo de filtros, la calibración de los sistemas de inyección de combustible y la revisión de los sistemas de escape, puede ayudar a maximizar la eficiencia de combustión y a prevenir problemas.

### **4.4. Motores Downsizing**

En el mundo de la automoción, el downsizing se ha convertido en una técnica ampliamente utilizada para mejorar la eficiencia y reducir las emisiones de los motores de combustión interna. El término "downsizing" se refiere a la reducción del tamaño del motor mientras se mantiene o incluso se mejora su rendimiento. Esta estrategia ha sido adoptada por muchos fabricantes de automóviles en respuesta a las crecientes demandas de eficiencia energética y regulaciones más estrictas sobre las emisiones contaminantes.

El concepto de downsizing se basa en la premisa de que un motor más pequeño puede ser tan eficiente o incluso más eficiente que uno más grande. La técnica implica la reducción del desplazamiento del motor al disminuir el número de cilindros y/o reducir su capacidad volumétrica. Además, se combinan con tecnologías avanzadas como la

sobrealimentación y la inyección directa de combustible para compensar la pérdida de potencia debido a la reducción del tamaño. El objetivo principal del downsizing es lograr una mejora significativa en la eficiencia de combustible y una reducción correspondiente en las emisiones de CO<sub>2</sub> sin sacrificar el rendimiento del motor.(Indd, 2018)

La adopción generalizada de los motores de downsizing en la industria automotriz se debe a varias razones fundamentales. En primer lugar, la presión regulatoria para reducir las emisiones contaminantes ha llevado a los fabricantes de automóviles a buscar soluciones que les permitan cumplir con los estándares establecidos. Los motores de downsizing ofrecen una manera eficaz de lograr este objetivo al reducir el consumo de combustible y, por lo tanto, las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto se logra al reducir la carga del motor, lo que permite un mejor aprovechamiento de la energía y una mayor eficiencia térmica.

En segundo lugar, el downsizing también proporciona beneficios económicos significativos tanto para los fabricantes de automóviles como para los consumidores. Al utilizar motores más pequeños, los vehículos pueden ser más ligeros, lo que a su vez reduce el consumo de combustible. Esto no solo resulta en un menor costo de operación para los propietarios de vehículos, sino que también ayuda a los fabricantes a cumplir con los requisitos de economía de combustible establecidos por las autoridades gubernamentales. Además, el downsizing puede permitir a los fabricantes ofrecer vehículos más asequibles al reducir los costos de producción.

Un tercer factor que ha impulsado la adopción de los motores de downsizing es el avance tecnológico en componentes clave. La incorporación de tecnologías como la sobrealimentación y la inyección directa de combustible ha permitido a los motores más pequeños obtener niveles de potencia comparables o incluso superiores a los motores más grandes sin sacrificar la eficiencia. La sobrealimentación, en particular, es una tecnología

clave que permite a los motores de downsizing generar una mayor cantidad de energía al comprimir el aire de admisión. Esto compensa la reducción en el desplazamiento del motor y proporciona un rendimiento adecuado (García Elena, 2020).

Los motores de downsizing también ofrecen ventajas adicionales. Al reducir el tamaño del motor, se puede mejorar la relación peso-potencia del vehículo, lo que se traduce en una mejor respuesta y aceleración. Asimismo, el downsizing puede contribuir a una mejor distribución del peso en el vehículo, lo que mejora la estabilidad y el manejo. Estos aspectos son especialmente importantes en la búsqueda de un equilibrio óptimo entre rendimiento, eficiencia y experiencia de conducción (Tao et al., 2018).

#### **4.5. Funcionamiento**

En el caso de los motores downsizing, existen desafíos adicionales debido a la reducción de la cilindrada. Con una cilindrada más pequeña, se requiere una mayor presión de carga para lograr el mismo rendimiento que un motor convencional de mayor cilindrada. Esto implica un mayor estrés térmico y mecánico en los componentes del motor, lo que puede afectar su durabilidad y confiabilidad. Además, la gestión de la temperatura en los motores downsizing es crucial para evitar el sobrecalentamiento y prevenir daños en los componentes.

Para abordar estos desafíos y optimizar el funcionamiento práctico de los motores downsizing, se han desarrollado diversas técnicas y tecnologías. Por ejemplo, se utilizan sistemas de sobrealimentación, como turbocompresores y compresores volumétricos, para aumentar la presión de admisión y compensar la reducción de la cilindrada.

El motor Otto, también conocido como motor de combustión interna de cuatro tiempos, es ampliamente utilizado en la industria automotriz debido a su eficiencia y rendimiento. El ciclo teórico del motor Otto describe el proceso idealizado de combustión

que ocurre dentro del motor, mientras que el ciclo real y práctico tiene en cuenta las pérdidas y los efectos reales que se producen durante el funcionamiento.

El ciclo teórico del motor Otto se basa en cuatro etapas principales: admisión, compresión, combustión-expansión y escape. Durante la etapa de admisión, una mezcla de aire y combustible es aspirada dentro del cilindro a través de la válvula de admisión. A continuación, la etapa de compresión comprime la mezcla de manera adiabática, aumentando su temperatura y presión. La combustión-expansión ocurre cuando la chispa generada por la bujía enciende la mezcla comprimida, produciendo una reacción exotérmica que genera un aumento brusco de presión y temperatura. Finalmente, la etapa de escape permite la expulsión de los gases de combustión a través de la válvula de escape.

#### ***4.5.1. Ciclo Teórico del Motor Otto***

El ciclo teórico del motor Otto es un modelo idealizado que describe el funcionamiento básico del motor de cuatro tiempos. Este ciclo consta de cuatro etapas: admisión, compresión, expansión y escape. Durante la etapa de admisión, la mezcla de aire y combustible ingresa al cilindro a través de la válvula de admisión. A continuación, en la etapa de compresión, el pistón se desplaza hacia arriba, comprimiendo la mezcla y aumentando su temperatura y presión. Posteriormente, en la etapa de expansión, la chispa generada por la bujía provoca la ignición de la mezcla comprimida, generando una rápida expansión de los gases y empujando el pistón hacia abajo. Por último, en la etapa de escape, los gases quemados son expulsados del cilindro a través de la válvula de escape (Heywood, 1988).

#### ***4.5.2. Ciclo Real del Motor Otto***

Aunque el ciclo teórico del motor Otto proporciona una base conceptual para comprender su funcionamiento, en la práctica, existen ciertas pérdidas y factores



que afectan la eficiencia y la efectividad del motor. Estas pérdidas se deben principalmente a la fricción, las fugas de gases y las pérdidas de calor. Además, en el ciclo real, la combustión no es instantánea, sino que lleva un cierto tiempo para completarse. Estos factores hacen que el ciclo real difiera del ciclo teórico idealizado (Heywood, 1988).

En el ciclo real, se produce una mezcla de combustible y aire que se enciende mediante una chispa generada por la bujía. Sin embargo, no todos los componentes de la mezcla se queman completamente, lo que da como resultado la formación de contaminantes en los gases de escape. Además, la fricción entre los componentes móviles del motor, como el pistón y las paredes del cilindro, disipa parte de la energía generada durante la expansión de los gases, lo que reduce la potencia del motor. Estas pérdidas deben ser consideradas para evaluar la eficiencia real del motor Otto (Heywood, 1988).

#### ***4.5.3. Ciclo Práctico del Motor Otto***

El ciclo práctico del motor Otto se basa en mediciones y observaciones realizadas en motores reales para determinar su rendimiento y eficiencia. Para obtener una representación precisa del ciclo práctico, se utilizan dispositivos y técnicas de medición, como los analizadores de gases de escape y los dinamómetros. Estas herramientas permiten evaluar las características de rendimiento del motor, como la potencia, el consumo de combustible y las emisiones de escape.

El ciclo práctico del motor Otto tiene en cuenta las pérdidas y las ineficiencias presentes en el ciclo real. Mediante la medición y el análisis de los parámetros relevantes, como la presión y la temperatura en el cilindro, es posible determinar la eficiencia térmica y mecánica del motor. Además, se pueden realizar ajustes y

optimizaciones en el diseño y la operación del motor para mejorar su rendimiento y reducir las emisiones contaminantes (Pulkrabek, n.d.).

#### **4.6. Características para mejorar el funcionamiento**

En la búsqueda continua de mejorar el rendimiento y la eficiencia de los motores de combustión interna, el downsizing se ha convertido en una estrategia popular. El downsizing implica reducir el tamaño del motor y compensar la pérdida de potencia mediante el uso de técnicas como la sobrealimentación. Sin embargo, para lograr un funcionamiento óptimo en el motor downsizing, es crucial considerar varios aspectos, como el tipo de bujías, el sistema de encendido y el método de sobrealimentación.

##### **4.6.1. Bujías**

Las bujías desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los motores de combustión interna, incluidos aquellos que utilizan la estrategia de downsizing. Las bujías adecuadas pueden mejorar la eficiencia de la combustión y optimizar el rendimiento del motor. En este sentido, es importante considerar las características de las bujías, como el material del electrodo, el tipo de aislador y el grado térmico.

El material del electrodo es crucial para el rendimiento de la bujía. Los electrodos de platino y iridio son ampliamente utilizados debido a su alta resistencia al desgaste y su capacidad para generar una chispa confiable. Según investigaciones realizadas por (Mariani & Foucher, 2014), el uso de bujías de iridio en motores downsizing resultó en una mejora significativa en la eficiencia de la combustión y una reducción en las emisiones contaminantes.

Por otro lado, el tipo de aislador también influye en el rendimiento de la bujía. Los aisladores de cerámica son comunes en las bujías modernas debido a su alta resistencia térmica y eléctrica. Un estudio realizado por Smith (Walker j, 2006)

mostró que las bujías con aisladores de cerámica proporcionan una mejor dispersión de la chispa y una mayor resistencia al estrés térmico, lo que se traduce en una mayor durabilidad y rendimiento.

El grado térmico de la bujía es otro factor para considerar. El grado térmico se refiere a la capacidad de la bujía para disipar el calor generado durante la combustión. En motores downsizing, donde la relación de compresión suele ser más alta, es importante utilizar bujías con un grado térmico adecuado para evitar la detonación. Las bujías con un grado térmico más frío ayudan a reducir el riesgo de detonación en motores downsizing de alta potencia (Dahham et al., 2022).

#### ***4.6.2. Sobrealimentación***

La sobrealimentación es una técnica utilizada en motores downsizing para aumentar la potencia y la eficiencia al aumentar la cantidad de aire comprimido en la cámara de combustión. Los dos métodos de sobrealimentación más comunes son el turbocompresor y el compresor mecánico.

El turbocompresor utiliza los gases de escape para impulsar una turbina que comprime el aire de admisión. Por otro lado, el compresor mecánico utiliza un sistema de poleas y correas para comprimir el aire de admisión.

Tanto el turbocompresor como el compresor mecánico pueden mejorar significativamente el rendimiento de los motores downsizing al aumentar la densidad del aire de admisión. Sin embargo, el turbocompresor tiende a ofrecer una mayor eficiencia debido a su capacidad para aprovechar la energía de los gases de escape (Herzwan et al., 2019).

#### ***4.6.3. Tipo de encendido***

El tipo de encendido utilizado en un motor downsizing también tiene un impacto significativo en su rendimiento y eficiencia. Dos tipos de encendido comunes son

el encendido por chispa convencional y el encendido por compresión, también conocido como encendido por compresión controlada (CCCI, por sus siglas en inglés).

El encendido por compresión controlada combina la compresión de la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión, similar a los motores diésel, con un pequeño impulso de chispa para iniciar la combustión. El encendido por compresión controlada puede lograr una mayor eficiencia de combustible en comparación con el encendido por chispa convencional en motores downsizing. Esto se debe a una mejor relación de expansión y una combustión más completa de la mezcla de combustible y aire (Mounaïm-Rousselle et al., 2022).

#### **4.7. Definición Rendimiento Par y Potencia**

En el ámbito de la ingeniería y la mecánica, el rendimiento Par y Potencia son dos conceptos fundamentales para evaluar el desempeño de un motor. Estos términos se utilizan para medir la capacidad de un motor para producir un torque (rendimiento Par) y una potencia (rendimiento Potencia) determinados.

##### **4.7.1. Par**

El rendimiento Par se refiere a la capacidad de un motor para generar torque, que es la fuerza rotacional producida por el motor. El torque es una medida de la capacidad de un motor para realizar trabajo mecánico, y es especialmente relevante en aplicaciones que requieren fuerza de tracción, como la aceleración de un vehículo o la capacidad de arrastre en maquinaria pesada. El rendimiento Par se expresa típicamente en unidades de Newton-metro (N·m) o libra-pie (lb·ft) (Huebotter, 2021).

#### **4.7.2. Potencia**

El rendimiento Potencia se relaciona con la capacidad de un motor para producir energía en un período de tiempo determinado. La potencia es una medida de la rapidez con la que se realiza el trabajo, y se expresa en unidades de vatios (W) o caballos de fuerza (hp). El rendimiento Potencia es crucial en aplicaciones que requieren velocidad, como la aceleración en un vehículo de alto rendimiento o la generación de electricidad en una planta de energía (Romagnoli et al., 2017).

#### **4.7.3. Medición Par**

Una forma común de determinar el rendimiento par de un vehículo es a través de la medición directa del par motor. Esto se puede lograr utilizando un dinamómetro, un dispositivo que mide la fuerza de torsión ejercida por el motor.

El dinamómetro permite realizar pruebas en condiciones controladas, lo que proporciona datos precisos sobre el rendimiento par del motor en diferentes condiciones de carga.

Según el estudio (Tsitsilonis & Theotokatos, 2022) la medición del par motor utilizando un dinamómetro es una técnica ampliamente aceptada y utilizada en la industria automotriz para evaluar el rendimiento de los motores. El dinamómetro proporciona información detallada sobre el par generado en cada velocidad del motor, lo que permite identificar el rango de mayor rendimiento y ajustar las características de diseño y ajuste del motor en consecuencia.

#### **4.7.4. Determinación de la Potencia**

Una vez que se ha determinado el rendimiento par del motor, es posible calcular la potencia utilizando fórmulas específicas. La potencia se define como la tasa a la cual se realiza un trabajo, y en el caso de los vehículos, se relaciona directamente con la capacidad de aceleración.

Una de las fórmulas más utilizadas para calcular la potencia es la siguiente:

$$\text{Potencia (kW)} = \text{Par (Nm)} \times \text{Velocidad angular (rad/s)}$$

En un estudio realizado (Hellström, 2005), se utilizó esta fórmula misma relaciona el rendimiento par y la velocidad angular del motor para obtener la potencia. La velocidad angular se puede obtener a partir de la velocidad de giro del motor en revoluciones por minuto (rpm) y la constante  $2\pi$  (6.2832 radianes).

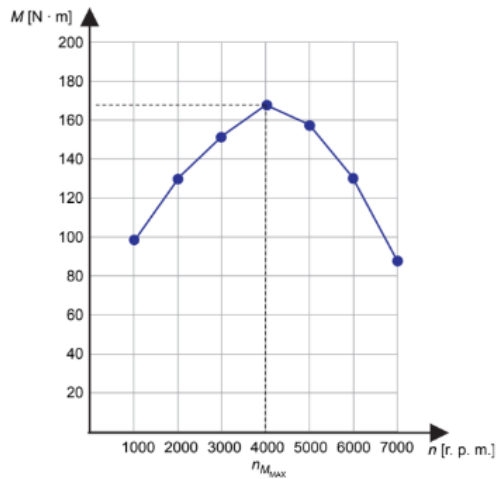
#### ***4.7.5. Curvas Características de Par y Potencia***

La curva de par de un motor muestra la relación entre el par motor y la velocidad de rotación. El par motor es la fuerza de torsión que el motor puede generar, y está directamente relacionado con su capacidad para realizar trabajo. La curva de par proporciona información sobre la capacidad de aceleración del motor, su capacidad de superar resistencias externas y su rendimiento en diferentes rangos de velocidad (Kavuri Poornesh & Kuzhivila Pannickottu Nivya, 2020).

La curva de par de un motor generalmente muestra un aumento gradual del par a bajas velocidades de rotación, alcanza su valor máximo en un punto específico (punto de par máximo) y luego disminuye gradualmente a medida que la velocidad aumenta. Esta curva es importante para seleccionar la relación de transmisión adecuada y optimizar la capacidad de tracción y aceleración del motor en diferentes condiciones de carga y velocidad. (Katijan & Kamardin, 2019)

#### **Figura 4**

*Curva par*



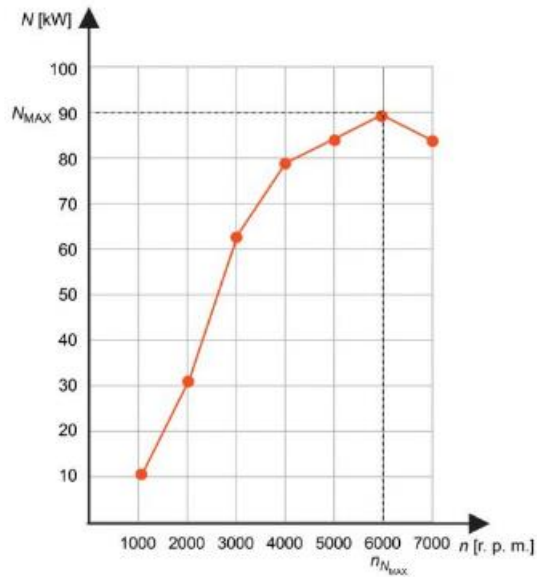
*Nota.* Adaptado de *Figura curva par* [Fotografía], por G. Calleja, 2018

La curva de potencia de un motor muestra la relación entre la potencia de salida del motor y la velocidad de rotación. La potencia es la capacidad de realizar trabajo por unidad de tiempo y es una medida importante del rendimiento de un motor. La curva de potencia proporciona información sobre la capacidad del motor para generar energía útil y su eficiencia en diferentes rangos de velocidad (Likhanov et al., 2020).

La curva de potencia de un motor generalmente muestra un aumento gradual de la potencia a medida que la velocidad de rotación aumenta, alcanza su valor máximo en un punto específico (punto de potencia máxima) y luego disminuye a velocidades más altas. Esta curva es fundamental para seleccionar la velocidad de operación óptima y evaluar la eficiencia y el rendimiento del motor en diferentes condiciones de carga y velocidad (Rimkus et al., 2019).

### **Figura 5**

*Curva potencia*



Nota. Adaptado de *Figura curva par* [Fotografía], por G. Calleja, 2018

#### 4.7.6. Sensor para la Obtención del Par Motor y Potencia

El estudio y control de la potencia y el par motor son fundamentales para comprender el rendimiento y la eficiencia de distintos sistemas. Para obtener mediciones precisas de estas magnitudes, es necesario contar con sensores adecuados y parámetros específico.

**4.7.6.1. Sensor piezoeléctrico.** El sensor piezoeléctrico de Boch está diseñado para detectar cambios en la presión, fuerza o aceleración. Cuando se aplica una fuerza o presión al sensor, los cristales piezoeléctricos dentro del dispositivo se deforman y generan una señal eléctrica proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada.

Este sensor de Boch se caracteriza por su precisión y estabilidad en la medición, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones industriales, científicas y de investigación. Puede utilizarse para medir la presión en sistemas hidráulicos, la fuerza en maquinaria, la aceleración en vehículos, entre otras aplicaciones. Su diseño compacto y ligero facilita su



integración en diferentes sistemas y su conexión a equipos de adquisición de datos.

**Figura 6**

*Sensor piezoeléctrico*



#### **4.8. Influencia de Aditivos en Combustibles**

Los aditivos en combustibles desempeñan un papel crucial en el rendimiento y la eficiencia de los motores de combustión interna. Estos compuestos químicos se agregan a los combustibles con el objetivo de mejorar sus propiedades y reducir los efectos negativos de ciertos componentes.

Uno de los beneficios clave de los aditivos en combustibles es su capacidad para mantener limpios los sistemas de combustión. Los depósitos de carbón y otros contaminantes pueden acumularse en las válvulas, los inyectores de combustible y las cámaras de combustión, lo que afecta negativamente el rendimiento del motor. Los aditivos detergentes y dispersantes ayudan a prevenir la formación de estos depósitos y a eliminar los existentes (Berlemont & Gerday, 2011).

