

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN QUÍMICA COHORTE 2021

---

**Tema:** Estudio de la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes y análisis de pasivación por efecto de aditivos

---

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en Química

**Modalidad del Trabajo de Titulación:** Proyectos de Desarrollo

**Autor:** Ingeniero, Héctor Manuel Arias Orejuela

**Director:** Químico, Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magister, e integrado por los señores: Ingeniera Nelly del Pilar Pazmiño Miranda Magister y Química Marcia Eduvijes Buenaño Sánchez Magister., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Trabajo de Titulación con el tema: “Estudio de la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes y análisis de pasivación por efecto de aditivos” elaborado y presentado por el Ing. Héctor Manuel Arias Orejuela, para optar por el Título de cuarto nivel de Magister en Química; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.  
**Presidente y Miembro del Tribunal**

-----  
Ing. Nelly del Pilar Pazmiño Miranda Mg.  
**Miembro del Tribunal**

-----  
Quím. Marcia Eduvijes Buenaño Sánchez Mg.  
**Miembro del Tribunal**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Estudio de la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes y análisis de pasivación por efecto de aditivos”, le corresponde exclusivamente a: Ing. Héctor Manuel Arias Orejuela, Autor bajo la Dirección de Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás Mg., Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. Héctor Manuel Arias Orejuela

c.c.:0850264243

**AUTOR**

---

Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.

c.c.: 1802706596

**DIRECTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

---

Ing. Héctor Manuel Arias Orejuela  
c.c.:0850264243

## INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
A la Unidad Académica de Titulación.....	ii
CAPÍTULO I.....	16
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1 Introducción.....	16
1.2 Justificación.....	22
1.3 Objetivo.....	23
1.3.1 General.....	23
1.3.2 Específicos.....	23
CAPITULO II.....	24
2. MARCO TEORICO.....	24
2.1 Gasolina.....	24
2.1.1 Especificaciones.....	25
2.1.2 Características de la Gasolina.....	26
2.1.3 Tipos de Gasolina.....	28
2.2 Biocombustibles.....	29
2.2.1 Etanol.....	30
2.2.2 El efecto de la mezcla de etanol y gasolina en la presión de vapor.....	30
2.2.3 Metanol.....	31
2.2.4 Butílico.....	33
2.2.5 Isoamílico.....	34
2.3 Presión de vapor y su importancia en las mezclas de gasolina-alcoholes.....	36
2.3.1 Importancia del estudio de la presión de vapor en mezclas de gasolinas alcoholes.....	37
2.3.2 Dependencia de la composición en la presión de vapor.....	38
2.3.3 Factores que afectan la presión de vapor en las mezclas de gasolina- alcoholes.....	39
2.4 Interacciones moleculares en mezclas de gasolina-alcoholes.....	40
2.4.1 Enlaces de hidrógeno y la relación con las fuerzas intermoleculares...	41
2.4.2 Impacto de las fuerzas intermoleculares en las mezclas de gasolina- alcoholes.....	42
2.4.3 Influencia de las interacciones moleculares en mezclas de gasolina- etanol sobre la presión de vapor.....	46

2.4.4	Efecto de la longitud de la cadena de gasolina-alcoholes sobre la presión de vapor .....	47
2.4.5	Composición y estructura de mezclas de gasolina-alcoholes que afectan la presión de vapor .....	48
2.4.6	Efecto de la temperatura sobre la presión de vapor en mezclas de gasolina-alcoholes .....	49
2.5	Fenómeno de pasivación y su impacto en la presión de vapor.....	51
2.5.1	Impacto del uso de alcoholes como aditivos en gasolina.....	51
2.5.2	Pasivación en alcoholes y efectos de aditivos en mezclas de gasolina con alcoholes.....	55
2.5.3	Papel de los aditivos en la alteración de la presión de vapor de las mezclas de gasolina-alcoholes .....	56
2.5.4	Aplicaciones de Mezclas de Alcoholes Estables en gasolina .....	56
2.6	Aditivos y sus efectos sobre la presión de vapor.....	57
2.6.1	Papel de los aditivos en la pasivación.....	57
	CAPITULO III.....	60
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	60
3.1	Tipo de investigación .....	60
3.2	Población o muestra .....	61
3.3	Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender .....	61
3.3.1	Hipótesis.....	61
3.3.2	Preguntas científicas.....	62
3.3.3	Idea a defender .....	62
3.4	Recolección de información.....	62
3.4.1	Técnicas e instrumentos utilizados .....	62
3.4.2	Fiabilidad y Validez .....	67
3.5	Procesamiento de la información y análisis estadístico .....	73
3.5.1	Diseño experimental.....	73
3.5.2	Nivel de confiabilidad y validez .....	74
	CAPITULO IV.....	77
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	77
	CAPÍTULO V.....	116
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES. ....	116
5.1	Conclusiones .....	116

