



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**“ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN  
INTERNA CON LA UTILIZACIÓN DE ECOPAÍS Y ADITIVOS  
(ELEVADORES DE OCTANAJE).”**



**AUTORES:**

**JEFFERSON PATRICIO ANGAMARCA ALBACURA  
ESTEBAN JOSUE BAUTISTA BAUTISTA**

**DIRECTOR: ING. JORGE LUIS MELO OBANDO, MSc.**

Ibarra-Ecuador

**2025**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

## IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	DE	1004710370	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Y	ANGAMARCA ALBACURA JEFFERSON PATRICIO	
<b>DIRECCIÓN:</b>		IBARRA	
<b>EMAIL:</b>		JPANGAMARCAA@UTN.EDU.EC	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELF. MOVIL</b>	0995508210

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	DE	1727294058	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Y	BAUTISTA BAUTISTA ESTEBAN JOSUE	
<b>DIRECCIÓN:</b>		QUITO	
<b>EMAIL:</b>		EJBAUTISTAB@UTN.EDU.EC	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELF. MOVIL</b>	0979738225

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON LA UTILIZACIÓN DE ECOPAÍS Y ADITIVOS (ELEVADORES DE OCTANAJE).
<b>AUTOR (ES):</b>	ANGAMARCA ALBACURA JEFFERSON PATRICIO BAUTISTA BAUTISTA ESTEBAN JOSUE
<b>FECHA:</b>	03/06/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
<b>CARRERA/PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO AUTOMORIZ
<b>DIRECTOR:</b>	ING. JORGE LUIS MELO OBANDO, MSc.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



## **AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Nosotros, JEFFERSON PATRICIO ANGAMARCA ALBACURA y ESTEBAN JOSUE BAUTISTA BAUTISTA, con cédula de identidad Nro. 1004710370 y 1727294058, respectivamente, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 3 días del mes de junio de 2025

### **LOS AUTORES:**

Esteban Josué Bautista Bautista

Jefferson Patricio Angamarca Albacura



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



## CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 3 días, del mes de junio de 2025

### LOS AUTORES:

Esteban Josué Bautista Bautista

Jefferson Patricio Angamarca Albacura



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 03 de junio de 2025

Jorge Luis Melo Obando, MSc.  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

  
.....  
Ing. Jorge Melo MSc.

C.C.: 1718346529

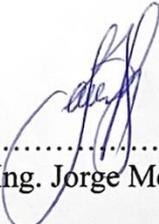


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**

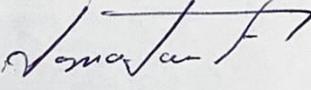


### **APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON LA UTILIZACIÓN DE ECOPAÍS Y ADITIVOS (ELEVADORES DE OCTANAJE).” elaborado por JEFFERSON PATRICIO ANGAMARCA ALBACURA y ESTEBAN JOSUE BAUTISTA BAUTISTA, previo a la obtención del título de INGENIERO AUTOMOTRIZ, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

  
.....  
Ing. Jorge Melo MSc.

C.C.: 1718346529  
.....

  
.....  
Ing. Fausto Tapia MSc.

C.C.: 1002251351  
.....



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con mucho cariño a mi mamá, por estar siempre ahí, por su apoyo, por sus consejos y por enseñarme a seguir adelante sin rendirme. A ella le debo mucho de lo que soy. También a mi familia, que me ha acompañado en cada paso, animándome en los momentos difíciles y celebrando conmigo cada logro.

**ANGAMARCA ALBACURA JEFFERSON PATRICIO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado lo dedico a mis padres y hermanos, por ser mi guía y mi mayor inspiración a lo largo de este camino, por su apoyo incondicional, por enseñarme a nunca rendirme y, sobre todo, por haberme formado con principios y valores que me han hecho crecer como una persona íntegra.

**BAUTISTA BAUTISTA ESTEBAN JOSUÉ**



## **AGRADECIMIENTO**

A mi padre, gracias por enseñarme el valor del trabajo y la responsabilidad. Por ser un ejemplo de constancia, por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí y por estar presente en cada paso que he dado. Tu apoyo y tus palabras me han motivado a seguir adelante incluso en los momentos más duros.

A mi madre, gracias por tu amor incondicional, por tu paciencia y por estar siempre a mi lado con una sonrisa, incluso cuando las cosas se ponían difíciles. Tus consejos, tu fe en mí y tu fortaleza han sido una parte fundamental en la consecución de este logro.

También quiero agradecer a la Universidad Técnica del Norte por haberme formado tanto en lo académico como en lo personal. Me llevo muchos aprendizajes y experiencias valiosas. Gracias a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz por compartir sus conocimientos y acompañarnos con dedicación a lo largo de este camino.

**ANGAMARCA ALBACURA JEFFERSON PATRICIO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios con todo mi corazón por darme el conocimiento y las fuerzas necesarias para poder terminar esta bonita etapa universitaria y por haberme permitido llegar a ser un buen profesional.

A mis padres y hermanos, gracias por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, gracias por estar siempre a mi lado en cada paso de este camino. Por apoyarme en todo momento, en las buenas y en las malas. Su amor, sus palabras de aliento y su ejemplo de esfuerzo y perseverancia han sido mi mayor inspiración. Cada paso que he dado en este camino ha sido posible gracias a ustedes.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por haberme formado académica y personalmente, brindándome las herramientas necesarias para crecer como profesional. Extiendo también mi gratitud a los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz, por compartir sus conocimientos con dedicación y compromiso a lo largo de este proceso de formación.

**BAUTISTA BAUTISTA ESTEBAN JOSUÉ**



## RESUMEN EJECUTIVO

El estudio aborda la evaluación del desempeño de un biocombustible con aditivos en el vehículo Chery Tiggo 2, fundamentado en la necesidad de mejorar la eficiencia y reducir emisiones en motores de combustión interna. El objetivo es analizar el impacto de diferentes aditivos en el torque, la potencia y las emisiones del motor, comparando los resultados con el biocombustible puro. La metodología consistió en pruebas en un dinamómetro automotriz, donde se midieron los parámetros de desempeño del motor utilizando muestras preparadas con aditivos específicos los cuales son: Ecopaís, Ecopaís más aditivo 1, Ecopaís más aditivo 2, Ecopaís más aditivo 3, Ecopaís más Super Premium, donde primeramente se evalúa el índice de octanaje de cada combustible, mostrando que la gasolina Ecopaís más Super Premium y Ecopaís más aditivo 2, incrementaron su índice de octanaje, en cuanto a potencia y torque se realizaron 4 pruebas para obtener un promedio representativo y los combustibles con mayor desempeño fueron los Ecopaís más Super Premium y Ecopaís más aditivo 2. En cuanto a emisiones, la mezcla Ecopaís más Súper Premium favoreció una mejor combustión al reducir la concentración de oxígeno en los gases de escape, aunque también presentó un aumento en la emisión de dióxido de carbono, reflejando una combustión más completa, pero con mayor impacto ambiental. Finalmente, el análisis de cascabeleo mostró que el combustible Ecopaís generó mayor amplitud de voltaje, mientras que el combustible Ecopaís más Súper Premium redujo significativamente la amplitud mostrando señales normales, mejorando la estabilidad de la combustión.

**Palabras clave:** combustibles, aditivos, octanaje, torque, potencia, emisiones.



## ABSTRACT

This study addresses the performance evaluation of a biofuel with additives in the Chery Tiggo 2 vehicle, based on the need to improve efficiency and reduce emissions in internal combustion engines. The objective is to analyze the impact of different additives on engine torque, power, and emissions, comparing the results with pure biofuel. The methodology consisted of tests on an automotive dynamometer, where engine performance parameters were measured using samples prepared with specific additives, namely: Ecopaís, Ecopaís plus additive 1, Ecopaís plus additive 2, Ecopaís plus additive 3, Ecopaís plus Super Premium. First, the octane rating of each fuel was evaluated, showing that Ecopaís gasoline plus Super Premium and Ecopaís plus Additive 2 increased their octane rating. In terms of power and torque, four tests were conducted to obtain a representative average, and the fuels with the highest performance were Ecopaís plus Super Premium and Ecopaís plus Additive 2. Regarding emissions, the Ecopaís plus Super Premium blend promoted better combustion by reducing the oxygen concentration in the exhaust gases, although it also presented an increase in carbon dioxide emissions, reflecting more complete combustion but with a greater environmental impact. Finally, the knock analysis showed that the Ecopaís fuel generated a greater voltage amplitude, while the Ecopaís plus Super Premium fuel significantly reduced the amplitude, showing normal signals, improving combustion stability.

**Keywords:** fuels, additives, octane, torque, power, emissions.



**ÍNDICE DE CONTENIDO**

CAPÍTULO I ..... 22

1. INTRODUCCIÓN ..... 22

    1.1. Problema de investigación ..... 22

    1.2. Objetivos ..... 23

        1.2.1. Objetivo General ..... 23

        1.2.2. Objetivos Específicos ..... 23

    1.3. Alcance ..... 23

    1.4. Justificación ..... 24

CAPÍTULO II ..... 26

2. MARCO TEÓRICO ..... 26

    2.1. Antecedentes ..... 26

    2.2. Introducción a los Motores de Combustión Interna de Encendido Provocado ..... 28

        2.2.1. Ciclo otto ..... 28

        2.2.2. Sistemas de suministro de combustible ..... 29

        2.2.3. Relación Aire-Combustible ..... 29

        2.2.4. Relación de compresión ..... 30

        2.2.5. Componentes ..... 31

    2.3. Características de la Gasolina ..... 32

        2.3.1. Densidad ..... 32

        2.3.2. Poder Calorífico ..... 32

        2.3.3. Volatilidad ..... 33

        2.3.4. Capacidad Antidetonaante ..... 33

        2.3.5. Métodos de Ensayo para Determinación del Octanaje ..... 34

    2.4. Tipos de Gasolina Utilizada en Vehículos ..... 34

        2.4.1. Gasolina Súper Premium ..... 34

        2.4.2. Gasolina Extra ..... 35

        2.4.3. Gasolina Ecopaís ..... 36

        2.4.4. Gasolina Eco Plus ..... 37

        2.4.5. Biocombustibles ..... 38

    2.5. Aditivos Para Motores de Combustión Interna en Ecuador ..... 39



2.5.1.	Composición y Tipos de Aditivos.....	39
2.5.1.1.	Aumentadores de Octanaje.....	40
2.5.1.2.	Detergentes.....	40
2.5.1.3.	Oxigenantes.....	40
2.5.1.4.	Estabilizadores de combustible.....	40
2.6.	Golpeteo como un Fenómeno Perjudicial.....	41
2.6.1.	Detonación.....	41
2.6.2.	Golpeteo.....	41
2.6.3.	Sensor de Detonación.....	41
2.7.	Impacto Ambiental de los Motores de Combustión Interna.....	42
2.7.1.	Calentamiento Global Provocado por los Motores de Combustión Interna.....	43
CAPÍTULO III.....		44
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
3.1.	Materiales.....	44
3.1.1.	Gasolina Ecopaís.....	44
3.1.2.	Dinamómetro Dyno Vamag BPA V2R.....	45
3.1.3.	Dispositivo para Análisis de Gases.....	46
3.1.4.	Tacómetro MGT – 300.....	47
3.1.5.	Osciloscopio G-SCOPE-2.....	48
3.2.	Método.....	49
3.2.1.	Identificación de Variables y Definición de Parámetros Clave.....	51
3.2.2.	Adquisición de Combustibles y Selección de Aditivos.....	51
3.2.2.1.	Adquisición de Combustible.....	52
3.2.2.2.	Selección y Justificación de Aditivos para el Combustible.....	52
3.2.2.3.	Establecimiento de Combustible y sus Variantes de Aditivos.....	54
3.2.2.1.	Evaluación de costos del combustible y aditivos.....	55
3.2.3.	Preparación de Muestras de Combustible para Pruebas.....	56
3.2.3.1.	Elaboración de Mezclas de Combustible y Envío para Análisis en Octanómetro.....	56
3.2.3.2.	Elaboración de Mezclas de Combustible para el Análisis en el Vehículo....	58
3.2.4.	Descripción y Acondicionamiento del Vehículo de Prueba.....	58



3.2.4.1.	Descripción Técnica del Vehículo.....	59
3.2.4.2.	Procedimientos de Preparación y Calibración del Vehículo.....	59
3.2.5.	Procedimiento de Pruebas.....	60
3.2.5.1.	Medición de Par y Potencia Utilizando Dinamómetro .....	60
3.2.5.2.	Evaluación de Emisiones de Gases Generadas por el Motor.....	61
3.2.5.3.	Pruebas de Detección y Análisis de Detonaciones en el Motor.....	61
CAPÍTULO IV.....		63
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	63
4.1.	Análisis del Índice de Octanaje.....	63
4.2.	Análisis de la Potencia y el Par Motor Obtenidos con Diferentes tipos de Combustible y sus Variaciones al Agregar Aditivos.....	64
4.2.1.	Evaluación de Potencia y Torque con el uso de Gasolina Ecopaís.....	65
4.2.1.1.	Evaluación de Potencia. ....	65
4.2.1.2.	Evaluación de Torque. ....	66
4.2.1.3.	Curvas de Desempeño.....	67
4.2.2.	Evaluación de Potencia y Torque con el Uso de Gasolina Ecopaís más el Aditivo 1	68
4.2.2.1.	Evaluación de Potencia. ....	68
4.2.2.2.	Evaluación de Torque. ....	70
4.2.2.3.	Curvas de desempeño .....	71
4.2.3.	Evaluación de Potencia y Torque con el Uso de Gasolina Ecopaís más el Aditivo 2	72
4.2.3.1.	Evaluación de Potencia. ....	72
4.2.3.2.	Evaluación de Torque. ....	73
4.2.3.3.	Curvas de Desempeño.....	75
4.2.4.	Evaluación de potencia y torque con el uso de gasolina Ecopaís más el Aditivo 3	75
4.2.4.1.	Evaluación de Potencia. ....	75
4.2.4.2.	Evaluación de Torque. ....	77
4.2.4.3.	Curvas de Desempeño.....	78
4.2.5.	Evaluación de Potencia y Torque con el Uso de Gasolina Ecopaís más Super Premium	79



4.2.5.1.	Evaluación de Potencia.....	79
4.2.5.2.	Evaluación de Torque.....	81
4.2.5.3.	Curvas de Desempeño.....	82
4.3.	Análisis Comparativo de los Resultados de Potencia y Par Motor Obtenidos con Diferentes Tipos de Combustible.....	83
4.3.1.	Comparación de Potencia y Par Motor.....	83
4.4.	Análisis del Impacto de Diferentes Combustibles en las Emisiones de Gases de Escape	86
4.4.1.	Análisis de Monóxido de Carbono .....	88
4.4.1.1.	Monóxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 1.	88
4.4.1.2.	Monóxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más Aditivo 2.	88
4.4.1.3.	Monóxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 3.	89
4.4.1.4.	Monóxido De Carbono con Combustible Ecopaís vs Super Más Ecopaís. ..	90
4.4.1.5.	Comparación de Resultados de Emisiones de Monóxido de Carbono. ....	90
4.4.2.	Análisis de Dióxido de Carbono.....	92
4.4.2.1.	Dióxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 1.	92
4.4.2.2.	Dióxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 2.	92
4.4.2.3.	Dióxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 3.	93
4.4.2.4.	Dióxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís. ....	94
4.4.2.5.	Comparación de Resultados de Emisiones de Dióxido de Carbono.....	95
4.4.3.	Análisis de Hidrocarburos.....	96
4.4.3.1.	Hidrocarburos con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1.....	96
4.4.3.2.	Hidrocarburos Emanados con Gasolina Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 2.	97
4.4.3.3.	Hidrocarburos Emanados Con Gasolina Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 3.	98
4.4.3.4.	Hidrocarburos con Combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.....	99
4.4.3.5.	Comparación De Resultados De Emisiones De Hidrocarburos.....	99



4.4.4.	Análisis de Oxígeno.....	101
4.4.4.1.	Oxigeno con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 1.....	101
4.4.4.2.	Oxigeno Emanado con Gasolina Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 2. ....	102
4.4.4.3.	Oxigeno Emanado con Gasolina Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 3. ....	102
4.4.4.4.	Oxigeno con Combustible Ecopaís vs Super Más Ecopaís .....	103
4.4.4.5.	Comparación de Resultados De Emisiones De Oxígeno.....	104
4.4.5.	Análisis de Factor Lambda .....	106
4.4.5.1.	Factor Lambda con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1.....	106
4.4.5.2.	Factor Lambda Obtenido con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2.	106
4.4.5.3.	Factor Lambda Obtenido con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3.	107
4.4.5.4.	Factor Lambda Obtenido con Combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.	108
4.4.5.5.	Comparación de Resultados de Factor Lambda.....	109
4.5.	Análisis del Funcionamiento del Sensor de knock Ante Cambios en el Octanaje .....	111
4.5.1.	Estudio del Funcionamiento del Sensor de Knock con Gasolina Ecopaís.....	111
4.5.2.	Estudio del Funcionamiento del Sensor de Knock con Gasolina Ecopaís más el Aditivo1	112
4.5.3.	Estudio del Funcionamiento del Sensor de knock con Gasolina Ecopaís más el Aditivo 2	113
4.5.4.	Estudio del Funcionamiento del Sensor de knock con Gasolina Ecopaís más el Aditivo 3	114
4.5.5.	Estudio del Funcionamiento del Sensor de knock con Gasolina Ecopaís más Super Premium	115
4.5.6.	Comparación de los Resultados del Sensor knock .....	116
4.6.	Análisis económico en base a los resultados obtenidos.....	118
CAPÍTULO V.....		120
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	120
5.1.	Conclusiones.....	120
5.2.	Recomendaciones .....	123
REFERENCIAS.....		124
ANEXOS .....		128



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Gasolina súper premium .....	35
Tabla 2 Gasolina Extra .....	36
Tabla 3 Gasolina Ecopaís .....	37
Tabla 4 Gasolina Eco Plus .....	38
Tabla 5 Especificaciones técnicas del Dyno Vamag BPA V2R .....	46
Tabla 6 Rango de medición del dispositivo Brain Bee AGS-688. ....	47
Tabla 7 Rangos de medición del tacómetro .....	48
Tabla 8 Especificaciones técnicas del G-SCOPE-2.....	49
Tabla 9 Variables y parámetros de estudio .....	51
Tabla 10 Variantes de aditivos.....	55
Tabla 11 Dosificación del fabricnate .....	55
Tabla 12 Dosificación para un litro .....	57
Tabla 13 Descripción Técnica del Vehículo.....	59
Tabla 14 Resultado del ensayo de octanaje. ....	63
Tabla 15 Potencia con combustible Ecopaís.....	65
Tabla 16 Par motor con combustible Ecopaís.....	66
Tabla 17 Potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 1 .....	69
Tabla 18 Par motor con combustible Ecopaís más el aditivo1 .....	70
Tabla 19 Potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 2 .....	72
Tabla 20 Par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 2 .....	74
Tabla 21 Potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 3 .....	76
Tabla 22 Par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 3 .....	77
Tabla 23 Potencia con combustible Ecopaís más Super Premium .....	80
Tabla 24 Par motor con combustible Ecopaís más Super Premium .....	81
Tabla 25 Diferencia en la concentración de CO usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 1. ....	88
Tabla 26 Diferencia en la concentración de CO usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2. ....	89
Tabla 27 Diferencia en la concentración de CO usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3. ....	89
Tabla 28 Diferencia en la concentración de CO usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.....	90
Tabla 29 Diferencia en la concentración de CO <sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1 .....	92
Tabla 30 Diferencia en la concentración de CO <sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2 .....	93



Tabla 31 Diferencia en la concentración de CO <sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3 .....	94
Tabla 32 Diferencia en la concentración de CO <sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.....	94
Tabla 33 Diferencia en la concentración de HC usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1 .....	97
Tabla 34 Diferencia en la concentración de HC usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2 .....	97
Tabla 35 Diferencia en la concentración de HC usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3 .....	98
Tabla 36 Diferencia en la concentración de HC usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.....	99
Tabla 37 Diferencia en la concentración de O <sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1 .....	101
Tabla 38 Diferencia en la concentración de O <sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2 .....	102
Tabla 39 Diferencia en la concentración de O <sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3 .....	103
Tabla 40 Diferencia en la concentración de O <sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.....	103
Tabla 41 Diferencia en la concentración de $\Lambda$ usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1 .....	106
Tabla 42 Diferencia en la concentración de $\Lambda$ al utilizar combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2 .....	107
Tabla 43 Diferencia en la concentración de $\Lambda$ usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3 .....	108
Tabla 44 Diferencia en la concentración de $\Lambda$ usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.....	109



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes del motor.....	31
Figura 2 Dinamómetro Dyno Vamag BPA V2R.....	45
Figura 3 Dispositivo analizador de gases Brain Bee AGS-688.....	47
Figura 4 Tacómetro.....	48
Figura 5 Osciloscopio G-SCOPE-2.....	49
Figura 6 Flujograma metodológico.....	50
Figura 7 Aditivos comercializados con mayor frecuencia en las estaciones de servicio.....	53
Figura 8 Aditivos más eficientes.....	53
Figura 9 Vehículo Chery Tiggo 2.....	58
Figura 10 Ruta utilizada para prueba de Sensor Knock.....	62
Figura 11 Pruebas de potencia con combustible Ecopaís.....	66
Figura 12 Pruebas de par motor con combustible Ecopaís.....	67
Figura 13 Curvas de potencia y par motor con combustible Ecopaís.....	68
Figura 14 Pruebas de potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 1.....	69
Figura 15 Pruebas de par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 1.....	71
Figura 16 Curvas de potencia y par motor con combustible Ecopaís más aditivo 1.....	72
Figura 17 Pruebas de potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 2.....	73
Figura 18 Pruebas de par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 2.....	74
Figura 19 Curvas de potencia y par motor combustible Ecopaís más aditivo 2.....	75
Figura 20 Pruebas de potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 3.....	76
Figura 21 Pruebas de par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 3.....	78
Figura 22 Curvas de potencia y par motor combustible Ecopaís más aditivo 3.....	79
Figura 23 Pruebas de potencia con combustible Ecopaís más Super Premium.....	80
Figura 24 Pruebas de par motor con combustible Ecopaís más Super Premium.....	82
Figura 25 Curvas de potencia y par motor con combustible Ecopaís más Super Premium.....	83
Figura 26 Comparación de potencias con Ecopaís y aditivos.....	84
Figura 27 Comparación de par motor con Ecopaís y aditivos.....	84
Figura 28 Concentración de monóxido de carbono (% Vol).....	91
Figura 29 Concentración de dióxido de carbono.....	95
Figura 30 Concentración de hidrocarburos.....	100
Figura 31 Concentración de oxígeno.....	104
Figura 32 Comparación de Factor Lambda.....	109
Figura 33 Desempeño de sensor Knock con Ecopaís.....	112
Figura 34 Desempeño de sensor Knock con Ecopaís más el aditivo 1.....	113
Figura 35 Desempeño de sensor Knock con Ecopaís más el aditivo 2.....	114
Figura 36 Desempeño de sensor Knock con Ecopaís más el aditivo 3.....	115
Figura 37 Desempeño de sensor Knock con Ecopaís más Súper Premium.....	116
Figura 38 Comparación de los Resultados del Sensor knock.....	117



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Relación aire - combustible.....	29
Ecuación 2 Relación de compresión.....	31
Ecuación 3 Potencia corregida.....	64



## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Problema de investigación

Actualmente, conforme ha avanzado el desarrollo de los motores es imprescindible una alta calidad del combustible, cuanto mayor sea el octanaje de un combustible, más eficiente será para alcanzar un nivel óptimo de rendimiento y así lograr alargar la vida útil de los motores de combustión interna [1].

En el Ecuador existen combustibles con varios niveles de octanaje los cuales son: combustible Súper Premium con 95 octanos, Gasolina Extra que cuenta con 85 octanos y Gasolina Ecopaís también de 85 octanos con un 5% de etanol, las cuales presentan valores de octanaje demasiado bajos comparados con otros países en la región Latinoamericana [2].

Los motores de combustión interna logran niveles de compresión notablemente elevados, lo cual hace crucial contar con un combustible de adecuado octanaje para resistir la presión generada en los cilindros. En caso contrario, si el combustible no puede resistir estas altas presiones, se desencadena el fenómeno del autoencendido, causando la expansión prematura del pistón antes de culminar su recorrido y generando el característico ruido de cascabeleo[3].

El cascabeleo afecta a varias partes del sistema del motor. Las altas presiones y temperaturas asociadas con el cascabeleo pueden causar daños graves a componentes críticos como pistones, culatas, válvulas, bujías, aros de pistón y cigüeñales. Además, el cascabeleo puede contribuir a una mayor emisión de gases contaminantes [4].



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



Se llevará a cabo pruebas experimentales exhaustivas, a fin de examinar la eficiencia y la fiabilidad de los motores en condiciones controladas con los combustibles en el Ecuador. Con instrumentación de alta precisión como es el dinamómetro, se monitorean en tiempo real parámetros como la potencia desarrollada, el par motor, las emisiones y otros datos relevantes, asegurando un rendimiento óptimo y confiable del MCI con los diferentes combustibles.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Analizar el desempeño de un MCI con combustible de diferente octanaje y con aditivos (elevadores de octanaje).

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el nivel de octanaje de la gasolina Ecopaís con y sin aditivos.
- Evaluar el torque, potencia y emisiones con las distintas mezclas con y sin elevadores de octanaje.
- Evaluar la incidencia del octanaje en el autoencendido del motor de combustión interna.
- Realizar un análisis comparativo con las distintas mezclas.

## **1.3. Alcance**

En este proyecto, se llevará a cabo un análisis exhaustivo del nivel de octanaje del combustible Ecopaís, que es comúnmente distribuidos en la región Costa de nuestro país. El propósito fundamental consiste en evaluar el rendimiento y la eficiencia de un motor al utilizar



este combustible, además de agregar aditivos comúnmente utilizados en Ecuador para elevar su octanaje.

El enfoque principal estará en someter a prueba estos combustibles para evaluar su idoneidad en un vehículo de categoría M1 como indica la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656 de clasificación vehicular. que requieran gasolina con niveles de octanaje elevados, tal como lo especifica el fabricante. Para llevar a cabo este análisis, se utilizarán herramientas de alta precisión y equipos especializados. El dinamómetro de chasis será crucial para evaluar el rendimiento del motor en términos de torque y potencia bajo condiciones controladas.

Además, se empleará un analizador de gases de escape para evaluar la calidad del combustible y su impacto en las emisiones. El osciloscopio será una herramienta clave para estudiar las oscilaciones del motor generadas por la detonación espontánea de los combustibles. Por último, se analizará el nivel de octanaje para obtener mediciones precisas de la cantidad de este componente en los combustibles utilizados en el proyecto.

Este enfoque multidisciplinario, respaldado por equipos de precisión y herramientas especializadas, permitirá un análisis exhaustivo y riguroso del combustible Ecopaís, así como de los aditivos empleados para aumentar su octanaje, proporcionando información relevante sobre su desempeño en motores y su impacto en el rendimiento y la eficiencia.

#### **1.4. Justificación**

En el Ecuador, el uso de motores de combustión interna es muy común en el transporte terrestre y la industria. Sin embargo, la calidad de los combustibles disponibles en el mercado nacional no siempre es la óptima para el correcto funcionamiento de estos motores y sobre todo la



recomendación del uso de combustibles con alto nivel de octanaje que menciona el fabricante. Es por eso que se ha vuelto cada vez más común el uso de aditivos, como los elevadores de octanaje, para mejorar el desempeño y la durabilidad del motor.

El nivel de calidad de los combustibles comercializados en el Ecuador es uno de los más bajos de la región. Los niveles de octanos se ajustan a la normativa técnica EURO 3, que entró en vigor en el año 2017 con la finalidad de regular las emisiones y minimizar el efecto en el medio ambiente. Sin embargo, en países desarrollados como Europa y Estados Unidos, se utilizan combustibles que cumplen con la norma EURO 6, que establece estándares más rigurosos para reducir las emisiones y prolongar la vida útil de los motores.

En este contexto, surge la necesidad de realizar un análisis del desempeño de los de motores de combustión interna con la utilización de Ecopaís y aditivos elevadores de octanaje. La evaluación permitirá identificar si estos productos pueden mejorar el rendimiento y la eficiencia en términos de torque, potencia, disminución de cascabeleo, aumentando la vida útil y reducción de emisiones contaminantes. Esto nos ayudará a cumplir con el objetivo del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al cambio climático[5].



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

El análisis del rendimiento de un Motor de Combustión Interna con la implementación de Ecopaís y aditivos como elevadores de octanaje se ha convertido en un campo de interés significativo en la búsqueda de soluciones para optimizar la eficiencia, reducir el impacto ambiental de los motores y disminuir costos a largo plazo. En la última década, el enfoque en alternativas sostenibles para el sector automotriz ha impulsado la investigación y desarrollo de métodos que mejoren el rendimiento de los vehículos, disminuyan las emisiones contaminantes y reduzcan la dependencia de combustibles fósiles [6].