##### ***4.8.1. El Octanaje y su Importancia en la Combustión***

El octanaje es una medida de la resistencia de un combustible a la autoignición o detonación prematura en el interior del cilindro del motor. Se mide comparando el rendimiento del combustible con una mezcla estándar de hidrocarburos de

referencia, que se compone principalmente de n-heptano y iso-octano. La escala de octanaje se establece asignando un valor de 0 al n-heptano (con alta tendencia al picado de bielas) y un valor de 100 al iso-octano (con baja tendencia al picado de bielas).

El picado de bielas es un fenómeno que ocurre cuando la mezcla aire-combustible se autoenciende prematuramente dentro del cilindro del motor antes del tiempo adecuado. Esto puede causar golpes y ruidos anormales, así como daños en el motor a largo plazo. El uso de combustibles con un octanaje adecuado es fundamental para prevenir el picado de bielas (Indd, 2018).

El uso de combustibles con un alto número de octano reduce significativamente la probabilidad de picado de bielas. Esto se debe a que los combustibles con un alto octanaje tienen una mayor resistencia a la autoignición, lo que permite que la chispa de encendido controle de manera efectiva el proceso de combustión en el motor. Esto no solo mejora el rendimiento y la eficiencia, sino que también contribuye a la durabilidad del motor. Se encontró que el uso de combustibles con un alto octanaje resultó en un aumento significativo de la potencia (Zhou et al., 2021).

#### ***4.8.2. Tipos de Aditivos***

**4.8.2.1. Mejoradores de la Combustión.** Uno de los objetivos principales de los aditivos en combustibles es mejorar el proceso de combustión en los motores. Los aditivos antiknock, por ejemplo, son utilizados para aumentar el índice de octano del combustible y prevenir la detonación prematura, lo que permite una combustión más eficiente y suave (Viayna et al., 2021).

En el estudio realizado por (Ure et al., 2020a) comprueba que los aditivos antiknock, como el MTBE (éter metil tert-butil) y el etanol, son ampliamente utilizados para mejorar la calidad del combustible al aumentar su capacidad para resistir la detonación. Estos aditivos alteran las propiedades químicas del combustible y mejoran su capacidad para resistir la compresión antes de la chispa de encendido, lo que resulta en una combustión más controlada y eficiente.

**4.8.2.2. Prevención en la Formación de Sedimentos.** La formación de depósitos en los sistemas de combustión puede afectar negativamente el rendimiento del motor y reducir la eficiencia del combustible. Los aditivos detergentes y dispersantes son utilizados para prevenir la acumulación de depósitos en los inyectores de combustible, las válvulas y las cámaras de combustión (Ure et al., 2020b).

Estos aditivos ayudan a disolver los depósitos de carbón y otros contaminantes, evitando que se adhieran a las superficies internas del motor. Como resultado, se previene la obstrucción de los inyectores de combustible y se garantiza una adecuada atomización del combustible, mejorando así la eficiencia de la combustión (Oviedo-Roa et al., 2022).

**4.8.2.3. Reducción de las Emisiones Contaminantes.** Los aditivos en combustibles también desempeñan un papel importante en la reducción de las emisiones contaminantes generadas por los motores de combustión interna. Los aditivos catalíticos, por ejemplo, se utilizan para facilitar la combustión completa del combustible y reducir la formación de gases contaminantes, como los óxidos de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos no quemados (HC) (Tkaczyk et al., 2021).

Los aditivos catalíticos, como el platino y el paladio, se utilizan en los convertidores catalíticos para mejorar la eficiencia de los procesos de oxidación y reducción de los gases contaminantes. Estos aditivos facilitan las reacciones químicas necesarias para convertir los contaminantes en compuestos menos perjudiciales, reduciendo así las emisiones nocivas (Sathish Sharma et al., 2022).

#### **4.8.3. Daños Producidos en el Motor Utilizando Aditivos.**

Aunque muchos aditivos son beneficiosos y mejoran el rendimiento del motor, es importante tener en cuenta que algunos aditivos pueden tener efectos adversos si se utilizan incorrectamente o en exceso.

**4.8.3.1. Efectos en los Componentes del Motor.** Algunos aditivos pueden tener efectos negativos en los componentes del motor, especialmente si se utilizan en concentraciones incorrectas o si no son compatibles con los materiales utilizados en el motor. Por ejemplo, ciertos aditivos detergentes agresivos pueden causar la corrosión de las partes metálicas del motor, como las válvulas o los pistones, si se utilizan en exceso. Además, los aditivos incompatibles pueden dañar los sellos y juntas del motor, lo que puede provocar fugas de líquidos o gases (Ramadhas et al., 2011).

Los fabricantes de automóviles y los proveedores de aditivos suelen proporcionar información detallada sobre la compatibilidad de los aditivos con los materiales del motor y las recomendaciones de dosificación apropiadas.

**4.8.3.2. Efectos en el Sistema de Combustión.** El uso de aditivos también puede tener efectos adversos en el sistema de combustión del motor. Algunos aditivos pueden alterar las características de la mezcla de combustible y aire,

lo que puede resultar en una combustión ineficiente o desequilibrada. Esto puede llevar a una reducción en la potencia y el rendimiento del motor, así como a un aumento en las emisiones contaminantes.

Se encontró que algunos aditivos, como los mejoradores del índice de octano, pueden causar una combustión inestable y aumentar las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Además, los aditivos incorrectamente dosificados pueden provocar una acumulación de depósitos en las cámaras de combustión, lo que afecta negativamente la eficiencia y el rendimiento del motor (Hussain et al., 2020).

#### **4.9. Resumen de Estudios Realizados**

En el trabajo de grado de (Arboleda Michael & Hernandez Marlon, 2023) se analiza el desempeño del motor de combustión interna basándose en el nivel de octanaje en el combustible, emplea el método analítico-sintético así como deductivo-inductivo con el fin de llevar a cabo el método experimental. El proceso que llevo se simplifica en identificar y definir las variables y parámetros de estudio, que se utilizaron como referencia para presentar los resultados con el fin de garantizar una comprensión adecuada.

Una vez obtenidas todas las muestras de combustibles, incluyendo las variantes con aditivos, se detalla el vehículo utilizado en los diferentes ensayos, como las pruebas de par, potencia, emisiones de gases y efecto de autoignición. Además, se describen los instrumentos empleados para medir estos parámetros con precisión. Por último, se describe el procedimiento seguido en cada uno de los ensayos, así como la recopilación y tabulación de los resultados obtenidos, junto con un análisis correspondiente.

Basándose en el método ASTM D2699 que establece cuantitativamente el índice de auto ignición del combustible líquido, se desarrolla el método de prueba estándar para la

investigación del número de octanos del combustible para motores de encendido por chispa. Toma como referencia la norma NTE INEN 2204 establece los estándares y regulaciones que determinan los límites aceptables de emisiones de gases para vehículos que utilizan exclusivamente gasolina como combustible (Arboleda Michael & Hernandez Marlon, 2023).

En este estudio se concluyó del análisis del octanaje de las cuatro muestras de combustible siguiendo el método ASTM D2699, y se obtuvieron los siguientes valores de octano: para el Extra-85 y el Súper Premium, se registraron 94,6 octanos respectivamente, cumpliendo con los requisitos establecidos en la normativa NTE INEN 935. Sin embargo, al añadir el aditivo 1 a la gasolina Extra, se observó un aumento en el índice de octano, alcanzando los 86,3 octanos. Por otro lado, al utilizar el aditivo 2, se registró una disminución del octanaje a 83,3.

#### **4.10. Diseño de Experimentos**

El diseño de experimentos es ampliamente implementado en la industria automotriz para realizar pruebas y obtener datos precisos de par y potencia en un banco dinamométrico. Este enfoque permite evaluar el rendimiento de los motores y comprender mejor sus características de funcionamiento. El diseño de experimentos proporciona una metodología estructurada para controlar las variables y condiciones de prueba, lo que permite obtener resultados confiables y reproducibles (Rahdiyati Alqolbi, 2020).

Se utiliza para investigar y analizar los efectos de diferentes factores en la medición del par y la potencia en un banco dinamométrico. Al variar los niveles de variables como la carga, la velocidad del motor y la relación de mezcla de combustible, se pueden obtener datos que reflejen diferentes condiciones de funcionamiento del motor y permitan evaluar su rendimiento en situaciones reales (Johnson & Wichern, 2007).

El diseño de experimentos también ofrece la ventaja de permitir la optimización de los parámetros de prueba para maximizar la precisión y eficiencia de la obtención de datos

de par y potencia. Al aplicar técnicas estadísticas y matemáticas, es posible determinar el tamaño de muestra adecuado, establecer los rangos de variación de las variables de prueba y obtener conclusiones significativas a partir de los resultados obtenidos.

#### ***4.10.1. Anova***

El análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) es una técnica estadística utilizada para comparar las medias de tres o más grupos. Se emplea para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos y para identificar cuáles de ellos difieren entre sí. El método ANOVA es especialmente útil cuando se trabaja con variables continuas y se desea evaluar el impacto de una variable independiente en una variable dependiente (Johnson & Wichern, 2007).

El método ANOVA se utiliza en una amplia gama de disciplinas científicas, como la psicología, la biología, la medicina, la sociología y la economía, entre otras. Permite analizar el efecto de una o varias variables independientes en una variable dependiente mediante la descomposición de la variabilidad total en dos componentes: la variabilidad entre los grupos y la variabilidad dentro de los grupos. Esto se logra calculando la suma de cuadrados entre grupos (SSG) y la suma de cuadrados dentro de los grupos (SSD) y utilizando estas medidas para calcular la estadística F.(Ghahramani, 2015).

El método ANOVA es ampliamente utilizado en la investigación científica para realizar comparaciones entre grupos y determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas. Este método proporciona información importante sobre el impacto de las variables independientes en la variable dependiente y permite tomar decisiones basadas en evidencia (Shrestha, 2020).

#### ***4.10.2. Factores por Analizar***

En el campo de la investigación, existen varios factores que deben ser considerados al realizar un estudio científico. Estos factores incluyen el tamaño de la muestra, la metodología utilizada, el análisis de datos y otros aspectos relevantes. Además, es esencial prestar atención a otros factores como el ruido, el bloqueo y la respuesta.

**4.10.2.1. Factores de Estudio.** Los factores de estudio se refieren a todas las variables y aspectos que se investigan y consideran en un estudio científico. Estos factores incluyen la selección de la muestra, la manipulación de las variables independientes, la medición de las variables dependientes y el control de variables confusas. Es esencial prestar atención a estos factores para garantizar la validez interna y la fiabilidad de los resultados obtenidos. (Baxter & Jack, 2008)

Los factores de estudio deben ser cuidadosamente seleccionados y definidos para evitar sesgos y maximizar la validez interna del estudio. Es necesario utilizar métodos de muestreo adecuados, definir claramente las variables de estudio, establecer protocolos de medición precisos y controlar las variables confusas que podrían influir en los resultados. Al abordar estos factores de estudio de manera rigurosa, se fortalece la robustez y la credibilidad de los hallazgos obtenidos (Dana et al., 1996).

**4.10.2.2. Factores de Ruido en la Investigación Científica.** El ruido se refiere a cualquier fuente de variabilidad no controlada que puede afectar los resultados de un estudio científico. Este ruido puede provenir de diversas fuentes, como errores de medición, fluctuaciones ambientales o diferencias individuales entre los participantes. Es fundamental tener en cuenta y



controlar el ruido para garantizar resultados precisos y confiables (González Citlaly, 2019).

Es importante implementar estrategias para reducir o mitigar el ruido en la investigación científica. Estas estrategias pueden incluir el uso de técnicas de control de calidad, el diseño adecuado de los experimentos y la implementación de protocolos estandarizados. Al minimizar el ruido, se mejora la validez interna del estudio y se aumenta la confiabilidad de los resultados obtenidos (Egusquizaga, 2020).

**4.10.2.3. Factores de Bloqueo en la Investigación Experimental.** Bloqueo es un factor importante en los diseños experimentales, especialmente cuando se pretende controlar la influencia de variables confusas o perturbadoras. El bloqueo implica la agrupación de los participantes o las unidades experimentales en subconjuntos homogéneos, de modo que cada bloque refleje una combinación equilibrada de las variables confusas. Esto permite controlar de manera más efectiva la variabilidad y evitar sesgos en los resultados (García, 2008).

El bloqueo es una técnica útil para controlar variables confusas y aumentar la precisión de los experimentos. El uso de bloques puede reducir la variabilidad no deseada y aumentar la sensibilidad para detectar efectos reales. Es importante considerar cuidadosamente los factores de bloqueo relevantes para el estudio y aplicarlos correctamente en el diseño experimental.

**4.10.2.4. Factores de Respuesta.** Los factores de respuesta se refieren a la participación y el comportamiento de los sujetos en el estudio. Estos factores

pueden incluir la tasa de respuesta, el grado de cumplimiento de las instrucciones, la consistencia en las respuestas y otros aspectos relacionados con la recopilación de datos. Es importante tener en cuenta estos factores para asegurar la validez externa y la representatividad de los resultados (Watson et al., 2020).

Los factores de respuesta son críticos en la investigación científica, especialmente en estudios que involucran encuestas o cuestionarios. Se deben implementar estrategias para aumentar la tasa de respuesta, como el diseño de cuestionarios claros y atractivos, el seguimiento de los no respondedores y la consideración de incentivos para mejorar la participación. Además, se deben tener en cuenta aspectos relacionados con la calidad de las respuestas, como la consistencia y la honestidad de los participantes, para garantizar resultados válidos y confiables (Barrios Córdova et al., 2020).

#### **4.11. Dispositivos para la Toma de Datos y Pruebas**

##### ***4.11.1. Tarjeta de Adquisición de Datos DAQ Ni USB-6212***

La tarjeta de adquisición de datos (DAQ) Ni USB-6212, desarrollada por National Instruments, es un dispositivo de hardware de alta precisión utilizado en aplicaciones de medición y control. Se basa en la tecnología de conexión USB 2.0 de alta velocidad y ofrece capacidades de adquisición de señales analógicas y digitales (Georgina Pérez Sánchez et al., 2017).

La tarjeta cuenta con una resolución de 16 bits y una velocidad de muestreo de hasta 250 kS/s por canal, lo que permite la adquisición de señales en tiempo real. Además, tiene 16 canales de entrada analógica diferencial y 8 líneas de E/S digitales configurables (Arun et al., 2018).

La tarjeta Ni USB-6212 es compatible con el software de programación LabVIEW, que permite el desarrollo de aplicaciones personalizadas para el control y análisis de datos. Además, incorpora un convertidor analógico a digital de alta calidad y ofrece opciones de calibración y compensación de errores para garantizar mediciones precisas y confiables.

#### ***4.11.2. Banco Dinamométrico***

El banco dinamométrico es una herramienta ampliamente utilizada en el campo de la ingeniería y la mecánica para medir y analizar el rendimiento de motores, máquinas y componentes mecánicos. Este dispositivo se basa en el principio de la dinamometría, que consiste en la medición de fuerzas y momentos utilizando sensores y transductores de alta precisión. El banco dinamométrico permite la realización de pruebas de carga controladas, donde se aplican diferentes niveles de fuerza o momento a la muestra en estudio, mientras se registran y analizan las respuestas del sistema. Estas pruebas son fundamentales para evaluar el rendimiento, la eficiencia y la confiabilidad de los componentes mecánicos en una amplia gama de aplicaciones industriales y automotrices (Muñoz David & Pilla Blanca, 2021).

El principio fundamental del banco dinamométrico radica en la aplicación de una carga controlada a una muestra y la medición precisa de la respuesta del sistema ante esta carga. Esto se logra mediante el uso de dispositivos de medición de fuerza y momento, como células de carga y sensores de torque, que están integrados en la estructura del banco. Estos dispositivos convierten las fuerzas y momentos aplicados en señales eléctricas proporcionales, que se registran y analizan mediante equipos de adquisición de datos y software de análisis (Patiño Daniel, 2022).

### ***4.11.3. Acople de Bujía para Sensor***

Se utiliza una adaptación especial que implica la colocación de un suplex en el que se monta la bujía de encendido. Junto con el suplex, se incluye un tubo de cobre delgado que tiene la función de redirigir la presión generada en el interior del cilindro hacia un sensor ubicado en la parte superior de dicho tubo.

El acople de la bujía para el sensor es necesario por varias razones. En primer lugar, la bujía de encendido es una parte crucial del sistema de combustión de un motor. Su función principal es generar una chispa que encienda la mezcla de combustible y aire en el cilindro. Al colocar el sensor directamente en el lugar donde se encuentra la bujía, se puede monitorear de manera precisa y directa la presión en el interior del cilindro durante el proceso de combustión.

Además, el uso del tubo de cobre delgado permite redirigir la presión generada dentro del cilindro hacia el sensor. Esto es necesario para garantizar una medición precisa, ya que la presión en el cilindro puede ser extremadamente alta durante el ciclo de combustión. Al utilizar el acople de la bujía para el sensor, se asegura que la presión se transmita adecuadamente al sensor sin sufrir pérdidas o interferencias que podrían afectar la precisión de la medición.

**Figura 7**

*Acople de bujía*



## **4.12. Características de Vehículo de Estudio**

El Jetour X70 2022, un vehículo utilitario deportivo ampliamente reconocido y líder en ventas en Ecuador (AEADE, 2022), su motor turboalimentado de 1.5 litros ha sido diseñado para funcionar con combustible de 93 octanos.

**Figura 8**

*Jetour x70*



*Nota. Adaptado de Características Jetour x 70 [Fotografía], por Jetour, 2022*

**Tabla 1**

*Características Jetour x 70*

<b>Características</b>	<b>GL MT</b>	<b>GLS MT</b>	<b>GLX AT</b>
Motor	1.5 Turbo	1.5 turbo	1.5 Turbo
Cilindra (c.c.)		1498	
Combustible	Gasolina 93	Gasolina 93	Gasolina 93
	octanos	octanos	octanos
Capacidad del tanque de combustible (Litros)		55	
Consumo 3CV (ciudad/mixto/carretera)	Ciudad 9.9 / Mixto 12,4 / Carretera 14,6		Ciudad 99 / Mato 111 / Carretera 135
Km/l			
Potencia Máxima (HP/RPM)	147 / 5500	147 / 5500	147 / 5500
Torque (NM/RPM)		210 / 1750-4000	
Normas de emisión	Euro 5	Euro 5	Euro 5

## 5. Capítulo II

### Recuperación de señales

#### 5.1. Metodología

##### 5.1.1. *Método Analítico*

Este método está enfocado en un análisis detallado ya que el método analítico implica un enfoque sistemático y lógico para el análisis de los datos, lo que permite una comprensión más detallada del rendimiento del vehículo.

Proporciona resultados precisos al utilizar un banco dinamométrico para medir la potencia y el consumo del vehículo, se pueden obtener resultados precisos y confiables. Estos resultados pueden ser analizados utilizando técnicas analíticas para determinar la eficacia de los diferentes aditivos utilizados en el vehículo.

Al utilizar el método analítico, el autor puede tomar decisiones informadas sobre qué aditivos utilizar para conseguir las prestaciones deseadas y también permite la comparación de diferentes aditivos en términos de su efectividad en la mejora del rendimiento del vehículo. Esto puede ayudar a identificar el aditivo más eficaz, lo que puede ayudar a mejorar el rendimiento y reducir el consumo de combustible.

##### 5.1.2. *Método Cuantitativo.*

Utilizando este método podremos examinar las pruebas experimentales, lo que implica considerar múltiples factores que puedan afectar a las variables o factores estudiados. Una vez realizada esta fase, se presentarán los resultados en forma numérica, lo que nos permitirá analizar e interpretar los datos.

El método cuantitativo se centra en la recopilación de datos numéricos precisos y objetivos, en el caso del análisis del rendimiento del vehículo, esto puede implicar la medición precisa de la potencia y el consumo utilizando el banco dinamométrico. La

recopilación precisa de datos puede ayudar a garantizar que se obtengan resultados precisos y confiables.

El uso del método cuantitativo también facilita la comparación de resultados, por ejemplo, los datos de potencia y consumo obtenidos al utilizar diferentes aditivos en el vehículo pueden ser comparados para determinar qué aditivo ofrece el mejor rendimiento. También permite la aplicación de análisis estadísticos para determinar la significancia de los resultados obtenidos como pruebas de significancia estadística para determinar si la diferencia en el rendimiento del vehículo al utilizar diferentes aditivos es estadísticamente significativa o no.