5.2	Recomendaciones.....	118
	CAPÍTULO VI.....	120
6.	PROPUESTA.....	120
6.1	Título .....	120
6.2	Descripción.....	120
6.3	Desarrollo de la propuesta.....	121
6.3.1	Obtención de muestras de gasolina y alcoholes.....	121
6.3.2	Formulación de las mezclas de gasolina y alcoholes.....	122
6.3.3	Preparación y almacenamiento de las mezclas de gasolina y alcoholes 122	
6.3.4	Determinación de la presión de vapor de las mezclas de gasolina con alcohol a diferentes temperaturas.....	122
6.3.5	Recursos económicos.....	123
6.3.6	Cronograma de actividades.....	124
6.4	Bibliografía.....	125
6.5	Anexos.....	132

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b>	Presión de vapor en mezcla de extra - etanol.....	80
<b>Gráfico 2.</b>	Número de Octanaje en mezcla de extra-etanol.....	81
<b>Gráfico 3.</b>	Presión de vapor, mezcla Extra- Etanol- Metanol .....	85
<b>Gráfico 4.</b>	Presión de vapor, mezcla Extra- Etanol- Metanol .....	86
<b>Gráfico 5.</b>	Presión de vapor en mezcla Extra- Etanol- Isopropanol.....	89
<b>Gráfico 6.</b>	Número de octanaje en mezcla Extra- Etanol- Isopropanol.....	90
<b>Gráfico 7.</b>	Presión de vapor en mezcla Extra- Etanol- Butanol .....	93
<b>Gráfico 8.</b>	Octanaje en mezcla Extra- Etanol- Butanol .....	94
<b>Gráfico 9.</b>	Presión de vapor en mezcla Etanol- Butanol- Isopropanol.....	97
<b>Gráfico 10.</b>	Presión de vapor en mezcla Etanol- Butanol- Isopropanol .....	98
<b>Gráfico 11.</b>	Presión de vapor en mezcla Etanol- Butanol- Isopropanol versión 2 100	
<b>Gráfico 12.</b>	Octanaje en mezcla Etanol- Butanol- Isopropanol versión 2 .....	101
<b>Gráfico 13.</b>	Presión de vapor en mezcla - Etanol- Butanol- Isopropanol (versión 3) 104	
<b>Gráfico 14.</b>	Octanaje en mezcla - Etanol- Butanol- Isopropanol (versión 3) .....	105
<b>Gráfico 15.</b>	Relación de Presión de vapor y el Octanaje y su pasivación en mezcla Etanol- alcohol isoamílico .....	107
<b>Gráfico 16.</b>	Comparación de los promedios de Presión de vapor en aditivos ....	111
<b>Gráfico 17.</b>	Comparación de los promedios de Octanaje en aditivos.....	112