Se llevó a cabo un estudio para examinar el efecto de los aditivos que mejoran el grado de viscosidad presente en las emisiones, la potencia y el torque de un motor de combustión interna. Se aplicó la metodología de superficie de respuesta con tres variables de entrada: velocidad de rotación del motor, porcentaje de aditivo y estado mecánico del motor. Se realizaron 15 corridas experimentales variando estas tres variables y midiendo hidrocarburos ( $HC$ ), monóxido de carbono ( $CO$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) como respuestas. También se midió torque y potencia en un banco dinamométrico. Se obtuvieron modelos cuadráticos para predecir las emisiones en función de las variables de entrada. El aumento del aditivo redujo levemente  $HC$  y  $CO$ , pero aumentó  $CO_2$ . El torque y potencia disminuyeron con más aditivo debido al incremento en la viscosidad del lubricante. En conclusión, el aditivo mejora ligeramente las emisiones, pero empeora el desempeño mecánico del motor [7].



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



En el estudio sobre el uso de plomo como aditivo en gasolinas, se realizó un análisis exhaustivo de los impactos contaminantes del plomo en el entorno natural y la salud de las personas. Este autor revisó estudios previos y evaluó alternativas no contaminantes para reemplazar el plomo, concluyó que el plomo causa grave contaminación ambiental y efectos negativos en la salud. Propuso reemplazar el plomo por estas alternativas para reducir la contaminación [8].

El estudio analizó la eficiencia energética de la gasolina Extra y el biocombustible Ecopaís, antes y después de agregar un aditivo elevador de octanaje, mediante pruebas de laboratorio con una bomba calorimétrica para medir poder calorífico y pruebas en un vehículo para medir consumo de combustible y emisiones. Se encontró que el aditivo disminuyó el volumen de combustible alrededor de 8,5% tanto en Extra como en Ecopaís, aumentó el poder calorífico en 4,51% y 6,28% respectivamente, y modificó las emisiones gaseosas, en algunos casos incrementándolas y en otros disminuyéndolas. Se concluye que el aditivo altera propiedades de los combustibles, en ocasiones positiva y otras negativamente, por lo que se recomienda mantenimiento adecuado en los vehículos [6].

Se analizó los efectos de aditivos, incluyendo alcohol, éter, amina, éster y fenol, en la calidad de la gasolina comercial China y en el desempeño del motor usando el ciclo de conducción europeo nuevo. Se encontró que los aditivos afectan significativamente a la gasolina de bajo octanaje. Los aditivos de alcohol, éter, amina y éster principalmente afectan la temperatura de evaporación del 50% de la gasolina, mientras que los aditivos fenólicos principalmente afectan la



temperatura de evaporación del 90% y aumentan el índice de conducción. Además, todos los aditivos mejoran la economía de combustible y reducen las emisiones de  $CO$  [9].

## 2.2. Introducción a los Motores de Combustión Interna de Encendido Provocado

La principal particularidad de estos motores es que operan a través de la combustión interna, donde la explosión controlada de un combustible es utilizada para expandir un gas y empujar un pistón [10]. Para llevar a cabo este procedimiento, se crea una chispa que ocasiona la ignición de la mezcla de aire y combustible dentro de la cámara de combustión. Es crucial determinar el momento preciso en el cual se debe provocar la chispa para garantizar que el proceso de combustión sea altamente eficiente [11]. Se destaca el hecho de que el ciclo termodinámico aplicado en estos motores se denomina ciclo Otto.

### 2.2.1. Ciclo otto

En este tipo de motores, el ciclo de funcionamiento se realiza en dos revoluciones completas del cigüeñal, lo que equivale a cuatro recorridos del pistón. Es precisamente esta característica la que les otorga la denominación de motores de 4 tiempos [12]. Como afirma Ferguson este ciclo Otto tiene un proceso secuencial que está conformado por cuatro etapas [13]:

- Etapa de admisión: La mezcla de aire y combustible se introduce en la cámara de combustión.
- Etapa de compresión: El gas se comprime elevando la temperatura en la cámara de combustión.



- Etapa de expansión: Se produce una chispa, lo que provoca la ignición de la mezcla, generando potencia.
- Etapa de escape: Los gases quemados se expulsan a través de la válvula de escape.

### 2.2.2. *Sistemas de suministro de combustible*

Los sistemas de suministro de combustible son cruciales para proporcionar la mezcla precisa de aire y combustible al motor. Antiguamente, se empleaban carburadores para mezclar y vaporizar el combustible. No obstante, en la actualidad, los sistemas de inyección de combustible han tomado el lugar de los carburadores, gracias a su mayor exactitud en la administración, lo que incrementa la eficiencia y disminuye las emisiones contaminantes [14].

### 2.2.3. *Relación Aire-Combustible*

La proporción entre la cantidad de aire disponible y la masa de combustible suministrada durante el proceso de quema de combustible, se conoce como relación aire-combustible. En teoría, un motor Otto requiere una relación aire/combustible de 14.7:1, lo que significa que se necesitan 14.7 kg de aire para que ocurra la combustión total de 1 kg de combustible [15]. Esta relación se expresa a través de la siguiente fórmula, como se indica en la ecuación 1.

#### **Ecuación 1**

*Relación aire - combustible*

$$AC = \frac{M \text{ aire}}{M \text{ comb}}$$

Donde:

M aire: Masa de aire

M comb: masa de combustible



Para evaluar cómo las mezclas reales de aire y combustible se desvían de la proporción teórica, se utiliza el factor lambda ( $\lambda$ ), que es la medida que compara la proporción de aire/combustible en un motor de combustión interna con la proporción ideal, como señala Gavilema [9], este parámetro permite determinar si la mezcla es adecuada para una combustión eficiente, clasificándola de la siguiente manera:

- Si  $\lambda = 1$ , la mezcla es estequiométrica.
- Si  $\lambda < 1$ , la mezcla es rica (exceso de combustible).
- Si  $\lambda > 1$ , la mezcla es pobre (exceso de aire).

Una mezcla rica puede aumentar la potencia del motor, pero también incrementa el consumo de combustible y las emisiones de hidrocarburos no quemados. Por otro lado, una mezcla pobre puede mejorar la eficiencia del combustible, pero puede provocar una combustión incompleta, aumentando las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y reduciendo la potencia del motor [16].

#### **2.2.4. Relación de compresión.**

En un motor se refiere a la cantidad en la que se disminuye el espacio dentro del cilindro desde que el pistón recorre desde el Punto Muerto Inferior (PMI) hasta el instante en el que llega al Punto Muerto Superior (PMS) [17]. La relación de compresión representada mediante la ecuación 2, por lo general, esta relación se sitúa alrededor de 10:1 en motores de ciclo Otto [18].



**Ecuación 2**

*Relación de compresión*

$$Rc = \frac{Vt}{Vc}$$

Donde:

Vt: Volumen total

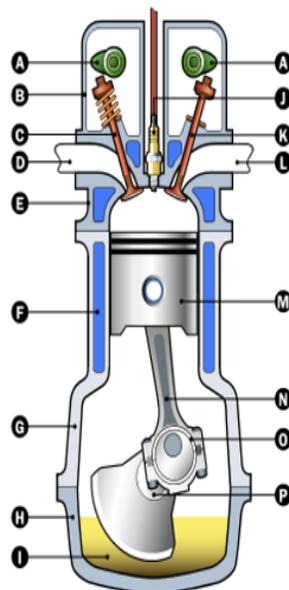
Vc: Volumen de la cámara de combustión.

**2.2.5. Componentes.**

En la **figura 1** se señalan las partes del motor, cada una de ellas juega un papel fundamental en su funcionamiento.

**Figura 1**

*Partes del motor*



- A. Árbol de levas
- B. Tapa de la válvula
- C. Válvula de admisión
- D. Puerto de admisión
- E. Cabezote
- F. refrigerante
- G. Bloque de motor
- H. Colector de aceite
- I. Cárter de aceite
- J. Bujía
- K. Válvula de escape
- L. Puerto de escape
- M. Pistón
- N. Biela
- O. Cojinete de biela
- P. Cigüeñal

Tomado de: Marshall Brain & Kristen Hall-Geisler. *Cómo funcionan los motores* [19].



### 2.3. Características de la Gasolina

La gasolina un componente líquido que debido a su naturaleza posee un alto grado de inflamabilidad [20] se extrae mediante la destilación del petróleo. Está compuesta por una variedad de hidrocarburos líquidos, como son alcanos, alquenos y aromáticos con diferentes estructuras moleculares [21], que incluso pequeñas cantidades pueden afectar la calidad y el comportamiento. Esto se debe a que viene siendo un componente principal para el funcionamiento eficaz de los motores de combustión interna [22]. A continuación, se detallan las propiedades fisicoquímicas de la gasolina:

#### 2.3.1. *Densidad.*

Una propiedad física que determina que tan pesado es un material o un fluido, en este caso la densidad viene a ser otro factor importante en los combustibles, dado que indica la cantidad de masa que existe en relación con el volumen [23], la gasolina tiene una densidad de alrededor de  $720 \text{ g/L}$ .

#### 2.3.2. *Poder Calorífico.*

Cantidad de energía que puede generar un combustible posterior a una combustión, la gasolina es uno de los combustibles con un mayor poder calorífico y que contiene  $43.500 \text{ kJ/kg}$ . Cuanto más etanol, más octanaje y mayor poder calorífico, que en si mientras más se logre comprimir a gasolina, más se puede aprovechar su poder calorífico que puede generar más potencia al motor [24].



### **2.3.3. Volatilidad.**

Es la facilidad con la que el combustible puede ser evaporado [25]. Cuanto menos sea la presión interna y mayor la temperatura externa, el combustible será más volátil, lo óptimo para llegar a un combustible de calidad es que la volatilidad no sea muy baja ni muy alta, para que así el motor logre tener un buen desempeño [26].

### **2.3.4. Capacidad Antidetonante**

Los diferentes tipos de combustible tienen distintos octanos, lo que además de que nos ayuda a dar una idea del precio de combustible, también nos permite conocer la característica más importante del combustible que siempre van a depender de su composición química [27].

Interpretamos como octanaje a la capacidad de resistencia que tiene el combustible a la detonación en el lapso de la etapa de compresión que se produce en el interior de los cilindros y que también nos ayuda a examinar la calidad del combustible que ingresa al motor [28].

Un menor índice de octanaje es el responsable del cascabeleo que puede afectar a la vida útil del motor y su eficaz funcionamiento, uno de los problemas más principales ocurre en el pistón puesto que una combustión descontrolada desgasta o daña la parte superior, lo cual también puede llevar a la rotura de las bielas, perforación de cilindros, válvulas dobladas, del mismo modo puede fisurar el espacio donde se encuentran los anillos de compresión y lubricación, este suceso es el responsable de un consumo excesivo de combustible junto con una inconsistencia al acelerar [29].



### 2.3.5. *Métodos de Ensayo para Determinación del Octanaje.*

Para determinar el octanaje se calcula el promedio entre el octanaje de prueba (RON) y el octanaje del motor (MON). Como menciona Abdellatief, para RON, el motor funciona a bajas rpm de 600 y se correlaciona mejor con condiciones de baja velocidad y golpes suaves. Por otro lado, el MON se trabaja en condiciones mucho más severas de alrededor de 900 rpm y se correlaciona mejor con condiciones de detonación de alta velocidad y temperatura. En consecuencia, RON siempre daría un índice de octanaje mayor que MON para la misma muestra de gasolina [28].

## 2.4. Tipos de Gasolina Utilizada en Vehículos

En Ecuador, los automóviles emplean predominantemente tres variedades de combustibles: Extra, Ecopaís y Súper Premium. Tanto la Extra como la Ecopaís poseen 85 octanos y son las opciones más asequibles, aunque presentan menor calidad. Por otro lado, la Súper Premium, que cuenta con 95 octanos, brinda un rendimiento superior y protege mejor el motor. A continuación, se presenta la descripción de cada combustible.

### 2.4.1. *Gasolina Súper Premium.*

Según indica EP Petroecuador el lanzamiento de la nueva gasolina Súper premium de 95 octanos corresponde a una optimización en la calidad del combustible que beneficia al medio ambiente. Este inicio su comercialización en el Ecuador a partir del 26 de octubre del 2022 que ademase está destinado a un pequeño grupo, aproximadamente el 4% del mercado [30].

Conforme a los estándares de calidad de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935, la gasolina de 95 octanos, como se indica en la **Tabla 1**, está sujeta a cumplir con los siguientes requisitos:

**Tabla 1***Gasolina súper premium*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Número de octano Research (RON)	--	95	--
Destilación: 10%	°C	--	70
50%	°C	77	121
90%	°C	--	190
Punto final de ebullición	°C	--	220
Residuo de destilación	%	--	2
Temperatura para la relación vapor/líquido igual a 20	°C	56	--
Presión de vapor	kPa	--	60
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50°C)	--	--	1
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4
Contenido de azufre	%	--	0,0300
Contenido de aromáticos	%	--	35
Contenido de benceno	%	--	2
Contenido de olefinas	%	--	25
Estabilidad de la oxidación	min	240	--
Contenido de plomo	mg/L	--	1
Contenido de manganeso	mg/L	--	1
Contenido de hierro	mg/L	--	1

Tomado de: [30].

**2.4.2. Gasolina Extra.**

Conforme a los estándares de calidad de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935, establece las especificaciones para la gasolina de 85 octanos conocida Extra en el Ecuador, está sujeta a cumplir con los siguientes requisitos como se observa en la **Tabla 2**.

**Tabla 2***Gasolina Extra*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Número de octano Research (RON)	--	85	--
Destilación: 10%	°C	--	70
50%	°C	77	121
90%	°C	--	189
Punto final de ebullición	°C	--	220
Residuo de destilación	%	--	2
Temperatura para la relación vapor/líquido igual a 20	°C	56	--
Presión de vapor	kPa	--	60
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50°C)	--	--	1
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3
Contenido de azufre	%	--	0,065
Contenido de aromáticos	%	--	30
Contenido de benceno	%	--	1
Contenido de olefinas	%	--	18
Estabilidad de la oxidación	min	240	--
Contenido de plomo	mg/L	--	1
Contenido de manganeso	mg/L	--	1
Contenido de hierro	mg/L	--	1

Tomado de: [29].

**2.4.3. Gasolina Ecopaís.**

Según lo expuesto por PE Petroecuador la producción en el Ecuador del biocombustible Ecopaís de 85 octanos ha sido una de las iniciativas más amigables con el medio [31].



Este biocombustible se forma con un 5% de bioetanol, el cual proviene de la caña de azúcar, y un 95% de gasolina convencional, cumpliendo así los estándares de calidad al igual que de la gasolina extra. Esta gasolina comenzó su comercialización en el 2010 pero solo alcanzo el 58 % del territorio ecuatoriano [32]. La gasolina Ecopaís se utiliza más en las zonas costeras porque le afecta menos la altitud, la presión y el oxígeno. Sin embargo, las propiedades y características mecánicas en la región Sierra se ven afectadas, ya que la relación par-potencia del vehículo se reduce ligeramente [33].

Conforme a los estándares de calidad de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935, en la **Tabla 3** se indica los requisitos que está sujeta a cumplir la gasolina de 85 octanos denominada Ecopaís en el Ecuador.

**Tabla 3**  
*Gasolina Ecopaís*

<b>Requisito</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Temperatura para que la relación Vapor/líquido igual a 20	°C	63	--
Presión vapor	kPa	--	67
Contenido de oxígeno con adición de etanol anhidro hasta 10 %	%	--	3,7

Tomado de: [30].

**2.4.4. Gasolina Eco Plus.**

Conforme a los estándares de calidad de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935, la gasolina de 89 octanos conocida como Eco plus en el Ecuador está sujeta a cumplir con los siguientes requisitos como se menciona en la **Tabla 4**.

**Tabla 4***Gasolina Eco Plus*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Número de octano Research (RON)	--	89	--
Destilación:			
10%	°C	--	70
50%	°C	77	121
90%	°C	--	190
Punto final de ebullición	°C	--	220
Residuo de destilación	%	--	2
Temperatura para la relación vapor/líquido igual a 20	°C	56	--
Presión de vapor	kPa	--	60
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50°C)	--	--	1
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3
Contenido de azufre	%	--	0,0650
Contenido de aromáticos	%	--	35
Contenido de benceno	%	--	1
Contenido de olefinas	%	--	25
Estabilidad de la oxidación	min	240	--
Contenido de plomo	mg/L	--	1
Contenido de manganeso	mg/L	--	1
Contenido de hierro	mg/L	--	1

Tomado de: [29].

#### 2.4.5. Biocombustibles

Los biocombustibles en el Ecuador nacieron con el objetivo de convertirse en un sustituto eficaz de la importación de productos petrolíferos [32]. El biocombustible procedente de cultivos bioenergéticos y de biomas ha sido anunciado como una alternativa viable a la gasolina porque se considera limpio, sostenible y amigable con el entorno gracias a su elevado nivel de octano, gran capacidad de vaporización y baja presión de vapor [34].



El uso de biocombustibles en motores de encendido por chispa muestra efectos diversos: mejora la eficiencia de la combustión aumentando la presión, temperatura y velocidad de la llama, pero también disminuye la duración y tasa de combustión, además de reducir la liberación máxima de calor. A pesar de mejorar el rendimiento del motor en términos de par, potencia y eficiencia térmica, el consumo específico de combustible varía según las concentraciones de etanol. En cuanto a las emisiones, se registra una reducción significativa en CO y HC no quemados, pero la reducción de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> varía entre motores y mezclas de combustible [35].

## **2.5. Aditivos Para Motores de Combustión Interna en Ecuador**

Como nos indica [36] en el motor, el combustible se combina con oxígeno para generar pequeñas detonaciones que generan impulso. En este proceso de combustión, el combustible debe ofrecer resistencia, la cual es evaluada mediante el octanaje. En resumen, el octanaje indica la capacidad de la gasolina para evitar la detonación en el transcurso de la combustión.

### **2.5.1. Composición y Tipos de Aditivos**

Los aditivos son sustancias químicas incorporadas a los combustibles con el fin de optimizar el rendimiento del motor y alargar la durabilidad de sus partes. Esto afecta de manera directa la calidad de la combustión, la limpieza del sistema de inyección, la lubricación de componentes esenciales y la protección contra la corrosión. Su implementación permite mejorar la eficiencia del vehículo, potenciar la aceleración y evitar fallos en motores que utilizan combustibles de calidad inferior o que carecen de suficientes aditivos [37]. Dependiendo de sus propiedades y funciones, los aditivos pueden clasificarse en varias categorías, como se menciona a continuación.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



### **2.5.1.1. Aumentadores de Octanaje.**

Estos compuestos elevan el número de octanos en la gasolina, resultando en una combustión más uniforme y eficaz. Anteriormente, el plomo era el principal aditivo utilizado para este fin, pero debido a su impacto ambiental negativo, se han desarrollado alternativas más seguras, como ciertos compuestos aromáticos, incluidos el benceno. Estas sustancias no solo mejoran el octanaje, sino que también ayudan a incrementar la densidad energética del combustible [38].

### **2.5.1.2. Detergentes.**

Su objetivo principal es mantener el sistema de inyección libre de impurezas, previniendo la formación de depósitos en los inyectores y otros elementos del motor. De este modo, se garantiza una pulverización efectiva del combustible, se optimiza la combustión y se extiende la vida útil del motor al disminuir la acumulación de residuos[38].

### **2.5.1.3. Oxigenantes.**

Estos aditivos aportan oxígeno a la composición química del combustible, lo que promueve una combustión más completa y reduce la liberación de monóxido de carbono y partículas de hollín. Al mejorar el proceso de combustión, estos compuestos pueden aumentar la potencia del motor y minimizar el efecto ambiental de los gases de escape [38].

### **2.5.1.4. Estabilizadores de combustible.**

Este aditivo ha sido desarrollado para salvaguardar la gasolina de la degradación que puede suceder durante largos períodos de almacenamiento. Al estabilizar el combustible, asegura que el motor funcione de manera óptima, incluso tras intervalos prolongados de inactividad [39].



## **2.6. Golpeteo como un Fenómeno Perjudicial**

El golpeteo en los motores es un fenómeno indeseado que puede comprometer tanto el rendimiento como la durabilidad del motor. Este se relaciona directamente con procesos anómalos en la combustión del combustible y, de no ser controlado, puede generar daños severos. A continuación, se detallan sus principales manifestaciones, causas y mecanismos de detección.

### **2.6.1. Detonación**

En la búsqueda constante de una eficiencia óptima, los diseños actuales de motores de encendido provocado han seguido una tendencia de ajuste en las dimensiones, buscando alcanzar una relación de compresión elevada. No obstante, las operaciones con una alta relación de compresión se ven restringidas por el riesgo de detonación, que abarca desde la autoignición del gas hasta la superdetonación, donde la mezcla reactiva comienza a detonar antes del encendido por chispa, pudiendo ocasionar el fenómeno del golpeteo [40].

### **2.6.2. Golpeteo**

El fenómeno del golpeteo ocurre cuando el combustible en los cilindros del motor se quema de manera desigual, lo que se convierte en una preocupación crucial debido a sus elevados picos de presión y oscilaciones violentas provocadas por las detonaciones y que además perjudica a los componentes del motor [41].

### **2.6.3. Sensor de Detonación**

El sensor de detonación instalado en el bloque del motor tiene la capacidad de percibir las vibraciones presentes en el motor y transformarlas en una señal de voltaje mediante un componente piezoeléctrico. Este material, creado específicamente para producir voltaje cuando se somete a



presión, vibraciones o impactos, permite que estos dispositivos generen señales eléctricas. Estas señales son transmitidas de acuerdo con la frecuencia de detonación del motor, permitiendo así la detección precisa del fenómeno de golpeteo [42].

Las señales emitidas por el sensor son analizadas y procesadas en la unidad de control del motor ECU, para regular la sincronización. Esta función facilita el logro de un funcionamiento óptimo y un rendimiento mejorado del motor, al mismo tiempo que optimiza la eficiencia en el uso del combustible [43].

## **2.7. Impacto Ambiental de los Motores de Combustión Interna**

Los motores a combustión contribuyen de manera significativa a la contaminación del aire debido a las emisiones de gases nocivos que producen. Entre estos gases se encuentran el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Aunque el aporte de los motores a las emisiones de dióxido de azufre es relativamente bajo, representando solo el 5% del total, su impacto en otros gases es considerable. Por ejemplo, los motores son responsables del 25% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, un gas que ayuda al aumento de la temperatura global. Además, generan el 87% de las emisiones de monóxido de carbono, que es un contaminante muy peligroso, así como el 66% de los óxidos de nitrógeno, que pueden causar problemas respiratorios y afectar la calidad del aire.

La mayor parte del dióxido de carbono producto de la combustión de recursos fósiles, como el gas natural, el carbón y el petróleo, utilizados en sectores industriales y en el transporte. Esta



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



situación subraya la importancia de buscar alternativas más limpias y sostenibles que ayuden a reducir el impacto ambiental de los motores de combustión interna [44].

### ***2.7.1. Calentamiento Global Provocado por los Motores de Combustión Interna.***

Los motores de combustión interna emiten dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global. Estas emisiones son el resultado de la quema de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel en el proceso de combustión del motor.

A medida que aumenta la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, se intensifica el efecto invernadero, lo que eleva la temperatura global y altera los patrones climáticos. El sector del transporte, en particular los vehículos con motores de combustión, representa una de las principales fuentes de estas emisiones a nivel mundial [44].

La reducción de la dependencia de combustibles fósiles y la implementación de tecnologías más eficientes son estrategias clave para mitigar el impacto ambiental de los motores de combustión interna en el calentamiento global.



## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

La realización de este estudio demandó la utilización de varios materiales que facilitaron un análisis detallado del funcionamiento del motor en entornos controlados. Se empleó gasolina Ecopaís, conocida por su componente renovable, además de herramientas como un dinamómetro, un analizador de gases, un tacómetro y un osciloscopio automotriz. Cada uno de estos dispositivos proporcionó información crucial para medir tanto el rendimiento como las emisiones del vehículo. La descripción de los materiales utilizados se presentará en las secciones siguientes.

##### 3.1.1. Gasolina Ecopaís

Un carburante que se produce mediante la combinación de gasolinas de alto y bajo octano juntamente con etanol. Este combustible contiene un elemento renovable que tiene origen en la caña de azúcar. El combustible Ecopaís de 85 octanos, contiene un 5% de bioetanol y un 95% de gasolina convencional, lo que la hace más respetuosa con el medio ambiente.

Este combustible satisface los criterios de calidad de la gasolina extra, sin embargo, se diferencia de ella en que tiene un componente renovable para de esta manera cumplir con los requerimientos de calidad que estipula la Norma INEN 935, a su vez que es adecuado para los motores y que también ayude a reducir emisiones.



### 3.1.2. *Dinamómetro Dyno Vamag BPA V2R*

El Dyno Vamag tiene como propósito principal medir aspectos relevantes como la potencia y el torque que puede generar el vehículo, para así poder conocer la eficiencia del motor y realizar los ajustes necesarios para optimizar su funcionamiento.

En la **Figura 2** se presenta el dinamómetro Dyno Vamag BPA V2R que pone a disposición el taller de la Universidad Técnica del Norte, que permite evaluar los parámetros esenciales para el desarrollo de la investigación, simulando condiciones reales de carretera en un entorno controlado.

#### **Figura 2**

*Dinamómetro Dyno Vamag BPA V2R*



Este equipo ofrece gráficos detallados de las variables medidas, permitiendo un análisis preciso del motor. Los resultados obtenidos son muy similares a los de condiciones reales, asegurando una evaluación confiable del rendimiento del vehículo. La **Tabla 5** presenta las especificaciones técnicas en las que opera el dinamómetro.

**Tabla 5**

*Especificaciones técnicas del Dyno Vamag BPA V2R*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>
Potencia máxima (HP)	400
Torque (Nm)	1500
Voltaje de suministro (V)	220 – 400 Ac(1-3/N/PE)
Frecuencia (Hz)	50 - 60
Corriente nominal (amp)	16
Masa (kg)	1200
Dimensiones (mm)	3070 x 870 x 310
Presión del circuito de aire comprimido (bar)	6
Diámetro del rodillo (mm)	240
Ancho del rodillo (mm)	600
Velocidad máxima (Km/h)	180

Tomado de: [45].

### 3.1.3. *Dispositivo para Análisis de Gases*

Brain Bee AGS-688 es un instrumento de análisis, el cual puede cuantificar en porcentajes los compuestos químicos que expulsa el escape de un motor de combustión interna, además permite valorar la eficiencia del motor fundamentándose en los niveles de gases identificados.

En la **Figura 3** se observa el analizador de gases, fabricado por la marca italiana Brain Bee Mahle, que proporciona una medición precisa de gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), factor lambda ( $\lambda$ ) e hidrocarburos (HC). En la **Tabla 6** se menciona los rangos y las unidades de medida con las que opera el equipo.



**Figura 3**

*Dispositivo analizador de gases Brain Bee AGS-688*



**Tabla 6**

*Rango de medición del dispositivo Brain Bee AGS-688*

Parámetro	Rango	Unidades
CO	0 – 9.99	% vol
CO <sub>2</sub>	0 – 19.9	% vol
HC	0 – 9.999	ppm
O <sub>2</sub>	0 – 25	% vol
$\lambda$	0.5 – 5	--
Revoluciones	300 -9,990	RPM
Temperatura del aceite	20 – 150	°C

Tomado de: [46].

**3.1.4. Tacómetro MGT – 300**

En la **Figura 4** se muestra el tacómetro, un contador de revoluciones universal que envía las lecturas de las RPM del motor, fabricado por la misma marca italiana Brain Bee Mahle.

Este equipo permite la medición de las RPM utilizando dos tipos de sondas: un sensor inductivo de vibración o una conexión desde los bornes de la batería. Ambos métodos transmiten los valores detectados de forma inalámbrica mediante Bluetooth, enviando los datos directamente al equipo. La **Tabla 7** especifica los rangos de medición del tacómetro.



**Figura 4**  
*Tacómetro*



**Tabla 7**  
*Rangos de medición del tacómetro*

Parámetro	Rango
RPM	300 – 900
Voltaje	12 – 24 V
Temperatura	20 – 200 °C
Peso	385 gr

Tomado de: [46].

**3.1.5. Osciloscopio G-SCOPE-2**

El osciloscopio G-SCOPE-2 mide señales eléctricas de elementos electrónicos automotrices en una pantalla, en el cual el eje horizontal (X) usualmente representa el tiempo y el eje vertical (Y) muestra el voltaje, de este modo evaluando cómo varía una señal a lo largo del tiempo.

En la **Figura 5** se muestra el Osciloscopio Automotriz G-SCOPE-2, un equipo que permite conectar los terminales al componente que desea evaluar, en este caso se conectó a un sensor knock para observar las gráficas de las señales en la pantalla con las diferentes mezclas de combustibles y aditivos. En la **Tabla 8** se detallan las especificaciones del osciloscopio.



**Figura 5**  
*Osciloscopio G-SCOPE-2*



**Tabla 8**  
*Especificaciones técnicas del G-SCOPE-2*

Parámetros	Especificaciones
Ancho de banda	100 MHz
Frecuencia de muestreo	1 G Sa/S
Canales	2
Pantalla	8" TFC LCD 800*600 píxeles, resolución de pantalla 14, 10 cuadrículas.
Tamaño	250 x 200x 55 mm
Batería	4 horas

Tomado de: [47].