### ***5.1.3. ANOVA***

El análisis de varianza (ANOVA) es una técnica estadística que se utiliza para comparar la media de dos o más grupos de datos y determinar si hay una diferencia significativa entre ellos. Se utiliza comúnmente en la investigación científica para analizar los resultados de experimentos y estudios que involucran múltiples grupos o factores.

En el contexto de experimentos que involucran diferentes aditivos, ANOVA se puede aplicar para determinar si algún aditivo tiene un efecto significativo en la respuesta de interés. ANOVA también se puede utilizar para identificar qué aditivos específicos son significativamente diferentes entre sí.

### ***5.1.4. Definir las Hipótesis Nula y Alternativa***

La hipótesis nula es que no hay diferencias significativas entre los grupos, mientras que la hipótesis alternativa es que hay al menos una diferencia significativa entre ellos.

### ***5.1.5. Seleccionar el Nivel de Significancia***

Esto es el nivel de probabilidad que se utiliza para determinar si los resultados son estadísticamente significativos o no. Por ejemplo, un nivel de significancia del 0.05

significa que, si la probabilidad de que los resultados se deban al azar es menor del 5%, se rechaza la hipótesis nula.

#### ***5.1.6. Realizar el Análisis ANOVA Utilizando Software Estadístico.***

ANOVA se puede realizar utilizando software especializado como Excel, SPSS, R O minitab. El resultado del análisis ANOVA proporciona la estadística F y su valor de p correspondiente, que indica si hay una diferencia significativa entre los grupos. se trabaja con un nivel de confianza del 5%.

#### ***5.1.7. Interpretar los Resultados y Hacer Conclusiones.***

Si el valor p es menor que el nivel de significancia seleccionado, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay una diferencia significativa entre los grupos. De lo contrario, se acepta la hipótesis nula y se concluye que no hay una diferencia significativa entre los grupos.

#### ***5.1.8. Método Cualitativo.***

Este método tiene como objetivo examinar y explicar los factores de estudio durante el proceso de pruebas, incluyendo cómo estos son influenciados por variables que pueden ser controladas y no controlables. Es una metodología flexible, ya que permite la observación y descripción de los eventos en tiempo real, lo que facilita la interpretación y comparación de los resultados, además, se puede aplicar un enfoque tanto inductivo como deductivo.

Permite la exploración de experiencias y percepciones subjetivas, lo que puede ser útil en el análisis del rendimiento del vehículo mediante entrevistas con los conductores del vehículo para explorar sus percepciones sobre el rendimiento del vehículo al utilizar diferentes aditivos. Esto puede ayudar a identificar factores que pueden afectar la percepción del rendimiento del vehículo más allá de los datos cuantitativos.



Ayuda a comprender la complejidad del rendimiento del vehículo como un fenómeno complejo que puede verse afectado por una variedad de factores, como el terreno, el clima y el estilo de conducción. El método cualitativo puede ayudar a comprender la complejidad del rendimiento del vehículo al permitir la exploración de estos factores. Mediante las entrevistas con los conductores se explora cómo su estilo de conducción afecta el rendimiento del vehículo.

Facilita la identificación de problemas y oportunidades de mejora; el método cualitativo puede ayudar a identificar problemas y oportunidades de mejora en el rendimiento del vehículo, así como permite la exploración de factores contextuales, como el rendimiento del vehículo también puede verse afectado por factores contextuales

## **5.2. Corridas experimentales**

Reducción de sesgos sistemáticos, al asignar aleatoriamente las unidades experimentales a diferentes tratamientos o condiciones, se minimizan los sesgos sistemáticos que podrían influir en los resultados. Esto asegura que las diferencias observadas entre los grupos sean más atribuibles a los tratamientos y no a factores externos o prejuicios en la asignación.

Control de variables confusas: La aleatoriedad ayuda a controlar y equilibrar la influencia de variables confusas que podrían afectar los resultados del experimento. Al distribuir aleatoriamente las unidades experimentales, se garantiza que estas variables se distribuyan de manera equitativa entre los grupos, lo que permite aislar mejor el efecto del tratamiento en estudio.

Mayor generalización de resultados: La aleatoriedad de corridas aumenta la posibilidad de que los resultados obtenidos se apliquen a una población más amplia o

en diferentes contextos. Al evitar sesgos en la selección de muestras o condiciones, los resultados son más representativos y generalizables.

Mejor precisión estadística: Al utilizar asignaciones aleatorias, se obtiene una base sólida para aplicar técnicas estadísticas que permiten hacer inferencias y estimaciones precisas sobre los parámetros poblacionales. Esto mejora la robustez de los análisis y las conclusiones.

Garantía de validez interna: La aleatoriedad ayuda a garantizar la validez interna del experimento al minimizar la posibilidad de que factores desconocidos o no controlados interfieran en los resultados. Esto fortalece la capacidad del diseño experimental para establecer relaciones causales.

Cumplimiento de supuestos estadísticos: Muchos métodos estadísticos asumen que los datos provienen de una muestra aleatoria. La aleatoriedad de corridas asegura que los supuestos necesarios para aplicar técnicas estadísticas apropiadas se cumplan.

**Tabla 2**

*Orden de corrida según aditivo*

<b>Orden de corrida</b>	<b>Aditivo</b>
1	B
2	A
3	C
4	A
5	C
6	B
7	B
8	C
9	A

### **5.3. Condiciones para la Evaluación de Pruebas**

Primero se debe establecer la configuración adecuada del banco dinamométrico, asegurándose de que esté calibrado correctamente y se ajuste a los estándares técnicos. Esto implica verificar y calibrar los instrumentos de medición, instalar correctamente los sensores y asegurar una conexión adecuada con el sistema de adquisición de datos.

Posterior a eso se realiza el condicionamiento del vehículo: Antes de llevar a cabo las pruebas, es esencial garantizar que el vehículo se encuentre en óptimas condiciones. Esto implica realizar una inspección exhaustiva del motor, el sistema de combustible y el sistema de escape, y llevar a cabo los ajustes necesarios para adaptar el vehículo al banco dinamométrico, como la instalación de dispositivos de sujeción y la conexión de los conductos de gases de escape.

Para el tercer paso se determina la selección y preparación de muestras de combustible: Se deben seleccionar diferentes aditivos que se añadirán al combustible utilizado en las pruebas. Estos aditivos pueden variar en composición y concentración, y se eligen en función de criterios específicos. Antes de la evaluación, se deben preparar las muestras de combustible con los aditivos correspondientes, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Consiguiente a eso se procede con la definición de los protocolos de prueba: Es fundamental establecer protocolos de prueba detallados, que incluyan la metodología precisa para medir el par y la potencia del motor. Esto implica la selección de condiciones de carga específicas, la determinación de puntos de muestreo de datos adecuados, la duración de las pruebas y cualquier otra especificación necesaria.

Como último movimiento se realiza el registro y análisis de datos: Durante las pruebas, se deben registrar y analizar múltiples parámetros, como el par motor, la potencia, la velocidad y las emisiones de gases. Para ello, se utilizan los sistemas de adquisición de

datos del banco dinamométrico, que capturan la información necesaria para su posterior análisis y evaluación.

#### **5.4. Fundamentos**

La adquisición de datos de presión generados durante la etapa de combustión es de vital importancia para el análisis y control eficiente de los motores de combustión interna. En este contexto, la utilización de un sensor de presión adaptado a un acople de bujía se ha convertido en una herramienta fundamental para recopilar información precisa y en tiempo real sobre los procesos de combustión.

Este sensor de presión, colocado estratégicamente en la cámara de combustión, permite medir y registrar las variaciones de presión que se generan durante la combustión del combustible. La integración de este sensor en el sistema de encendido del motor, a través de un acople de bujía, facilita la captura de datos de presión de manera directa y confiable.

Para gestionar y procesar los datos obtenidos, se emplea un sistema de adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) que se encarga de la captura y almacenamiento de la información generada por el sensor de presión. El DAQ actúa como un intermediario entre el sensor y el software de análisis.

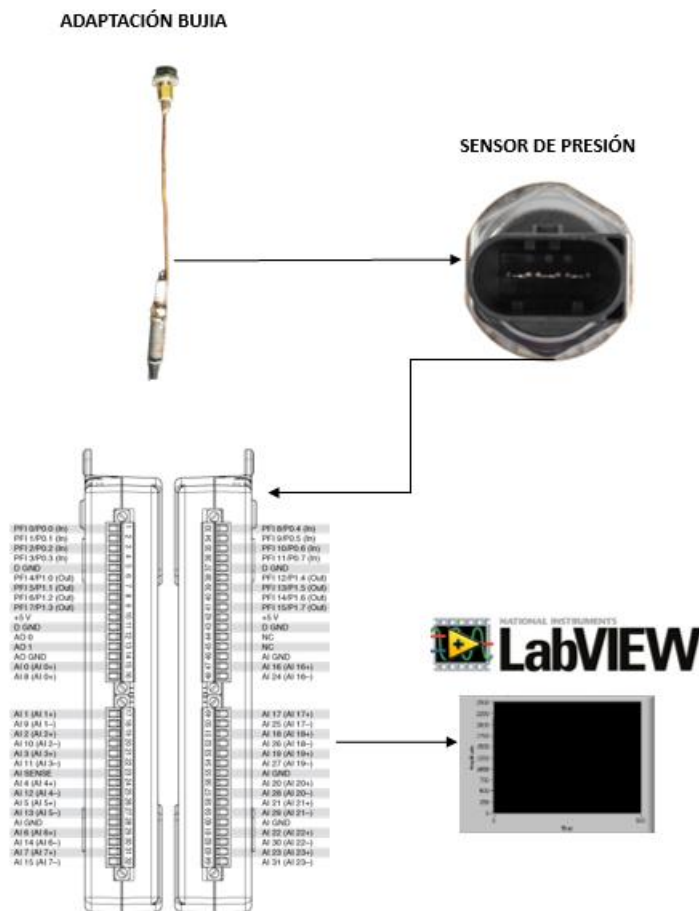
En este contexto, el software LabVIEW se presenta como una herramienta poderosa y versátil para el procesamiento y análisis de datos adquiridos durante la combustión. LabVIEW es un entorno de desarrollo gráfico que permite la creación de aplicaciones personalizadas, facilitando la visualización, manipulación y procesamiento de datos de manera intuitiva.

Al utilizar LabVIEW, es posible diseñar interfaces de usuario interactivas que muestran en tiempo real los datos de presión adquiridos durante la etapa de combustión. Además, este software ofrece una amplia gama de herramientas de análisis y visualización

que permiten extraer información clave para el estudio de la combustión, como la presión máxima, la duración de la combustión, la eficiencia del proceso, entre otros parámetros relevantes.

**Figura 9**

*Esquema de conexión*



Simplificando toda la conexión primeramente se instala la adaptación de bujía en el motor, instalamos el sensor de presión, del mismo conectamos los tres terminales a la DAQ, identificamos el terminal de masa y lo conectamos a GND de la DAQ, consiguiente el terminal VDC conectamos a AO1y para finalizar ya encontrado el terminal de alimentación 5 VDC conectamos a 5V de la DAQ. En última instancia se

conecta la DAQ a una computadora, para monitorear las presiones en el software LabVIEW.

#### ***5.4.1. Desarrollo de Algoritmo***

Primer paso: Instalación de la adaptación de bujía en el motor: Este paso implica colocar el dispositivo de adaptación de bujía en el motor para capturar las señales necesarias.

Segundo paso: Instalación del sensor de presión: El sensor de presión debe ser instalado en el motor para medir las presiones relevantes.

Tercer Paso: Conexión del sensor de presión a la DAQ: Se conectan los tres terminales del sensor de presión a la adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés). Estos terminales suelen ser señales de voltaje, como señal de presión, tierra y alimentación.

Cuarto paso: Conexión del terminal de masa: Se identifica el terminal de masa en el sensor de presión y se conecta al terminal de tierra (GND) de la DAQ. Esto proporciona una referencia común para las mediciones.

Quinto paso: Conexión del terminal VDC: El terminal VDC del sensor de presión se conecta al canal analógico de salida 1 (AO1) de la DAQ. Esto permite que la señal de presión sea enviada a la entrada analógica de la DAQ.

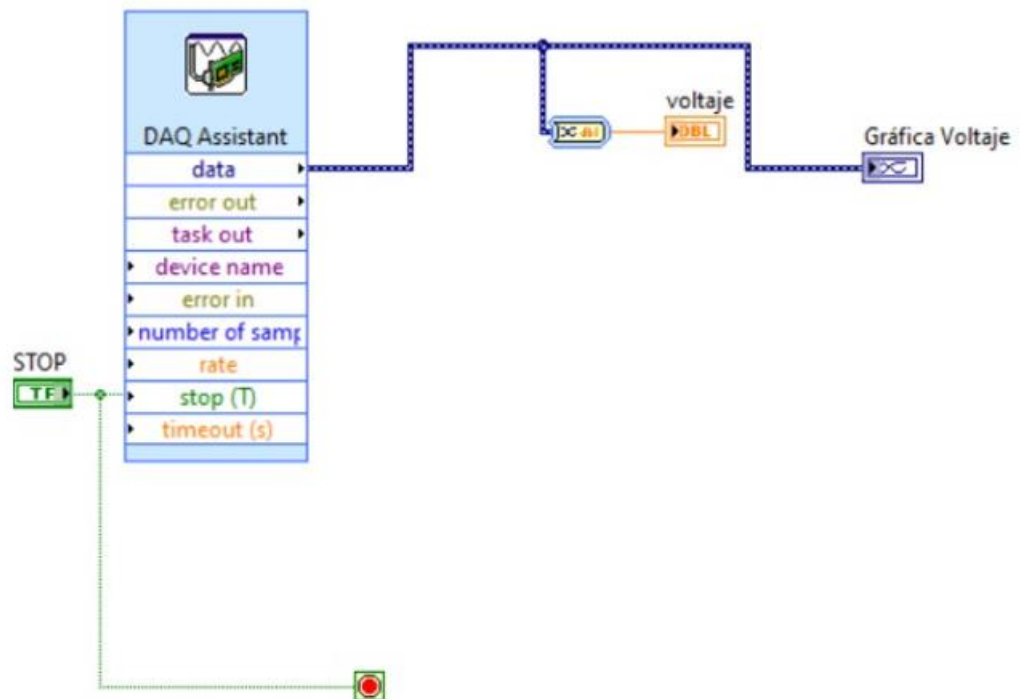
Sexto paso: Conexión del terminal de alimentación 5VDC: El terminal de alimentación 5VDC del sensor de presión se conecta al terminal de 5V de la DAQ. Esto suministra la alimentación necesaria para el sensor de presión.

Séptimo paso: Conexión de la DAQ a la computadora: La DAQ se conecta a una computadora mediante un cable o conexión adecuada. Esto establece una comunicación entre la DAQ y el software LabVIEW en la computadora.

Octavo paso: Monitoreo de las presiones en el software LabVIEW: Una vez que la conexión entre la DAQ y la computadora está establecida, se utiliza el software LabVIEW para monitorear las señales de presión capturadas por el sensor. El algoritmo de software puede incluir funciones para adquirir los datos de presión, mostrarlos en una interfaz gráfica y realizar cualquier procesamiento adicional requerido.

**Figura 10**

*Algoritmo para la obtención de voltaje*



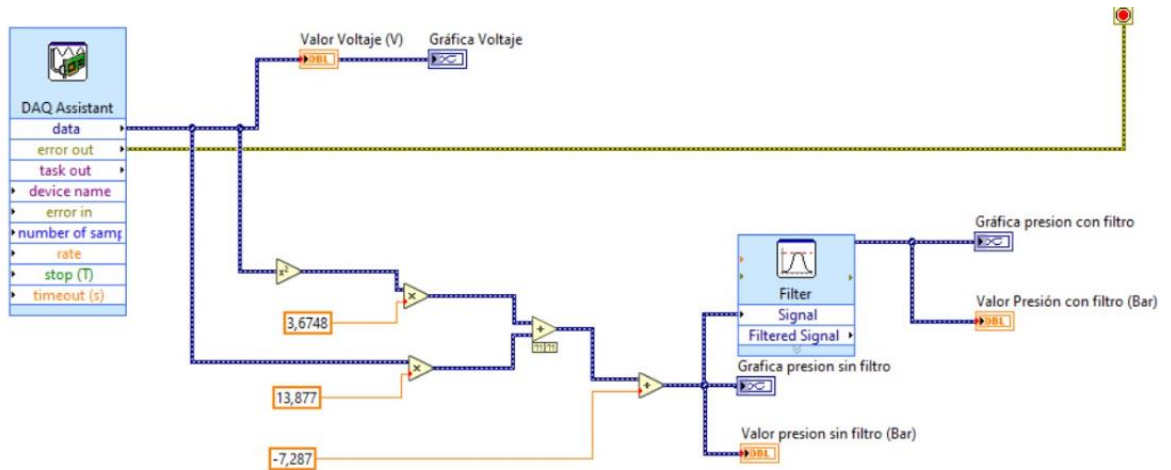
Con el objetivo de desarrollar la función que caracteriza el rendimiento del sensor, se seleccionan cuatro puntos de referencia. Se obtiene una función que se ajusta a un comportamiento cuadrático deseado. Los parámetros de ajuste resultantes se incorporarán en el software de adquisición de datos para su implementación.

$$presión = 3.6748x^2 + 13.877x - 7.287$$

Como se observa en la función la cual la presión dependa del voltaje y así se obtiene la presión captada por el sensor.

**Figura 11**

*Algoritmo para la obtención de presión en LabView*



### 5.4.2. Diseño de Experimento

Esta es una herramienta fundamental en la investigación científica para establecer relaciones causales entre variables y determinar el impacto de diferentes factores en un sistema. En este caso, el objetivo principal es evaluar el efecto de los aditivos en el combustible sobre el rendimiento del vehículo, específicamente en términos de par y potencia.

El diseño de experimentos permite controlar de manera sistemática las variables independientes, en este caso, los diferentes aditivos utilizados en el combustible, y observar cómo influyen en las variables dependientes, es decir, el par y la potencia del vehículo. Esto permite obtener conclusiones confiables y objetivas sobre la eficacia de los aditivos en la mejora del rendimiento del motor turboalimentado.



Además, el diseño de experimentos permite optimizar los recursos disponibles al planificar cuidadosamente los experimentos y determinar la cantidad de réplicas necesarias para obtener resultados estadísticamente significativos. Esto garantiza que los resultados obtenidos sean válidos y representativos de la población de interés, en este caso, el vehículo Jetour X70 con motor turboalimentado 1.5 L.

Al utilizar diferentes aditivos en el combustible y analizar su impacto en el par y la potencia del vehículo, se puede obtener información relevante para la industria automotriz y los usuarios de estos vehículos. Estos resultados pueden influir en la toma de decisiones relacionadas con el uso de aditivos en el combustible y su impacto en el rendimiento de los motores turboalimentados, lo que puede llevar a mejoras en la eficiencia y el desempeño de los vehículos.

**5.4.2.1. Unidad Experimental.** La unidad experimental es la unidad o elemento sobre la cual se aplican las condiciones o tratamientos y se recopilan los datos. La unidad experimental sería cada acople de bujía con sensor de presión adaptado en un vehículo Jetour X70 2022 con motor turboalimentado de 1.5 L. Para realizar el análisis de par y potencia del vehículo, estás utilizando diferentes aditivos en el combustible. Cada combinación de aditivo y su respectiva aplicación en un acople de bujía con sensor de presión adaptado se consideraría una unidad experimental separada.