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Características de la gasolina en Ecuador .....	24
<b>Tabla 2.</b>	Rangos y niveles de variables .....	31
<b>Tabla 3.</b>	Propiedades físicas del Metanol.....	31
<b>Tabla 4.</b>	Cambio de presión de vapor de mezclas de gasolina y alcohol .....	38
<b>Tabla 5.</b>	Comparación de funcionalidades de metanol e Isobutano relevantes para aplicaciones en automóviles.....	58
<b>Tabla 6.</b>	Características técnicas del equipo ERAVAP .....	63
<b>Tabla 7.</b>	Características técnicas del equipo CFR WAUKESHA .....	65
<b>Tabla 8.</b>	Valores de referencia aceptados del número de octano de la mezcla TSF, tolerancias nominales no ajustadas y rango de uso del número de octano del combustible de muestra.....	70
<b>Tabla 9.</b>	Variación de presión de vapor y octanaje en la mezcla de gasolina extra- Etanol.77	
<b>Tabla 10.</b>	Variación de presión de vapor y octanaje en la mezcla de gasolina extra-Etanol-Metanol .....	83
<b>Tabla 11.</b>	Variación de presión de vapor y octanaje en la mezcla de gasolina extra- Etanol- Isopropanol .....	87
<b>Tabla 12.</b>	Variación de presión de vapor y Octanaje en la mezcla de gasolina extra- Etanol- Butanol.....	91
<b>Tabla 13.</b>	Variación de presión de vapor en la mezcla de gasolina extra - Etanol- Butanol- Isopropanol.....	95
<b>Tabla 14.</b>	Variación de presión de vapor en la mezcla de gasolina extra- Etanol- Butanol- Isopropanol (versión 2) .....	99
<b>Tabla 15.</b>	Variación de presión de vapor y numero de Octanaje en la mezcla de gasolina extra- Etanol- Butanol- Isopropanol (versión 3).....	102
<b>Tabla 16.</b>	Variación de presión de vapor en la mezcla de gasolina extra- Etanol- alcohol isoamílico. ....	106
<b>Tabla 17.</b>	Comparativa de la variación de presión de vapor y octanaje.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Cromatograma del aceite de fúsel deshidratado.....	34
<b>Figura 2.</b>	Comparación de los números de octanaje medidos por la investigación (RON) para mezclas de GEM con mezclas de un solo alcohol .....	37
<b>Figura 3.</b>	Moléculas de gasolina .....	43
<b>Figura 4.</b>	Moléculas de alcohol (metanol/etanol) .....	44
<b>Figura 5.</b>	Mezcla de gasolina y alcoholes.....	44
<b>Figura 6.</b>	Adición de etanol como codisolvente .....	45
<b>Figura 7.</b>	Presión de vapor de Reid versus composición de mezclas de etanol, i-propanol y n-butanol con gasolina. ....	46
<b>Figura 8.</b>	Ilustración del % de recuperación de volumen frente a la caída de temperatura en el unto azeótomo .....	50
<b>Figura 9.</b>	La relación entre los porcentajes de etanol en gasolina. Presión del combustible y del vapor del combustible.....	52
<b>Figura 10.</b>	El efecto del porcentaje de etanol sobre el octanaje de la gasolina...	53
<b>Figura 11.</b>	La relación entre la velocidad del motor y el consumo específico de combustible utilizando mezcla de etanol-gasolina con porcentajes volumétricos alterados de etanol.....	54

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Todopoderoso por su gracia divina y guiarme por el sendero de la perseverancia, ímpetu, sacrificio y esfuerzo para desarrollar el presente estudio académico.

Sobre todo, a la prestigiosa Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por todo su respaldo para cumplir con este sueño profesional.

Al Quím. Lander Vinicio Pérez Aldaz, Mgt, director de tesis por ser una gran persona y que con su experiencia y profesionalismo me ayudó a conseguir mi meta aspirada.

A los directivos de la Refinería de Esmeraldas, por brindarme su apoyo para el desarrollo de mi trabajo de investigación y de manera especial al Doctor en Química Edgar Campoverde por su constante colaboración.

A mis padres, hermanos, hijos y allegados que supieron apoyarme en forma incondicional, y convertirse en una fuente de apoyo moral, emocional y espiritual, gracias a todos sus consejos y palabras de motivación, para terminar esta obra científica.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo reflejo de mi esfuerzo a Dios por darme el don de la sabiduría para tomar las decisiones correctas, por promover las fuerzas para mantenerme perseverante y finalmente alcanzar mi objetivo. De igual manera dedico este trabajo investigativo a mis los pilares fundamentales de mi vida, A mis padres Héctor Arias Arias y Betty Orejuela Ramírez quienes han velado por mi desde el comienzo de mi vida y me han enseñado que con esfuerzo, perseverancia y coraje se consiguen grandes logros que han sabido fomentar en mí, valores muy preciados los cuales día a día los reflejo en mis metas alcanzadas. A mi querida hijos Matias Arias y Alexander Arias, que fueron un pilar fundamental incondicional para inspirarme y desarrollar este trabajo investigativo.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**MAESTRÍA EN QUÍMICA**  
**COHORTE 2021**