**3.2. Método**

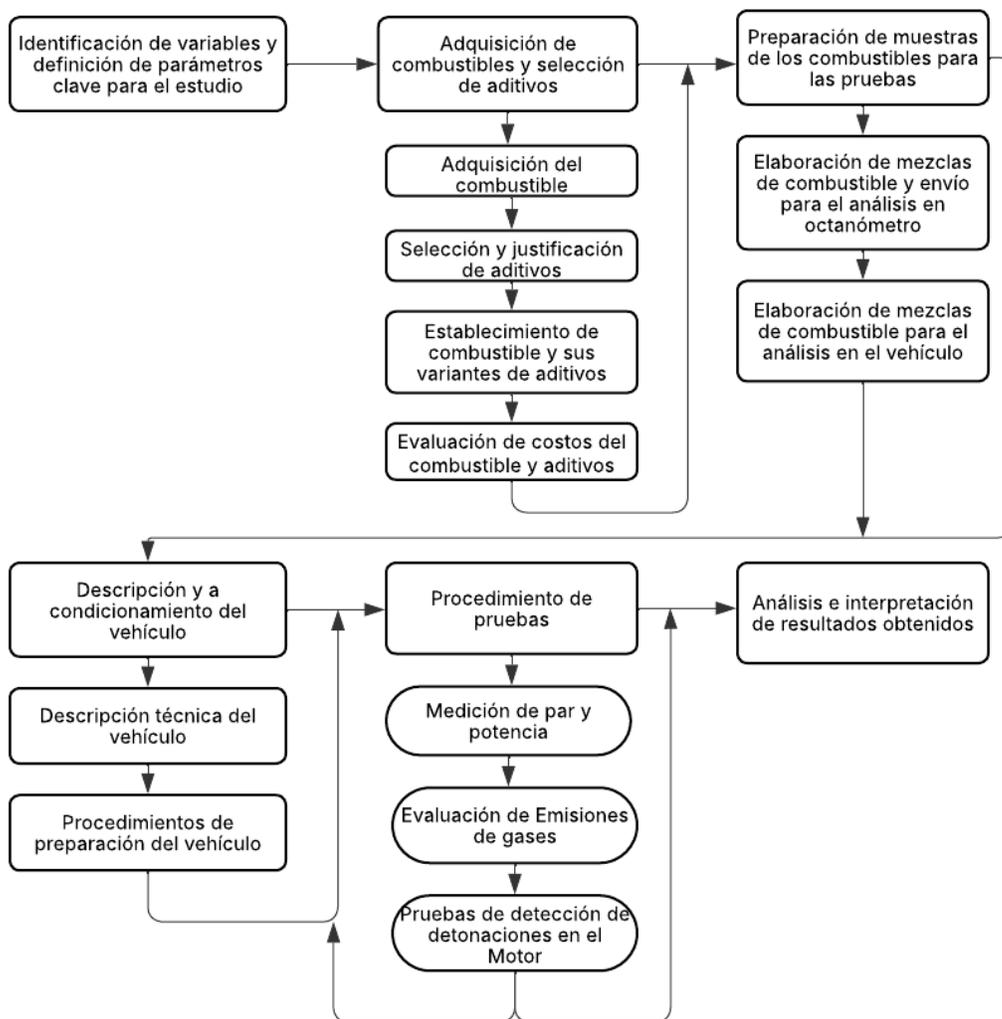
La **figura 6** muestra un flujograma donde se resumen los pasos para desarrollarse durante el proceso de investigación. Este proceso comienza con la identificación de variables y parámetros clave que constituye la base para presentar resultados y facilitar la interpretación de los datos. Seguidamente se detalla la metodología para la adquisición del combustible y la selección de aditivos elevadores de octanaje.

En el siguiente paso se describe la preparación de muestras del combustible para la realización de las pruebas. A continuación, se especifica la descripción y el acondicionamiento del



vehículo utilizado para las pruebas. Por último, se expone el procedimiento de las pruebas en el dinamómetro y para la evaluación de emisiones y se realiza el análisis y la interpretación de los resultados.

**Figura 6**  
*Flujograma metodológico*





### 3.2.1. Identificación de Variables y Definición de Parámetros Clave

Las variables utilizadas a lo largo de los respectivos ensayos se indican en la **Tabla 9**. Para una fácil comprensión a lo largo del trabajo se utilizaron las unidades de medida indicadas a continuación.

**Tabla 9**

*Variables y parámetros de estudio*

Variable	Unidad de medida	Instrumento
Potencia	HP	Dinamómetro
Par	Nm	
CO	% vol	Analizador de gases
CO <sub>2</sub>	% vol	
O <sub>2</sub>	% vol	
HC	ppm vol	
$\lambda$	--	
Octanaje	RON	Octanómetro
Señal Sensor Knock	mV	Osciloscopio

### 3.2.2. Adquisición de Combustibles y Selección de Aditivos

En esta sección se expone cómo se llevó a cabo la obtención del combustible base y la elección de los aditivos utilizados en la investigación. La gasolina Ecopaís fue seleccionada debido a su fácil acceso en la región, y a través de encuestas realizadas en estaciones de servicio se identificaron los aditivos más comunes. Asimismo, se presentan las distintas mezclas de combustible con los aditivos y se analizan los costos vinculados a cada opción.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



### **3.2.2.1. Adquisición de Combustible.**

La gasolina empleada en este estudio fue obtenida en la ciudad de Esmeraldas, eligiendo específicamente la gasolina Ecopaís. Este tipo de gasolina es muy utilizado en el mercado local y satisface los estándares de calidad definidos por las normativas nacionales para combustibles.

### **3.2.2.2. Selección y Justificación de Aditivos para el Combustible.**

Para seleccionar los aditivos se realizó una encuesta exclusivamente en las estaciones de servicio en la ciudad de Esmeraldas, debido a factores logísticos y de relevancia local. Esta localidad fue elegida para la encuesta porque la gasolina fue adquirida en la misma zona, por lo que resulta lógico analizar también el comportamiento del mercado de los aditivos en la misma región ya que se comercializa distintos tipos y marcas de aditivos.

Lo que facilitó la recopilación de datos pertinentes para el análisis y permitió determinar cuáles son los productos más requeridos y considerados más eficaces por el personal de las estaciones de servicio, puesto que ellos al ser responsables de la venta y recomendación de aditivo tienen un conocimiento de las preferencias del mercado local y de los productos más demandados basándose en la interacción constante con los consumidores. La encuesta incluyó las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la marca de elevador de octanaje que se venden en esa estación de servicio?
- ¿Cuáles han sido las más efectivas para el público consumidor?



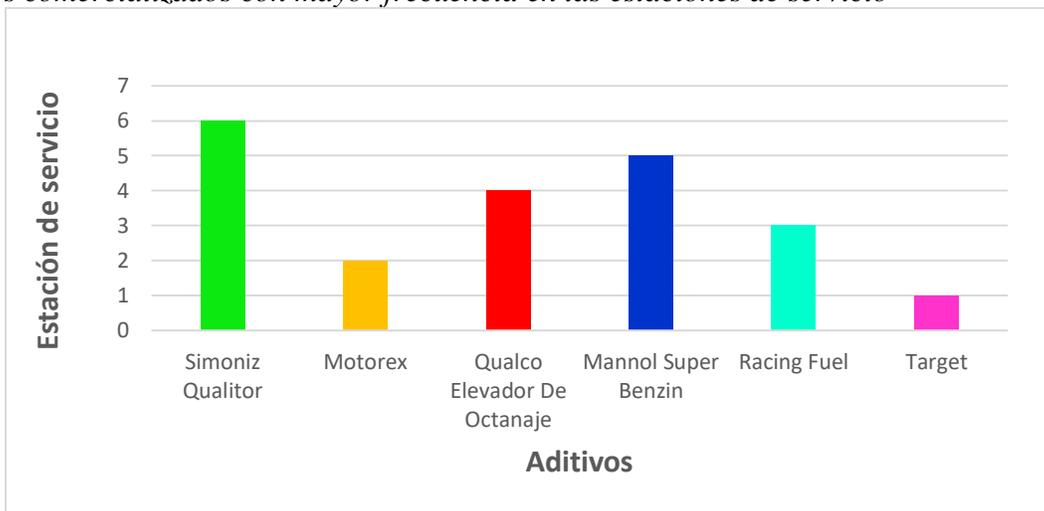
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



En la **Figura 7** se presenta los tipos de aditivos elevadores de octanaje comercializados en las estaciones de servicio con mayor frecuencia y en la en la **Figura 8** se muestra las distintas marcas de elevadores de octanaje comercializados en las estaciones de servicio que son más eficientes en respuesta al público consumidor.

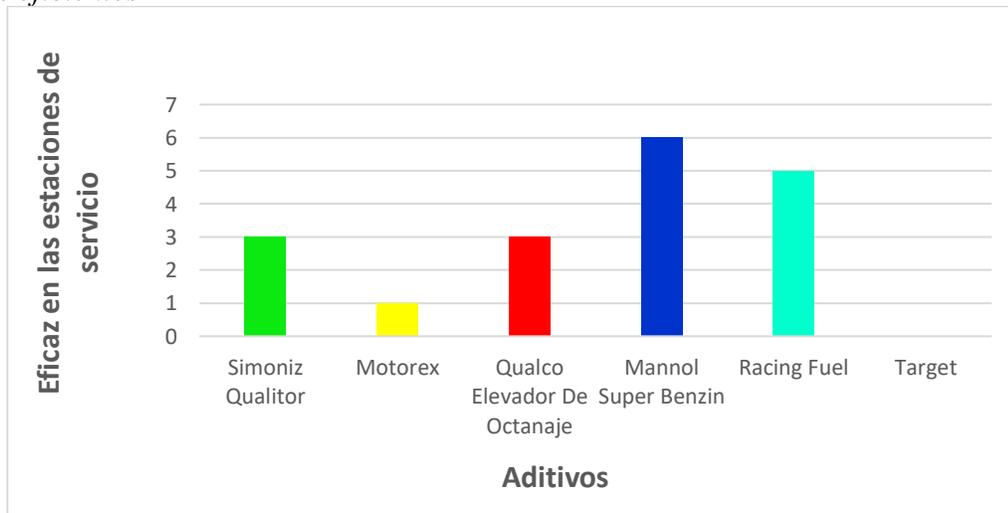
**Figura 7**

*Aditivos comercializados con mayor frecuencia en las estaciones de servicio*



**Figura 8**

*Aditivos más eficientes*





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



Los aditivos empleados en este estudio son los siguientes: Racing Fuel, Mannol y Simoniz, que a continuación serán identificados como Aditivo 1, Aditivo 2 y Aditivo 3, respectivamente, estos aditivos son comúnmente seleccionados por su eficacia en mejorar el rendimiento del combustible y optimizar un buen desempeño. A continuación, se presenta la composición de los aditivos utilizados en el presente estudio:

El aditivo 1 se conforma de compensadores de octanaje, compuestos químicos y catalizadores. Sus especificaciones, como señala el fabricante, indica que aumenta hasta 5 octanos en la carga del combustible, previene el cascabeleo, reduce emisiones contaminantes y mejora el rendimiento del motor.

El aditivo 2 conforme a lo indicado por el fabricante, está compuesto por Tolueno y Butanol. Sus especificaciones señalan que aumenta el número de octanos en 3 a 6 unidades, protege las partes del motor de golpeteos, evitando reparaciones costosas, y aumenta la potencia del motor al eliminar la detonación, proporcionando una combustión completa.

El aditivo 3 se conforma por Querosina y Aditivo AFD. En sus especificaciones por parte del fabricante destacan que mejora el octanaje del combustible, evita el cascabeleo del motor y mejora el desempeño del motor.

### **3.2.2.3. Establecimiento de Combustible y sus Variantes de Aditivos.**

En la **Tabla 10** se observa la gasolina base utilizada, que es Ecopaís, junto con sus variantes al agregar diferentes aditivos que actúan como elevadores de octanaje.

**Tabla 10***Variantes de aditivos*

Gasolina	Ecopaís
Variantes con aditivos (elevador de octanaje)	Ecopaís + Aditivo 1
	Ecopaís + Aditivo 2
	Ecopaís + Aditivo 3
	Ecopaís + Super Premium (50/50)

La dosificación de aditivos fue determinada con base en la información suministrada por los fabricantes, la cual está detallada en las etiquetas de los productos y que a su vez se presenta en la **tabla 11** según la cantidad de galones de combustible que se va a tratar.

**Tabla 11***Dosificación de los fabricantes*

Aditivo	Cantidad (ml)	Litros (L)	Galones (gal)
Aditivo 1	500	37	10 gal
Aditivo 2	500	50	13 gal
Aditivo 3	250	79	21 gal

### 3.2.2.1. Evaluación de costos del combustible y aditivos.

Para llevar a cabo las pruebas experimentales, se hizo indispensable obtener dos clases de combustible que se encuentran en el mercado nacional, el combustible Ecopaís con 85 RON con un precio de USD 2,495 por galón y Súper Premium de 95 RON con tarifa referencial de USD 3,52 por galón [2]. Seguidamente en la **tabla 12**, se explican los gastos relacionados con cada tipo de combustible y los aditivos para el llenado del tanque de combustible de 13 galones.

**Tabla 12**

*Gastos con cada tipo de combustible y aditivos*

<b>Tipo de muestra</b>	<b>Costo gasolina/gal (\$)</b>	<b>Costo aditivo (\$)</b>	<b>Costo total Aditivo/13 gal (\$)</b>	<b>Costo total 13 gal (\$)</b>
Ecopaís pura	2,49	0,00	0,00	32,37
Ecopaís + Aditivo 1	2,49	8,00	10,40	42,77
Ecopaís + Aditivo 2	2,49	9,00	9,00	41,37
Ecopaís + Aditivo 3	2,49	5,00	3,12	35,49
Ecopaís + Súper Premium	3,00	0,00	0,00	39,06

### **3.2.3. Preparación de Muestras de Combustible para Pruebas**

Con la finalidad de analizar cómo se comporta el combustible Ecopaís al combinarse con diferentes aditivos que aumentan el octanaje, se realizó una fase de preparación de muestras. Este proceso garantizó una adecuada dosificación y uniformidad en cada mezcla. Esta etapa fue crucial para el análisis en el laboratorio, así como para las pruebas en situaciones reales empleando el vehículo. A continuación, se expone el procedimiento utilizado en cada ocasión.

#### **3.2.3.1. Elaboración de Mezclas de Combustible y Envío para Análisis en Octanómetro.**

Para evaluar el efecto de los aditivos elevadores de octanaje en el combustible Ecopaís, se desarrollaron pruebas que se realizaron en la Escuela Politécnica Nacional en el octanómetro, que cumple con la normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2102 - Enmienda 1, especificando las características antidetonantes, utilizando el método de investigación RON (Número de Octano de Investigación).

Seguidamente, se detalla el procedimiento utilizado para la preparación de los combustibles que fueron sujetos de análisis.



- Dentro de un recipiente de un litro se colocaron las muestras de combustible Ecopaís con los diferentes aditivos, señalados respectivamente para su reconocimiento.
- Para establecer la dosificación exacta de aditivos en cada variante de combustible, se hicieron uso de las relaciones especificadas en la **tabla 13** que determina la proporción de cada aditivo según la cantidad de combustible, empleando el método de la regla de tres para calcular la dosificación precisa por cada litro de combustible. Cabe destacar que para la variante de Gasolina Ecopaís más Super Premium la dosificación se empleó una mezcla de 50/50 entre las gasolinas.
- Los combustibles fueron llevados al laboratorio antes mencionado siguiendo las instrucciones proporcionadas con el fin de reducir errores.
- Los resultados fueron entregados 12 días después de la entrega de las muestras.

**Tabla 13***Dosificación para un litro*

<b>Aditivo seleccionado</b>	<b>Dosificación (ml)</b>	<b>Litros (L)</b>
Aditivo 1	13.23	1
Aditivo 2	10	1
Aditivo 3	3.1	1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



**3.2.3.2. Elaboración de Mezclas de Combustible para el Análisis en el Vehículo.**

Para determinar la cantidad adecuada en las pruebas realizadas en el vehículo también se aplicó una regla de tres teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante para poder usar la dosificación correcta.

**3.2.4. Descripción y Acondicionamiento del Vehículo de Prueba**

Se eligió un vehículo con características específicas como se muestra en la **Figura 9** debido a las diversas condiciones de los ensayos, como una alta relación de compresión, la presencia de un sensor de detonación para identificar preigniciones y la demanda de un combustible con un elevado índice de octanaje.

**Figura 9**  
*Vehículo Chery Tiggo 2*





### 3.2.4.1. Descripción Técnica del Vehículo.

En la **Tabla 14** se muestra la ficha técnica del vehículo utilizado en las pruebas que detalla sus principales características.

**Tabla 14**

*Descripción Técnica del Vehículo*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Tipo	Acteco SOHC VVT
Cilindrada	1497 m <sup>3</sup>
Cilindros	4 en línea
Número de válvulas	16 válvulas
Relación de compresión	11,4: 1
Tipo de combustible	Gasolina sin plomo con un número de octano de 91 o más
Potencia	105 Hp @ 6000 rpm
Torque	135 Nm @ 2750 rpm
Tipo de suministro de combustible	Inyección de gasolina electrónica secuencial multipunto
Capacidad tanque de combustible	50 Lts
Bomba de combustible	Bomba de combustible eléctrica

Tomado de: [48].

### 3.2.4.2. Procedimientos de Preparación y Calibración del Vehículo.

Para garantizar el uso exclusivo del combustible para las pruebas se siguió los siguientes pasos:

- Detener el vehículo y desmontar el asiento trasero para tener acceso a la bomba de combustible
- Retirar la bomba de combustible.
- Reinstalar la bomba de combustible en un recipiente para poder realizar un Bypass manteniendo despejado el conducto de retorno, realizar la purga del sistema y no se mezclen las diferentes mezclas de combustible y así facilitar el cambio de combustible.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



- Llenar el recipiente de combustible con las mezclas correspondiente a las pruebas.

### 3.2.5. *Procedimiento de Pruebas*

Para las pruebas se realizaron ensayos en un dinamómetro de chasis con el propósito de medir el torque y la potencia del motor utilizando diversas combinaciones de combustibles. También se evaluaron las emisiones producidas en diferentes niveles de revoluciones con la ayuda de equipos especializados. Además, se realizaron pruebas para identificar detonaciones en el motor utilizando un osciloscopio. Estas evaluaciones resultaron esenciales para comparar la eficiencia y el rendimiento de cada clase de combustible en un entorno controlado.

#### 3.2.5.1. **Medición de Par y Potencia Utilizando Dinamómetro**

Para establecer la potencia y el par motor producidos por el vehículo con las variantes de combustible, se llevaron a cabo los pasos que se describen a continuación:

- Colocar el vehículo sobre los rodillos del dinamómetro y ajustar las correas de seguridad.
- Bajar el elevador del dinamómetro para que las llantas queden apoyadas en el dinamómetro.
- Ingresar los datos correspondientes al vehículo en el cual se va a desarrollar las pruebas en el software Dyno Vamag.
- Calibrar la relación de marchas y la transmisión para que fueran equivalentes a 1:1, acelerando el vehículo hasta alcanzar las 4,500 rpm.
- Una vez finalizada la calibración, esperar a que el vehículo estuviera completamente detenido.
- Iniciar la prueba correspondiente



- Acelerar el motor, cambiando las marchas conforme a las indicaciones mostradas en la pantalla del equipo, asegurándose de alcanzar la cuarta marcha antes de que el indicador llegara al límite establecido.
- Acelerar el motor hasta alcanzar las 4500 rpm
- Soltar el pedal del acelerador y colocar la caja de cambios en neutro permitiendo que las ruedas disminuyan su velocidad gradualmente hasta detenerse.
- Una vez el vehículo inmóvil, esperar entre 2 a 3 minutos para desarrollar la siguiente prueba.

### **3.2.5.2. Evaluación de Emisiones de Gases Generadas por el Motor**

El procedimiento para medir los niveles de concentración de los gases de escape se desarrolló de la siguiente manera:

- Encender el equipo Brain Bee AGS-688, permitiendo que realizara su calibración automática y alcanzara la temperatura de funcionamiento adecuada.
- Limpiar la sonda y se colocó en el escape del vehículo.
- Ajustar las revoluciones del motor al régimen deseado utilizando el dispositivo MGT-300.
- Realizar cuatro mediciones por cada régimen de revoluciones establecido, a 850 rpm, 2,500 rpm y 3,500 rpm, para garantizar la fiabilidad de los datos.
- Tras obtener los datos necesarios, retirar la sonda, limpiar y preparar para repetir el procedimiento.

### **3.2.5.3. Pruebas de Detección y Análisis de Detonaciones en el Motor.**

El procedimiento para realizar la medición del sensor de detonación es el siguiente:

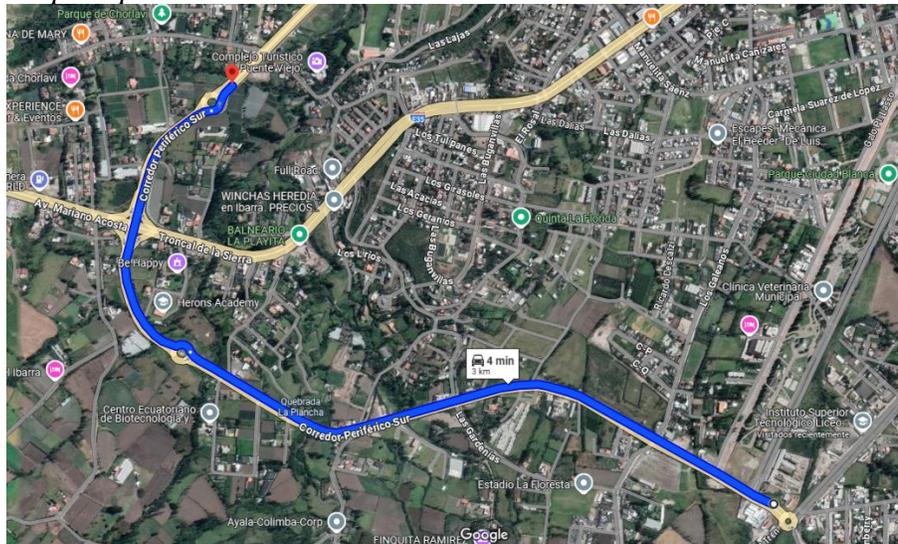
- Identificar la ubicación del sensor de detonación en el vehículo y conectar los cables de señal y tierra al osciloscopio.



- Encender el instrumento y registrar los parámetros de evaluación correspondientes al componente.
- Tras la configuración de los parámetros, poner en marcha la prueba.
- A lo largo de la prueba, los datos fueron guardados en el almacenamiento del osciloscopio
- Recopilar los datos del sistema para la evaluación.

**Figura 10**

*Ruta utilizada para prueba de Sensor Knock*



Para llevar a cabo las pruebas se optó por un recorrido que combinara diferentes situaciones del tránsito habitual como se muestra en la Figura 10. Esta ruta permitió que el vehículo atravesara zonas con variaciones de velocidad, giros frecuentes y paradas obligatorias, generando así un contexto adecuado para observar su comportamiento en condiciones similares a las del uso cotidiano.



## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El combustible Ecopaís será utilizado como combustible de referencia para la comparación del rendimiento del motor frente a las mezclas con aditivos. Este combustible permitirá crear una base firme para analizar cómo cada aditivo impacta en las pruebas efectuadas.

#### 4.1. Análisis del Índice de Octanaje

Los resultados alcanzados a través de los ensayos de octanaje realizados a los combustibles y sus variantes con aditivos se presentan en la **Tabla 15**, que se realizaron en condiciones controladas, siguiendo los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 2102 - Enmienda 1.

**Tabla 15**  
*Resultados del ensayo de octanaje.*

<b>Muestra</b>	<b>Norma Método</b>	<b>Valor</b>
Ecopaís	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	85.7 octanos
Ecopaís + Aditivo 1	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	85.9 octanos
Ecopaís + Aditivo 2	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	89.1 octanos
Ecopaís + Aditivo 3	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	85.2 octanos
Ecopaís + Super Premium	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	89.5 octanos

Se puede apreciar que el combustible base Ecopaís presentó un índice de octanaje de 85,7 RON. Al incorporar aditivos como: Aditivo 1, Aditivo 2 y Gasolina Super Premium, el índice de octanaje aumentó significativamente, alcanzando valores de 85,9, 89,1 y 89,5 RON, respectivamente. Sin embargo, al utilizar el aditivo 3 el índice disminuyó a 85,2 RON.

Estos resultados evidencian que los aditivos tienen un impacto variable en el índice de octanaje del combustible, lo cual mejora las propiedades del combustible.



#### 4.2. Análisis de la Potencia y el Par Motor Obtenidos con Diferentes tipos de Combustible y sus Variaciones al Agregar Aditivos.

Se realizaron cuatro pruebas en el dinamómetro de chasis por cada variante de combustible, para obtener un promedio representativo ya a la final poder compararlo con los demás promedios obtenidos, dichas pruebas se realizaron en el vehículo Chery Tiggo 2, conforme a la normativa ISO 1585 [49], que se aplica a la evaluación del rendimiento de los motores de combustión interna, en particular para presentar las curvas de potencia y consumo específico de combustible a plena carga en función del régimen del motor.

Una vez terminadas las pruebas de potencia y torque, se aplicó un factor de corrección, según la misma normativa, considerando aspectos como la presión atmosférica y la temperatura ambiente, ya que estas afectan el desempeño del motor. Para ello, se utilizó la **Ecuación 3** de la normativa, permitiendo compensar las diferencias ambientales y obtener resultados más precisos y representativos.

#### **Ecuación 3**

*Potencia corregida*

$$Pc = P * \alpha_a$$

$$\alpha_a = \left[ \frac{99 \text{ (KPa)}}{Pd \text{ (KPa)}} \right]^{1,2} \left[ \frac{T \text{ (}^\circ\text{K)}}{298 \text{ (}^\circ\text{K)}} \right]^{0,6}$$

Donde:

**Pc** = Potencia corregida

**P** = Potencia Media

**$\alpha_a$**  = Factor de corrección

**Pd** = Presión barométrica en KPa

**T** = Temperatura ambiente en °K



#### 4.2.1. Evaluación de Potencia y Torque con el uso de Gasolina Ecopaís

Con la primera variante correspondiente al combustible Ecopaís, se realizaron las cuatro pruebas para obtener un promedio y además contar con una referencia de su desempeño en su estado puro y así poder comparar el desempeño al añadir aditivos.

##### 4.2.1.1. Evaluación de Potencia.

La **Tabla 16** presenta los datos obtenidos de cuatro pruebas realizadas en el dinamómetro de chasis con el combustible Ecopaís, analizando las potencias alcanzadas en relación con el número de revoluciones y la velocidad. También se calcula un promedio general de estas mediciones para proporcionar una comprensión general del desempeño evaluado.

**Tabla 16**

*Potencia con el combustible Ecopaís*

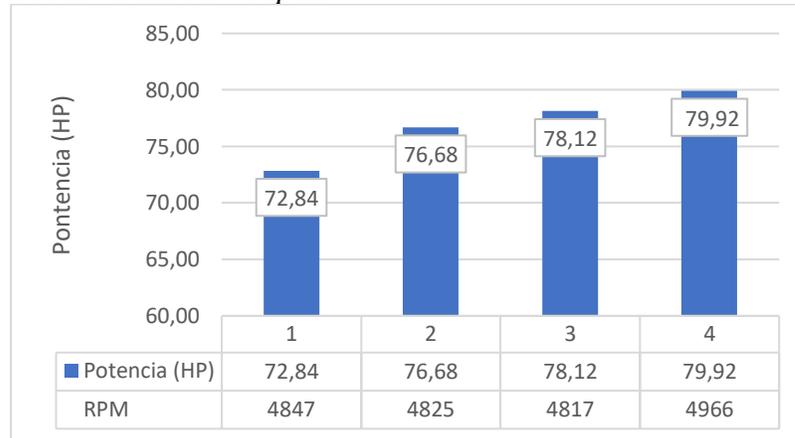
N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Potencia (HP)
1	132	4847	72,84
2	132	4825	76,68
3	131	4817	78,12
4	135	4966	79,92
<b>Promedio</b>	<b>133</b>	<b>4864</b>	<b>76,89</b>

Durante la primera prueba, la potencia se registró en 72,84 hp @ 4847 rpm, que fue el valor más bajo entre todas las pruebas. En la segunda prueba, la potencia aumentó hasta alcanzar los 76,68 hp @ 4825 rpm. En la tercera prueba, este valor continuó incrementándose de forma progresiva, llegando a 78,12 hp @ 4817 rpm. Finalmente, en la cuarta prueba, se registró el valor máximo de potencia, con 79,92 hp @ 4966 rpm. El resultado medio de la prueba llegó a 76,89 hp @ 4864 rpm al usar combustible Ecopaís sin elevadores de octanaje.



**Figura 11**

*Pruebas de potencia con combustible Ecopais*



La **Figura 11** muestra un gráfico de barras de las cuatro pruebas realizadas donde se presentan las potencias alcanzadas durante cada prueba. Se observa un aumento progresivo de la potencia desde la prueba 1 hasta la prueba 4, esta ultima la que registró el valor más alto con 79,92 hp.

**4.2.1.2. Evaluación de Torque.**

La **Tabla 17** muestra los resultados de cuatro pruebas realizadas para medir el par máximo en función de las rpm y la velocidad. Además, se incorpora el valor promedio para simplificar el análisis.

**Tabla 17**

*Par motor con combustible Ecopais*

N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Par (Nm)
1	75	2747	111,60
2	72	2649	116,40
3	128	4712	117,60
4	68	2488	117,60
<b>Promedio</b>	<b>86</b>	<b>3149</b>	<b>115,80</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



En la primera prueba, se registró un par de 111,60 Nm @ 2747 rpm. En la segunda prueba, este valor aumentó ligeramente, alcanzando 116,40 Nm @ 2649 rpm. Durante la tercera prueba, se obtuvo el par máximo de 117,60 Nm @ 4712 rpm. Finalmente, en la cuarta prueba, el par se mantuvo en 117,60 Nm @ 2488 rpm. El promedio general de las pruebas muestra un torque de 115,80 Nm @ 3149 rpm.