**5.4.2.2. Variables de Estudio.** Se exponen las variables utilizadas:

**Tabla 3**

*Variables de estudio*

<b>Variable de estudio</b>	<b>Símbolo</b>
Aditivo	A

**5.4.2.3. Variables de Bloqueo.** En la tabla 3 se muestran las variables de bloqueo que se utilizaron en el estudio

**Tabla 4**

*Variables de bloqueo*

<b>Variable de bloqueo</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Temperatura de la banda de rodadura	$T_{rod}$	30-35	°C
Temperatura aire de admisión	$T_{adm}$	$25 \pm 1$	°C
Temperatura de refrigerante	$T_{ref}$	85-90	°C
Velocidad	V	50-60-70-80-100	Km/h

**5.4.2.4. Variables de Ruido**

**Tabla 5**

*Variables de ruido*

<b>Variable de ruido</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>
Presión atmosférica	$P_{atm}$	Pa
Humedad relativa del aire	$H_{rel}$	%
Temperatura del aire	$T_{aire}$	°C

**5.4.2.5. Variables de Respuesta**

**Tabla 6**

*Variables de respuesta*

<b>Variable de respuesta</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>
------------------------------	----------------	---------------

---

Par	$\tau$	Nm
Potencia	W	kW

---

#### **5.4.3. Aditivos Implementados**

El rendimiento óptimo del motor es un aspecto crucial para los entusiastas del automovilismo y para aquellos que buscan maximizar la eficiencia y el poder de sus vehículos. Sin embargo, en muchas ocasiones, el tipo de combustible disponible puede limitar el potencial de nuestros motores.

#### **5.4.4. Bardahl Octane Booster**

Se empleó el Bardahl Octane Booster, un aditivo para elevar el octanaje que se denominó como A. De acuerdo con la información proporcionada por el fabricante, este producto tiene la capacidad de aumentar el octano en hasta 3 puntos, mejorando la potencia y el rendimiento del motor, además de transformar la gasolina regular en una de calidad superior.

El contenido del envase está formulado para mezclarse con 16 galones de gasolina. Los ingredientes de este producto incluyen destilados de petróleo y Metilciclo-pentadienil Manganeso Tricarbonil (MMT).

**Figura 12**

*Aditivo A*



#### 5.4.5. *Octane Plus-Liqui Moly*

El aditivo que se denominó B ofrece varios beneficios según lo descrito por el fabricante. En primer lugar, se destaca que puede aumentar el octanaje (RON) del combustible en un rango que oscila entre 2 y 4 puntos, lo que resulta en una mejora significativa en el rendimiento del motor. Además, el índice de octano también se ve incrementado con su uso, lo que contribuye a evitar daños en el motor causados por combustiones detonantes.

Cada envase contiene 150 ml de este aditivo, lo que es suficiente para tratar 50 litros de gasolina. Entre sus componentes, encontramos Metilciclopentadienil-Manganeso tricarbonilo, combustibles, avión a reacción, extracción de huella con disolvente, hidrogenados hidrocraqueados, 1, 2, 4 – trimetilbenceno y una variedad de hidrocarburos que incluyen C10-C13 y n-alcanos, así como cicloalcanos.

**Figura 13**

*Aditivo B*



#### 5.4.6. *Ravenol Petrol*

Ravenol octane Booster para el estudio se nombrara como C, es un aditivo alemán diseñado para elevar el número de octano entre 3 y 8 puntos, mejorando su calidad en situaciones donde este sea deficiente o insuficiente. Con su efecto amplificador de octanaje, este producto evita molestos ruidos del motor, como zumbidos, golpes o reencendidos indeseados. Además, al mejorar el comportamiento de conducción en condiciones de alta carga, el refuerzo de octanaje ofrece una experiencia de conducción más suave y eficiente.

**Figura 14**

*Aditivo C*



#### 5.4.7. *Implementación del Experimento*

Se ha definido para en el diseño de corridas experimentales realizar 3 réplicas con cada aditivo a velocidades predeterminadas para analizar el impacto de cada aditivo en los factores de respuesta.

Usar la normativa ecuatoriana INEN 960 es fundamental en el contexto de pruebas de ruta en vehículos turbo debido a que proporciona un marco regulatorio y técnico que garantiza la calidad, confiabilidad y seguridad de los resultados obtenidos durante el proceso de evaluación. Esta norma establece los procedimientos y requisitos

específicos que deben seguirse para llevar a cabo las pruebas de rendimiento de vehículos con sistemas turbo, asegurando así la estandarización y uniformidad en la metodología utilizada.

La INEN 960 define criterios claros para la selección de factores y niveles de prueba, la configuración del equipo de medición, los parámetros a evaluar, y los procedimientos de muestreo y recolección de datos. Además, establece criterios para el análisis estadístico y la interpretación de los resultados, lo que permite realizar comparaciones y conclusiones válidas.

El cumplimiento de la normativa INEN 960 asegura que las pruebas de ruta se realicen con un alto grado de precisión y replicabilidad, evitando sesgos y errores sistemáticos que puedan afectar la integridad de los resultados. Al seguir esta normativa, se fomenta la confianza en los datos obtenidos.

#### ***5.4.8. Condiciones de Muestreo para Banco Dinamométrico***

Es importante destacar que la temperatura de la banda de rodadura es un factor crítico en el desempeño y seguridad de los neumáticos, ya que afecta directamente su agarre y rendimiento en diversas condiciones de conducción.

Dentro de este marco, se ha observado que la temperatura óptima de funcionamiento de la banda de rodadura suele estar en el rango de los 30 a 35 °C (grados Celsius).

#### **Figura 15**

*Temperatura*



La altitud y la presión barométrica son dos factores ambientales importantes que pueden afectar las pruebas de ruta en la ciudad de Cuenca:

Altitud: Cuenca se encuentra a una altitud significativa de aproximadamente 2,550 metros sobre el nivel del mar. La altitud tiene un impacto en la densidad del aire y, por lo tanto, puede afectar el rendimiento de los vehículos durante las pruebas de ruta. A mayor altitud, el aire es menos denso, lo que puede disminuir la potencia del motor y afectar el consumo de combustible. Los vehículos pueden experimentar una pérdida de potencia y aceleración en comparación con cuando se prueban a altitudes más bajas.

Presión barométrica: La presión barométrica es la presión atmosférica ejercida por el peso del aire en un área determinada. A mayor altitud, la presión barométrica es menor. Esta disminución de la presión puede afectar la forma en que los motores de combustión interna funcionan, así como los sistemas de admisión y escape. Los vehículos pueden requerir ajustes para compensar esta diferencia en la presión y mantener su rendimiento óptimo. Para el caso de Cuenca es alrededor de 0.77 *bar*.

Llevar a cabo el monitoreo de la temperatura de admisión del motor y la temperatura del refrigerante son prácticas importantes para asegurar el buen funcionamiento y rendimiento del vehículo. Estos datos son esenciales para mantener

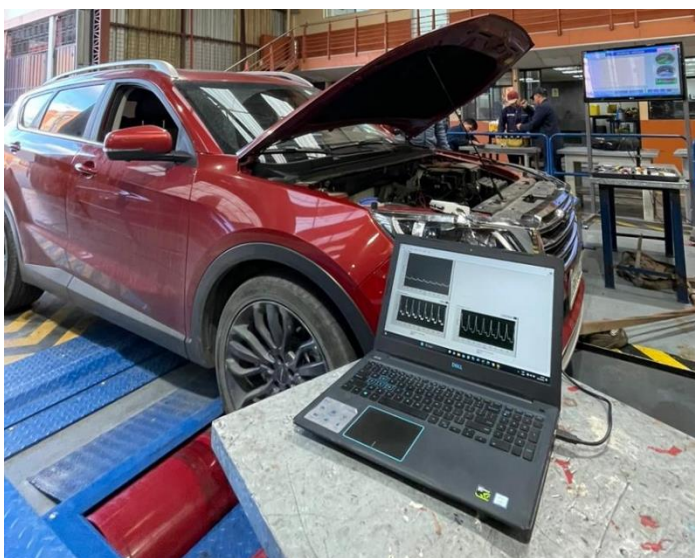
el motor en su rango de temperatura óptimo y garantizar una conducción eficiente y segura.

Sensor IAT (Sensor de Temperatura del Aire de Admisión): El sensor IAT es responsable de medir la temperatura del aire que ingresa al motor. Esta información es esencial para el sistema de gestión del motor, ya que la cantidad de oxígeno que entra al motor está relacionada directamente con la temperatura del aire. A partir de esta medición, la computadora del vehículo ajusta la cantidad de combustible inyectado para mantener una relación adecuada entre aire y combustible (relación estequiométrica).

Al tomar datos durante pruebas o análisis automotrices, mantener una velocidad constante y precisa es crucial para obtener resultados precisos y confiables. La velocidad del vehículo debe mantenerse dentro de un rango muy estrecho, normalmente de  $\pm 1\%$  de la velocidad objetivo. Esto se debe a que pequeñas variaciones en la velocidad pueden afectar los datos recolectados y los cálculos realizados durante las pruebas.

### **Figura 16**

*Vehículo de pruebas*





La tarjeta DAQ otorga señales digitales que pueden ser procesadas y almacenadas en una computadora u otro sistema de control. Mismo que recolecta 2500 datos en un intervalo de un segundo. Esto significa que está adquiriendo 2500 puntos de datos en un segundo. Luego de recolectar los datos, es importante realizar la exportación de estos para su análisis o almacenamiento.

#### ***5.4.9. Prueba en Banco Dinamométrico***

Los bancos dinamométricos pueden simular diferentes condiciones de conducción, como aceleración, desaceleración, arranque en frío y conducción a altas velocidades. Esto permite realizar pruebas en un ambiente controlado y reproducible, que puede ser difícil de lograr en condiciones reales de conducción en carretera.

**Figura 17**

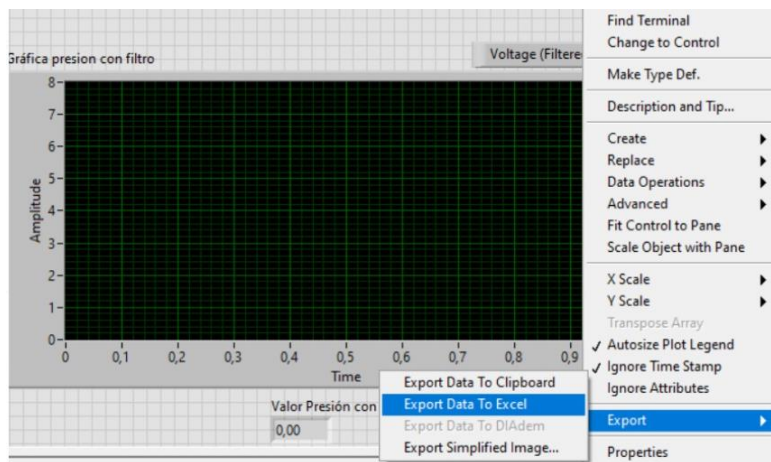
*Vehículo de recolección de datos*



Durante la recopilación de datos, se mantiene una velocidad constante durante un minuto. Al concluir este período, se utiliza la tarjeta de adquisición de datos (DAQ) para capturar 2500 puntos de datos en un segundo. Luego, se procede a exportar los datos mostrados por el software en LabView.

**Figura 18**

*Recolección de datos*



A continuación, se reduce gradualmente la velocidad sin realizar frenadas bruscas. Después de esta etapa, se vuelve a tomar datos una vez que se alcanza la siguiente velocidad deseada.

#### **5.4.10. Prueba en carretera.**

En esta ocasión, la prueba se llevó a cabo en la autopista con una inclinación de 15°. Para facilitar el cierre del capó del vehículo, se optó por reducir la longitud del tubo de cobre que conecta la adaptación con el sensor.

**Figura 19**

*Sensor*



El sensor se conectó a la tarjeta de adquisición de datos (DAQ) y, a su vez, se enlazó con la computadora. Se tomó la precaución de aislar cuidadosamente todos los cables para evitar interferencias electromagnéticas y garantizar una transmisión de datos estable y precisa.

**Figura 20**

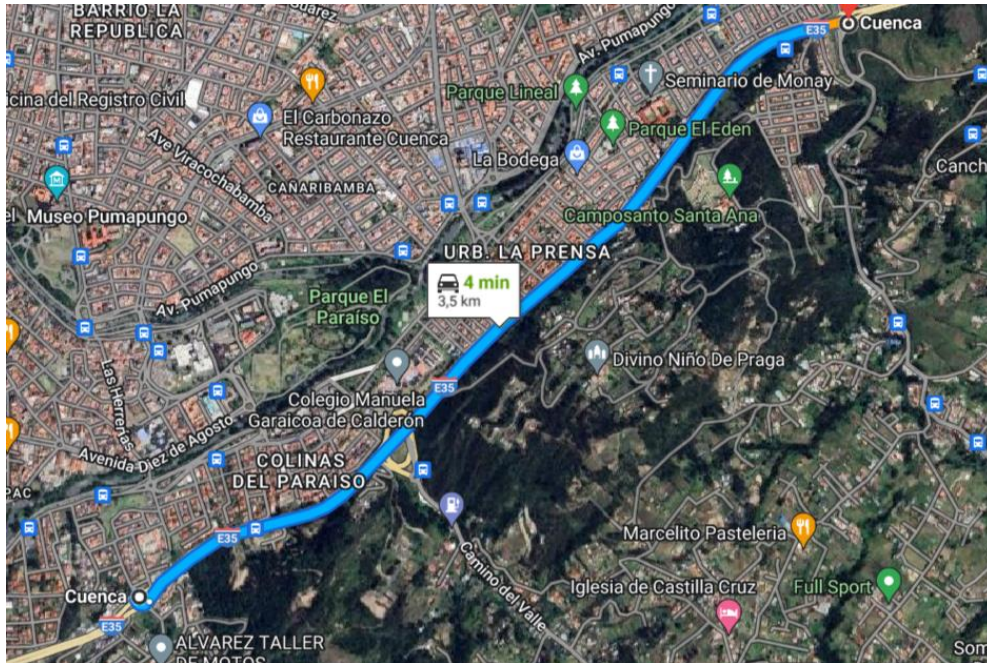
*Recolección de datos*



Se procedió a delimitar la ruta, ya que es una medida importante para asegurar que la prueba se realice de manera controlada y precisa. Al delimitar la ruta, se establecen los límites geográficos y las características específicas de la vía por la cual el vehículo debe transitar durante la prueba.

**Figura 21**

*Ruta*



Al tener la ruta claramente delimitada, se pueden evitar desviaciones no deseadas y asegurar que el vehículo mantenga una trayectoria consistente sin necesidad de realizar frenadas bruscas o maniobras abruptas que puedan afectar la toma de datos y los resultados de la prueba.

Además, delimitar la ruta también ayuda a mantener la seguridad durante la prueba, ya que se pueden identificar posibles obstáculos o situaciones peligrosas en la vía y tomar las medidas necesarias para evitar cualquier incidente. Teniendo en cuenta estos aspectos se desarrolló tomando como punto de partida el redondel de Mollobamba hasta el Hospital del IESS.

Un factor importante para el desarrollo de la prueba es la relación peso/potencia al evaluar el rendimiento y la eficiencia de un vehículo. Esta relación se calcula dividiendo el peso del vehículo (incluidos los ocupantes y la carga) entre la potencia del motor. Cuanto menor sea esta relación, mejor será el rendimiento del vehículo, ya que tendrá más potencia disponible para mover cada kilogramo de peso.

En el caso específico que se menciona, el peso bruto vehicular es de 1560 kg, y el vehículo tiene una capacidad para llevar hasta 7 personas. Sin embargo, durante la

prueba, el vehículo tenía solamente 4 personas, con un peso promedio entre 65 y 80 kg. Para obtener la relación peso/potencia, primero debemos calcular el peso total del vehículo con sus ocupantes:

Peso total del vehículo con 4 personas = Peso del vehículo vacío + (Peso promedio de 4 personas)

Peso total del vehículo con 4 personas = 1560 kg + (4 personas \* Peso promedio)

Peso total del vehículo con 4 personas = 1560 kg + (4 personas \* 72.5 kg) (tomando un peso promedio de 72.5 kg, el punto medio del rango 65-80 kg)

Peso total del vehículo con 4 personas = 1560 kg + 290 kg

Peso total del vehículo con 4 personas = 1850 kg

La velocidad se mantuvo constante durante la toma de datos y no hubo variación debido a la falta de tráfico en la ruta seleccionada, al mantener una velocidad constante, se minimizan las posibles interferencias externas que podrían afectar los resultados. Esto ayuda a obtener mediciones más precisas y comparables, lo que es esencial para una evaluación efectiva del rendimiento del vehículo.

## **Figura 22**

*Recolección de datos*



Además, el buen comportamiento del software y el sensor asegura que los datos recopilados sean precisos y representativos de las condiciones reales. La confiabilidad del equipo utilizado en la prueba es fundamental para garantizar la validez de los resultados y para tomar decisiones informadas basadas en esos datos.

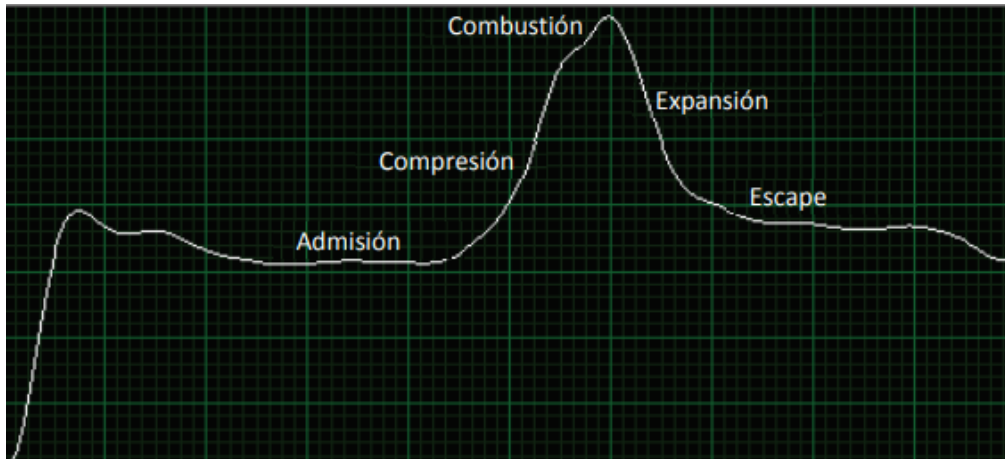
#### ***5.4.11. Cálculo de Variables de Respuesta***

Utilizamos un modelo matemático propio que se basa en la obtención de la presión mediante un filtro. Este filtro es de paso bajo, lo que significa que permite el paso de frecuencias bajas mientras atenúa las frecuencias altas, específicamente a 60 Hz. De esta manera, podemos visualizar y analizar la presión generada dentro del cilindro con fines interpretativos.

Este filtrado nos facilita identificar los puntos cruciales durante la expansión del cilindro, lo que nos permite tomarlos como referencia para calcular el par y la potencia. Es un enfoque que nos ayuda a obtener las variables de respuesta necesarias de manera efectiva y precisa.

#### **Figura 23**

*Gráfica presión con filtro*



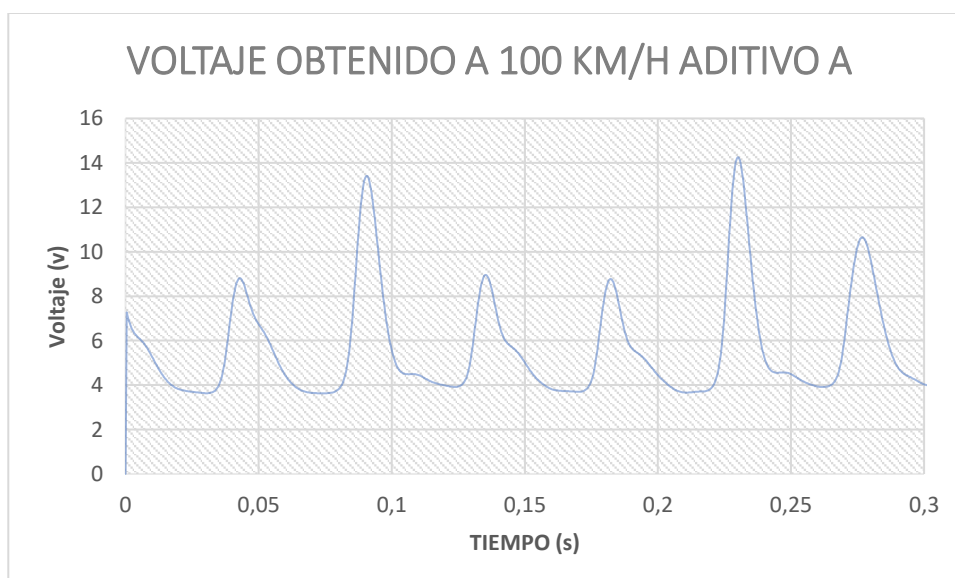
*Nota.* Adaptado de *gráfica presión con filtro* [Fotografía], por Castillo et al., 2017

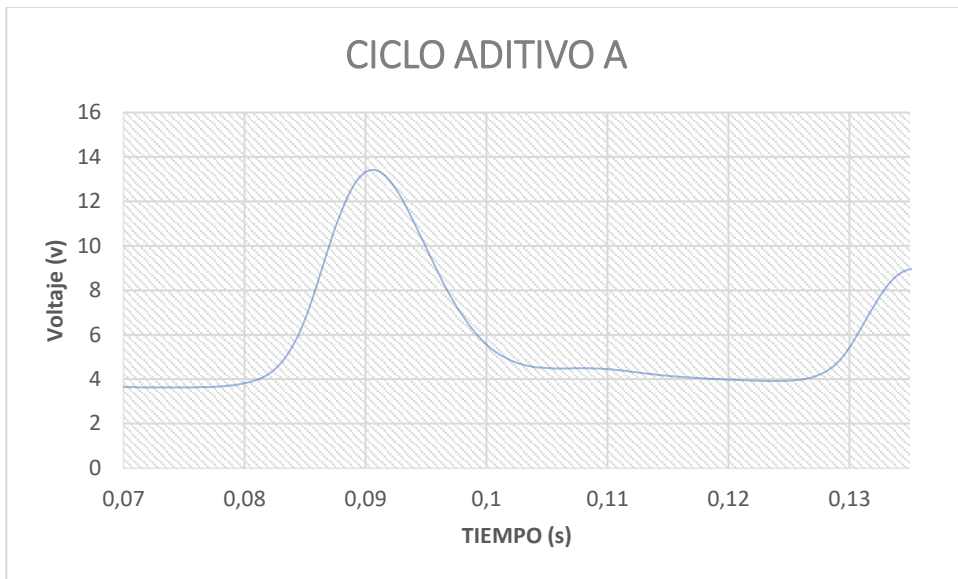
#### 5.4.12. Voltajes Obtenidos

Se analiza el comportamiento de un aditivo específico en condiciones de altas cargas y velocidades. Para ello, se tomó en cuenta la señal de altas velocidades y se analiza para este caso un ciclo de prueba con el objetivo de observar el desempeño del aditivo en estas condiciones.

**Figura 24**

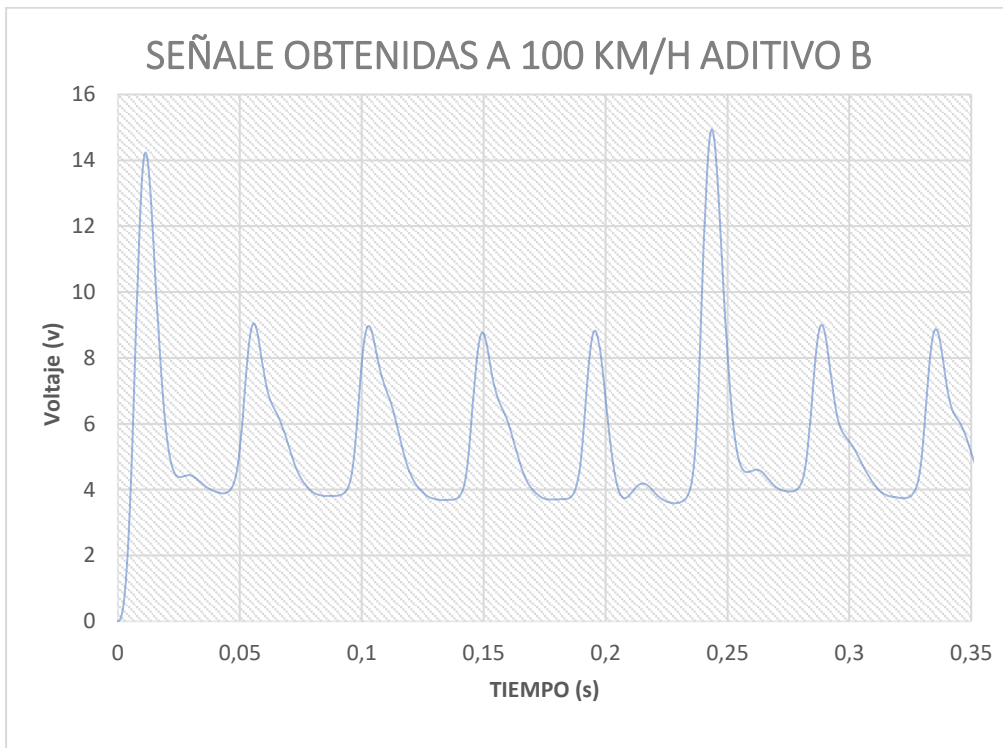
*Aditivo A*



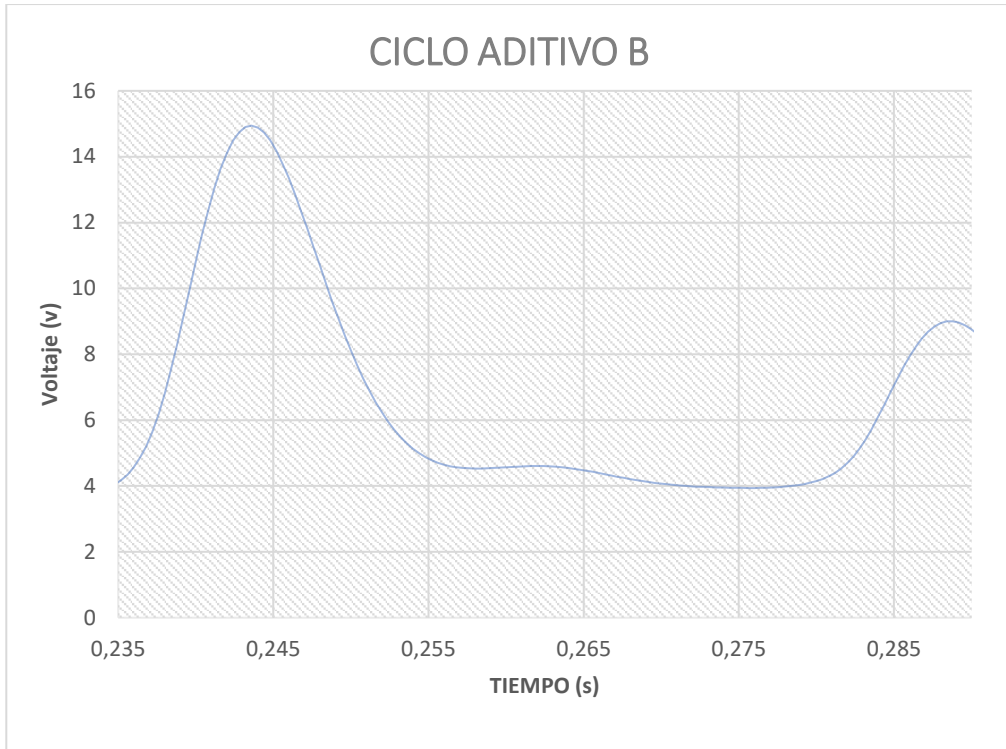


**Figura 25**

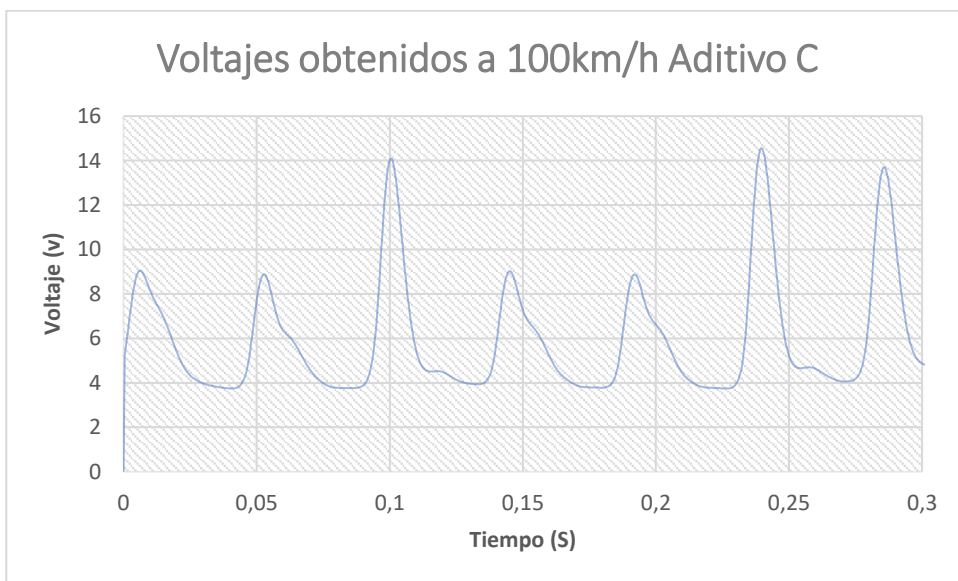
*Aditivo B*

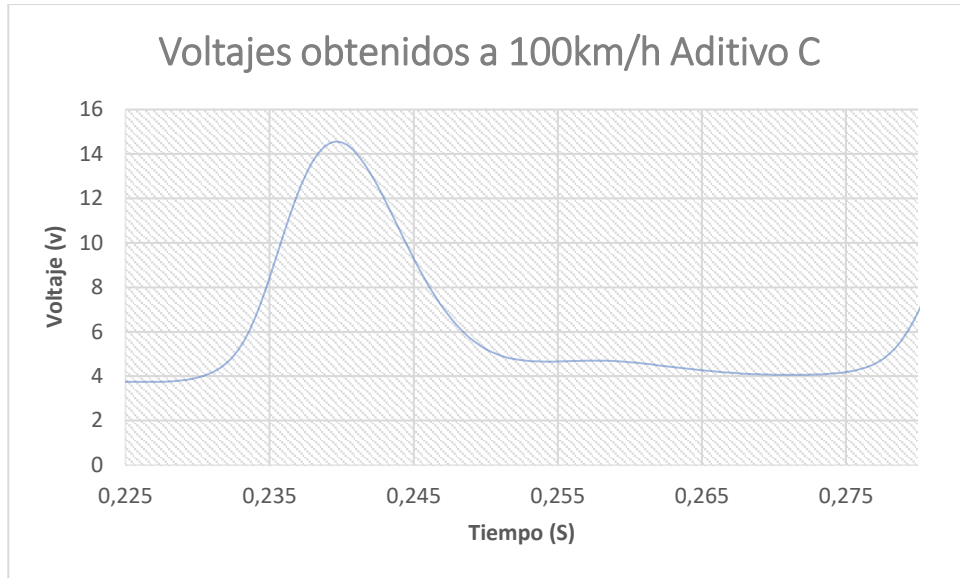






**Figura 26**  
*Aditivo C*





### 5.4.13. Potencia

El enfoque matemático plantea una función que utiliza los puntos recopilados durante el proceso de expansión para modelar una ecuación. Mediante esta ecuación, se calcula la potencia y se construye una gráfica que ilustra el comportamiento de la variable a distintas velocidades que han sido consideradas como pruebas.

$$Potencia_{BA} = -20,03 + 0,2120(X2) - 0,714(X3) + 27,75(X4) + 0,01422(X3^2) + 0,00587(X2 * X3) + 0,0976(X2 * X4) - 0,4510(X3 * X4)$$

Para el caso de estudio se toma los valores de potencia de la señal como x2 velocidad del vehículo como x3 y por último el valor de x4 se encontraría fijo en 1.5 debido a la cilindrada del motor en litros.

#### 5.4.13.1. Potencia Calculada de los Diferentes Aditivos

**Tabla 6**

*Aditivo A*

VELOCIDAD DEL VEHÍCULO (km/h)	POTENCIA DE LA SEÑAL
km/h	

50	68,2511
60	74,5061
70	96,6599
80	100,5127
100	73,8814

**Tabla 7**

*Aditivo A*

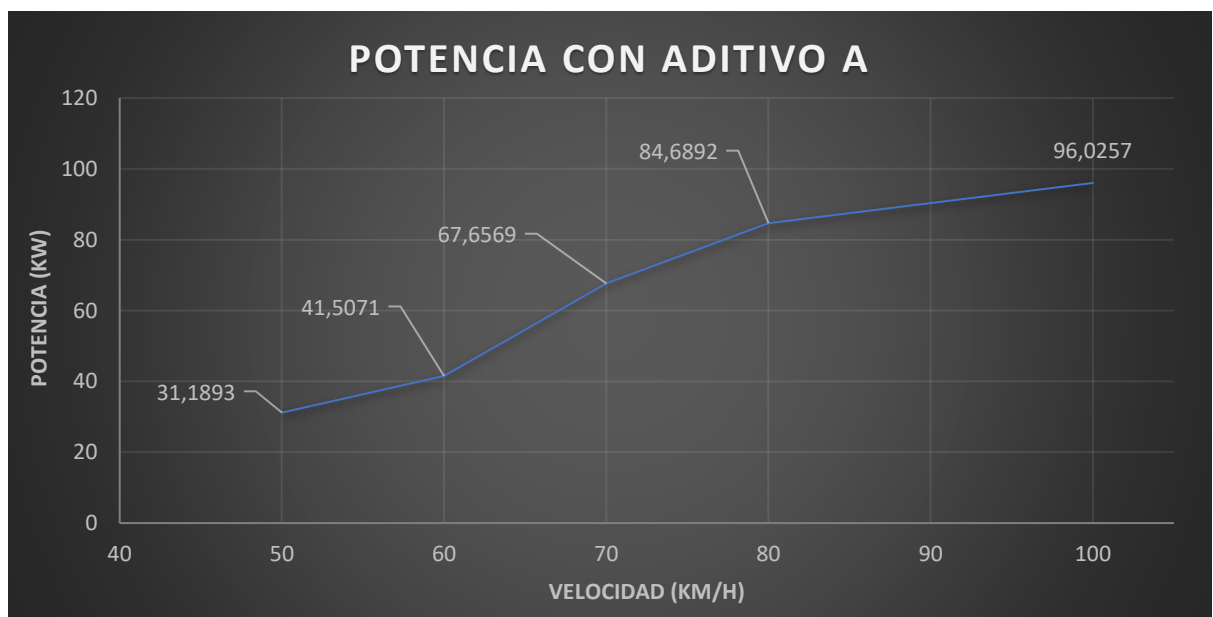
Velocidad km/h	Calculo KW
50	31,1893
60	41,5071
70	67,6569
80	84,6892
100	96,0257

**Figura 26**

Potencia

aditiva

A



**Tabla 8**

*Aditivo B*

<b>VELOCIDAD DEL VEHÍCULO (km/h)</b>	<b>POTENCIA DE LA SEÑAL</b>
km/h	
50	69,0513
60	75,3797
70	97,7933
80	101,6913
100	74,7477

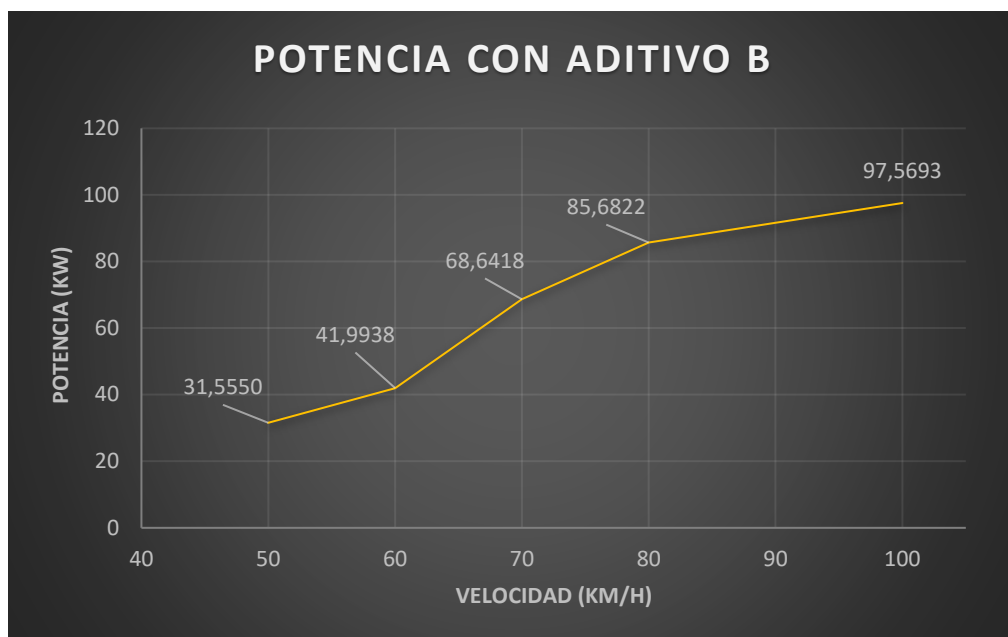
**Tabla 9**

*Aditivo B*

<b>Velocidad km/h</b>	<b>Calculo KW</b>
50	31,5550
60	41,9938
70	68,6418
80	85,6822
100	97,5693

**Figura 26**

*Potencia aditivo B*



**Tabla 10**

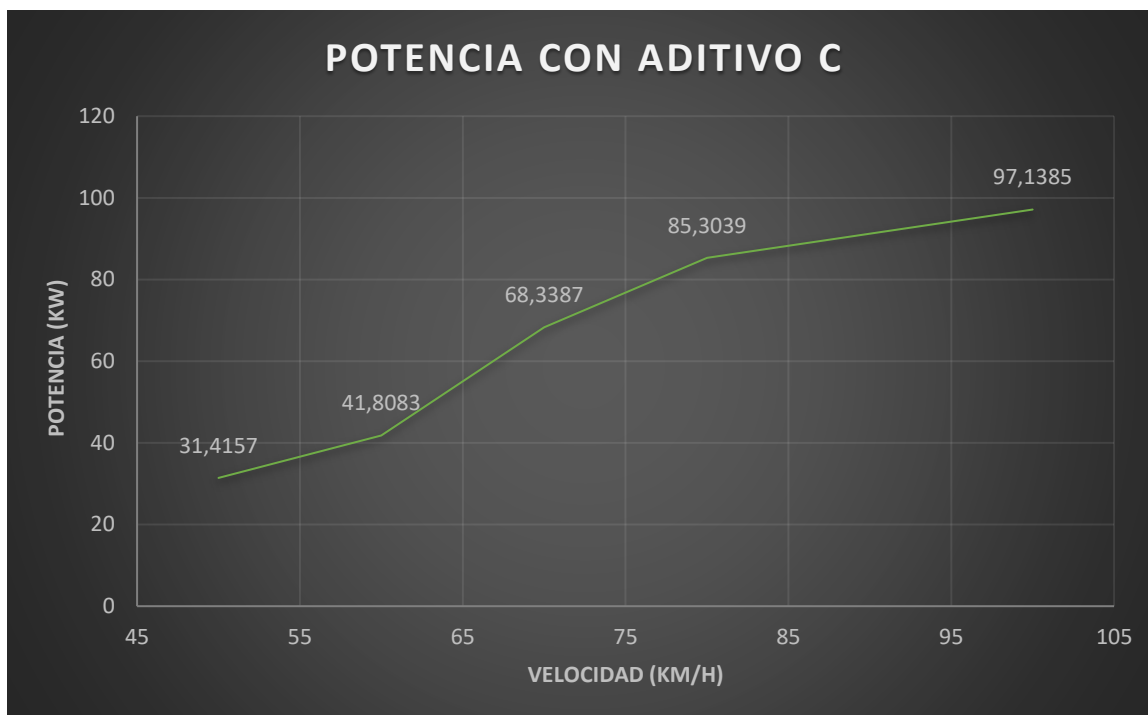
*Aditivo C*

VELOCIDAD DEL VEHÍCULO km/h	POTENCIA DE LA SEÑAL KW
50	68,7465
60	75,0469
70	97,3616
80	101,2423
100	74,4177

**Tabla 11**

*Aditivo C*

Velocidad km/h	Calculo KW
50	31,4215
60	41,8083
70	68,3261
80	85,2251

**Figura 27***Potencia aditivo C***5.4.14. Par**

Para determinar el par, se utilizan los datos de potencia de señal, la cilindrada y las diversas velocidades empleadas en las pruebas. El procedimiento de cálculo será explicado a continuación. Además, el programa genera una gráfica que muestra el comportamiento del par en diferentes velocidades.

$$\text{Par} = -45,44 + 01,151(X2) - 0,796(X3) + 60,83(X4) - 0,006785(X2^2) + 0,01193(X3^2) + 0,1318(X2 * X4)$$

Al igual que en el cálculo de la potencia se toma los valores de potencia de la señal como x2 velocidad del vehículo como x3 y por último el valor de x4 se encontraría fijo en 1.5 debido a la cilindrada del motor en litros.