**Figura 12**  
*Pruebas de par motor con combustible Ecopaís*



La **Figura 12** ilustra los valores de torque para cada prueba. Se encontró que en la prueba 1 el par fue menor, mientras que en las pruebas 3 y 4 el valor máximo de par motor fue de 117,60 Nm.

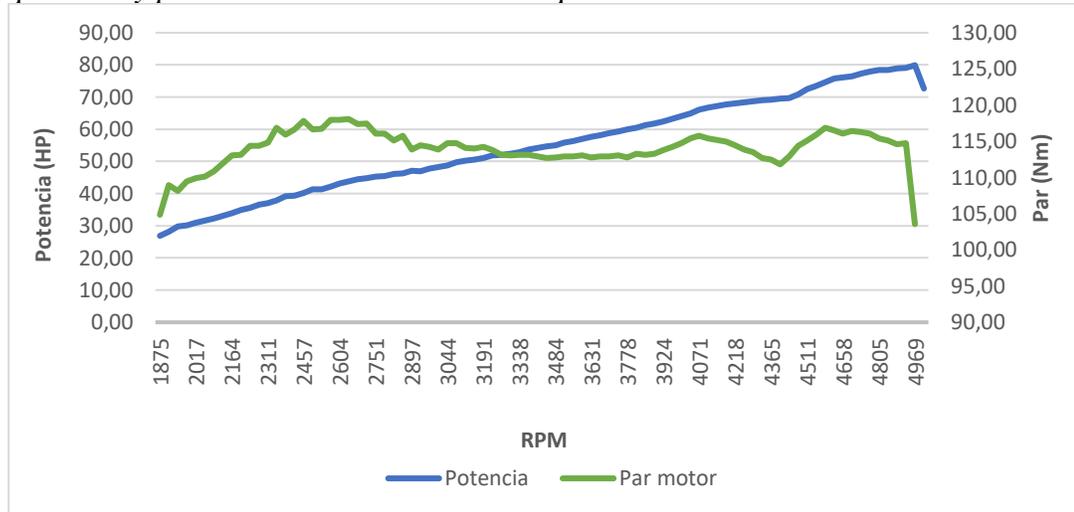
#### 4.2.1.3. Curvas de Desempeño.

En la **Figura 13**, se muestran las gráficas que representan las curvas características del motor en términos de potencia y torque, datos alcanzados a partir de las cuatro pruebas llevadas a cabo en el vehículo de prueba con combustible Ecopaís sin elevadores de octanaje. Las curvas presentadas reflejan cómo varían ambos parámetros según la velocidad del motor. Según los datos



obtenidos, se observa que el motor alcanza su potencia máxima de 79,92 hp @ 4966 rpm, mientras que el par motor más alto, de 117,60 Nm @ 2488 rpm.

**Figura 13**  
*Curvas de potencia y par motor con combustible Ecopais*



**4.2.2. Evaluación de Potencia y Torque con el Uso de Gasolina Ecopais más el Aditivo 1**

La segunda variante para las pruebas es el combustible Ecopais más el aditivo 1, el cual ya fue especificado anteriormente. Esto se hizo para analizar el desempeño de las pruebas realizadas y así comparar con la potencia y torque promedios alcanzados con el combustible Ecopais sin aditivos.

**4.2.2.1. Evaluación de Potencia.**

En la **Tabla 18** se presentan los datos de cuatro pruebas llevadas a cabo en el dinamómetro de chasis. Se midieron las potencias alcanzadas en relación con las revoluciones por minuto. También se calculó el promedio de estas variables.



**Tabla 18**

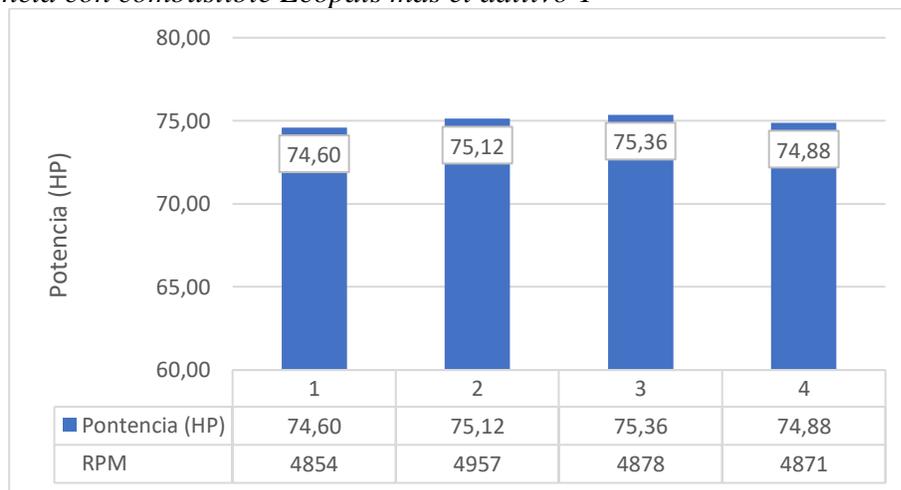
*Potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 1*

N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Potencia (HP)
1	138	4854	74,60
2	135	4957	75,12
3	133	4878	75,36
4	133	4871	74,88
<b>Promedio</b>	<b>135</b>	<b>4890</b>	<b>74,99</b>

Los resultados que se obtuvieron en el dinamómetro de chasis a partir del vehículo de prueba, más el aditivo 1 fueron: en la prueba inicial se registró la menor potencia de 74,60 hp @ 4854 rpm, en la segunda prueba la potencia se registró en 75,12 hp @ 4957 rpm. Se puede destacar que la mayor potencia registrada fue de 75,36 hp, alcanzada en la tercera prueba. Finalmente, en la cuarta prueba se obtuvo 74,99 hp a 4890 rpm. Tras promediar los resultados de las cuatro pruebas, se obtuvo un valor final de 74,99 hp a 4890 rpm.

**Figura 14**

*Pruebas de potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 1*





En la **Figura 14** se ilustra las potencias obtenidas en las cuatro pruebas, en relación con las revoluciones por minuto, al emplear el combustible Ecopaís combinado con el aditivo 1. Se puede destacar que la mayor potencia registrada fue de 75,36 hp, alcanzada en la tercera prueba.

#### 4.2.2.2. Evaluación de Torque.

La **Tabla 19** presenta los datos obtenidos de potencia máxima alcanzada en el dinamómetro en relación entre el par motor y las revoluciones por minuto del vehículo de prueba utilizando Ecopaís más el aditivo 1 como combustible. Se incluye además el promedio de los resultados obtenidos en las cuatro pruebas de torque.

**Tabla 19**

*Par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 1*

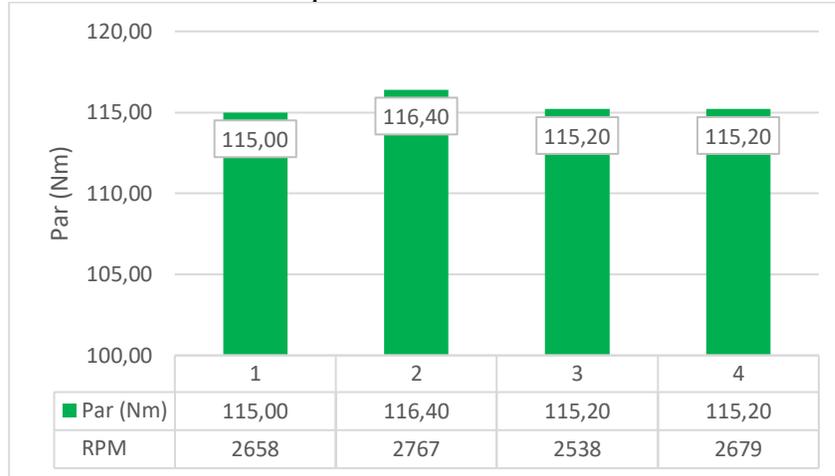
N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Par (Nm)
1	67	2658	115,00
2	75	2767	116,40
3	69	2538	115,20
4	73	2679	115,20
<b>Promedio</b>	<b>71</b>	<b>2661</b>	<b>115,45</b>

Los resultados obtenidos al utilizar el combustible Ecopaís, combinado con el aditivo 1, fueron los siguientes: en la primera prueba se registró un par de 115,00 Nm @ 2658 rpm, el más bajo de todos. La segunda prueba se destacó al alcanzar el par más elevado, con un valor de 116,40 Nm @ 2767 rpm. En la tercera y cuarta pruebas, el par se mantuvo en 115,20 Nm @ 2538 rpm y 2679 rpm, respectivamente. Finalmente, se establece un promedio de 115,45 Nm @ 2661 rpm.



**Figura 15**

*Pruebas de par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 1*



En la **Figura 15** se muestra un gráfico de barras que ilustra la cifras máximas de par motor obtenidos en cada prueba al emplear combustible Ecopaís más el aditivo 1. Se puede destacar que el valor más alto registrado corresponde a la prueba número dos, donde el par alcanzó los 116,40 Nm @ 2767 rpm.

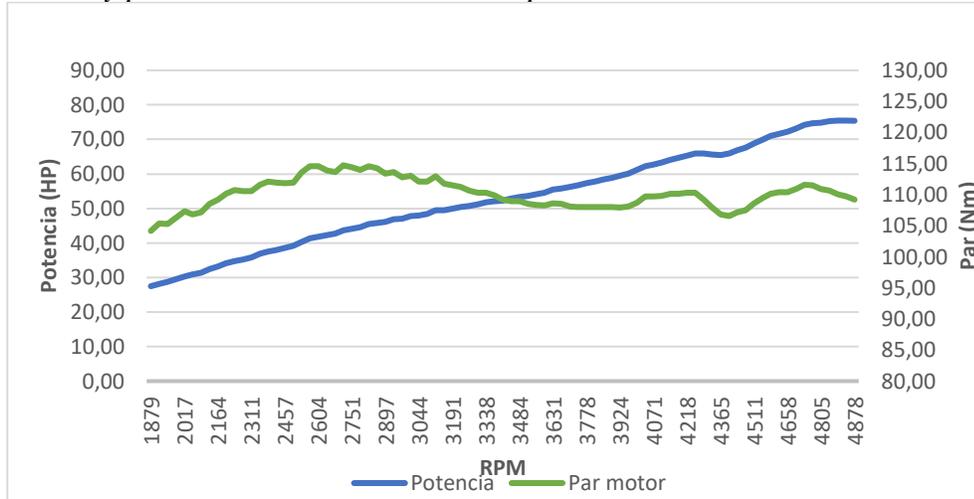
#### **4.2.2.3. Curvas de desempeño**

En la **Figura 16** se presenta el valor máximo de las curvas características obtenidas en las cuatro pruebas realizadas al emplear el combustible Ecopaís con el aditivo 1. El vehículo alcanzó una potencia máxima de 75,36 hp @ 4 878 rpm, mientras que el par motor alcanza un valor de 116,40 Nm @ 2 767 rpm.



**Figura 16**

*Curvas s de potencia y par motor con combustible Ecopaís más aditivo 1*



**4.2.3. Evaluación de Potencia y Torque con el Uso de Gasolina Ecopaís más el Aditivo 2**

La tercera variante de las pruebas consistió en utilizar el combustible Ecopaís más el aditivo 2. Esta configuración se aplicó para analizar su efecto en el rendimiento del motor y comparar con los niveles de potencia y torque registrados con el combustible Ecopaís en su estado puro.

**4.2.3.1. Evaluación de Potencia.**

La **Tabla 20** presenta los resultados de las pruebas realizadas en un dinamómetro de chasis utilizando Ecopaís con el aditivo 2, incluyendo el valor promedio de estas variables.

**Tabla 20**

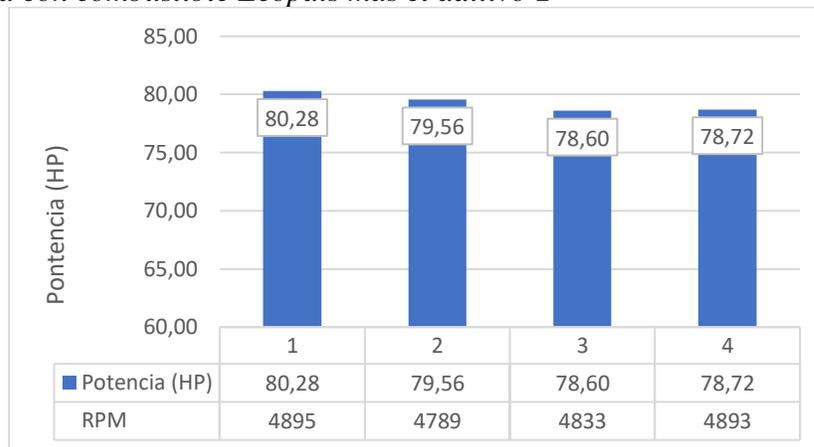
*Potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 2*

N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Potencia (HP)
1	133	4895	80,28
2	131	4789	79,56
3	132	4833	78,60
4	133	4893	78,72
<b>Promedio</b>	<b>132</b>	<b>4853</b>	<b>79,29</b>



En la primera prueba, se registró la potencia máxima de las cuatro pruebas con 80,28 hp @ 4895 rpm, en la segunda prueba se registró una ligera disminución a 79,56 hp @ 4789 rpm. La tercera prueba arrojó una potencia de 78,60 hp @ 4833 rpm. En la cuarta prueba la potencia alcanzada fue de 78,72 hp @ 4893 rpm. Finalmente, se obtuvo una potencia promedio de 79,29 hp @ 4853 rpm.

**Figura 17**  
*Pruebas de potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 2*



La **Figura 17** presenta la relación entre la potencia generada y la velocidad de rotación registrada durante las cuatro pruebas. Se puede observar que la potencia máxima obtenida con el combustible Ecopaís más el aditivo 2 fue de 80,28 Hp en la primera prueba.

#### 4.2.3.2. Evaluación de Torque.

Los resultados de torque máximo se resumen en la **Tabla 21** para las cuatro pruebas realizadas con el combustible Ecopaís más el aditivo 2. También se presenta el promedio de las pruebas realizadas para una interpretación más simple de los resultados, los cuales se presentan a continuación.



**Tabla 21**

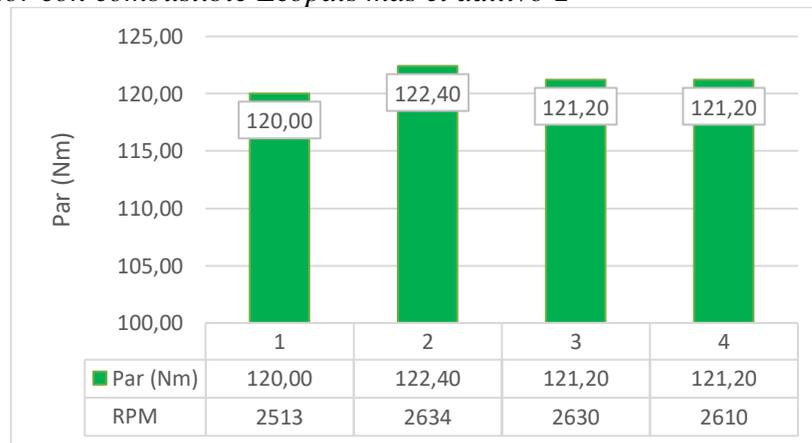
*Par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 2*

N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Par (Nm)
1	69	2513	120,00
2	72	2634	122,40
3	72	2630	121,20
4	71	2610	121,20
<b>Promedio</b>	<b>71</b>	<b>2597</b>	<b>121,20</b>

En la primera prueba, se registró un par de 120,00 Nm @ 2513 rpm, en la segunda prueba se alcanzó el par máximo de las cuatro pruebas con 122,40 Nm @ 2634 rpm. La tercera y la cuarta prueba tuvieron una ligera disminución, mostrando un par de 121,20 Nm. En promedio, el par generado fue de 121,20 Nm @ 2597 rpm.

**Figura 18**

*Pruebas de par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 2*



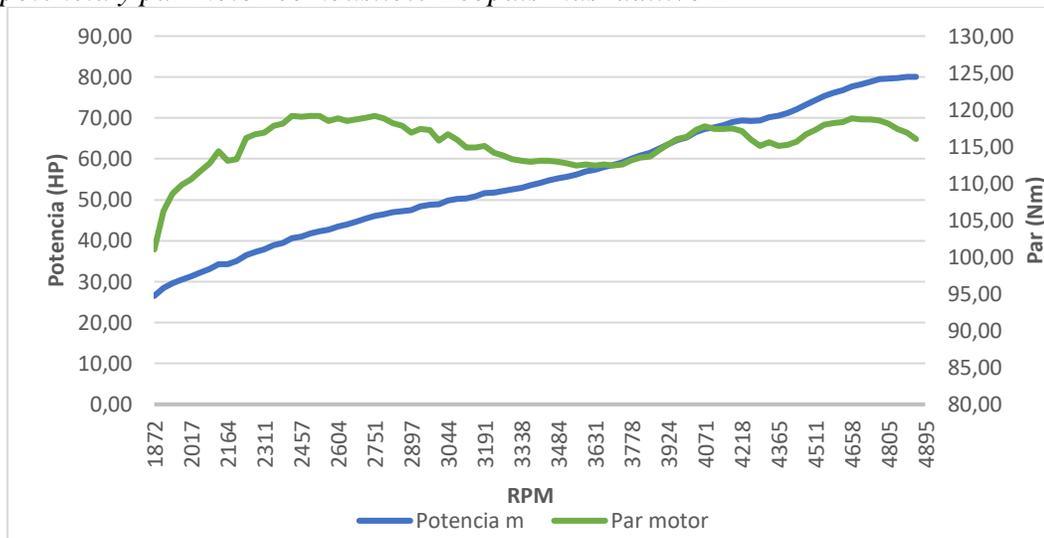
En la **Figura 18** se muestran los datos de par motor obtenidos según las revoluciones por minuto registradas en cada prueba con el combustible Ecopaís más el aditivo 2. Al observar el gráfico, se puede notar que el mayor valor de par motor alcanzado fue de 122,40 Nm @ 2634 rpm en la segunda prueba.

#### 4.2.3.3. Curvas de Desempeño.

En la **Figura 19** se muestran los valores máximos de las curvas de desempeño del motor obtenidas de las pruebas realizadas. Utilizando esta mezcla de combustible el motor alcanzó una potencia máxima de 80,28 hp @ 4895 rpm, mientras que el torque máximo obtenido se situó en 122,40 Nm @ 2634 rpm.

**Figura 19**

*Curvas de potencia y par motor combustible Ecopaís más aditivo 2*



#### 4.2.4. Evaluación de potencia y torque con el uso de gasolina Ecopaís más el Aditivo 3

La cuarta variante se realizó utilizando el combustible Ecopaís añadiendo el aditivo 3. Esta mezcla se implementó para analizar su efecto en el rendimiento del motor y para comparar los niveles de potencia y torque generados con el uso exclusivo de combustible Ecopaís sin aditivos.

##### 4.2.4.1. Evaluación de Potencia.



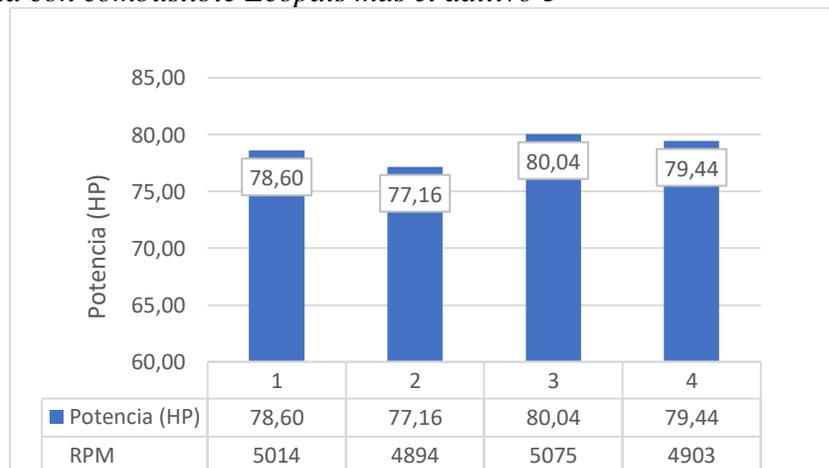
La **Tabla 22** muestra los valores de potencia máxima alcanzados a diferentes rpm y velocidades con base en cuatro pruebas realizadas al mezclar combustible Ecopaís más el aditivo 3 en el vehículo Chery Tiggo 2, y a su vez presenta una media de la potencia máxima obtenida.

**Tabla 22**  
*Potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 3*

N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Potencia (HP)
1	137	5014	78,60
2	133	4894	77,16
3	138	5075	80,04
4	134	4903	79,44
<b>Promedio</b>	<b>136</b>	<b>4972</b>	<b>78,81</b>

En la primera prueba, el motor alcanzó 78,60 hp @ 5014 rpm, en la segunda prueba la potencia fue de 77,16 hp @ 4894 rpm. En la tercera prueba, el motor alcanzó su máxima potencia de 80,04 hp @ 5075 rpm, mientras que en la cuarta prueba se registró una potencia de 79,44 hp @ 4903 rpm. Esto dio como resultado un promedio de 78,81 hp @ 4972 rpm.

**Figura 20**  
*Pruebas de potencia con combustible Ecopaís más el aditivo 3*





La **Figura 20** exhibe los resultados de las cuatro pruebas llevadas a cabo, en las que se indican las potencias máximas alcanzadas en relación con las revoluciones por minuto de cada prueba, al emplear el combustible Ecopaís combinado con el aditivo 3. Se puede apreciar que en la prueba número tres se obtuvo la potencia máxima alcanzando 80,04 hp.

#### 4.2.4.2. Evaluación de Torque.

A continuación, en la **Tabla 23**, se presentan las mediciones dinamométricas de torque y las rpm del motor para cada una de las pruebas efectuadas en el vehículo de prueba y sus promedios al usar el combustible Ecopaís más el aditivo 3.

**Tabla 23**

*Par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 3*

N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Par (Nm)
1	74	2731	117,60
2	73	2695	117,60
3	71	2609	118,80
4	70	2581	120,00
<b>Promedio</b>	<b>72</b>	<b>2654</b>	<b>118,50</b>

El par registrado durante cada prueba es el siguiente: En la primera y segunda prueba el torque se mantuvo en 117,60 Nm. El par se incrementó ligeramente en la tercera prueba a 118,80 Nm @ 2609 rpm, en la cuarta prueba alcanzó 120,00 Nm @ 2581 rpm, siendo el par más alto de las pruebas. El promedio de las pruebas muestra un torque de 118,50 Nm @ 2654 rpm.



**Figura 21**

*Pruebas de par motor con combustible Ecopaís más el aditivo 3*



La **Figura 21** indica los valores de par motor máximos logrados por el vehículo en cada una de las pruebas realizadas, utilizando el aditivo 3. Se puede observar que en la cuarta prueba se registra la cifra más alta, con un torque de 120,00 Nm @ 2581 rpm.

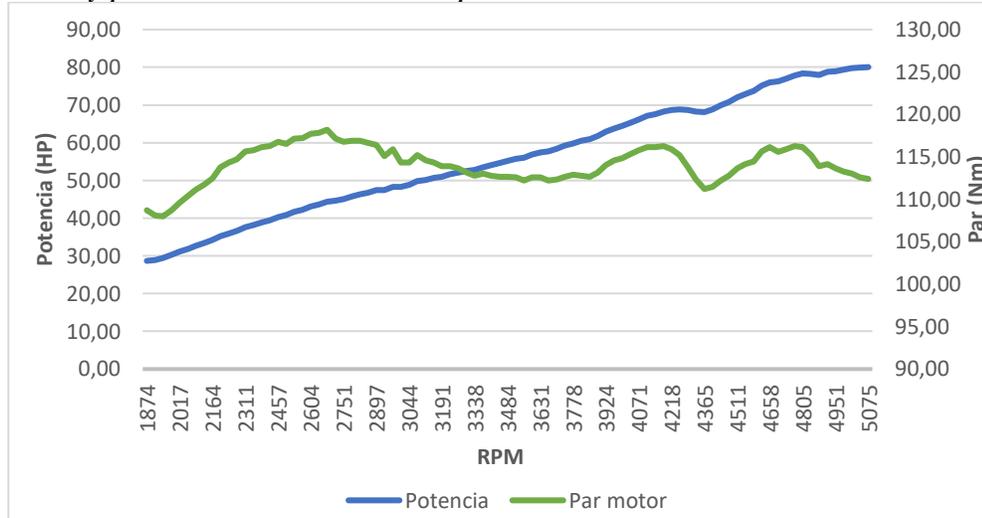
#### **4.2.4.3. Curvas de Desempeño.**

En la **Figura 22** se exhiben las gráficas de potencia y par máximos derivadas de las cuatro evaluaciones efectuadas en el vehículo de prueba. Las curvas características de este motor indican que al incorporar este aditivo en el combustible Ecopaís, el vehículo alcanzó una potencia máxima de 80,04 hp @ 5075 rpm y un par motor de 120,00 Nm @ 2581 rpm.



**Figura 22**

*Curvas de potencia y par motor combustible Ecopaís más aditivo 3*



**4.2.5. Evaluación de Potencia y Torque con el Uso de Gasolina Ecopaís más Super Premium**

La quinta variante consistió en el uso del combustible Ecopaís con la incorporación del combustible Super Premium. Esta combinación se empleó con el propósito de evaluar su impacto en el desempeño del motor y comparar los valores de potencia y torque con aquellos obtenidos al utilizar únicamente Ecopaís.

**4.2.5.1. Evaluación de Potencia.**

En la **Tabla 24** se muestran los datos de la potencia máxima alcanzada, en relación con las revoluciones y la velocidad del motor. Esta información proviene de la realización de las pruebas utilizando combustible Ecopaís junto con Súper Premium en el vehículo de prueba, además se calculó un promedio de estos datos.



**Tabla 24**

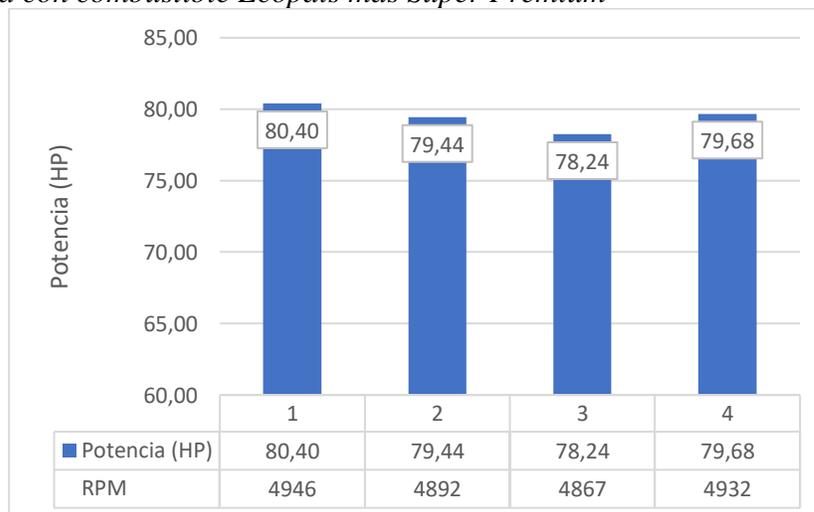
*Potencia con combustible Ecopaís más Super Premium*

N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Potencia (HP)
1	135	4946	80,40
2	133	4892	79,44
3	133	4867	78,24
4	134	4932	79,68
<b>Promedio</b>	<b>134</b>	<b>4909</b>	<b>79,44</b>

La potencia alcanzada en las pruebas con combustible Ecopaís más Super Premium fueron los siguientes: la mayor potencia fue registrada en la primera prueba con 80,40 hp @ 4946 rpm, en la segunda prueba la potencia bajó ligeramente, alcanzando los 79,44 hp @ 4892 rpm, en la tercera prueba se obtuvo la potencia más baja con 78,24 hp @ 4867 rpm, mientras, en la prueba número cuatro se registró una potencia de 79,68 hp @ 4932 rpm. Por último, el valor de potencia media fue de 79,44 hp @ 4909 rpm.

**Figura 23**

*Pruebas de potencia con combustible Ecopaís más Super Premium*





En la **Figura 23** se presenta una gráfica que ilustra los valores obtenidos durante las cuatro pruebas realizadas, mostrando las potencias máximas alcanzadas en relación con las revoluciones por minuto al emplear el combustible Ecopaís con Super Premium. Así mismo, se destaca que en la primera prueba se registró el valor más alto de potencia, siendo este de 80,40 Hp.

#### 4.2.5.2. Evaluación de Torque.

En la **Tabla 25** se describen los resultados registrados por el dinamómetro relacionados con el par motor, las revoluciones y la velocidad, de las pruebas efectuadas al vehículo de prueba.