**Tabla 12**

*Aditivo A*

VELOCIDAD DEL VEHÍCULO km/h	POTENCIA DE LA SEÑAL KW	CALCULO Nm
50	68,2511	101,1413
60	74,5061	109,4876
70	96,6599	123,5361
80	100,5127	134,2362
100	73,8814	156,3906

**Figura 28**

*Par aditivo A*



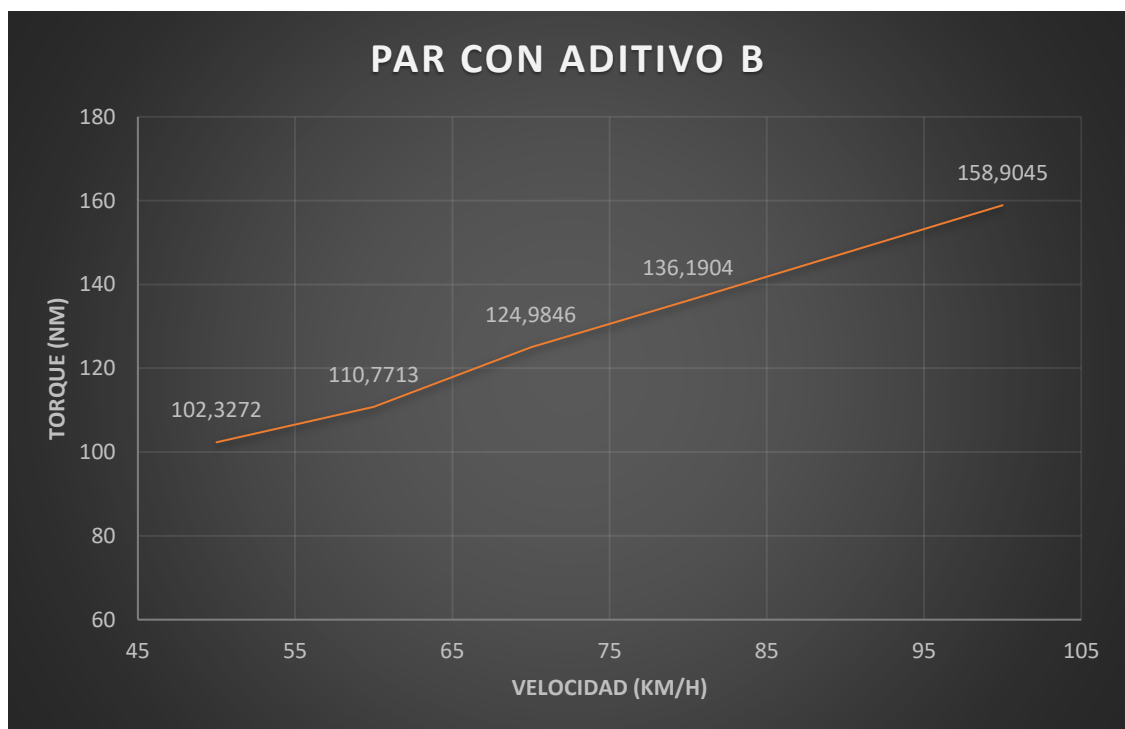
**Tabla 13**

*Aditivo B*

VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	POTENCIA DE LA SEÑAL	CALCULO
km/h	KW	NM
50	69,0513	102,3272
60	75,3797	110,7713
70	97,7933	124,9846
80	101,6913	136,1904
100	74,7477	158,9045

**Figura 29**

*Par aditivo B*



**Tabla 14**

*Aditivo C*

VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	POTENCIA DE LA SEÑAL	CALCULO
km/h	KW	NM
50	68,7465	101,8943



60	75,0469	110,2823
70	97,3616	124,4098
80	101,2423	135,4638
100	74,4177	158,2030

---

**Figura 30**

*Par aditivo C*



## **6. Capítulo III**

### **6.1. Análisis de resultados**

En el presente capítulo se analizarán los resultados obtenidos a través de la metodología previamente descrita, en la cual se llevaron a cabo diversas corridas experimentales con el objetivo de evaluar el rendimiento de motores de combustión interna utilizando diferentes aditivos en el combustible. Los aditivos implementados fueron el Bardahl Octane Booster, el Octane Plus-Liqui Moly y el Ravenol Petrol.

Los resultados obtenidos serán interpretados y analizados a la luz de los objetivos planteados en la tesis, con el fin de determinar si los aditivos utilizados tuvieron un impacto significativo en el rendimiento de los motores y en qué medida.

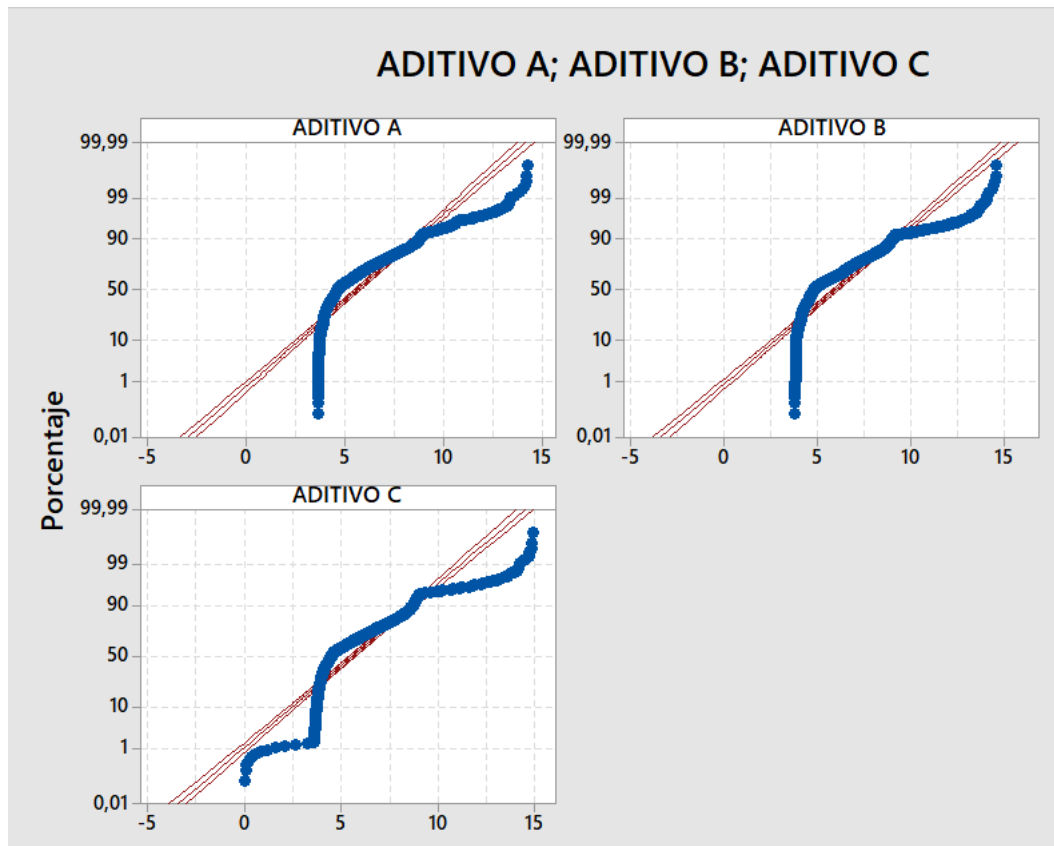
### **6.2. Selección de datos**

En el proceso de selección de datos para el cálculo de potencia y par, se lleva a cabo un análisis de los valores obtenidos a través del software LabVIEW a partir de la gráfica de presión con filtro, como se muestra en la Figura 23. Una vez extraídos los datos, se procede a identificar únicamente aquellos que corresponden al periodo de "Expansión" del motor.

Posteriormente, se realiza un análisis utilizando el software Minitab, donde se seleccionan alrededor de 300 datos de diferentes corridas. Estos datos se someten a un análisis mediante un gráfico de matriz simple, que muestra la dispersión de los puntos en relación con la línea de tendencia, tal como se indica en la figura 31. De esta manera, se identifican los datos que presentan una menor dispersión y se consideran más confiables para realizar los cálculos requeridos.

**Figura 31**

*Matriz simple diferentes aditivos*



Este enfoque asegura un alto nivel de confianza en los resultados obtenidos, ya que se ha realizado una cuidadosa selección de los datos más representativos del periodo de expansión del motor. Esta metodología permite obtener información precisa y relevante para el cálculo de potencia y par, lo que contribuye a una evaluación más precisa del rendimiento del motor en estudio.

### **6.3. Determinación de par y potencia**

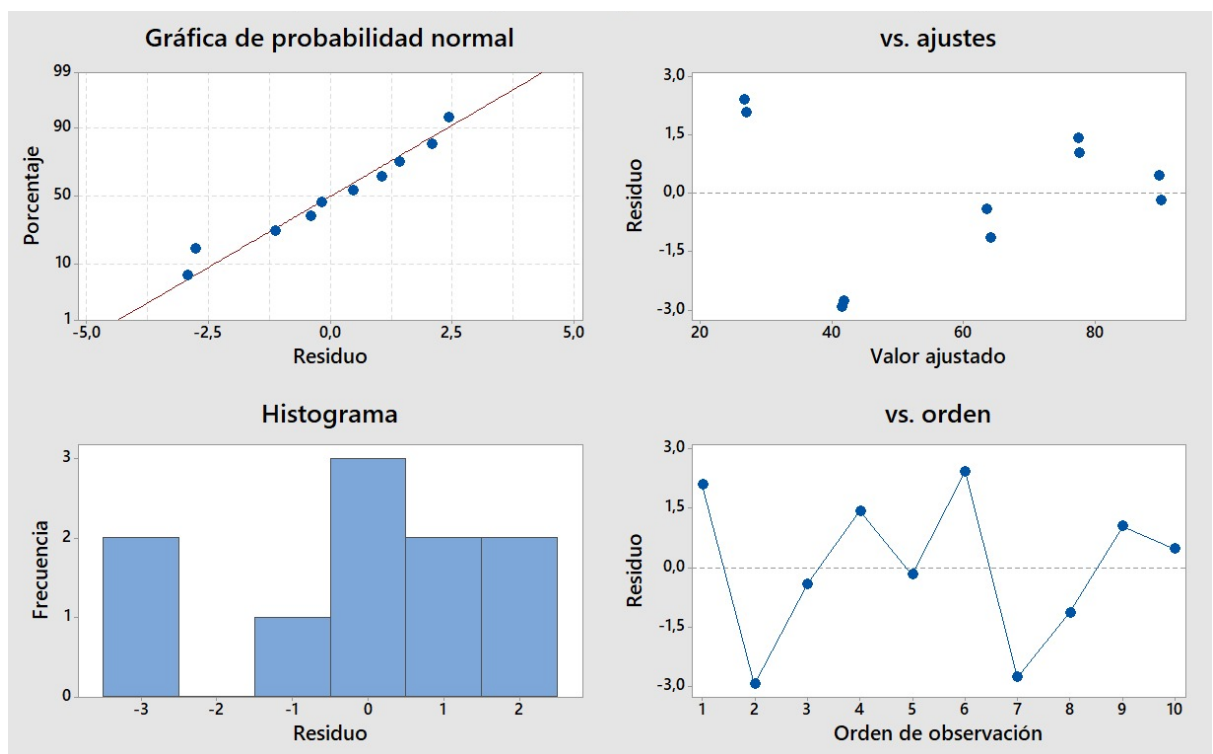
Para determinar el par y la potencia, se utiliza un cálculo basado en un algoritmo desarrollado por (Castillo et al., 2017). Se sigue un protocolo de muestreo establecido para obtener y analizar todos los datos necesarios. Luego, se aplica las ecuaciones descritas en el capítulo 2 en Matlab para calcular la potencia de señal. Para garantizar la precisión del cálculo, se seleccionan alrededor de 150 datos de los 2500 valores disponibles.

El algoritmo empleado se basa en un análisis matemático y estadístico de regresión múltiple específicamente diseñado para vehículos a gasolina con cilindrada de 1.4 a 2.4 litros.

Una vez obtenidos los valores de potencia de señal, se realizan los cálculos correspondientes para cada una de las pruebas realizadas en el vehículo. Es importante destacar que se aplica un intervalo de confianza del 92% y se controla el error máximo. De esta manera, se asegura la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas.

**Figura 32**

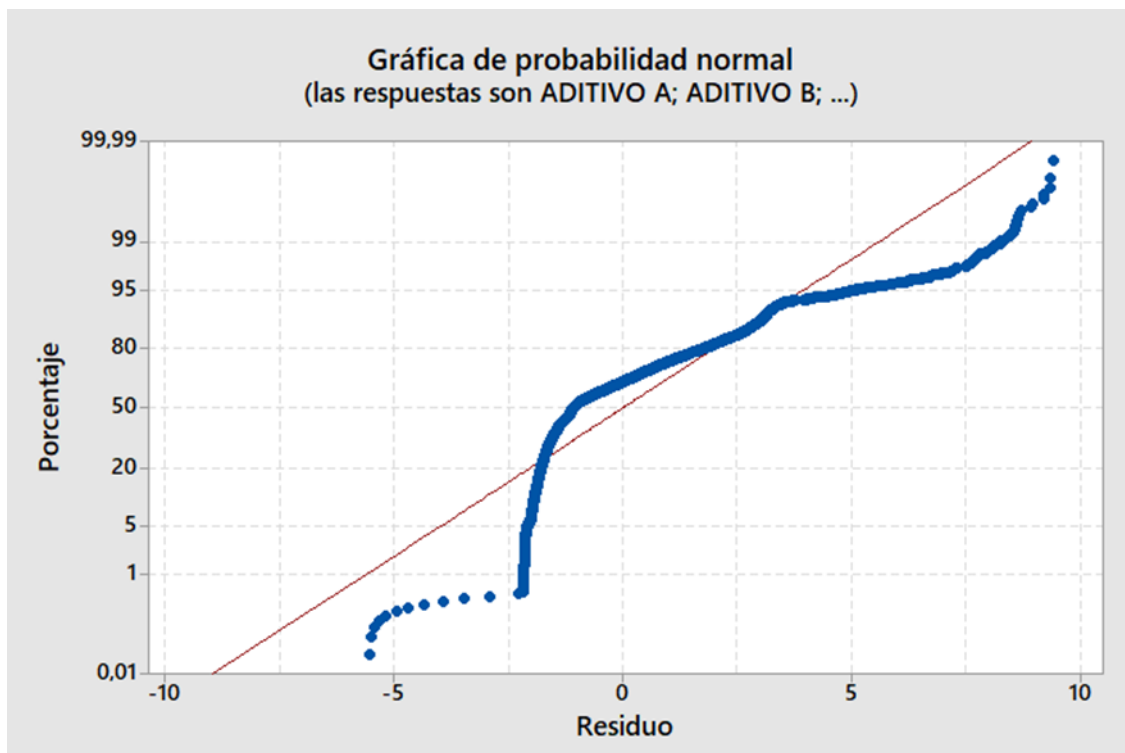
*Gráfica de ajuste de potencia*



#### 6.4. Análisis anova de voltajes recolectados

**Figura 33**

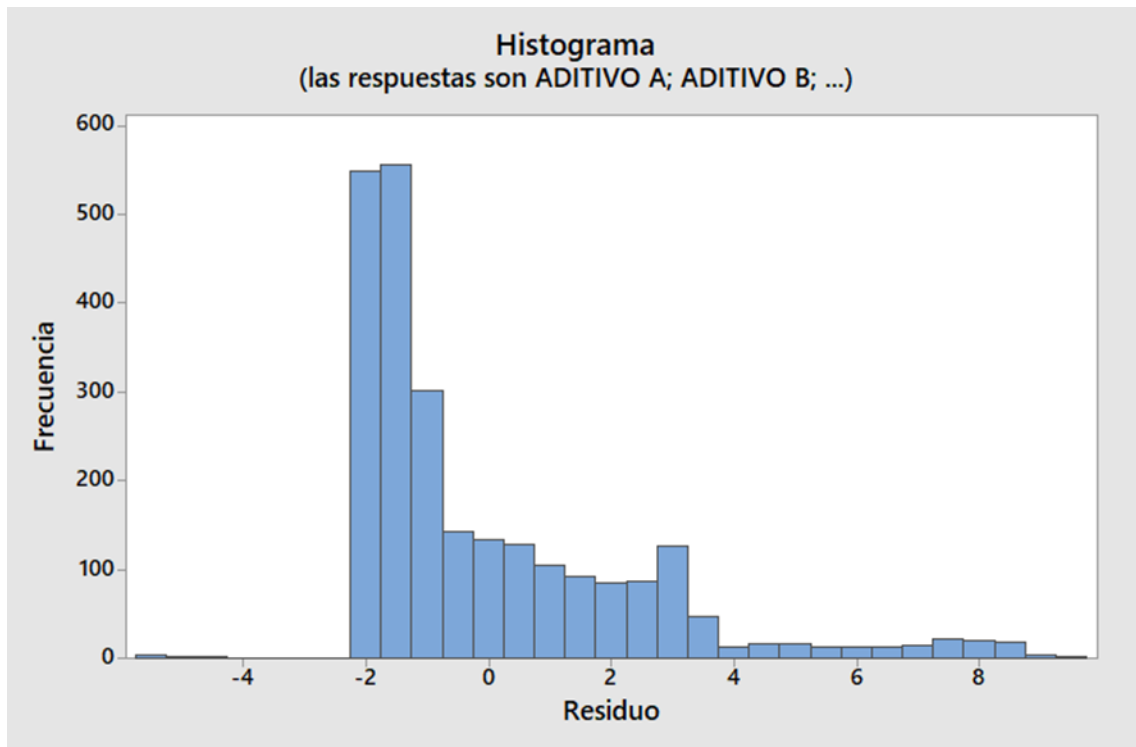
*Gráfica de probabilidad normal*



El análisis ANOVA de un solo factor para los aditivos A, B y C muestra que existe una diferencia significativa en las medias del par medido entre los tres aditivos. La hipótesis nula establece que todas las medias son iguales, pero los resultados del análisis ANOVA indican que esta hipótesis debe ser rechazada, ya que el valor  $p$  es menor que el nivel de significancia  $\alpha$  (0,05). Por lo tanto, podemos concluir que al menos una de las medias de los aditivos es significativamente diferente de las demás.

**Figura 34**

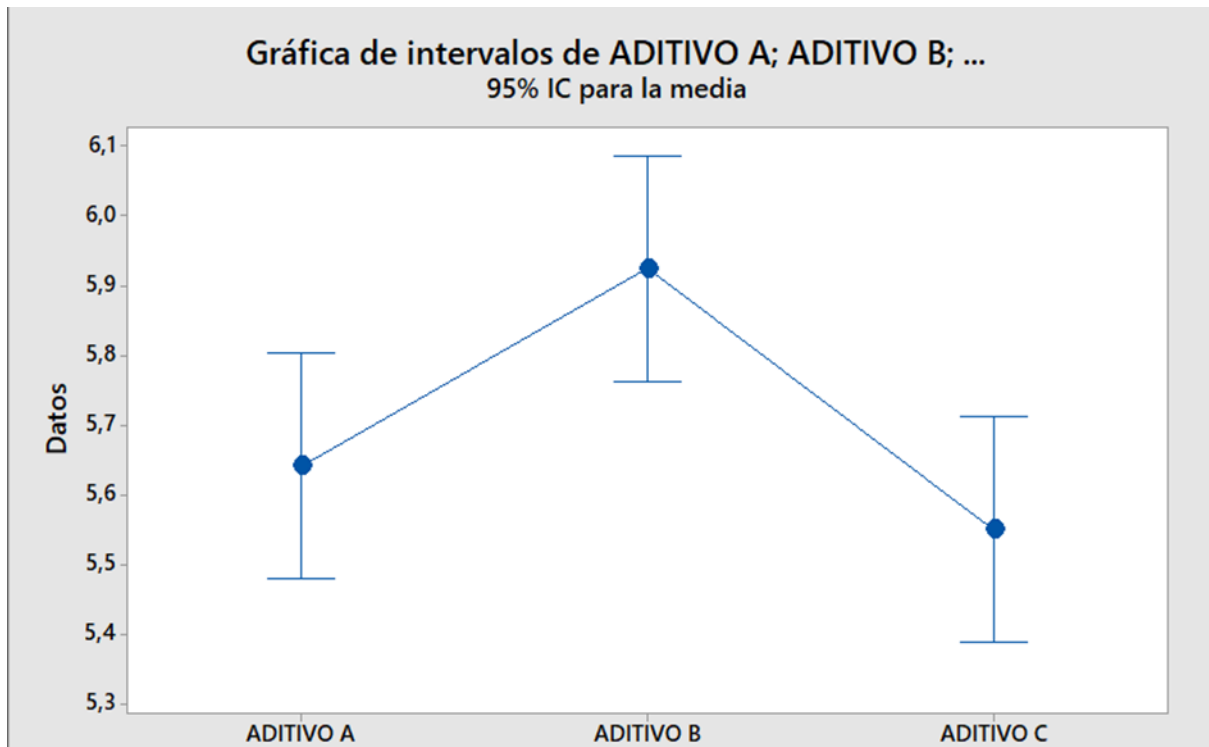
*Histograma*



El análisis también muestra que el factor "Aditivo" tiene dos grados de libertad (GL) y un valor F de 5,56. Esto implica que existe una variación significativa en las medias del par medido entre los aditivos A, B y C.