**Tabla 25**

*Par motor con combustible Ecopaís más Super Premium*

N° Prueba	Velocidad (km/h)	RPM	Par (Nm)
1	70	2568	120,00
2	74	2711	120,00
3	72	2630	117,60
4	71	2615	120,00
<b>Promedio</b>	<b>72</b>	<b>2631</b>	<b>119,40</b>

Los datos alcanzados de las evaluaciones efectuadas en el dinamómetro al vehículo utilizando la mezcla de los combustibles Ecopaís y Súper Premium fueron los siguientes: en la primera prueba se registró un par motor de 120,00 Nm @ 2568 rpm, durante la segunda prueba se mantuvo el mismo par de 120,00 Nm @ 2711 rpm, mientras que en la tercera prueba el par disminuyó ligeramente a 117,60 Nm @ 2630 rpm, a su vez en la cuarta medición se volvió a registrar un par de 120,00 Nm @ 2615 rpm. Finalmente, el promedio calculado de las pruebas fue de 119,40 Nm @ 2631 rpm.



**Figura 24**

*Pruebas de par motor con combustible Ecopaís más Super Premium*



En la **Figura 24** se presentan los datos de par motor máximos obtenidos en cada una de las pruebas realizadas, utilizando combustible Ecopaís combinado con Super Premium. Cabe destacar que el valor más elevado se registró en la prueba 1, 2 y 4, alcanzando un par motor de 120,00 Nm

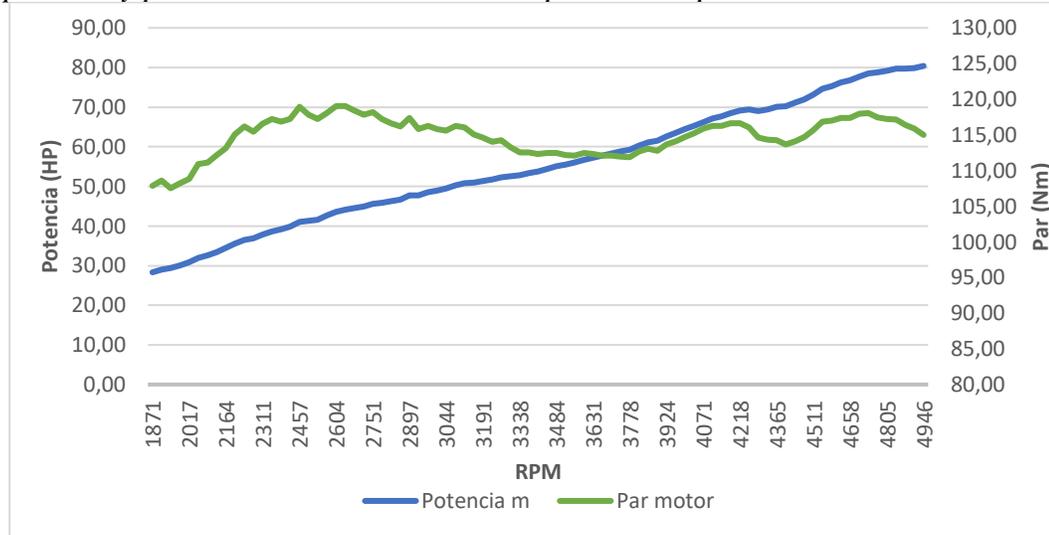
#### 4.2.5.3. Curvas de Desempeño.

En la **Figura 25** se muestra la gráfica de rendimiento máximo de potencia y torque, obtenidos durante las pruebas efectuadas. Se evidencia que el vehículo alcanzó un valor máximo de potencia de 80,40 hp @ 4946 rpm y un par motor de 120,00 Nm @ 2568 rpm.



**Figura 25**

*Curvas de potencia y par motor con combustible Ecopaís más Super Premium*



**4.3. Análisis Comparativo de los Resultados de Potencia y Par Motor Obtenidos con Diferentes Tipos de Combustible**

Luego de realizar el análisis de los valores promedio de potencia y par motor obtenidos con cada variante de combustible, es importante realizar una evaluación detallada de todos los datos obtenidos, lo que ayudará a identificar sus ventajas y determinar qué combustible tuvo mejor desempeño según los resultados obtenidos.

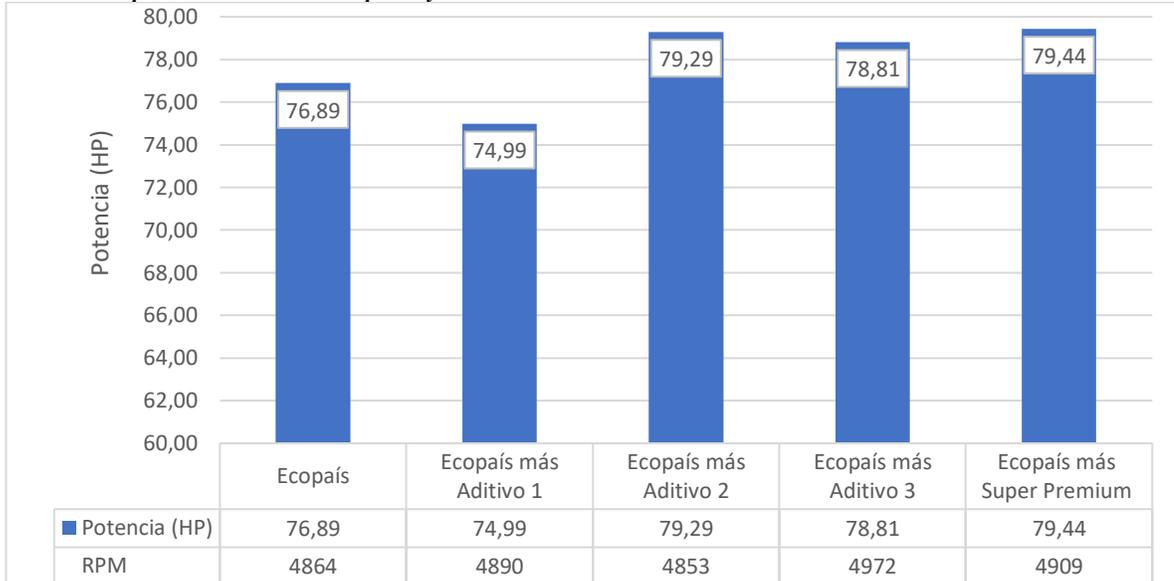
**4.3.1. Comparación de Potencia y Par Motor.**

La **Figura 26** muestra gráficamente los rangos de potencia y la **Figura 27** muestra gráficamente los niveles de par motor logrados por el vehículo con cada tipo de combustible. A continuación, se presenta el análisis de las gráficas.



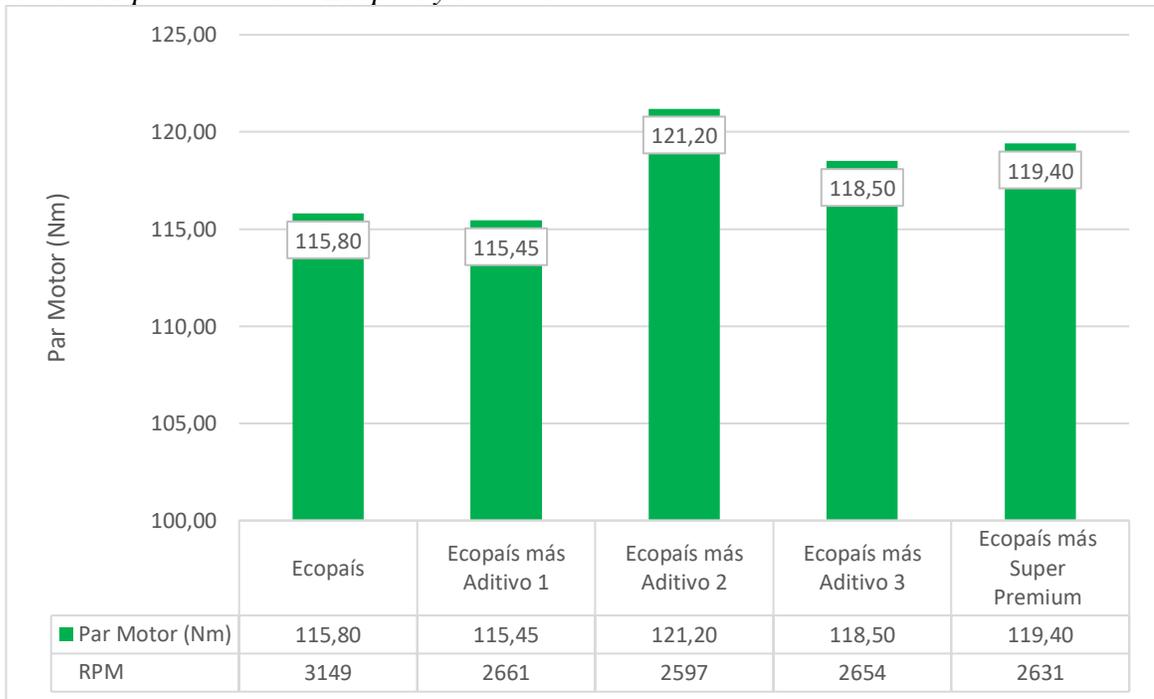
**Figura 26**

*Comparación de potencias con Ecopaís y aditivos*



**Figura 27**

*Comparación de par motor con Ecopaís y aditivos*





Como valores de referencia para la presente investigación, se consideró la potencia y el par motor obtenidos utilizando el combustible Ecopaís, los cuales fueron de 76,89 Hp y de 115,80 Nm. Este resultado servirá como punto de comparación para evaluar el desempeño de los demás combustibles y mezclas analizadas en términos de potencia desarrollada bajo condiciones similares de prueba.

Al añadir el aditivo 1 en la gasolina Ecopaís la potencia disminuyó ligeramente a 74,99 Hp al igual que su par motor, que fue de 115,45 Nm. Esta ligera disminución indica que el aditivo compuesto por compensadores de octanaje, compuestos químicos y catalizadores no ha contribuido al aumento del rendimiento del motor, impactando de manera desfavorable en la combustión o en la eficiencia del combustible original. Esto indica que, al menos en esta prueba, el aditivo no ofrece una ventaja en potencia y en par motor.

Al incorporar el aditivo 2, la potencia se incrementó alcanzando 79,29 Hp, y del mismo modo el par motor alcanzó los 121,20 Nm, demostrando una notable mejora en la potencia y par motor en comparación con el uso exclusivo de Ecopaís. Esta optimización se atribuye a que el aditivo contiene tolueno y butanol, información proporcionada por el fabricante y detallada en las especificaciones del producto. El tolueno es un hidrocarburo aromático que tiene un alto poder calorífico y con alta capacidad antidetonante que mejora la resistencia del combustible a la autoignición, favoreciendo una combustión más controlada en motores de alta compresión, mientras que el butanol enriquece la mezcla y proporciona oxígeno extra, generando más potencia y fuerza.



Al aplicar el aditivo 3, la potencia se incrementa de 76,89 Hp con el uso de Ecopaís puro a 78,81 Hp, mejorando el rendimiento del motor, y el par motor alcanzando los 118,50 Nm, lo que sugiere una combustión más eficiente en comparación con Ecopaís sin aditivo, pero no es una mejora significativa en comparación con el uso del aditivo 2.

La mezcla de Ecopaís con Súper Premium produjo el resultado más favorable en cuanto a potencia llegando a 79,44 Hp en comparación a los 76,89 Hp con Ecopaís pura. El par motor promedio se incrementó de 115,80 Nm con Ecopaís a 119,40 Nm. Este aumento se debe a que la gasolina Súper Premium posee un mayor índice de octano, lo que le permite resistir mejor la detonación prematura y favorecer una combustión más controlada ya que al mezclarse con una gasolina de bajo octanaje, contribuye a equilibrar el nivel de octano de la mezcla, mejorando así el desempeño del motor.

#### **4.4. Análisis del Impacto de Diferentes Combustibles en las Emisiones de Gases de Escape**

La normativa técnica ecuatoriana INEN 2204 establece los límites permitidos de emisiones para vehículos que utilizan gasolina, lo que la convierte en un referente clave en el análisis del impacto de diferentes combustibles en las emisiones de gases de escape. Dado que el estudio evalúa cómo la adición de distintos aditivos influye en la reducción o incremento de contaminantes como CO, CO<sub>2</sub> y HC, esta normativa como muestra la **Tabla 26**, proporciona un marco regulatorio para comparar los resultados obtenidos con los valores máximos permitidos, asegurando así la viabilidad y el cumplimiento ambiental de cada mezcla analizada.

**Tabla 26**

*Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).*

<b>Año modelo</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>CO (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>
2000 y posteriores	0 – 3000	1.0	200
1990 a 1999	0 – 1500	3.5	650
1990 a 1999	1500 – 3000	4.5	750
1989 y anteriores	0 – 1500	5.5	1000
1989 y anteriores	1500 – 3000	6.5	1200

Tomado de:[50]

Una vez realizadas las pruebas de potencia y torque en el vehículo Chery Tiggo-2, se realizó un estudio detallado de las emisiones de gases utilizando el analizador de gases AGS-688. Para garantizar resultados precisos y consistentes, las mediciones se efectuaron en tres regímenes operativos (850, 2500 y 3500 RPM), con tres repeticiones por cada caso para minimizar posibles errores o desviaciones en los datos obtenidos.

Adicionalmente, se decidió incluir pruebas a 3500 RPM para someter al motor a una mayor exigencia y analizar si esto ocasiona diferencias significativas en la emisión de gases.

Posteriormente, se compararon los datos obtenidos con las emisiones producidas por otras variantes de combustible, considerando que la gasolina Ecopaís es la más utilizada en el mercado de la región Costa, la cual se eligió para estas pruebas, dado que la gasolina Extra se evaluó previamente.

El alcance de este análisis se amplió aprovechando las capacidades del equipo AGS-688 de la Universidad Técnica del Norte. Esto permitió incluir un estudio comparativo más completo



que abarcó, además de CO y HC, también se analizaron los niveles de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y el factor lambda ofreciendo una visión más integral del impacto ambiental de los combustibles evaluados.

#### 4.4.1. *Análisis de Monóxido de Carbono*

##### 4.4.1.1. **Monóxido de Carbono con Combustible Ecopais vs Ecopais más el Aditivo 1.**

Los resultados de las pruebas realizadas con gasolina Ecopais y el Aditivo 1 se compararon utilizando los valores registrados en la **Tabla 27**. Este análisis permitió determinar si hubo un incremento o disminución en las emisiones de CO.

**Tabla 27**

*Diferencia en la concentración de CO usando combustible Ecopais vs Ecopais más el Aditivo 1.*

RPM	Ecopais	E + A1	Diferencia	Incremento	Disminución
850	0	0	0	~	~
2500	0,0075	0,01	0,0025	33 %	~
3500	0,01	0,0125	0,0025	25 %	~

El uso del Aditivo 1 con Ecopais aumenta la producción de CO a 2500 y 3500 rpm un 33% y 25% respectivamente, no obstante, a 850 rpm no hay variación ya que ambos combustibles no presentan un valor distinto a 0.

##### 4.4.1.2. **Monóxido de Carbono con Combustible Ecopais vs Ecopais más Aditivo 2.**

Tras obtener los resultados con el analizador de gases en el vehículo Chery Tiggo-2 en diferentes revoluciones, se procedió a analizar y comparar los datos. En la **Tabla 28** se presenta el



promedio de los valores obtenidos al utilizar gasolina Ecopaís y Ecopaís combinada con el aditivo 2, permitiendo identificar las diferencias en el incremento o disminución de los gases emitidos.

**Tabla 28**

*Diferencia en la concentración de CO usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2.*

RPM	Ecopaís	E + A2	Diferencia	Incremento	Disminución
850	0	0	0	~	~
2500	0,0075	0,0075	0	~	~
3500	0,01	0,0125	0,0025	25 %	~

El uso del aditivo 2 en la gasolina Ecopaís no muestra diferencia a 850 rpm al igual que en 2500 rpm. Sin embargo, a 3500 rpm se evidenció un incremento del 25 % de concentración de CO.

**4.4.1.3. Monóxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 3.**

El análisis del incremento o disminución de las emisiones de CO se llevó a cabo comparando los valores promedio registrados en la **Tabla 29**. Dichos valores se obtuvieron de pruebas de emisiones de gases realizadas a diferentes revoluciones por minuto con la mezcla Ecopaís más el aditivo 3 como combustible.

**Tabla 29**

*Diferencia en la concentración de CO usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3.*

RPM	Ecopaís	E + A3	Diferencia	Incremento	Disminución
850	0	0	0	~	~
2500	0,0075	0,0075	0	~	~
3500	0,01	0,0125	0,0025	25 %	~



Al utilizar la mezcla Ecopaís más el aditivo 3 en el vehículo, se nota un aumento de CO a 3500 rpm de un 25% en comparación al porcentaje de CO emanado con gasolina Ecopaís, sin embargo, a 850 rpm y 2500 rpm no existe ninguna variación.

#### 4.4.1.4. Monóxido De Carbono con Combustible Ecopaís vs Super Más Ecopaís.

La **Tabla 30** muestra los valores promedio de las emisiones de gases registrados en las pruebas realizadas a diferentes revoluciones por minuto con la mezcla Super más Ecopaís como combustible. El análisis de estos valores permitió determinar el impacto de este combustible en la concentración de CO

**Tabla 30**

*Diferencia en la concentración de CO usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís*

RPM	Ecopaís	E + E.S	Diferencia	Incremento	Disminución
850	0	0	0	~	~
2500	0,0075	0,01	0,0025	33 %	~
3500	0,01	0,01	0	~	~

Al utilizar la mezcla Súper Premium más Ecopaís como combustible para el vehículo no se evidencia una variación de CO a 850 y 3 500 rpm. No obstante, a 2500 rpm se nota un incremento del 33%.

#### 4.4.1.5. Comparación de Resultados de Emisiones de Monóxido de Carbono.

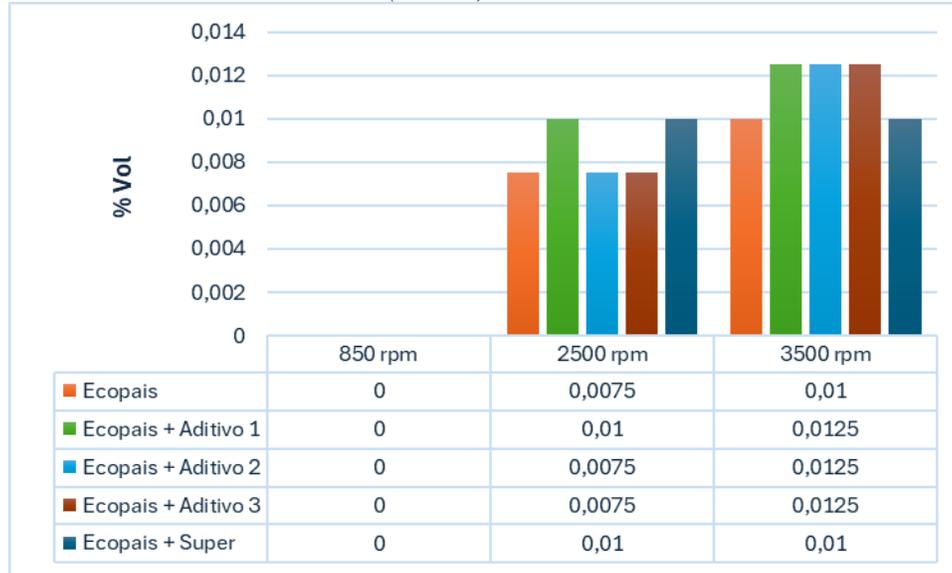
La **Figura 28** muestra los valores de concentración de monóxido de carbono emitidos al utilizar gasolina Ecopaís y diferentes combinaciones de aditivos a distintas revoluciones del motor.

A continuación, se detalla el comportamiento observado:



**Figura 28**

*Concentración de monóxido de carbono (% Vol)*



A 850 rpm, las emisiones de CO se mantienen en 0 % Vol para todas las combinaciones de combustible, evidenciando que no hay generación de este gas a bajas revoluciones.

A 2500 rpm, las emisiones de CO comienzan a incrementarse ligeramente. La gasolina con el aditivo 1 muestra el valor más alto, con un 0,01 % Vol, mientras que el resto de los combustibles, incluyendo Ecopais y sus combinaciones con los aditivos y Súper Premium, presentan una concentración menor de 0,0075 % Vol. Este comportamiento sugiere que el aditivo 1 podría aumentar levemente la emisión de CO a revoluciones medias.

Finalmente, a 3500 rpm, las emisiones alcanzan sus valores máximos. La mezcla de Ecopais con el aditivo 1, aditivo 2 y aditivo 3 comparte un mismo nivel de 0,0125 % Vol, lo que representa un incremento respecto al valor registrado con gasolina Ecopais pura 0,01 % Vol. Por otro lado, la combinación de Ecopais con gasolina Súper retorna al nivel inicial de Ecopais puro 0,01 % Vol, destacándose como la opción con menor incremento de CO a altas revoluciones.



Como conclusión estos resultados evidencian que el aditivo 1 presenta las mayores emisiones de CO a todas las revoluciones evaluadas, mientras que la mezcla Ecopaís + Súper muestra un comportamiento más estable, sin aumentos significativos respecto a la gasolina base.

**4.4.2. Análisis de Dióxido de Carbono**

**4.4.2.1. Dióxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 1.**

Tras llevar a cabo las pruebas en diferentes revoluciones, se analizaron y compararon las concentraciones promedio de CO<sub>2</sub> utilizando gasolina Ecopaís y Ecopaís con el aditivo 1 como aditivo. Los resultados obtenidos se detallan en la **Tabla 31**.

**Tabla 31**

*Diferencia en la concentración de CO<sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1*

<b>RPM</b>	<b>Ecopaís</b>	<b>E + A1</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Incremento</b>	<b>Disminución</b>
850	14,1	14,5	0,4	3 %	~
2500	14,1	14,45	0,35	2 %	~
3500	14,125	14,55	0,425	3 %	~

A 850 rpm, el uso del aditivo 1 en la gasolina Ecopaís generó un incremento del 3 % en la concentración de CO<sub>2</sub>. En el caso de 2500 rpm, se observó un aumento más moderado del 2 %. Finalmente, a 3500 rpm, las emisiones mostraron nuevamente un incremento del 3 %.

**4.4.2.2. Dióxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 2.**

Después de realizar las pruebas con el analizador de gases AGS-688 en el vehículo Chery Tiggo-2 a distintas revoluciones, se llevó a cabo un análisis y comparación de los resultados



obtenidos. En la **Tabla 32** se detallan los valores promedio al utilizar gasolina Ecopaís y Ecopaís con aditivo 2, lo que permitió evaluar las variaciones en el incremento o disminución de los gases emitidos.

**Tabla 32**

*Diferencia en la concentración de CO<sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2*

RPM	Ecopaís	E + A2	Diferencia	Incremento	Disminución
850	14,1	14,5	0,4	3 %	~
2500	14,1	14,525	0,425	3 %	~
3500	14,125	14,525	0,4	3 %	~

En el caso de 850 rpm y 2500 rpm, se observó un incremento del 3 % en la concentración de CO<sub>2</sub> al agregar el aditivo 2 a la gasolina Ecopaís. A 3500 rpm, la tendencia se mantuvo con un incremento similar del 3 %. Estos resultados sugieren que la inclusión del aditivo genera un aumento constante en las emisiones de CO<sub>2</sub>, independientemente del régimen de revoluciones evaluado.

#### 4.4.2.3. Dióxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 3.

Tras desarrollar las mediciones de gases emitidos a diferentes regímenes de revoluciones por minuto, se calculó el promedio correspondiente para comparar los resultados obtenidos. En la **Tabla 33** se muestran los valores registrados, lo que permite evaluar las variaciones en la concentración de CO<sub>2</sub> al utilizar gasolina Ecopaís frente a la mezcla de Ecopaís con el aditivo 3.



**Tabla 33**

*Diferencia en la concentración de CO2 usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3*

<b>RPM</b>	<b>Ecopaís</b>	<b>E + A3</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Incremento</b>	<b>Disminución</b>
850	14,1	14,5	0,4	3 %	~
2500	14,1	14,525	0,425	3 %	~
3500	14,125	14,55	0,425	3 %	~

El uso de la mezcla Ecopaís más el aditivo 3 como combustible resultó en un incremento del 3 % en la concentración de CO2 a todas las revoluciones evaluadas 850, 2500 y 3500 rpm. Este comportamiento refleja un aumento constante en las emisiones al agregar el aditivo 3, manteniendo un patrón uniforme sin disminuciones registradas en ninguno de los regímenes analizados.

**4.4.2.4. Dióxido de Carbono con Combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.**

Después de realizar los ensayos de emisiones de gases a diferentes regímenes de revoluciones por minuto, se calcularon los promedios respectivos para comparar los valores obtenidos. En la **Tabla 34** se presentan las diferencias en la concentración de CO2 al utilizar gasolina Ecopaís frente a la mezcla de Ecopaís con Super, permitiendo evaluar los incrementos observados.

**Tabla 34**

*Diferencia en la concentración de CO2 usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís*

<b>RPM</b>	<b>Ecopaís</b>	<b>E + E.S</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Incremento</b>	<b>Disminución</b>
850	14,1	14,725	0,625	4 %	~
2500	14,1	14,725	0,625	4 %	~
3500	14,125	14,75	0,625	4 %	~



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**

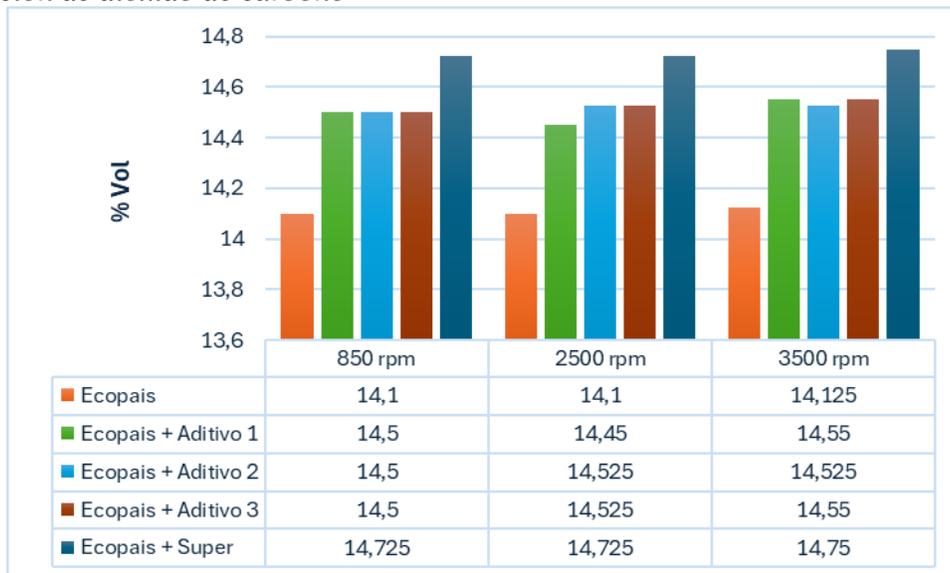


Los resultados muestran que la inclusión de Super en la gasolina Ecopaís generó un incremento uniforme del 4 % en la concentración de CO<sub>2</sub> a todas las revoluciones analizadas: 850, 2500 y 3500 rpm. Este aumento consistente evidencia que la mezcla de Ecopaís con Super eleva las emisiones de CO<sub>2</sub> de manera constante, sin registrar disminuciones en ningún caso.

**4.4.2.5. Comparación de Resultados de Emisiones de Dióxido de Carbono.**

La **Figura 29** muestra los valores de concentración de dióxido de carbono (% Vol) para gasolina Ecopaís y sus combinaciones con diferentes aditivos a tres regímenes de revoluciones. A continuación, se analizan los resultados obtenidos:

**Figura 29**  
*Concentración de dióxido de carbono*



A 850 rpm, la concentración de CO<sub>2</sub> más baja corresponde a la gasolina Ecopaís pura 14,1 % Vol. Todas las mezclas con aditivos presentan valores más altos. La



combinación de Ecopaís + Súper registra el mayor incremento, alcanzando 14,725 % Vol, lo que representa un aumento significativo respecto a Ecopaís puro.

A 2500 rpm, los valores de concentración se mantienen en una tendencia similar. Ecopaís puro conserva el valor más bajo 14,1 % Vol, mientras que Ecopaís + Súper sigue siendo la mezcla con mayor concentración 14,725 % Vol. Las combinaciones con el aditivo 1, 2 y 3 se ubican en un rango intermedio entre 14,45 % Vol y 14,525 % Vol.

Finalmente, a 3500 rpm, el comportamiento es coherente con las revoluciones previas. Ecopaís puro muestra nuevamente la menor concentración de CO<sub>2</sub> 14,125 % Vol, mientras que Ecopaís + Súper mantiene el valor más alto 14,75 % Vol. Las demás mezclas, como las que incluyen los aditivos 1,2 y 3 presentan concentraciones similares, oscilando entre 14,525 % Vol y 14,55 % Vol.

Como conclusión podemos decir que la mezcla Ecopaís + Súper genera los valores más altos de emisiones de CO<sub>2</sub> en todos los regímenes, mientras que la gasolina Ecopaís pura se mantiene como la opción con menor emisión. Las combinaciones con otros aditivos, aunque presentan incrementos respecto a Ecopaís puro, tienen un comportamiento más moderado en comparación con Ecopaís + Súper.

#### **4.4.3. Análisis de Hidrocarburos**

##### **4.4.3.1. Hidrocarburos con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1.**

Se realizaron pruebas de emisiones de hidrocarburos a distintas revoluciones por minuto, y los resultados obtenidos fueron analizados y comparados. En la **Tabla 35** se muestran las



concentraciones promedio de HC utilizando gasolina Ecopaís y la mezcla de Ecopaís con el aditivo

1, permitiendo evaluar los cambios en las emisiones.