**Figura 35**

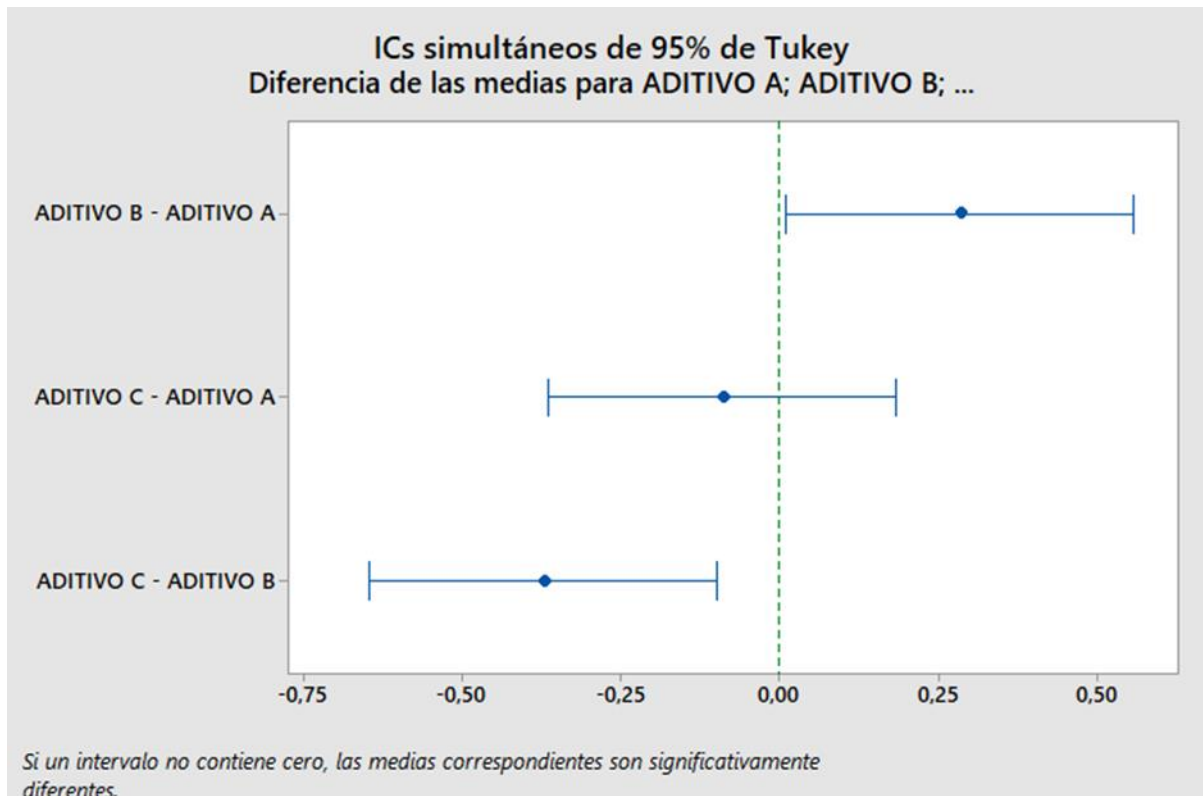
*Gráfica de intervalos*



La tabla de medias nos muestra las medias del par medido para cada aditivo, así como las desviaciones estándar y los intervalos de confianza del 95%. Podemos observar que las medias del par medido para los aditivos A, B y C son 5,6414, 5,9239 y 5,5501, respectivamente. Además, los intervalos de confianza del 95% indican que las medias de los aditivos B y A no se superponen, lo que sugiere que son significativamente diferentes entre sí.

**Figura 36**

*Análisis Turkey*



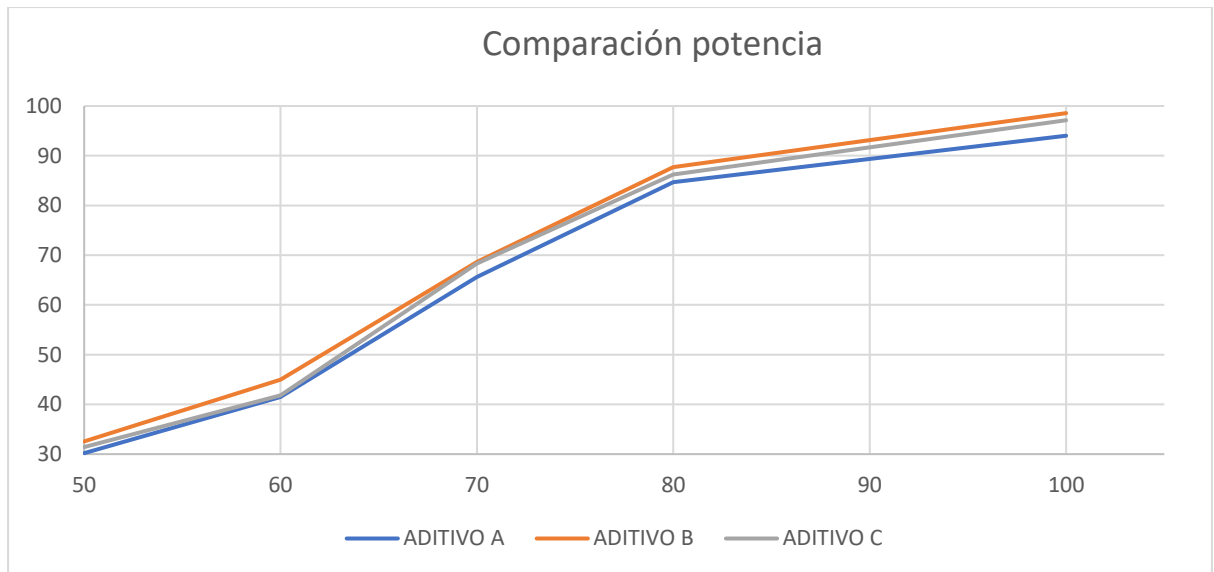
Las comparaciones en parejas de Tukey nos permiten agrupar la información para determinar qué medias son significativamente diferentes entre sí. Según este análisis, las medias del par medido para los aditivos A y C comparten la misma letra, lo que indica que no hay diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, la media del aditivo B tiene una letra diferente, lo que sugiere que es significativamente diferente de las medias del aditivo A y C.

### 6.5. Interpretación de gráficas de potencia.

**Figura 37**

*Comparación potencia diferentes aditivos*





#### Aditivo A:

A 50 km/h, la potencia calculada es de aproximadamente 31.19 KW.

A 60 km/h, la potencia calculada aumenta a aproximadamente 41.51 KW.

A 70 km/h, la potencia calculada se incrementa a alrededor de 67.66 KW.

A 80 km/h, la potencia alcanza cerca de 84.69 KW.

A 100 km/h, la potencia calculada es de aproximadamente 96.03 KW.

#### Aditivo B:

A 50 km/h, la potencia calculada es de aproximadamente 31.56 KW.

A 60 km/h, la potencia calculada aumenta a aproximadamente 41.99 KW.

A 70 km/h, la potencia calculada se incrementa a alrededor de 68.64 KW.

A 80 km/h, la potencia alcanza cerca de 85.68 KW.

A 100 km/h, la potencia calculada es de aproximadamente 97.57 KW.

#### Aditivo C:

A 50 km/h, la potencia calculada es de aproximadamente 31.42 KW.

A 60 km/h, la potencia calculada aumenta a aproximadamente 41.81 KW.

A 70 km/h, la potencia calculada se incrementa a alrededor de 68.33 KW.

A 80 km/h, la potencia alcanza cerca de 85.23 KW.

En el análisis de los datos de los aditivos A, B y C, se observa que a medida que aumenta la velocidad, la potencia también incrementa para cada aditivo. En particular, a una velocidad de 50 km/h, el aditivo A presenta una potencia calculada de aproximadamente 31.19 KW, mientras que el aditivo B tiene una potencia de aproximadamente 31.56 KW, lo que representa un incremento de alrededor del 1.2% con respecto al aditivo A. Por otro lado, el aditivo C muestra una potencia de aproximadamente 31.42 KW a la misma velocidad, siendo apenas un 0.1% mayor que la del aditivo A.

A medida que la velocidad aumenta a 60 km/h, se observa que el aditivo A alcanza una potencia de aproximadamente 41.51 KW, mientras que el aditivo B muestra una potencia de aproximadamente 41.99 KW, representando un aumento de alrededor del 1.2% en comparación con el aditivo A. Por su parte, el aditivo C presenta una potencia de aproximadamente 41.81 KW, siendo un 0.7% mayor que la del aditivo A.

Cuando la velocidad se incrementa a 70 km/h, el aditivo A alcanza una potencia de aproximadamente 67.66 KW, mientras que el aditivo B muestra una potencia de aproximadamente 68.64 KW, siendo un 1.2% más alto que el aditivo A. El aditivo C presenta una potencia de aproximadamente 68.33 KW, representando un 0.4% de diferencia con respecto al aditivo A.

A una velocidad de 80 km/h, el aditivo A tiene una potencia de aproximadamente 84.69 KW, mientras que el aditivo B muestra una potencia de aproximadamente 85.68 KW,

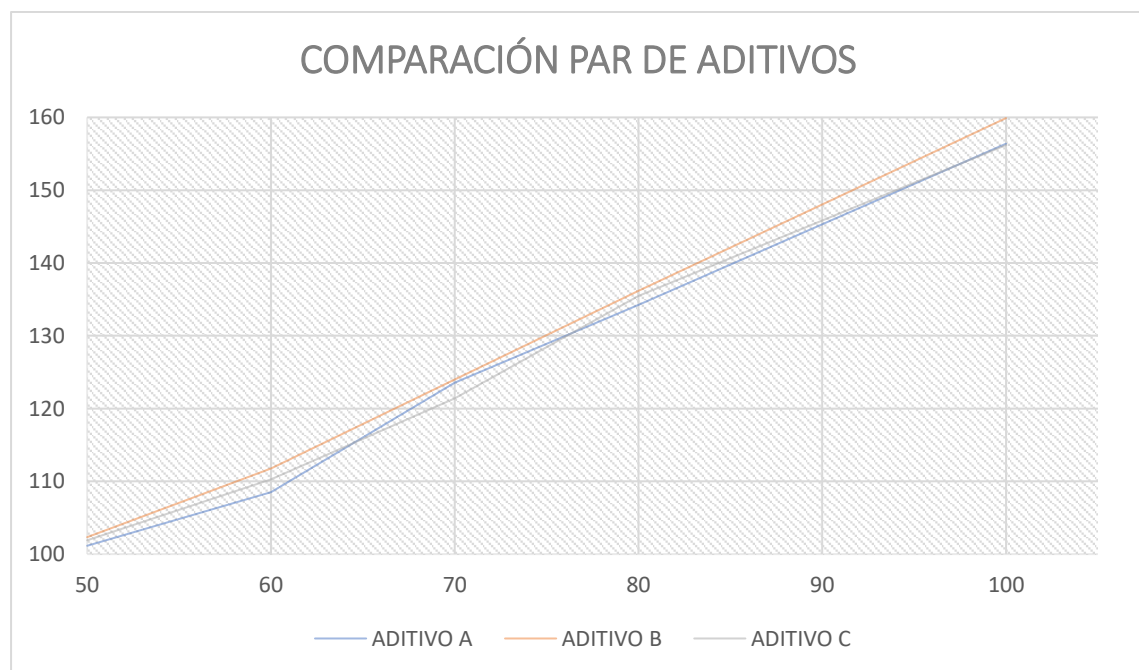
representando un aumento de alrededor del 1.2% en relación con el aditivo A. Por otro lado, el aditivo C presenta una potencia de aproximadamente 85.23 KW, siendo apenas un 0.5% mayor que la del aditivo A.

Teniendo a consideración los tres aditivos se puede observar que el aditivo B muestra un aumento de potencia muy similar al aditivo A en todas las velocidades analizadas, con alrededor de un 1.2% de diferencia en la mayoría de los casos. Por otro lado, el aditivo C presenta una potencia ligeramente más alta que el aditivo A en algunas velocidades, pero la diferencia es bastante pequeña en general, estando en el rango del 0.1% al 0.7%. Estos resultados sugieren que el aditivo B podría ser una opción competitiva en términos de aumento de potencia en comparación con el aditivo A, mientras que el aditivo C muestra un desempeño similar al aditivo A en este aspecto.

## 6.6. Interpretación de gráficas de par.

**Figura 38**

*Comparación potencia diferentes aditivos*



Aditivo A:

A 50 km/h, el par medido es de 101.1413 Nm.

A 60 km/h, el par medido es de 109.4876 Nm.

A 70 km/h, el par medido es de 123.5361 Nm.

A 80 km/h, el par medido es de 134.2362 Nm.

A 100 km/h, el par medido es de 156.3906 Nm.

Aditivo B:

A 50 km/h, el par medido es de 102.3272 Nm.

A 60 km/h, el par medido es de 110.7713 Nm.

A 70 km/h, el par medido es de 124.9846 Nm.

A 80 km/h, el par medido es de 136.1904 Nm.

A 100 km/h, el par medido es de 158.9045 Nm.

Aditivo C:

A 50 km/h, el par medido es de 101.8943 Nm.

A 60 km/h, el par medido es de 110.2823 Nm.

A 70 km/h, el par medido es de 124.4098 Nm.

A 80 km/h, el par medido es de 135.4638 Nm.

A 100 km/h, el par medido es de 158.2030 Nm.

En el caso del Aditivo A, a 50 km/h, se obtiene un par medido de aproximadamente 101.1413 Nm. A medida que la velocidad aumenta, el par también aumenta progresivamente. A 60 km/h, el par medido es de aproximadamente 109.4876 Nm, lo que representa un aumento de alrededor del 8.2% en comparación con la medición a 50 km/h. A 70 km/h, el par alcanza aproximadamente 123.5361 Nm, mostrando un incremento de aproximadamente el 14.5% con respecto a la medición a 60 km/h. A 80 km/h, el par medido es de aproximadamente 134.2362 Nm, aumentando alrededor del 8.7% con respecto a la medición a 70 km/h. Finalmente, a 100 km/h, el par medido es de aproximadamente 156.3906 Nm, presentando un aumento de aproximadamente el 16.5% en relación con la medición a 80 km/h.

Para el Aditivo B, se observa un comportamiento similar. A 50 km/h, el par medido es de aproximadamente 102.3272 Nm, lo que representa un incremento de alrededor del 1.1% en comparación con el par medido para el Aditivo A a la misma velocidad. A medida que la velocidad aumenta, el par también incrementa en una tendencia similar a la del Aditivo A. Por ejemplo, a 60 km/h, el par medido es de aproximadamente 110.7713 Nm, mostrando un aumento de alrededor del 8.3% con respecto a la medición a 50 km/h. A 70 km/h, el par alcanza aproximadamente 124.9846 Nm, incrementando alrededor del 12.8% con respecto a la medición a 60 km/h. A 80 km/h, el par medido es de aproximadamente 136.1904 Nm, aumentando aproximadamente un 8.9% con respecto a la medición a 70 km/h. Finalmente, a 100 km/h, el par medido es de aproximadamente 158.9045 Nm, presentando un aumento de aproximadamente el 16.7% en relación a la medición a 80 km/h.

En cuanto al Aditivo C, a 50 km/h, el par medido es de aproximadamente 101.8943 Nm, siendo un 0.75% mayor que el par medido para el Aditivo A a la misma velocidad. A medida que la velocidad aumenta, el par también incrementa en una tendencia cercana

a la del Aditivo A y B. Por ejemplo, a 60 km/h, el par medido es de aproximadamente 110.2823 Nm, mostrando un aumento de alrededor del 8.2% con respecto a la medición a 50 km/h. A 70 km/h, el par alcanza aproximadamente 124.4098 Nm, incrementando alrededor del 12.8% con respecto a la medición a 60 km/h. A 80 km/h, el par medido es de aproximadamente 135.4638 Nm, aumentando aproximadamente un 8.9% con respecto a la medición a 70 km/h. Finalmente, a 100 km/h, el par medido es de aproximadamente 158.2030 Nm, presentando un aumento de aproximadamente el 16.8% en relación con la medición a 80 km/h.

## 7. Conclusiones

- La realización del diseño de experimentos para definir protocolos de muestreo en un banco dinamométrico para adquirir datos de par y potencia en diferentes composiciones de combustibles ha sido exitosa y significativa. El análisis de varianza (ANOVA) realizado para comparar los resultados obtenidos con los aditivos A, B y C revela que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tres aditivos en términos de potencia. La prueba de Tukey muestra que el aditivo B presenta una potencia promedio superior y se agrupa en un conjunto separado, mientras que los aditivos A y C, aunque cercanos en valor, forman otro grupo. Esto indica que el aditivo B ha demostrado ser más efectivo en mejorar la potencia en comparación con los aditivos A y C en las pruebas realizadas en el banco dinamométrico.
- Se observa que el aditivo B muestra un aumento de potencia muy similar al aditivo A en todas las velocidades analizadas, con alrededor de un 1.2% de diferencia en la mayoría de los casos. Por otro lado, el aditivo C presenta una potencia ligeramente más alta que el aditivo A en algunas velocidades, pero la diferencia es bastante pequeña en general, estando en el rango del 0.1% al 0.7%. Estos resultados sugieren que el aditivo

B podría ser una opción competitiva en términos de aumento de potencia en comparación con el aditivo A, mientras que el aditivo C muestra un desempeño similar al aditivo A en este aspecto. En conclusión, el aditivo B parece ser el más efectivo para aumentar la potencia del motor, mostrando un rendimiento similar al aditivo A y una diferencia porcentual en la mayoría de los casos que indica una mejora considerable en el rendimiento del vehículo.

- El análisis de los resultados de par para los aditivos A, B y C revela que el Aditivo B correspondiente a Octane Plus-Liqui Moly muestra el mejor rendimiento en términos de par en comparación con los otros dos aditivos. A 50 km/h, el par medido para el Aditivo B es ligeramente mayor que el del Aditivo A en un 1.1%, y en comparación con el Aditivo C, la diferencia es del 0.75%. A medida que la velocidad aumenta, el Aditivo B sigue superando a los otros aditivos en términos de par, mostrando aumentos porcentuales significativos y similares a los del Aditivo A y Aditivo C en diferentes velocidades. A 100 km/h, el par medido con el Aditivo B es aproximadamente un 16.7% mayor que la medición a 80 km/h, mientras que el Aditivo A y Aditivo C presentan aumentos similares del 16.5% y 16.8% respectivamente. En conclusión, los resultados indican que el Aditivo B es el más efectivo para aumentar el par del motor en el vehículo Jetour x70 2022 con motor turboalimentado de 1.5 litros, mostrando ventajas significativas en comparación con los otros aditivos en diferentes velocidades.
- El objetivo general de analizar el par y la potencia de un vehículo Jetour x70 2022 con motor turboalimentado de 1.5 litros utilizando diferentes aditivos en combustible ha sido cumplido. Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas en un banco dinamométrico, así como pruebas de ruta utilizando diferentes composiciones de combustibles con aditivos para determinar el comportamiento del motor en términos de par y potencia.