**Tabla 35**

*Diferencia en la concentración de HC usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1*

RPM	Ecopaís	E + A1	Diferencia	Incremento	Disminución
850	12	6,5	-5,5	~	46 %
2500	24	20,5	-3,5	~	15 %
3500	15,25	19	3,75	25 %	~

El análisis muestra que la mezcla de Ecopaís con el aditivo 1 generó una disminución significativa de hidrocarburos a bajas y medias revoluciones, con reducciones del 46 % a 850 rpm y del 15 % a 2500 rpm. Sin embargo, a 3500 rpm se registró un incremento del 25 % en la concentración de HC, evidenciando un comportamiento mixto en función del régimen del motor.

#### 4.4.3.2. Hidrocarburos Emanados con Gasolina Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 2.

Después de realizar los ensayos realizados con el analizador de gases en el vehículo a distintas revoluciones, se analizaron y compararon los valores promedio obtenidos. En la **Tabla 36** se presentan los resultados para identificar los cambios en la concentración de HC al usar gasolina Ecopaís y la mezcla de Ecopaís con el aditivo 2.

**Tabla 36**

*Diferencia en la concentración de HC usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2*

RPM	Ecopaís	E + A2	Diferencia	Incremento	Disminución
850	12	11	-1	~	8 %
2500	24	22,75	-1,25	~	5 %
3500	15,25	19	3,75	25 %	~



El uso del aditivo 2 en la gasolina Ecopaís redujo la concentración de HC en bajas y medias revoluciones: un 8 % a 850 rpm y un 5 % a 2500 rpm. Sin embargo, a 3500 rpm se observó un incremento del 25 % en la concentración de hidrocarburos, indicando que el comportamiento de las emisiones varía considerablemente dependiendo del régimen de operación del motor.

#### 4.4.3.3. Hidrocarburos Emanados Con Gasolina Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 3.

Después de concluir las pruebas de emisiones de gases, se calculó el promedio correspondiente para comparar los resultados, como se observa en la **Tabla 37**. En ella se puede apreciar si el nivel de concentración de HC aumenta o disminuye al utilizar la mezcla Ecopaís y el aditivo 3.

**Tabla 37**

*Diferencia en la concentración de HC usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3*

RPM	Ecopaís	E + S	Diferencia	Incremento	Disminución
850	12	4,5	-7,5	~	63 %
2500	24	15,5	-8,5	~	35 %
3500	15,25	15,75	0,5	3 %	~

El uso de la mezcla Ecopaís más el aditivo 3 redujo la concentración de hidrocarburos a bajas y medias revoluciones: un 63 % a 850 rpm y un 35 % a 2500 rpm. Sin embargo, a 3500 rpm se observó un incremento del 3 % en la concentración de HC, lo que indica que el comportamiento de las emisiones varía según el régimen de operación del motor.



#### 4.4.3.4. Hidrocarburos con Combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.

El análisis del incremento o disminución de las emisiones de HC se llevó a cabo comparando los valores promedio registrados en la **Tabla 38**. Dichos valores se obtuvieron del análisis de gases emitidos diferentes revoluciones, utilizando Ecopaís y la mezcla Super más Ecopaís como combustibles.

**Tabla 38**

*Diferencia en la concentración de HC usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís*

RPM	Ecopaís	E + E.S	Diferencia	Incremento	Disminución
850	12	6,75	-5,25	~	44 %
2500	24	18	-6	~	25 %
3500	15,25	19,5	4,25	28 %	~

Al utilizar la mezcla Super más Ecopaís como combustible, se observó una reducción en la concentración de hidrocarburos a 850 rpm y 2500 rpm, con una disminución del 44 % y del 25 % respectivamente. No obstante, a 3500 rpm se presentó un aumento del 28 % en la concentración de HC, lo que sugiere que el comportamiento de las emisiones cambia de manera notable según las revoluciones del motor.

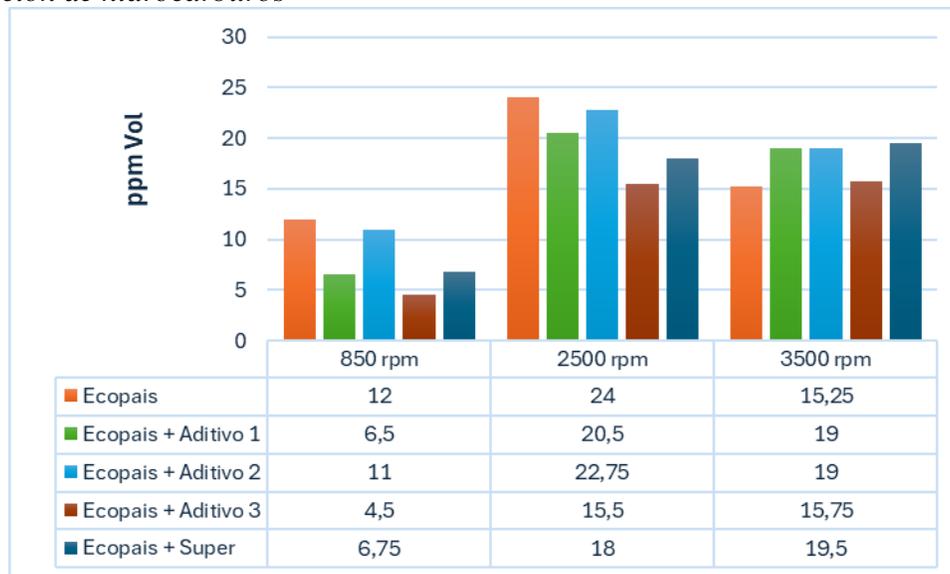
#### 4.4.3.5. Comparación De Resultados De Emisiones De Hidrocarburos.

Los valores de concentración de hidrocarburos medidos en ppm para gasolina Ecopaís y sus mezclas con distintos aditivos fueron registrados a tres regímenes de revoluciones como indica la **Figura 30**. A continuación, se analizan los resultados:



**Figura 30**

*Concentración de hidrocarburos*



A 850 rpm, la gasolina Ecopais pura muestra una concentración de 12 ppm, la más alta entre todas las combinaciones evaluadas. Por otro lado, el aditivo 3 logra la mayor reducción de emisiones, alcanzando solo 4,5 ppm, lo que representa una disminución significativa en comparación con Ecopais puro. Las mezclas con el aditivo 1 6,5 ppm y Super + Ecopais 6,75 ppm también evidencian disminuciones notables, mientras que el aditivo 2 reduce ligeramente las emisiones a 11 ppm.

A 2500 rpm, se observa una tendencia similar. Ecopais puro mantiene el valor más alto de 24 ppm, mientras que la mezcla con el aditivo 3 presenta la menor concentración de HC 15,5 ppm, seguida la mezcla con el aditivo 1 20,5 ppm y Super + Ecopais 18 ppm. La combinación con el aditivo 2 registra una concentración intermedia de 22,75 ppm.

A 3500 rpm, los valores tienden a converger entre las mezclas. Aunque Ecopais puro presenta un nivel moderado de emisiones 15,25 ppm, las combinaciones con el aditivo 2, el aditivo



1, y Super + Ecopaís alcanzan valores similares, entre 19 ppm y 19,5 ppm. Sin embargo, la mezcla con el aditivo 3 conserva un ligero margen de reducción, registrando 15,75 ppm, posicionándose como la opción con menores emisiones en este régimen.

Concluimos que el uso del aditivo 3 como aditivo destaca por ser la alternativa más efectiva para reducir las emisiones de hidrocarburos, particularmente a 850 rpm y 2500 rpm, donde la reducción es más significativa. Por otro lado, las mezclas con el aditivo 2, aditivo 1, y Super + Ecopaís ofrecen beneficios moderados, mientras que la gasolina Ecopaís pura presenta consistentemente los valores más altos de emisiones.

**4.4.4. Análisis de Oxígeno**

**4.4.4.1. Oxígeno con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 1.**

Tras la obtención de los resultados de las pruebas realizadas con gasolina Ecopaís y con la mezcla del aditivo 1, se procedió a comparar los valores de concentración de oxígeno O<sub>2</sub> registrados. La **Tabla 39** resume los promedios obtenidos a diferentes revoluciones, permitiendo identificar las variaciones en la emisión de O<sub>2</sub> con la mezcla de del aditivo 1.

**Tabla 39**

*Diferencia en la concentración de O<sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1*

<b>RPM</b>	<b>Ecopaís</b>	<b>E + A1</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Incremento</b>	<b>Disminución</b>
850	0,5825	0,515	-0,0675	~	12 %
2500	0,575	0,5525	-0,0225	~	4 %
3500	0,5325	0,49	-0,0425	~	8 %

El uso del aditivo 1 en la gasolina Ecopaís provocó una disminución en la concentración de oxígeno a 850 rpm, con una reducción del 12 %. A 2500 rpm, se observó una ligera disminución



del 4 %, y a 3500 rpm se presentó una disminución del 8 %. Como consecuente tenemos que no se registró un incremento significativo en ninguna de las revoluciones analizadas, ya que todas las variaciones indicaron disminuciones en la producción de O<sub>2</sub>.

#### 4.4.4.2. Oxígeno Emanado con Gasolina Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 2.

Tras realizar las mediciones de gases contaminantes a diferentes regímenes de motor con el analizador AGS-688, se compararon los resultados obtenidos al utilizar gasolina Ecopaís y la mezcla de Ecopaís con el aditivo 2. La **Tabla 40** presenta los valores promedio de concentración de O<sub>2</sub> para ambos combustibles, lo que permite analizar las variaciones observadas en las emisiones.

**Tabla 40**

*Diferencia en la concentración de O<sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2*

RPM	Ecopaís	E + A2	Diferencia	Incremento	Disminución
850	0,5825	0,5125	-0,07	~	12 %
2500	0,575	0,47	-0,105	~	18 %
3500	0,5325	0,4475	-0,085	~	16 %

El uso del aditivo 2 en la gasolina Ecopaís provocó una disminución en la concentración de oxígeno en todas las revoluciones evaluadas con un 12 % a 850 rpm, un 18 % a 2500 rpm y un 16 % a 3500 rpm. Esto sugiere que el aditivo tiende a reducir la cantidad de concentración de oxígeno en los gases de escape a lo largo del rango de revoluciones.

#### 4.4.4.3. Oxígeno Emanado con Gasolina Ecopaís vs Ecopaís más el Aditivo 3.

Tras completar tras realizar las pruebas de emisiones a diversas revoluciones por minuto, se continuó a calcular los promedios para comparar los resultados obtenidos al usar gasolina



Ecopaís y la mezcla de Ecopaís con el aditivo 3. Los valores de concentración de oxígeno O<sub>2</sub> se presentan en la **Tabla 41**, lo que permitió observar las variaciones en la producción de O<sub>2</sub> con la mezcla del aditivo 3

**Tabla 41**

*Diferencia en la concentración de O<sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3*

RPM	Ecopaís	E + A3	Diferencia	Incremento	Disminución
850	0,5825	0,52	-0,0625	~	11 %
2500	0,575	0,4975	-0,0775	~	13 %
3500	0,5325	0,4625	-0,07	~	13 %

El uso de la mezcla Ecopaís más el aditivo 3 como combustible provocó una disminución en la concentración de oxígeno en todas las revoluciones evaluadas: un 11 % a 850 rpm, un 13 % a 2500 rpm y un 13 % a 3500 rpm. En este caso, no se observó un incremento en la producción de O<sub>2</sub> en ninguna de las revoluciones, ya que todas las variaciones mostraron una disminución.

#### 4.4.4.4. Oxígeno con Combustible Ecopaís vs Super Más Ecopaís

Luego de efectuar las pruebas, se calcularon los promedios para comparar los resultados obtenidos con el uso de gasolina Ecopaís y la mezcla de Ecopaís con Super. Los valores promedio de concentración de oxígeno O<sub>2</sub> se resumen en la **Tabla 42**, lo que permite identificar las variaciones en las emisiones de O<sub>2</sub> al utilizar la mezcla Súper Premium más Ecopaís.

**Tabla 42**

*Diferencia en la concentración de O<sub>2</sub> usando combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís*

RPM	Ecopaís	E + E.S	Diferencia	Incremento	Disminución
850	0,5825	0,3875	-0,195	~	33 %
2500	0,575	0,36	-0,215	~	37 %
3500	0,5325	0,38	-0,1525	~	29 %



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**

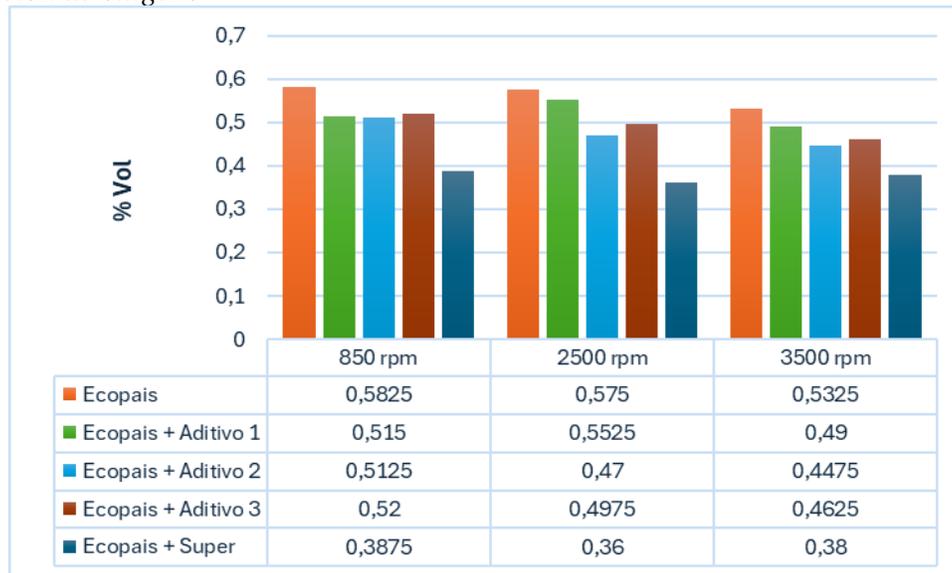


El uso de la mezcla Super más Ecopais como combustible resultó en una disminución significativa de la concentración de oxígeno a 850 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm, con reducciones del 33 %, 37 % y 29 % respectivamente. A pesar de esta tendencia general de disminución, no se observó una variación notable a 3500 rpm, ya que la reducción en la concentración de O<sub>2</sub> se mantuvo en niveles similares. A 2500 rpm, la disminución fue más pronunciada, con una reducción de hasta un 37 % en la producción de O<sub>2</sub>.

**4.4.4.5. Comparación de Resultados De Emisiones De Oxígeno**

Los valores de concentración de oxígeno fueron registrados en la **Figura 31** para gasolina Ecopais y sus mezclas con diferentes aditivos. A continuación, se presenta el análisis de los resultados

**Figura 31**  
*Concentración de oxígeno*





A 850 rpm, la gasolina Ecopaís pura muestra el valor más alto de concentración de oxígeno, alcanzando 0,5825 % Vol, seguido de las mezclas con el aditivo 1 con 0,515 % Vol, el aditivo 3 con 0,52 % Vol y aditivo 2 con 0,5125 % Vol. Por otro lado, la mezcla de Super + Ecopaís presenta la menor concentración de oxígeno en este régimen, registrando 0,3875 % Vol, lo que refleja una reducción significativa.

A 2500 rpm, la tendencia cambia ligeramente. Ecopaís puro sigue mostrando un valor elevado 0,575 % Vol, mientras que la mezcla con el aditivo 1 registra 0,5525 % Vol, manteniéndose cerca. La mezcla con el aditivo 3 0,4975 % Vol y el aditivo 2 con 0,47 % Vol reflejan niveles más bajos, y nuevamente Super + Ecopaís registra el valor más bajo, con solo 0,36 % Vol.

A 3500 rpm, las diferencias son más evidentes. Aunque la concentración de oxígeno disminuye en todas las combinaciones, Ecopaís puro sigue liderando con 0,5325 % Vol, mientras que las mezclas con el aditivo 2 con 0,4475 % Vol y el aditivo 3 con 0,4625 % Vol presentan valores intermedios. El aditivo 1 muestra 0,49 % Vol, y nuevamente Super + Ecopaís refleja la menor concentración de oxígeno, con 0,38 % Vol.

Concluimos que la gasolina Ecopaís pura presenta las concentraciones más altas de oxígeno en los tres regímenes de revoluciones, mientras que la mezcla de Super + Ecopaís destaca por presentar los valores más bajos en todos los casos, lo que podría estar relacionado con una mayor eficiencia de combustión o una menor relación aire-combustible. Las mezclas con el aditivo 1, aditivo 2 y el aditivo 3 ofrecen concentraciones moderadas y consistentes en todos los regímenes.



#### 4.4.5. Análisis de Factor Lambda

##### 4.4.5.1. Factor Lambda con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1.

Tras obtener los resultados de las pruebas realizadas con gasolina Ecopaís y la mezcla con el aditivo 1, se procedió a comparar los valores de factor lambda registrados. Los datos obtenidos a diferentes revoluciones se presentan en la **Tabla 43**, lo que permitió observar las variaciones en la relación de mezcla de aire-combustible al utilizar el aditivo 1.

**Tabla 43**

*Diferencia en la concentración de  $\Lambda$  usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 1*

RPM	Ecopaís	E + A1	Diferencia	Incremento	Disminución
850	1,028	1,024	-0,004	~	0,39 %
2500	1,02675	1,02475	-0,002	~	0,19 %
3500	1,02475	1,02175	-0,003	~	0,29 %

Al utilizar el aditivo 1 en la mezcla con gasolina Ecopaís, se registró una ligera disminución en el factor lambda a 2500 rpm y 3500 rpm, con reducciones del 0,19 % y 0,29 % respectivamente. A 850 rpm, los valores de  $\Lambda$  fueron prácticamente idénticos para ambos combustibles, sin mostrar una variación significativa. Estas pequeñas disminuciones sugieren que, en general, el aditivo 1 tiene un efecto leve en la mezcla de aire-combustible a distintas revoluciones.

##### 4.4.5.2. Factor Lambda Obtenido con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2.

Tras realizar las mediciones de emisiones de gases a distintos niveles de revoluciones por minuto se compararon los resultados obtenidos con gasolina Ecopaís y la mezcla de Ecopaís con



el aditivo 2. Los valores promedio de factor lambda se presentan en la **Tabla 44**, lo que permitió analizar las variaciones en la mezcla de aire-combustible al utilizar el aditivo.

**Tabla 44**

*Diferencia en la concentración de  $\lambda$  al utilizar combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 2*

RPM	Ecopaís	E + M	Diferencia	Incremento	Disminución
850	1,028	1,02375	-0,00425	~	0,41 %
2500	1,02675	1,021	-0,00575	~	0,56 %
3500	1,02475	1,01975	-0,005	~	0,49 %

El uso del aditivo 2 en la gasolina Ecopaís provocó una ligera disminución en el factor lambda a 850 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm, con reducciones del 0,41 %, 0,56 % y 0,49 % respectivamente. Estas pequeñas variaciones sugieren que el aditivo tiene un impacto marginal en la mezcla de aire-combustible, reduciendo ligeramente la relación de oxígeno en las distintas revoluciones, pero sin registrar incrementos significativos en ninguna de las revoluciones analizadas.

#### **4.4.5.3. Factor Lambda Obtenido con Combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3.**

Tras realizar las pruebas de emisiones de gases, se calculó el promedio de los resultados para comparar los valores de factor lambda obtenidos al utilizar gasolina Ecopaís y la mezcla de Ecopaís con el aditivo 3. Los resultados obtenidos se resumen en la **Tabla 45**, lo que permitió identificar las variaciones en la relación de mezcla de aire-combustible.

**Tabla 45**

*Diferencia en la concentración de  $\Lambda$  usando combustible Ecopaís vs Ecopaís más el aditivo 3*

RPM	Ecopaís	E + A3	Diferencia	Incremento	Disminución
850	1,028	1,0245	-0,0035	~	0,34 %
2500	1,02675	1,02225	-0,0045	~	0,44 %
3500	1,02475	1,0205	-0,00425	~	0,41 %

Al utilizar la mezcla Ecopaís más el aditivo 3 como combustible, se observó una ligera disminución en el factor lambda a 850 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm, con reducciones del 0,34 %, 0,44 % y 0,41 %, respectivamente. Aunque estas variaciones son menores, sugieren que el aditivo 3 tiende a reducir ligeramente la relación de mezcla de aire-combustible en todas las revoluciones evaluadas.

A pesar de estas reducciones a bajas y medias revoluciones, a 3500 rpm la disminución fue más leve en comparación con las otras revoluciones, lo que indica que el comportamiento del aditivo 3 es algo más estable a mayores revoluciones, sin cambios bruscos en la concentración de  $\Lambda$ .

#### **4.4.5.4. Factor Lambda Obtenido con Combustible Ecopaís vs Super más Ecopaís.**

Tras realizar las pruebas de emisiones a distintas revoluciones por minuto, se compararon los valores de factor lambda obtenidos al utilizar gasolina Ecopaís y la mezcla con Super más Ecopaís. Los resultados se resumen en la **Tabla 46**, permitiendo observar las variaciones en la mezcla de aire-combustible.



**Tabla 46**

*Diferencia en la concentración de  $\Lambda$  usando combustible Ecopais vs Super más Ecopais*

RPM	Ecopais	E + E.S	Diferencia	Incremento	Disminución
850	1,028	1,01775	-0,01025	~	1,00 %
2500	1,02675	1,0155	-0,01125	~	1,10 %
3500	1,02475	1,01625	-0,0085	~	0,83 %

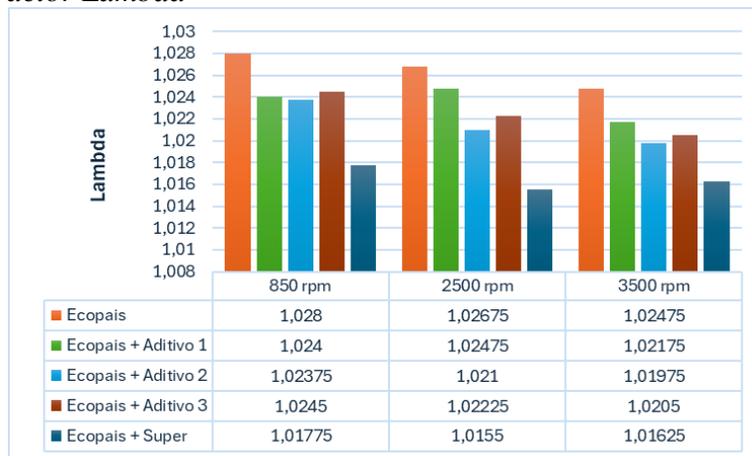
Al utilizar la mezcla Super más Ecopais como combustible, se observó una ligera disminución en la concentración de factor lambda a 850 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm, con reducciones del 1 %, 1,10 % y 0,83 %, respectivamente. Estas disminuciones indican que la mezcla con Super tiende a reducir el valor de  $\Lambda$  en todas las revoluciones evaluadas, aunque de forma más pronunciada a bajas y medias revoluciones.

**4.4.5.5. Comparación de Resultados de Factor Lambda**

El factor lambda, que indica la relación aire-combustible en la combustión, se analizó para la gasolina Ecopais y sus mezclas con diferentes aditivos se muestra en la **Figura 32**. Los resultados son los siguientes:

**Figura 32**

*Comparación de Factor Lambda*





A 850 rpm, la gasolina Ecopaís pura muestra el mayor valor de lambda con 1,028, indicando una mezcla ligeramente pobre que se referiría a un exceso de aire. Le siguen las mezclas con el aditivo 1 1,024 y el aditivo 3 1,0245, ambas cercanas a la mezcla estequiométrica. La mezcla con el aditivo 2 registra 1,02375, mientras que Super + Ecopaís presenta el menor valor de lambda 1,01775, lo que sugiere una mezcla más rica refiriéndose a una menor cantidad de aire.

A 2500 rpm, Ecopaís pura mantiene el valor más alto de lambda con 1,02675, mostrando una tendencia constante hacia una combustión ligeramente pobre. Las mezclas con el aditivo 1 1,02475 y aditivo 3 1,02225 presentan valores intermedios, mientras que el aditivo 2 muestra un valor algo inferior 1,021. Una vez más, la mezcla de Super + Ecopaís registra el menor factor lambda con 1,0155, lo que indica la tendencia más rica en esta categoría.

A 3500 rpm, los valores de lambda tienden a reducirse ligeramente en todas las combinaciones, lo que podría reflejar una combustión más eficiente o adaptaciones del motor a altas revoluciones. Ecopaís pura sigue liderando con 1,02475, mientras que las mezclas con el aditivo 1 1,02175, aditivo 3 1,0205, y aditivo 2 con 1,01975 mantienen valores intermedios. Super + Ecopaís, por su parte, sigue siendo la mezcla con menor valor de lambda, con 1,01625.

Como conclusión tenemos que la Ecopaís pura presenta consistentemente los valores más altos de lambda en los tres regímenes, lo que indica una tendencia hacia mezclas más pobres. Super + Ecopaís es la mezcla con los valores más bajos de lambda, sugiriendo mezclas más ricas en comparación con los demás combustibles. En cuanto a las mezclas con aditivo 1, 2, y 3 se encuentran en un rango intermedio, con valores cercanos a la relación estequiométrica.



#### **4.5. Análisis del Funcionamiento del Sensor de knock Ante Cambios en el Octanaje**

El encargado de controlar las vibraciones del motor es el sensor knock. Estas vibraciones, que pueden ser originadas por preigniciones, son el resultado de utilizar combustible de bajo octanaje, lo que podría afectar gravemente al motor.

Para llevar a cabo esta prueba se optó por realizar un tramo, donde el vehículo de prueba fue probado en situaciones comunes de conducción como son arranques, pendientes y aceleraciones. El instrumento utilizado para esta prueba fue el osciloscopio G-SCOPE-2, cuya función principal es analizar el sensor knock mediante graficas donde varían las señales de voltaje de acuerdo con el tiempo. Las fluctuaciones de voltaje juegan un papel importante en la identificación de explosiones porque se observa que el voltaje aumenta significativamente cuando ocurre una explosión.

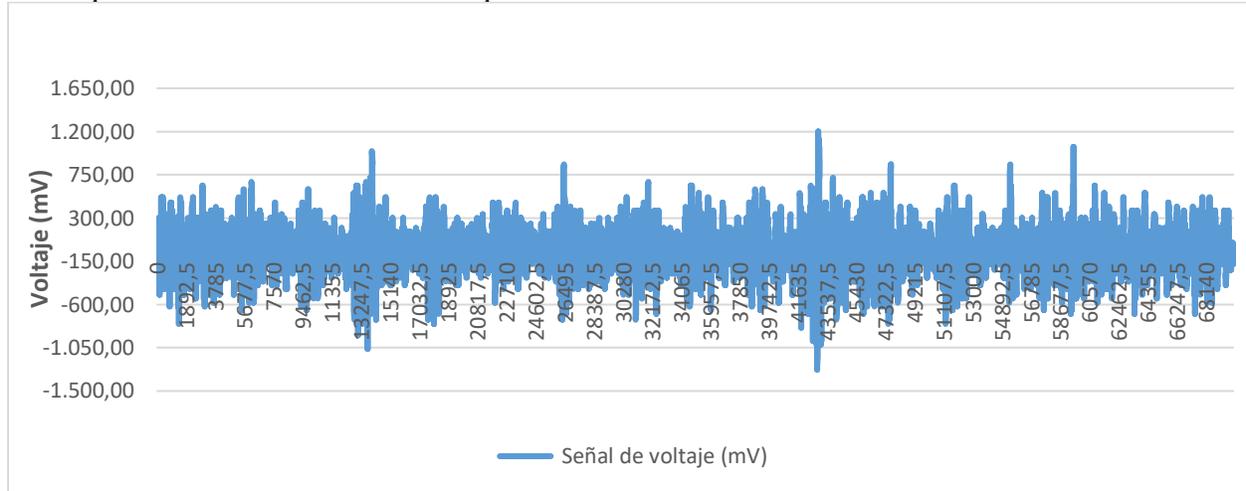
##### **4.5.1. Estudio del Funcionamiento del Sensor de Knock con Gasolina Ecopaís**

Cuando el vehículo recorrió el tramo marcado con gasolina Ecopaís y junto con el osciloscopio enlazado al sensor Knock, se logró observar las detonaciones tempranas del motor, este acontecimiento, denominado cascabeleo que ocasiona señales de voltaje capturadas por el osciloscopio. Esta información servirá como referencia para comparar el comportamiento del motor al utilizar las diferentes mezclas con aditivos.



**Figura 33**

*Desempeño de sensor Knock con Ecopaís*



La señal de voltaje registrada por el osciloscopio al conectar al sensor Knock, se muestra en función del tiempo en la **Figura 33**. En ella, se observan varios picos que indican las pre-igniciones dentro del cilindro, causadas por el tipo de combustible utilizado.

Los picos más altos de voltaje registrados alcanzaron los 1200 mV, y también se registraron picos bajos de -1280 mV.

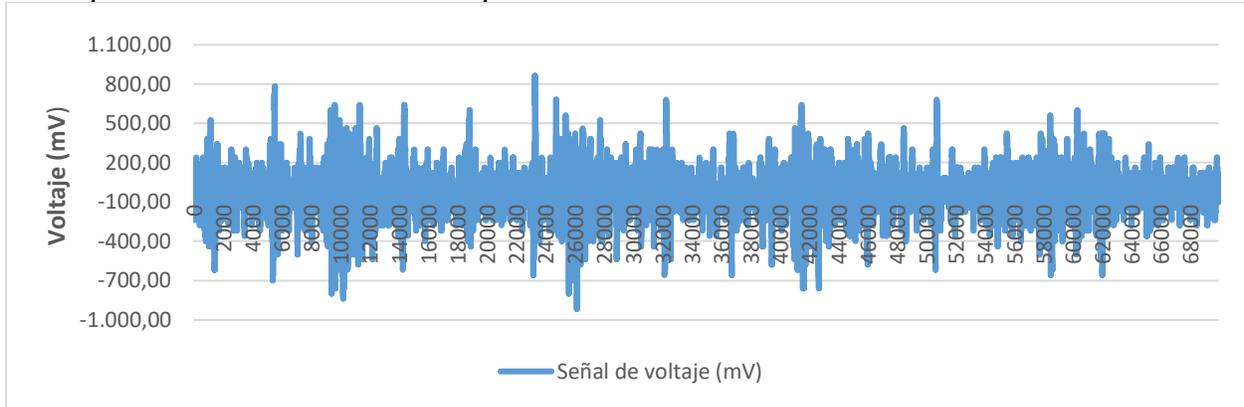
**4.5.2. Estudio del Funcionamiento del Sensor de Knock con Gasolina Ecopaís más el Aditivo1**

En la primera prueba se desarrolló con combustible Ecopaís más el aditivo 1 en el tramo antes descrito, con el objetivo de validar si el uso de este aditivo elevador de octanaje contribuye a minimizar las detonaciones en el cilindro del motor.



**Figura 34**

*Desempeño de sensor Knock con Ecopaís más el aditivo 1*



En la **Figura 34** se observa que la señal de voltaje emitida al usar el aditivo 1, lo cual indica una pequeña disminución en las variaciones de voltaje asociadas a las detonaciones, la cual sus picos máximos y mínimos registraron valores de 860 mV y -920 mV respectivamente y una amplitud de 1780 mV.

**4.5.3. Estudio del Funcionamiento del Sensor de knock con Gasolina Ecopaís más el Aditivo**

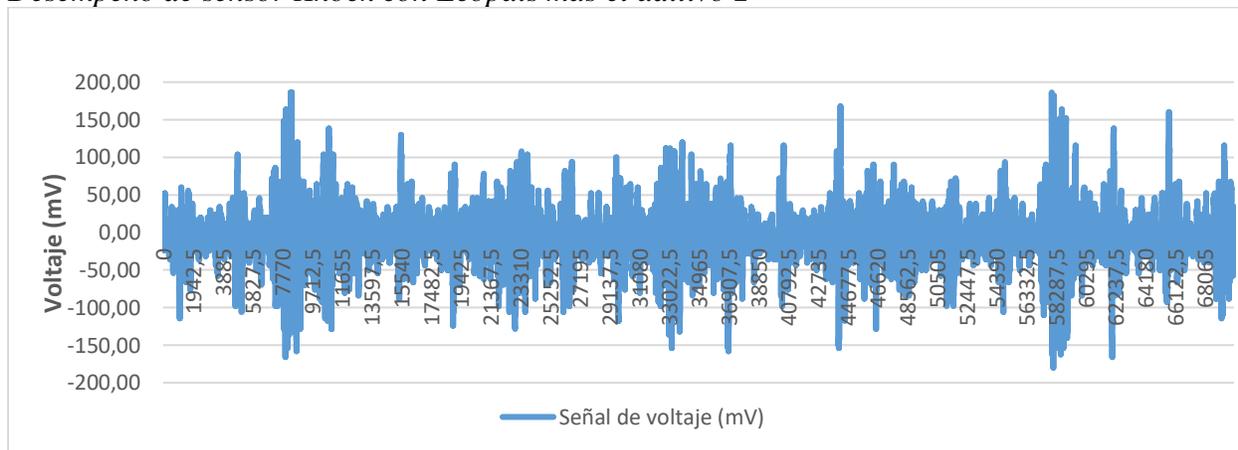
**2**

Se recorrió la ruta al agregar el aditivo 2 a la gasolina Ecopaís, con el fin de determinar si los picos de voltaje o la cantidad de explosiones experimentaron alguna variación. Dicho análisis permitió evaluar el impacto del aditivo mejorador de octanaje, en el comportamiento del motor.



**Figura 35**

*Desempeño de sensor Knock con Ecopaís más el aditivo 2*



En la **Figura 35** se puede apreciar que se generó una disminución notable en los picos de voltaje captados por el sensor knock, Los valores registrados alcanzaron un máximo de 186 mV y un mínimo de -180 mV, con una amplitud total de 366 mV, Esto demuestra que el aditivo logró reducir la intensidad de la señal de voltaje vinculada a las detonaciones con respecto a Ecopaís .

**4.5.4. Estudio del Funcionamiento del Sensor de knock con Gasolina Ecopaís más el Aditivo**

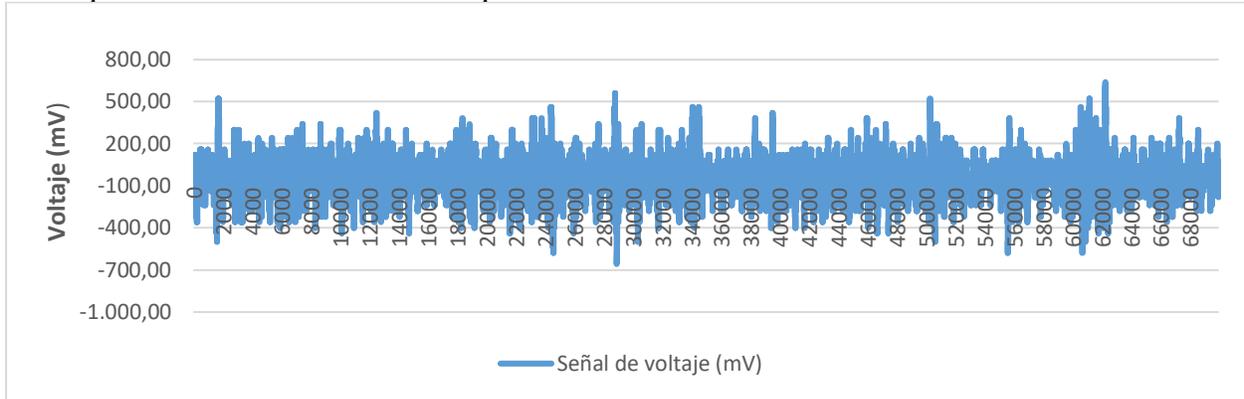
**3**

Con el propósito de evaluar cómo influyó el aditivo mejorador de octanaje en el comportamiento del motor, se llevó a cabo un recorrido en el tramo utilizando gasolina Ecopaís mezclada con el aditivo 3. Durante la prueba se analizó si hubo variaciones en los picos de voltaje o en la cantidad de explosiones, lo que permitió determinar el impacto del aditivo en el desempeño del motor.



**Figura 36**

*Desempeño de sensor Knock con Ecopaís más el aditivo 3*



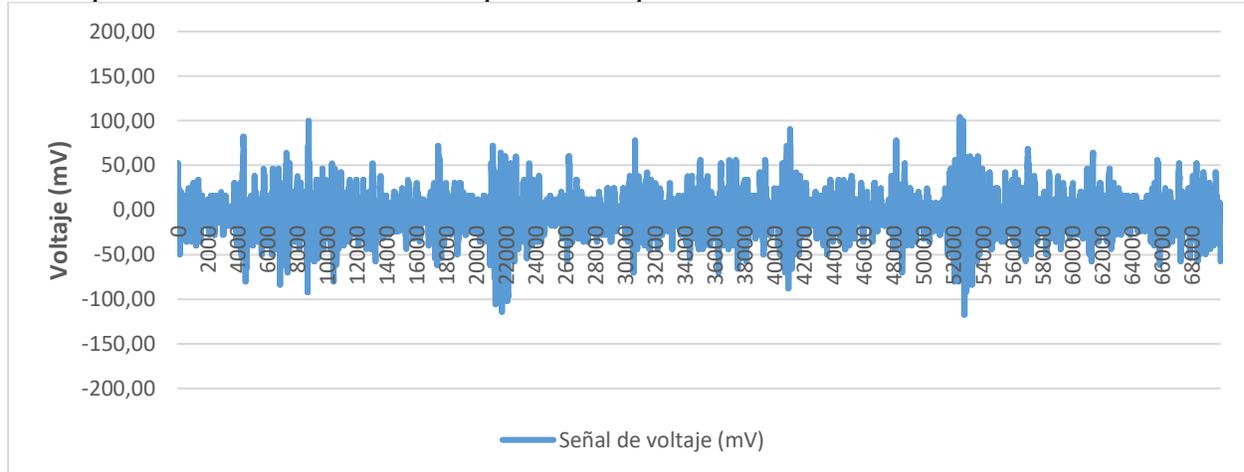
Al analizar la **Figura 36**, se observa que el uso del aditivo 3 generó una ligera reducción en los picos de voltaje captados por el sensor knock. Los valores máximos y mínimos registrados fueron de 640 mV y -660 mV, respectivamente, con una amplitud total de 1300 mV.

**4.5.5. Estudio del Funcionamiento del Sensor de Knock con Gasolina Ecopaís más Super Premium**

Para esta prueba se optó por utilizar el combustible Ecopaís en cantidades iguales con el combustible Súper Premium ya que es conocido por su alto nivel de octanaje, lo que lo hace recomendado para motores con una relación de compresión elevada, ya que teóricamente ofrece una gran resistencia a las detonaciones. Durante la prueba se utilizó esta mezcla para recorrer el tramo establecido con el vehículo, registrando el comportamiento del sensor knock.

**Figura 37**

*Desempeño de sensor Knock con Ecopaís más Súper Premium*



En la **Figura 37** se muestra la gráfica de la señal de voltaje obtenida al emplear la mezcla de combustible. Con este combustible el motor del vehículo logró reducir de manera notable los picos de voltaje, los cuales fueron significativamente menores en comparación con los registrados al usar otros tipos de combustibles. Los valores de voltaje alcanzaron un pico máximo de 104 mV y un mínimo de -118 mV, lo que resultó en una amplitud máxima de apenas 222 mV.

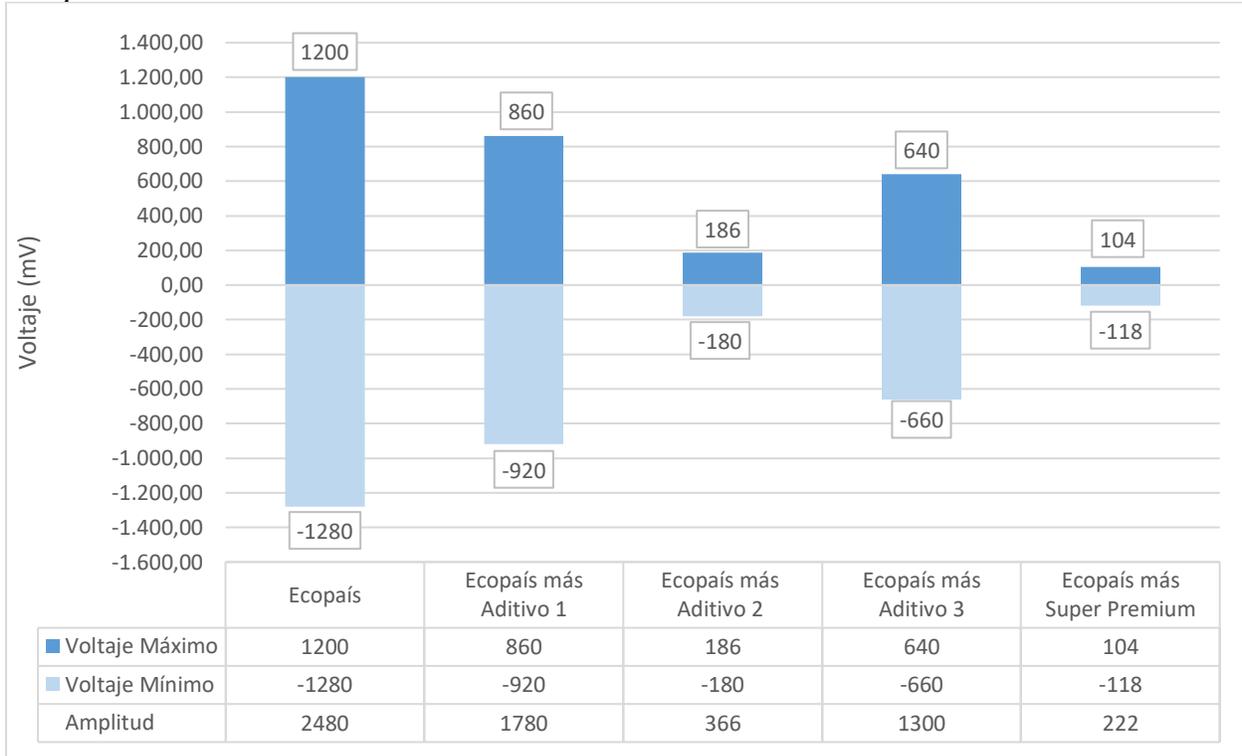
#### **4.5.6. Comparación de los Resultados del Sensor Knock**

La **Figura 38** presenta un gráfico de barras que compara las señales de voltaje generadas por el sensor de detonación, con la finalidad de resaltar la variación entre las vibraciones producidas por la detonación al utilizar combustibles con diferentes niveles de octanaje en un motor de combustión interna.



**Figura 38**

*Comparación de los Resultados del Sensor knock*



El combustible Ecopaís sin aditivos tiene la mayor amplitud, con 2480 mV, lo que demuestra que el motor es más propenso a detonaciones. Cuando se añade el aditivo 1, la amplitud se reduce ligeramente a 1780 mV, El aditivo 2 resultó ser el más efectivo de los aditivos puestos a prueba, ya que disminuye notablemente la amplitud a 366 mV, ayudando bastante a estabilizar la combustión y mostrando señales normales del sensor detonación. Luego está el aditivo 3, que reduce la amplitud a la mitad en comparación con gasolina Ecopaís pura a 1300 mV, mostrando menos variaciones en el motor. Finalmente, Ecopaís combinado con Súper Premium tiene la menor



amplitud, de 222 mV, lo que muestra la mayor estabilidad del motor con este aditivo igualmente presentando señales normales en el sensor detonación.

#### 4.6. Análisis económico en base a los resultados obtenidos

En la comparación realizada con las diferentes variantes puestas a prueba, se consideraron tanto los costos asociados como el rendimiento obtenido, lo que se describe en la **Tabla 47**.

**Tabla 47**

*Relación costo-beneficio*

<b>Alternativa</b>	<b>Costo total (13 galones)</b>	<b>Incremento vs Ecopaís</b>	<b>Mejoras técnicas</b>	<b>Evaluación general</b>
<b>Ecopaís</b>	\$32,37	0%	Ninguna mejora en potencia, torque, emisiones ni sensor de detonación	Más económica, pero sin beneficios
<b>Ecopaís + Aditivo 1</b>	\$42,77	+32%	Sin mejoras técnicas relevantes	Menor rentabilidad
<b>Ecopaís + Aditivo 2</b>	\$41,37	+28%	+10% potencia, -20% emisiones, mejor respuesta del sensor de detonación	Mejor opción costo-beneficio
<b>Ecopaís + Aditivo 3</b>	\$35,49	+10%	Beneficios técnicos moderados	Opcional, con mejoras discretas
<b>Ecopaís + Súper Premium</b>	\$39,06	+21%	Buen desempeño general, sin requerir aditivos.	Mejor opción costo-beneficio

La gasolina Ecopaís en su forma pura fue la alternativa más asequible, con un precio de \$2,49 por galón, lo que suma un total de \$32,37 por 13 galones necesarios para llenar el tanque



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



del vehículo evaluado. Esta mezcla no mostró mejoras relevantes en potencia, torque, emisiones ni en el funcionamiento del sensor de detonación, por lo que su bajo precio no se traduce en una ventaja técnica.

Al añadir aditivos, se notaron cambios en el comportamiento del motor. La mezcla con Aditivo 1 costó \$42,77, representando un incremento del 32% respecto a Ecopaís, pero sin un rendimiento que justificara la inversión extra, convirtiéndola en la opción menos rentable del análisis. La mezcla con Aditivo 3 tuvo un costo de \$35,49, con un aumento del 10%, mostrando beneficios técnicos moderados.

La combinación con Aditivo 2, con un costo total de \$41,37, implicó un aumento del 28%, pero presentó mejoras claras: hasta un 10% más de potencia y una reducción del 20% en emisiones contaminantes, además de una respuesta favorable del sensor de detonación. Esto la consolida como la opción más eficiente en términos de costo-beneficio.

También se evaluó la mezcla de Ecopaís con gasolina Súper Premium, sin aditivos, con un costo de \$39,06, equivalente a un 21% más que Ecopaís pura. Esta alternativa obtuvo buenos resultados técnicos en todos los aspectos considerados, especialmente al no requerir aditivos externos.



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Las pruebas del índice de octanaje que se llevaron a cabo en el laboratorio mediante la norma NTE INEN 2102 - Enmienda 1 demostraron que el uso del aditivo 2 y la mezcla de Ecopaís con Super Premium no solo lograron elevar el índice de octanaje en un 3,9 % con 89,1 octanos y 4,4 % con 89,5 octanos, respectivamente, en comparación con el combustible Ecopaís puro de 85,7 octanos, sino que también evidenciaron el potencial de estas formulaciones para optimizar el rendimiento del motor sin necesidad de recurrir exclusivamente a combustibles de mayor costo.
- De las mezclas evaluadas, únicamente dos lograron mejoras en el rendimiento respecto a la gasolina Ecopaís. La mezcla con Súper Premium presentó un aumento del 3,32% en la potencia, alcanzando 79,44 Hp, lo que refleja una combustión más eficiente gracias a que ayuda a equilibrar el índice de octano. Así mismo, la mezcla con Aditivo 2 registró un incremento del 4,66% en el par motor, llegando a 121,20 Nm, debido al aporte energético del tolueno y al oxígeno adicional proporcionado por el butanol. Por el contrario, la mezcla con Aditivo 1 mostró una disminución en el rendimiento, con una potencia reducida al 2,47% con 74,99 Hp y el par motor bajando en un 0,30% con 115,45 Nm. Esta caída se atribuye a que los compensadores de octanaje, compuestos químicos y catalizadores presentes en el Aditivo 1 no lograron mejorar la combustión ni la eficiencia del motor.



Estos resultados evidencian que solo ciertas formulaciones logran potenciar el desempeño del motor, mientras que otras pueden afectar negativamente su rendimiento.

- En general, la mezcla con aditivo 1 mostró el mayor aumento de CO (33 % a 2500 rpm), lo que sugiere una combustión menos eficiente en ciertas condiciones. La mezcla Ecopaís + Súper presentó el mayor incremento de CO<sub>2</sub> (4 %), reflejando una combustión más completa, aunque con mayor emisión de gases de efecto invernadero. En cuanto a HC, el aditivo 3 fue el más eficaz, con reducciones del 63 % a 850 rpm y 35 % a 2500 rpm. Por su parte, Ecopaís + Súper Premium se destacó al reducir el oxígeno residual en 37 % y el factor lambda en 1,1 %, indicando una combustión más eficiente y una mezcla más rica que puede mejorar el rendimiento del motor.
- La gasolina Ecopaís sin aditivos presentó los picos de voltaje más altos con una mayor amplitud con 2480 mV, lo que evidencia señales de detonación, las cuales provocan el cascabeleo. Al agregar aditivos para elevar el octanaje, como el Aditivo 2, la amplitud se redujo a 366 mV, con picos moderados lo que indica un funcionamiento más estable. Así mismo, la mezcla Ecopaís + Súper Premium mostró una menor amplitud de 222 mV, confirmando que los combustibles con mayor octanaje ayudan a obtener una combustión más estable y controlada, evitando picos excesivos de detonación. Así, se logra un funcionamiento más eficiente y suave del motor, reduciendo el riesgo de daños y mejorando el rendimiento general del vehículo. Esto resalta la importancia de emplear combustibles con mayor octanaje para asegurar una combustión óptima y un mejor desempeño del motor.



- La mezcla de Ecopaís con Aditivo 2 se presenta como la opción más favorable en términos de costo-beneficio. Aunque su costo es un 28% superior al de la gasolina Ecopaís pura, ofrece mejoras significativas, como un aumento del 10% en potencia, una reducción del 20% en emisiones, y una mejora en la respuesta del sensor de detonación. De las alternativas probadas, esta combinación proporciona el mejor balance entre el incremento en costo y los beneficios técnicos obtenidos. Por otro lado, la mezcla con Súper Premium también ofrece buenos resultados por un costo moderado, lo que la convierte en una opción adecuada para quienes prefieren no utilizar aditivos.



## Recomendaciones

- Considerando que los vehículos actuales están equipados con tecnologías avanzadas que requieren un combustible de buena calidad para garantizar un buen funcionamiento y prolongar la durabilidad del motor, es recomendable analizar el octanaje cuando se utilicen aditivos o mezclas de gasolinas, ya que en Ecuador aún se comercializa gasolina de bajo octanaje. Estos análisis permitirán verificar la calidad de combustible, asegurando que cumpla con los requisitos establecidos por el fabricante sin necesidad de depender únicamente de combustibles más caros.
- La mejora del rendimiento del motor está directamente relacionada con la calidad del combustible utilizado. Por esta razón, se recomienda combinar gasolina Ecopaís con aditivo 2, así como considerar la mezcla con Súper Premium, ya que estas opciones, por sus componentes químicos, ayudan a equilibrar el octanaje y favorecen una combustión más controlada, que también incrementan la potencia y optimizan el torque del motor, lo que se traduce en un mejor desempeño del vehículo.
- Para prevenir el autoencendido y el golpeteo en el motor, es crucial seleccionar un combustible que tenga el nivel de octano apropiado conforme a las recomendaciones del fabricante del vehículo. Si el combustible que se tiene a disposición no satisface estas normas, se sugiere la incorporación de aditivos que aumenten el octanaje, ya que estos ayudan a obtener una combustión más controlada y estable, reduciendo significativamente los picos de voltaje y las detonaciones, de este modo, se consigue una combustión más



eficiente, se optimiza el rendimiento del motor y se protege de posibles daños a las piezas internas.

- Dado el análisis realizado, se recomienda optar por la mezcla de Ecopaís con Aditivo 2, ya que ofrece el mejor balance entre costo y beneficios técnicos. A pesar de un costo ligeramente superior al de la gasolina Ecopaís pura, este aditivo mejora notablemente la potencia, reduce las emisiones y optimiza la respuesta del sensor de detonación, lo que se traduce en un rendimiento superior del motor. No obstante, para quienes prefieren evitar el uso de aditivos, la mezcla con Súper Premium se presenta como una alternativa viable, ya que también ofrece un buen desempeño sin la necesidad de aditivos adicionales



### REFERENCIAS

- [1] W. F. Benítez, “EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN EN VEHÍCULO SEDAN DE INYECCIÓN DIRECTA PARA GASOLINA DE 87 OCTANOS Y 95 OCTANOS EN LA CIUDAD DE QUITO - ECUADOR,” 2024.
- [2] L. Vásquez, “Gasolinas extra y ecopaís tendrán nuevo precio desde el 12 de abril en Ecuador.” Accessed: May 12, 2025. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/gasolinas-extra-ecopaís-nuevo-precio-12-abril-ecuador.html>
- [3] Qualco, “GASOLINA DE BAJO OCTANAJE.” Accessed: Nov. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.qualco.com.ec/post/gasolina-de-bajo-octanaje-qu%C3%A9-podemos-hacer>
- [4] Grupo Garra, “Cascabeleo en el carro.” Accessed: Nov. 27, 2023. [Online]. Available: <https://raga.com.mx/blogs/noticias/que-es-el-cascabeleo-en-el-carro>
- [5] “Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado”.
- [6] J. VEGA and E. CARRASCO, “ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA CON EL USO DE BIOCOMBUSTIBLE ECOPAÍS Y COMBUSTIBLE TRADICIONAL EXTRA APLICADO A UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA,” 2021.
- [7] D. Gutiérrez, “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS MEJORADORES DEL ÍNDICE DE VISCOSIDAD SOBRE LAS EMISIONES CONTAMINANTES Y TORQUE DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVO ”,” 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23185/1/UPS-CT010042.pdf>
- [8] H. Camacho Soto, “Octanaje, plomo y contaminación,” *Revista de Ciencias Ambientales*, no. 1, Nov. 2019, doi: 10.15359/rca.1-1.1.
- [9] M. Keshavarzi *et al.*, “Investigation of ketal-acetin mixture synthesized from glycerol as a renewable additive for gasoline-ethanol fuel blend: Physicochemical characterization and engine combustion, performance, and emission assessment,” *Fuel*, vol. 348, 2023.
- [10] F. Payri and J. Desantes, *Motores de combustión interna alternativos*. Universitat Politècnica de València, 2011.
- [11] “CICLO OTTO.” Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.oneair.es/ciclo-otto-que-es/>
- [12] G. Fares and M. Paredes, “ELABORACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA INCORPORANDO HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE AL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN,” 2023.
- [13] C. Ferguson and A. Kirkpatrick, “Internal combustion Engines,” 2016.
- [14] Wikipedia, “Motor de combustión interna.” Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available:



- [https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna?utm\\_source=chatgpt.com](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna?utm_source=chatgpt.com)
- [15] F. E. Wolfgang Schuch, “Manual de la técnica del automóvil BOSCH,” vol. 3, p. 85, 2005, Accessed: Jan. 02, 2024. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?id=lvDitKK1SAC&pgis=1>
- [16] Blog Técnico Automotriz, “Relación de Aire Combustible Motor.” Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/mezcla-rica-mezcla-pobre/>
- [17] Autocasión, “Relación de compresión de un motor.” Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.autocasion.com/diccionario/relacion-de-compresion-de-un-motor>
- [18] S. Valencia, K. N. Téllez, T. Kadowaki-, and C. A. Bustamante, “Diseño de una herramienta computacional para el análisis termodinámico de motores de combustión interna tipo Otto,” *Revista UIS Ingenierías*, vol. 21, no. 1, Nov. 2021, doi: 10.18273/revuin.v21n1-2022004.
- [19] Marshall, “Motor de gasolina.” Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: [http://castilloje.free.fr/tsti2d/tsti2d\\_etlv/02\\_car\\_components1\\_engine/how\\_stuff\\_works\\_petrol.html](http://castilloje.free.fr/tsti2d/tsti2d_etlv/02_car_components1_engine/how_stuff_works_petrol.html)
- [20] J. Castillo, L. Guzmán-Beckmann, B. Escola, and E. Reyes, “Influence of Storage Conditions on Reid Vapor Pressure, Gum Formation and Octane Number Research of Gasoline,” *Revista Politecnica*, vol. 52, no. 1, pp. 63–72, Aug. 2023, doi: 10.33333/rp.vol52n1.07.
- [21] L. V. Amaral, N. D. S. A. Santos, V. R. Roso, R. de C. de O. Sebastião, and F. J. P. Pujatti, “Effects of gasoline composition on engine performance, exhaust gases and operational costs,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 135, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.rser.2020.110196.
- [22] M. Khanmohammadi Khorrami, M. Sadrara, and M. Mohammadi, “Quality classification of gasoline samples based on their aliphatic to aromatic ratio and analysis of PONA content using genetic algorithm based multivariate techniques and ATR-FTIR spectroscopy,” *Infrared Phys Technol*, vol. 126, p. 104354, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.INFRARED.2022.104354.
- [23] Grupo Resur, “Densidad del combustible.” Accessed: Dec. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.maprinhn.com/post/densidad>
- [24] RACE, “Poder calorífico de la gasolina.” Accessed: Dec. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.race.es/poder-calorifico-y-otros-combustibles>
- [25] R. Da Silva, R. Cataluña, E. W. De Menezes, D. Samios, and C. M. S. Piatnicki, “Effect of additives on the antiknock properties and Reid vapor pressure of gasoline,” *Fuel*, vol. 84, no. 7–8, pp. 951–959, May 2005, doi: 10.1016/J.FUEL.2005.01.008.
- [26] T. M. M. Abdellatief, M. A. Ershov, V. M. Kapustin, M. Ali Abdelkareem, M. Kamil, and A. G. Olabi, “Recent trends for introducing promising fuel components to enhance the anti-knock quality of gasoline: A systematic review,” May 01, 2021, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.fuel.2020.120112.