- Mediante una revisión bibliográfica exhaustiva, se establecieron los conceptos base necesarios para el estudio, lo que permitió tener un enfoque sólido y una comprensión clara de los parámetros de funcionamiento relevantes para los motores turboalimentados. Esto proporcionó una base teórica sólida para interpretar los resultados obtenidos en las pruebas experimentales.
- Se diseñó un experimento adecuado para definir los protocolos de muestreo necesarios para la adquisición de datos de par y potencia. Las pruebas se llevaron a cabo con diferentes aditivos en el combustible, lo que permitió comparar el rendimiento del motor en cada caso. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente para identificar las diferencias significativas entre las distintas composiciones de combustible y aditivos.

## **8. Recomendaciones**

- Considerar el aditivo B para mejorar la potencia: Los resultados del análisis estadístico indican que el aditivo B ha demostrado ser más efectivo en mejorar la potencia en comparación con los aditivos A y C. Por lo tanto, se recomienda considerar el uso del aditivo B en vehículos con motores turboalimentados similares para aumentar el rendimiento del motor y obtener una mejora significativa en la potencia.
- Investigar más sobre el aditivo C: Aunque el aditivo C muestra una potencia ligeramente más alta que el aditivo A en algunas velocidades, las diferencias son bastante pequeñas en general. Se recomienda realizar investigaciones adicionales sobre las características y composición del aditivo C para determinar si existen otros beneficios o ventajas en su uso en motores turboalimentados.
- Optimizar la combinación de aditivos: Dado que el análisis de varianza reveló diferencias significativas en las medias de potencia para los tres aditivos, se sugiere



explorar la posibilidad de combinar los aditivos de manera adecuada para maximizar los efectos positivos en la potencia del motor. Esto podría implicar probar diferentes proporciones o mezclas de los aditivos A, B y C para obtener el mejor rendimiento posible.

- Continuar con el análisis en condiciones reales: Los resultados obtenidos en el banco dinamométrico proporcionan información valiosa, pero se recomienda llevar a cabo pruebas adicionales en condiciones reales de conducción para validar y respaldar aún más los hallazgos obtenidos. Esto permitiría obtener una visión más completa del desempeño de los aditivos en situaciones de uso cotidiano.

## 9. Referencias bibliográficas

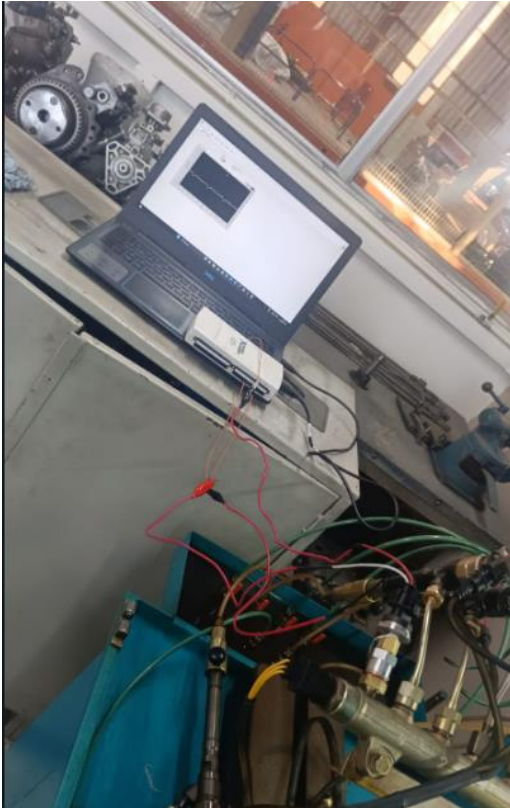
- AEADE. (2022). *BOLETÍN DE PRENSA*.
- Arboleda Michael, & Hernandez Marlon. (2023). *ANÁLISIS DEL NIVEL DE OCTANAJE EN COMBUSTIBLES COMERCIALIZADOS EN ECUADOR Y SU REPERCUSIÓN EN EL DESEMPEÑO DEL MCI*.
- Arun, Glan Devadhas, Shalet K.S, & Clint Augustine. (2018). *DATA ACQUISITION AND CONTROL OF MULTIPLE STATIONS USING HMI AND NI USB-6212*.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2018). *LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Barrios Córdova, A., Vaquera Huerta, H., Romero Padilla, J. M., Crossa, J., & Burguete Hernández, E. (2020). Estudio comparativo de técnicas de optimización multirespuesta en diseños experimentales. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 21(2), 1–12. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21n2.016>
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers. In *The Qualitative Report* (Vol. 13). <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR13-4/baxter.pdf>
- Berlemont, R., & Gerday, C. (2011). Extremophiles. In *Comprehensive Biotechnology, Second Edition* (Vol. 1, pp. 229–242). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00030-1>
- Castillo, J., Rojas, ;, Vicente, Martínez, ;, & Jorge. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático Determination of Torque and Power of a Gasoline Internal Combustion Engine by Using Spark with Pressure Sensor Adapted and Application of a Mathematical Model. In *Revista Politécnica-Abril* (Vol. 39, Issue 1).
- Dahham, R. Y., Wei, H., & Pan, J. (2022). Improving Thermal Efficiency of Internal Combustion Engines: Recent Progress and Remaining Challenges. In *Energies* (Vol. 15, Issue 17). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en15176222>
- Dana, T., Lunetta, V., Ramey-Gassert, L., Shroyer, M. G., & Staver, J. R. (1996). SCIENCE TEACHER EDUCATION A Qualitative Study of Factors Influencing Science Teaching Self-Eff icacy of Elementary Level Teachers. In *Science Education* (Vol. 80, Issue 3). John Wiley & Sons, Inc.
- Egusquizaga, J. (2020). *DISEÑO DE EXPERIMENTOS DE TESTING PARA EQUIPOS DE PESAJE DINÁMICO. CASO DIBAL*.
- García Elena. (2020). *Desarrollo e implementación de un modelo de catalizador de oxidación de amoníaco orientado a diagnóstico a bordo en motores de combustión interna alternativos*.
- García Jose. (2008). *MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN, DISEÑO Y TÉCNICAS EN LAS CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO*.
- Gaviria Jorge, Mora Jorge, & Agudelo John. (2002). Historia de los motores de combustión interna. *Revista Facultad de Ingeniería N.26*, 68.

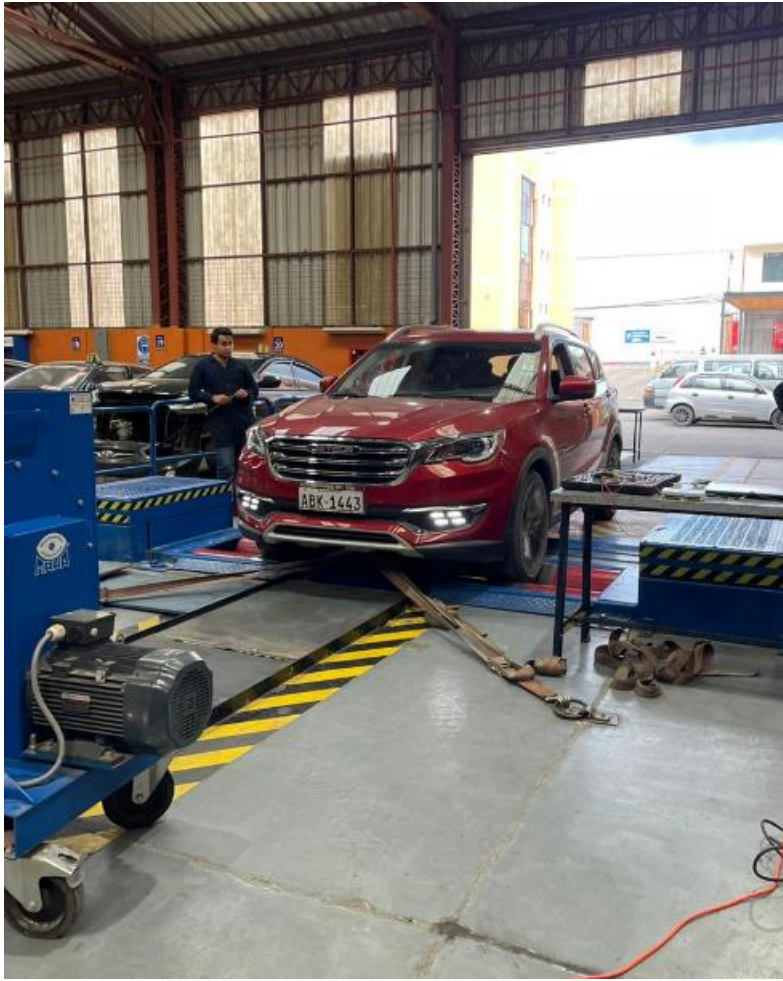
- Georgina Pérez Sánchez, G., Aarón Herrera Estévez, J., Edgar Alanis Carranza, L., & Raquel Granados Luna, T. (2017). *Desarrollo de un sistema de detección de vibraciones por medio de sensores de fibra óptica*.
- Ghahramani, Saeed. (2015). *Fundamentals of probability, with stochastic processes*.
- González Citlaly. (2019). *ANÁLISIS DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS CON RESPUESTA MÚLTIPLE QUE MEJORE LAS OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN*.
- Hellström, M. (2005). *Engine Speed Based Estimation of the Indicated Engine Torque*.
- Herzwan, H. M., Azri, A., & Rizalman, M. (2019). Turbocharging small size engine to increase engine output: An assessment of turbocharger study field. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 469(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/469/1/012089>
- Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill.
- Huebotter, H. A. (2021). Engine-Torque Analysis. In *Transactions* (Vol. 24). <https://about.jstor.org/terms>
- Hussain, F., Soudagar, M. E. M., Afzal, A., Mujtaba, M. A., Rizwanul Fattah, I. M., Naik, B., Mulla, M. H., Badruddin, I. A., Yunus Khan, T. M., Raju, V. D., Gavhane, R. S., & Ashrafur Rahman, S. M. (2020). Enhancement in combustion, performance, and emission characteristics of a diesel engine fueled with Ce-ZnO nanoparticle additive added to soybean biodiesel blends. *Energies*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/en13174578>
- Indd, F. M. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals*.
- Jetour. (2022). *FICHA\_X70\_JETOUR-DIGITAL-*.
- Johnson, R. A. (Richard A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis*. Pearson Prentice Hall.
- Katijan, A., & Kamardin, A. H. (2019). The Effect of Compression Ratio by Different Piston Head Shape on the Performance of Motorcycle Engine. In *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering* (Vol. 16).
- Kavuri Poornesh, & Kuzhivila Pannickottu Nivya. (2020). *A Comparative study on Electric Vehicle and Internal Combustion Engine Vehicles*.
- Likhanov, V. A., Kozlov, A. N., & Araslanov, M. I. (2020). Analysis of the combustion process of diesel fuel in the cylinder 2F 10.5 / 12.0 depending on the frequency of rotation of the crankshaft. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 734(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/734/1/012211>
- Mariani, A., & Foucher, F. (2014). *Radio frequency spark plug: An ignition system for modern internal combustion engines*.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Acuerdo-Ministerial-No.-004-derogacion*.
- Mounaïm-Rousselle, C., Bréquigny, P., Medina, A. V., Boulet, E., Emberson, D., & Løvås, T. (2022). *Ammonia as fuel for piston engines to mitigate zero carbon impact*.

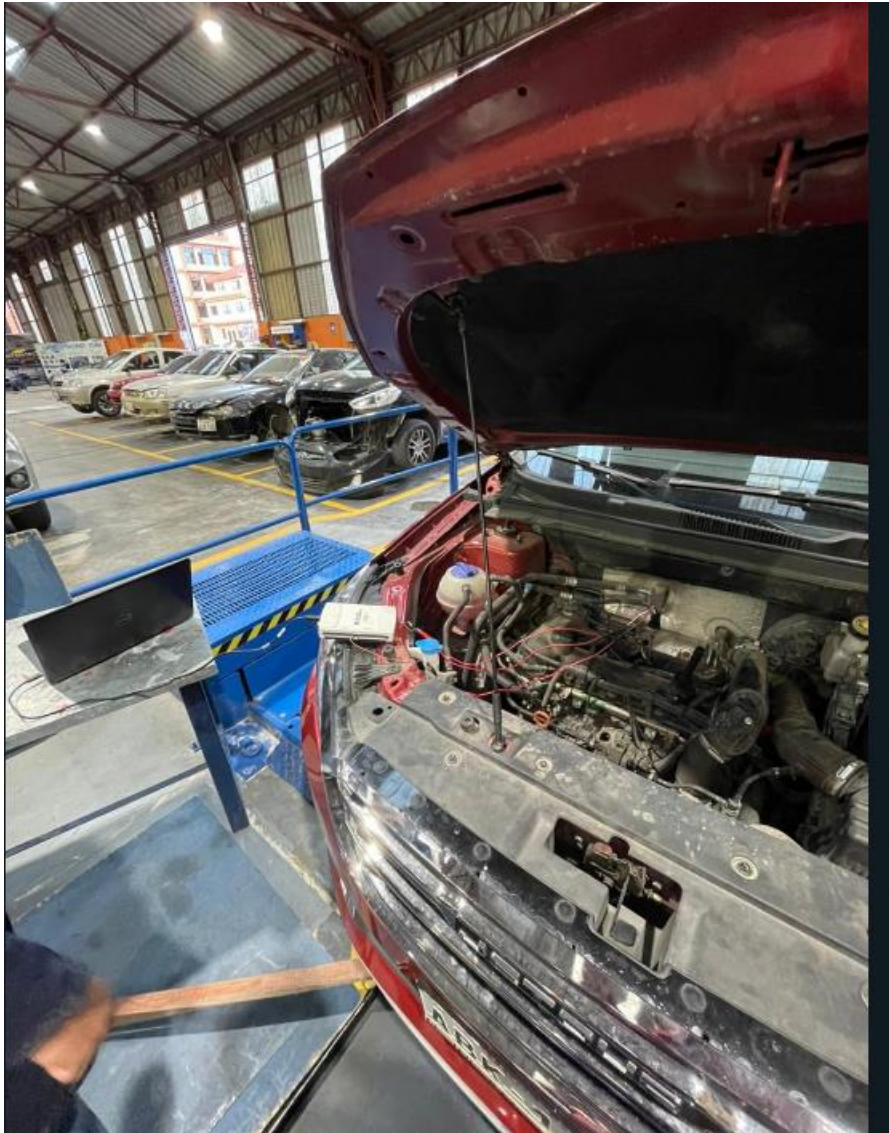
- Muñoz David, & Pilla Blanca. (2021). *REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DINAMOMÉTRICO DIDÁCTICO CON LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL ELABORADO EN LABVIEW*.
- Oviedo-Roa, R., Ramírez-Pérez, J. F., Servín-Nájera, A. G., Mena-Cervantes, V. Y., Martínez-Magadán, J. M., Cerón-Camacho, R., Cisneros-Dévora, R., Soto-Castruita, E., & Zamudio-Rivera, L. S. (2022). Quantum molecular modeling of oxazolidines as detergent-dispersant additives for gasoline: A valuable technological adviser. *Fuel*, 315. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122715>
- Patiño Daniel. (2022). *Implementación y análisis de un banco de pruebas para motores de combustión interna*.
- Pulkrabek, W. W. (n.d.). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. i*.
- Rahdiyati Alqolbi, M. (2020). Development of Dynamometer Based on Strain Gauge with Sensor Rod Type Four Square Stalk to Measuring the Drive Power of Rotary Friction Welding Machine. *Journal of Ocean*, 64(1). [www.isomase.org](http://www.isomase.org),
- Ramadhya, A. S., Singh, V. P., Subramanian, M., Acharya, G. K., Basu, B., & Malhotra, R. K. (2011). Impact of Fuel Additives on Intake Valve Deposits, Combustion Chamber Deposits and Emissions. In *JSAE*.
- Rimkus, A., Žaglinskis, J., Stravinskas, S., Rapalis, P., Matijošius, J., & Bereczky, Á. (2019). Research on the combustion, energy and emission parameters of various concentration blends of hydrotreated vegetable oil biofuel and diesel fuel in a compression-ignition engine. *Energies*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/en12152978>
- Romagnoli, A., Vorraro, G., Rajoo, S., Copeland, C., & Martinez-Botas, R. (2017). Characterization of a supercharger as boosting & turbo-expansion device in sequential multi-stage systems. *Energy Conversion and Management*, 136, 127–141. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.12.051>
- Sathish Sharma, G., Sugavaneswaran, M., & Prakash, R. (2022). Design and validation of additive manufactured catalytic converter for the control of regulated and unregulated emissions of a gasohol fuelled spark ignition engine. *Fuel*, 309. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122146>
- Shrestha, N. (2020). Detecting Multicollinearity in Regression Analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 8(2), 39–42. <https://doi.org/10.12691/ajams-8-2-1>
- Tao, G., Chen, Y., Kong, L., Xiao, H., Chen, Q., & Xia, Y. (2018). A simple fractal-based model for soil-water characteristic curves incorporating effects of initial void ratios. *Energies*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/en11061419>
- Tkaczyk, M., Sroka, Z. J., Krakowian, K., & Wlostowski, R. (2021). Experimental study of the effect of fuel catalytic additive on specific fuel consumption and exhaust emissions in diesel engine. *Energies*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/en14010054>
- Tsitsilonis, K. M., & Theotokatos, G. (2022). A novel method for in-cylinder pressure prediction using the engine instantaneous crankshaft torque. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 236(1), 131–149. <https://doi.org/10.1177/14750902211028419>
- Ure, A. D., Ghosh, M. K., Rappo, M., Dauphin, R., & Dooley, S. (2020a). Rational design and testing of anti-knock additives. In *Energies* (Vol. 13, Issue 18). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en13184923>

- Ure, A. D., Ghosh, M. K., Rappo, M., Dauphin, R., & Dooley, S. (2020b). Rational design and testing of anti-knock additives. In *Energies* (Vol. 13, Issue 18). MDPI AG.  
<https://doi.org/10.3390/en13184923>
- Viayna, A., Ghashghaei, O., Vílchez, D., Estarellas, C., López, M., Gómez-Catalán, J., Lavilla, R., Delgado, J., & Luque, F. J. (2021). Holistic approach to anti-knock agents: A high-throughput screening of aniline-like compounds. *Fuel*, *305*. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121518>
- Walker j. (2006). *SPARK PLUG HAVING A CERAMIC INSULATOR WITH IMPROVED HIGH TEMPERATURE ELECTRICAL PROPERTIES*.
- Watson, R. W., Azam, H., Aura, C., Russell, N., McCormack, J., Corey, E., Morrissey, C., Crown, J., Gallagher, W. M., & Prencipe, M. (2020). Inhibition of serum response factor improves response to enzalutamide in prostate cancer. *Cancers*, *12*(12), 1–13.  
<https://doi.org/10.3390/cancers12123540>
- Zhou, Z., Kar, T., Yang, Y., Brear, M., Leone, T. G., Anderson, J. E., Shelby, M. H., Curtis, E., & Lacey, J. (2021). The significance of octane numbers to drive cycle fuel efficiency. *Fuel*, *302*.  
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121095>

## 10. Anexos











## ANOVA de un solo factor: ADITIVO A; ADITIVO B; ADITIVO C

### Método

Hipótesis nula            Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna        No todas las medias son iguales

Nivel de significancia    $\alpha = 0,05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
--------	---------	---------

Factor	3	ADITIVO A; ADITIVO B; ADITIVO C
--------	---	---------------------------------

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	64,4	32,212	5,56	0,004
Error	2541	14711,4	5,790		
Total	2543	14775,9			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2,40616	0,44%	0,36%	0,20%

### Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
ADITIVO A	848	5,6414	2,2938	(5,4794; 5,8034)
ADITIVO B	848	5,9239	2,5074	(5,7619; 6,0860)
ADITIVO C	848	5,5501	2,4126	(5,3881; 5,7121)

*Desv.Est. agrupada = 2,40616*

## Comparaciones en parejas de Tukey

### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
ADITIVO B	848	5,9239	A
ADITIVO A	848	5,6414	B
ADITIVO C	848	5,5501	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*