- [27] T. M. Aboul-Fotouh, S. K. Ibrahim, M. A. Sadek, and H. A. Elazab, “High octane number gasoline-ether blend,” *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, no. 9, pp. 732–739, Jul. 2019, doi: 10.35940/ijitee.f3610.078919.
- [28] T. M. M. Abdellatief, M. A. Ershov, V. M. Kapustin, M. Ali Abdelkareem, M. Kamil, and A. G. Olabi, “Recent trends for introducing promising fuel components to enhance the anti-knock quality of gasoline: A systematic review,” May 01, 2021, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.fuel.2020.120112.
- [29] M. Arboleda and M. Hernández, “Análisis del nivel de octanaje en combustibles comercializados en Ecuador y su repercusión en el desempeño del MCI,” 2023.
- [30] PETROECUADOR, “EP PETROECUADOR LANZA SÚPER PREMIUM DE 95 OCTANOS A ESCALA NACIONAL.” Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=15341>
- [31] PETROECUADOR, “Ecopaís, una gasolina amigable con el medio ambiente.” Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=5254>
- [32] C. F. Terneus Páez and O. Viteri Salazar, “Analysis of biofuel production in Ecuador from the perspective of the water-food-energy nexus,” *Energy Policy*, vol. 157, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.enpol.2021.112496.
- [33] B. Zapata, “Gasolinas ecopaís y extra en Ecuador.” Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/estas-son-las-ventajas-y-desventajas-de-usar-las-gasolinas-ecopais-y-extra-en-ecuador-nota/>
- [34] S. Kumar, N. Singh, and R. Prasad, “Anhydrous ethanol: A renewable source of energy,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 7, pp. 1830–1844, Sep. 2010, doi: 10.1016/J.RSER.2010.03.015.
- [35] S. K. Thangavelu, A. S. Ahmed, and F. N. Ani, “Review on bioethanol as alternative fuel for spark ignition engines,” Apr. 01, 2016, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2015.11.089.
- [36] Repsol, “Octanaje.” Accessed: May 12, 2025. [Online]. Available: <https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/octanaje-octano/>
- [37] R. Pareja, “Aditivos para el combustible: ¿hasta qué punto interesan?,” *Car And Driver*. Accessed: Jan. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a57561/aditivos-carburante-coche/>
- [38] Mansfield, “Gasoline Fuel Additives.” Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://msp.energy/what-you-should-know-about-gasoline-fuel-additives/>
- [39] Pluxee, “Aditivos para gasolina.” Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.pluxee.mx/blog/aditivos-para-gasolina/>
- [40] J. Zhang *et al.*, “Prediction of knock intensity and validation in an optical SI engine,” *Combust Flame*, vol. 254, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.combustflame.2023.112854.
- [41] M. B. Luong, S. Desai, F. E. Hernández Pérez, R. Sankaran, B. Johansson, and H. G. Im, “A statistical analysis of developing knock intensity in a mixture with



- temperature inhomogeneitiesR,” in *Proceedings of the Combustion Institute*, Elsevier Ltd, 2021, pp. 5781–5789. doi: 10.1016/j.proci.2020.05.044.
- [42] J. Sun, X. Zhang, Q. Tang, Y. Wang, and Y. Li, “Knock recognition of knock sensor signal based on wavelet transform and variational mode decomposition algorithm,” *Energy Convers Manag*, vol. 287, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.enconman.2023.117062.
- [43] EuroTaller, “Sensor de detonación .” Accessed: May 12, 2025. [Online]. Available: <https://www.eurotaller.com/noticia/que-es-el-sensor-de-detonacion-y-en-que-puede-fallar#>
- [44] D. G. Pérez Darquea, “Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales,” *INNOVA Research Journal*, pp. 23–34, Mar. 2018, doi: 10.33890/innova.v3.n3.2018.635.
- [45] Vamag, “Dinamómetro Dyno Vamag.” Accessed: Nov. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.vamag.com/en>
- [46] BRAIN BEE, “Instrumentos para el Control de las Emisiones.”
- [47] GLOBALTECH, “G-SCOPE-2 OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ”.
- [48] Chery, “Ficha Técnica Tiggo 2.” [Online]. Available: [www.chery.com.ec](http://www.chery.com.ec)
- [49] ISO, “Vehículos de carretera — Código de prueba del motor — Potencia neta ISO-1585,” 1992.
- [50] Servicio Ecuatoriano de Normalización, “GESTIÓN AMBIENTAL AIRE VEHÍCULOS AUTOMOTORES LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA - NTE INEN 2204,” 2017.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



**ANEXOS**

**Anexo I**

**Encuesta para determinar los aditivos**

**APLICACION DE ADITIVOS EN COMBUSTIBLES**

1. ¿En esta estación de servicio se comercializan aditivos elevadores de octanaje?

- SI
- NO

⋮

2. De las siguientes opciones, ¿Cuál es la marca de elevador de octanaje que se vende con mayor frecuencia en esta estación?

- Quilco Elevador De Octanaje
- Maxoil Super Sencin
- Target
- Simonda Quilcor
- Racing Fuel
- Ravencil
- Motorex
- Quilco R1

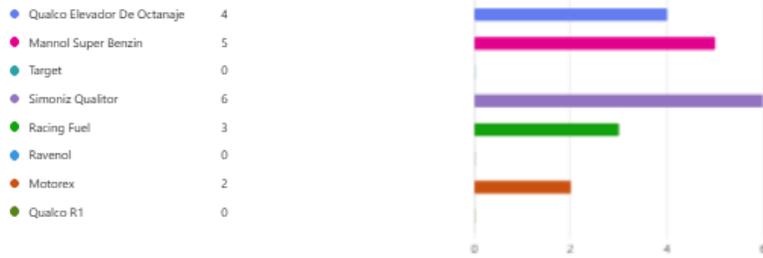
3. De las marcas mencionadas anteriormente, ¿Cuáles han sido las mas efectivas para el publico consumidor? (Mayor Eficiencia)

- Quilco Elevador De Octanaje
- Maxoil Super Sencin
- Target
- Simonda Quilcor
- Racing Fuel
- Ravencil
- Motorex
- Quilco R1

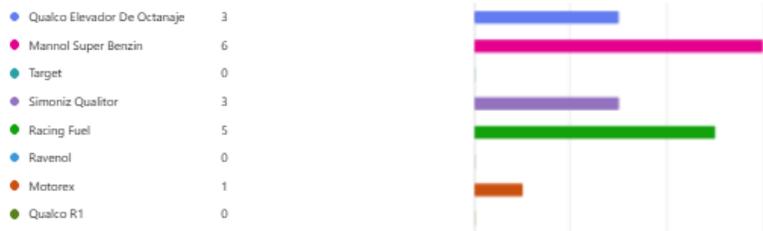


**Resultados de la encuesta**

2. De las siguientes opciones, ¿Cual es la marca de elevador de octanaje que se vende con mayor frecuencia en esta estación? (0 punto) [Más detalles](#)



3. De las marcas mencionadas anteriormente, ¿Cuales han sido las mas efectivas para el publico consumidor? (Mayor Eficacia) (0 punto) [Más detalles](#)



**Anexo II**

**Muestra de combustible**





Resultados de laboratorio de índice de octanaje



INFORME 102 - I - LACBAL - 2024- 1657

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE:					
CLIENTE ID:	JEFFERSON ANGAMARCA				
LOCALIDAD:	IBARRA				
CORREO ELECTRÓNICO:	angamarca28j@gmail.com				
TELÉFONO:	+593 995 508 210				
INFORMACIÓN GENERAL					
N.º PROFORMA:	DQ-P1657-2024	NÚMERO DE MUESTRAS:	5	MUESTRAS ANALIZADAS POR:	Dina Albuja
N.º FACTURA:	001-003-0086181	MUESTREO POR:	Cliente	INFORME REALIZADO POR:	Tania Parra
FECHA EMISIÓN FACTURA	2024-10-28	FECHA RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	2024-10-28	FECHA ENTREGA DE INFORME	2024-11-05
CONDICIONES AMBIENTALES:					
TEMPERATURA [°C]	15,0 a 22,0	HUMEDAD RELATIVA [%]	32,0 a 70,0	PRESIÓN [kPa]	72,4 a 73,2



IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:						
INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE	IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CANTIDAD	
GASOLINA	ECOPAÍS	1657-01	GASOLINA	Plástico	1	L
GASOLINA	ECOPAÍS + OCTANE BOOSTER	1657-02	GASOLINA	Plástico	1	L
GASOLINA	ECOPAÍS + MANNOL	1657-03	GASOLINA	Plástico	1	L
GASOLINA	ECOPAÍS + SUPER PREMIUM	1657-04	GASOLINA	Plástico	1	L
GASOLINA	ECOPAÍS + SIMO	1657-05	GASOLINA	Plástico	1	L

RESULTADOS OBTENIDOS:					
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	
1657-01	Octanaje	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	RON	85,7	
1657-02	Octanaje	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	RON	85,9	
1657-03	Octanaje	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	RON	89,1	
1657-04	Octanaje	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	RON	89,5	
1657-05	Octanaje	NTE INEN 2102 - Enmienda 1	RON	85,2	

\*\* FIN DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS \*\*

NOTAS ACLARATORIAS
1. Todos los parámetros se encuentran al dentro del Sistema de Gestión ISO 17020, pero no todos están acreditados.
2. Los métodos que están en "n" son agencias de ensayos acreditadas. Acreditación Nº 0451 LENA 1-002.
3. Los resultados por defecto de este informe en los casos donde se encuentran los datos son válidos según se han recibido amonestaciones de los clientes.
4. Queda prohibida la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del Laboratorio LACBAL.
5. Cuando se indique, se deberá seguir los procedimientos de aceptación y rechazo de las muestras de acuerdo con el cliente.
6. El presente informe es propiedad del cliente. Si el cliente no desea que se divulgue, se debe avisar al laboratorio antes de la entrega del informe.
7. El laboratorio no es responsable de las acciones, por lo que todas las acciones de los clientes son responsabilidad de los clientes.
8. En caso de que el laboratorio acepte responsabilidad del transporte de la muestra (convenio suscrito con LACBAL), no se debe aceptar ningún otro cobro o retención de pago por parte del cliente.
9. Todos los datos se encuentran en el archivo de los resultados de los ensayos, en caso de que se requiera el informe de los resultados.
10. Los resultados de la muestra se reflejan en los resultados de los ensayos en el presente documento de acuerdo con el cliente o por un tercer que actúa bajo la dirección del cliente.
11. El LACBAL no es responsable de los resultados de los ensayos realizados en centros de terceros y no es responsable de los resultados de los ensayos.
12. El presente informe es propiedad del cliente. Si el cliente no desea que se divulgue, se debe avisar al laboratorio antes de la entrega del informe.
13. El ensayo de determinación del número de octano y de índice de octano se realizó de acuerdo con el método ASTM D2009-2013, debido a que el LACBAL, se encuentra en un estado de presión barométrica de 71,6 kPa a 73,9 kPa.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



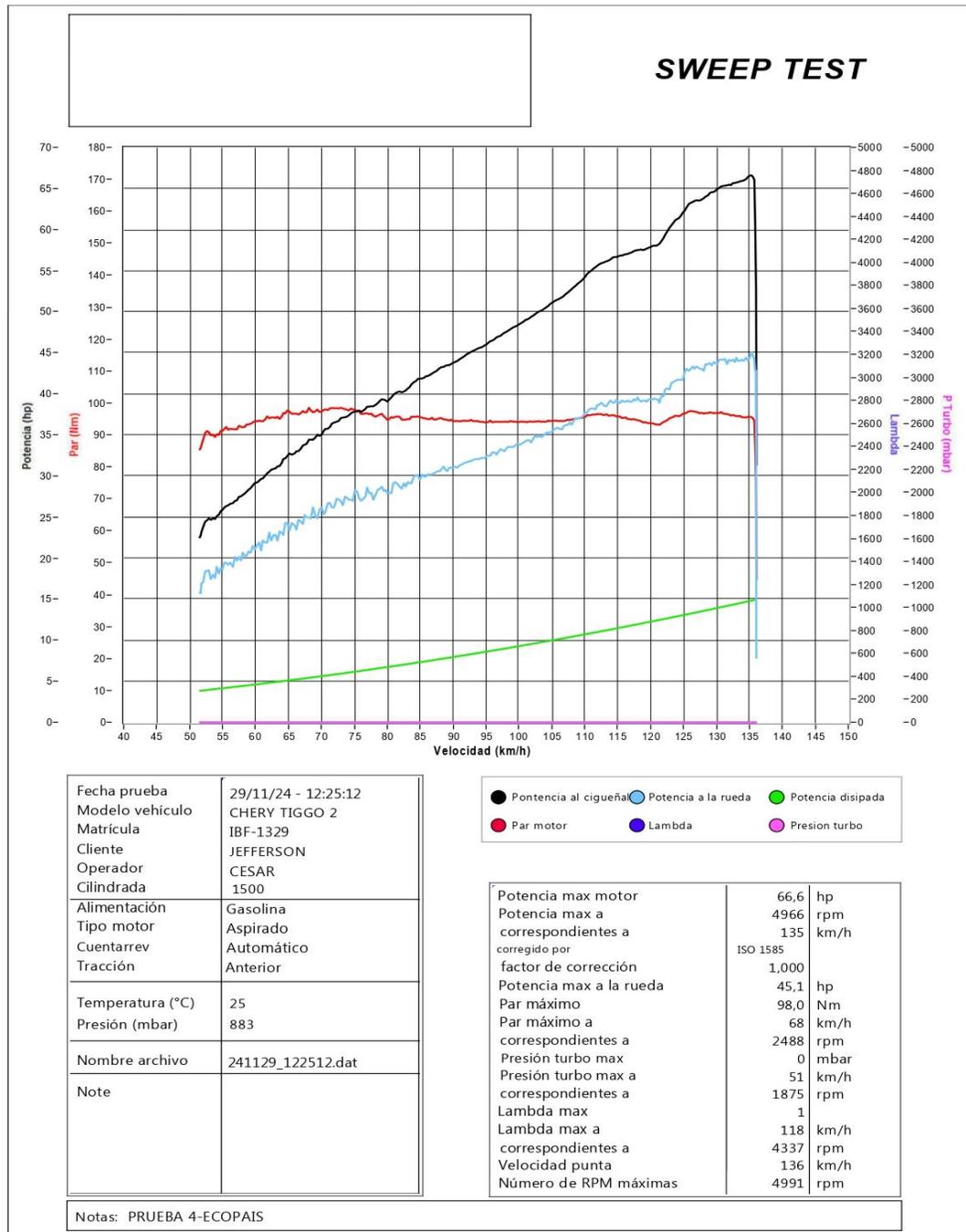
**Anexo III**

**Pruebas realizadas en el dinamómetro**



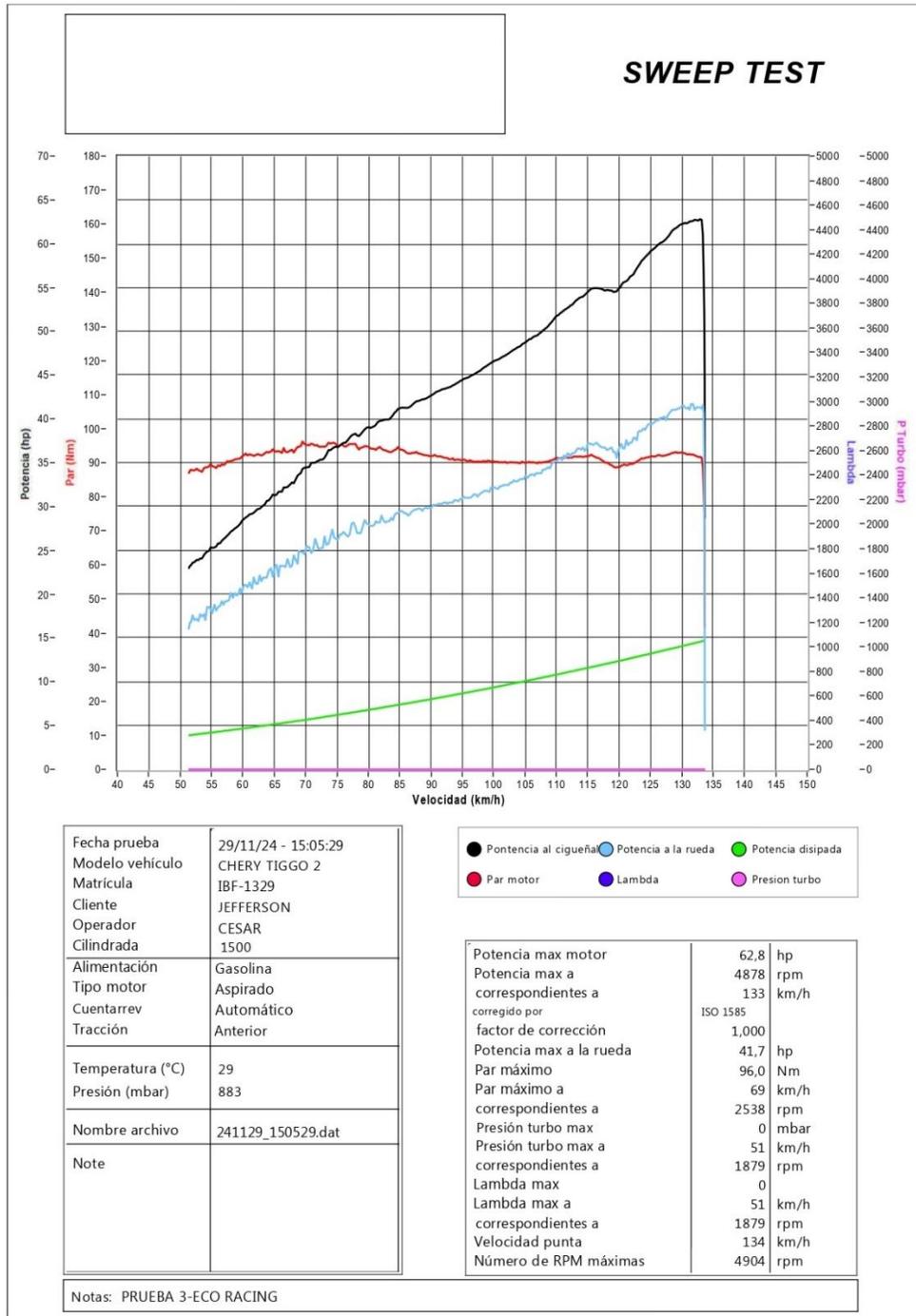


**Resultados de potencia y par de la gasolina Ecopais**



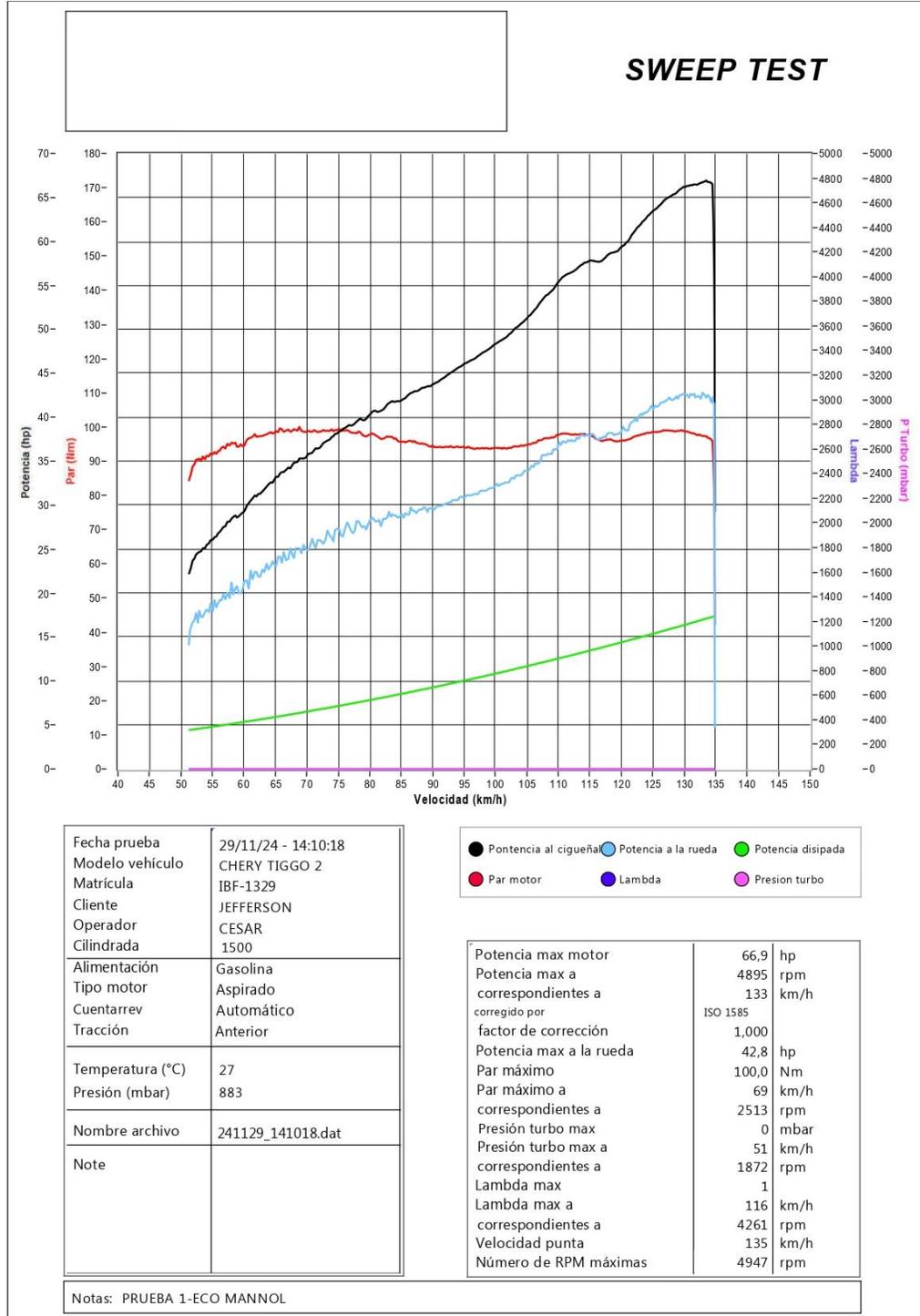


Resultados de potencia y par de la gasolina Ecopaís + Aditivo 1



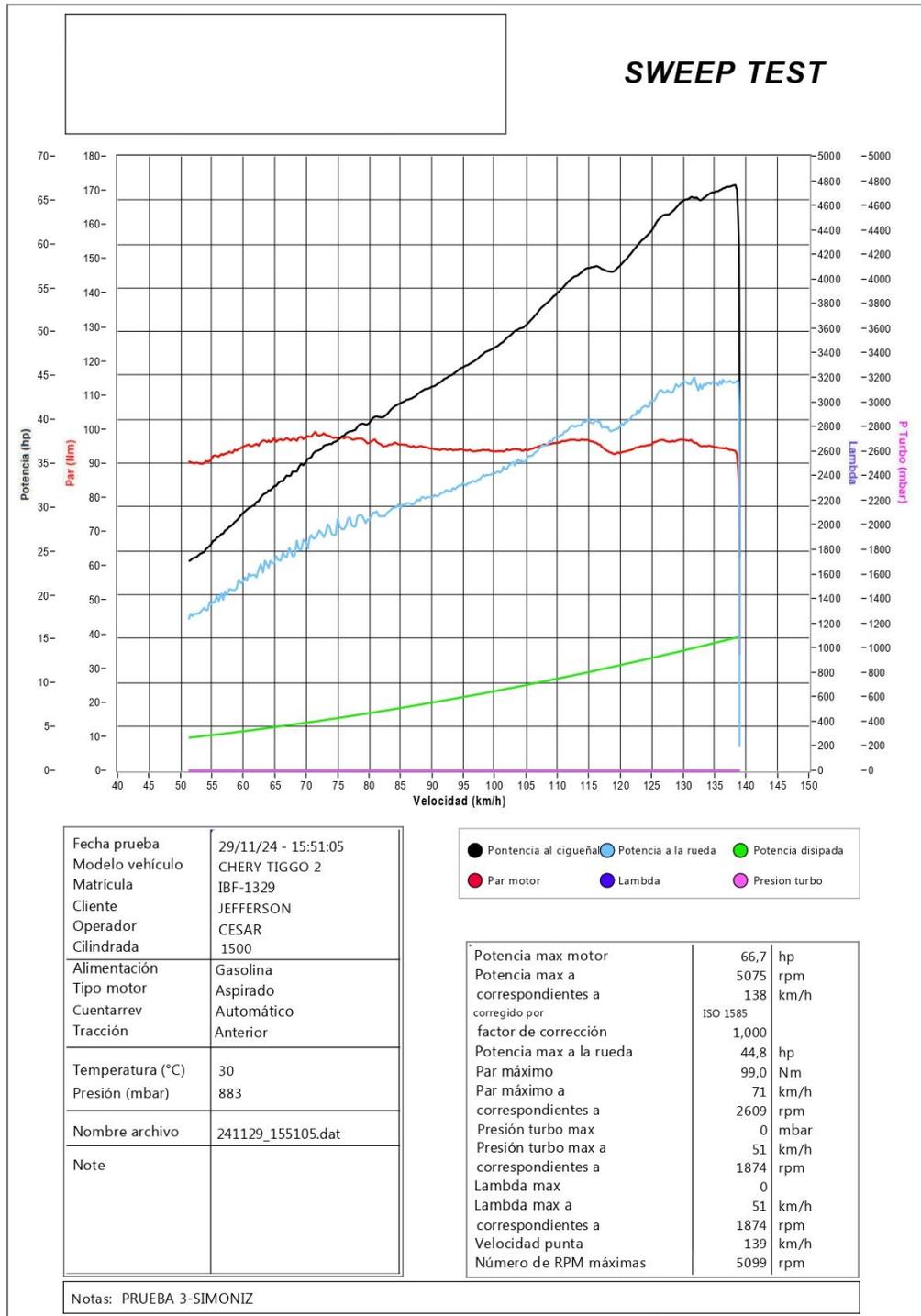


**Resultados de potencia y par de la gasolina Ecopaís + Aditivo 2**



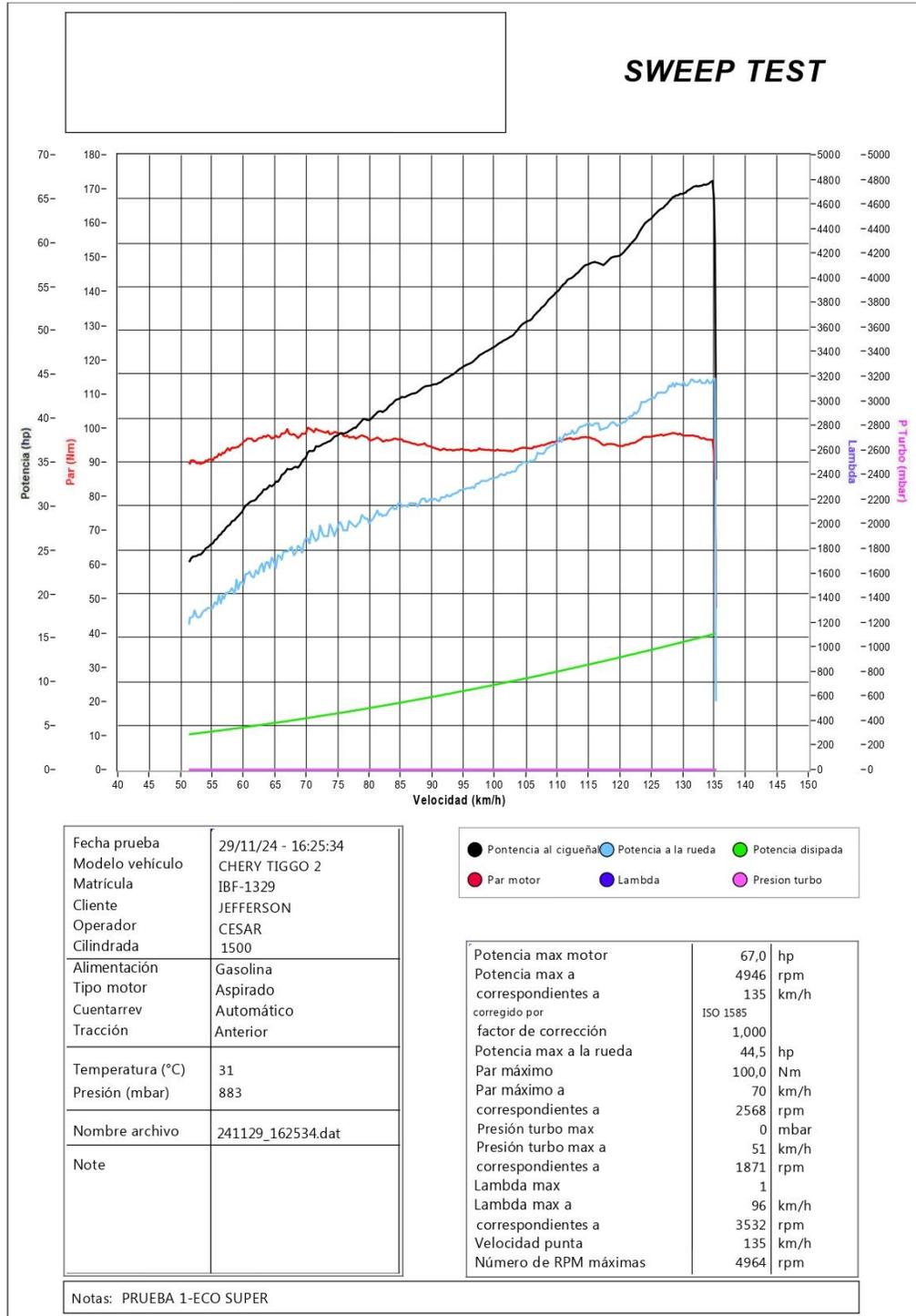


**Resultados de potencia y par de la gasolina Ecopaís + Aditivo 3**





**Resultados de potencia y par de la gasolina Ecopais + Super Premium**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



**Anexo IV**

**Pruebas realizadas con el analizador de gases**



**Anexo V**

**Interfaz del sensor de detonación con el osciloscopio**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**SUBDECANATO**



**Pruebas realizadas con el osciloscopio en ruta**