**TEMA:**

ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN DE VAPOR EN MEZCLAS DE ALCOHOLES Y ANÁLISIS DE PASIVACIÓN POR EFECTO DE ADITIVOS

**MODALIDAD DE TITULACIÓN:** Proyectos de desarrollo

**AUTOR:** Ingeniero, Héctor Manuel Arias Orejuela

**DIRECTOR:** Quím. Lander Vinicio Pérez Aldaz, Mg.

**FECHA:** doce de noviembre del dos mil veinte y tres

## RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio se lo realizó en la Refinería de Esmeraldas, dentro del Laboratorio Químico, con el propósito de evaluar la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes y análisis de pasivación por efecto de aditivos en procesos de formulación de combustibles en la industria petroquímica.

El diseño metodológico que se utilizó fue de tipo cuantitativo, y a través de él se realizaron los diversos análisis químicos enfocados al variado comportamiento de la presión de vapor en mezclas de alcoholes y a su vez, analizar la pasivación por efecto de aditivos. En el estudio de campo, se ejerció los respectivos análisis químicos, utilizando diversos equipos e instrumentos, tales como: Equipo para la medición de presión de vapor aplicando la normativa ASTM D5191-19, equipo para el análisis del número de octanaje (RON) utilizando la normativa estándar ASTM D2699-21, asimismo, el equipo para analizar el efecto de pasivación, mediante la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR), afianzándose en la metodología ASTM D5845.

Los resultados obtenidos en esta investigación se pudo observar que en la mezcla de gasolina extra con ISOPROPANOL, se obtuvo una presión de vapor 47,63 Kpa, en donde se decremento la presión de vapor a medida que coloca mayor concentración de ISOPROPANOL, y asimismo se genera un octanaje RON de 90,38, para incrementar la potencia y mejorar el rendimiento del motor, produciendo un ascenso escalonado del octanaje de algunos alcoholes; por otra parte, se realizaron los ensayos químicos de gasolina extra con butanol e isopropanol y se pudo obtener una presión de vapor

promedio de una presión de vapor de 46.83 Kpa misma que permite una mejor optimización en el proceso de combustión y minimice las emisiones de carbono y de igual manera se evidencio un octano RON de 93,99, permitiendo potencializar el rendimiento del motor. Asimismo, en la mezcla de gasolina extra con el alcohol isoamílico, se pudo obtener la mayor presión de vapor de 46.20 Kpa, mejorando el proceso de combustión, estabilizando las propiedades del combustible con gasolina extra, generando un alto octanaje que sobrepasa a todos los alcoholes participantes en el estudio, reflejando un octanaje de 96.48 RON mejorando exponencialmente el rendimiento del motor y del combustible.

**DESCRIPTORES:** *Presión de vapor, mezcla de alcoholes, pasivación, eficiencia de combustible*

## CAPÍTULO I

### 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Introducción

El estudio de la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes y el análisis de pasivación por efecto de aditivos es un tema interesante y relevante en la química. La gasolina, el combustible más utilizado en los motores de combustión interna, es una mezcla compleja de hidrocarburos con una amplia gama de pesos moleculares y puntos de ebullición. La DVP de la gasolina varía de forma significativa con la composición, lo que puede tener un impacto en el rendimiento y el funcionamiento del motor.

En gran parte de Latinoamérica ya se usa alcoholes como el etanol en la producción de gasolina como aditivos mejorando el rendimiento y la eficiencia general del proceso de combustión debido a que están diseñados para abordar problemas específicos como la calidad del combustible, el rendimiento y longevidad del motor, prevención eliminación de depósitos de carbón acumulados y el impacto ambiental (Jadhav et al., 2020).

La presión de vapor es una propiedad importante de los líquidos y se refiere a la presión creada por las moléculas de una sustancia líquida que tienen suficiente energía cinética para escapar a la fase de vapor. La presión de vapor de un líquido varía con la temperatura y aumenta hasta que iguala la presión externa, o la presión atmosférica en el caso de un recipiente abierto (Benabithe et al., 2020).



La adición de alcoholes a la gasolina es una estrategia prometedora para mejorar su rendimiento y reducir su impacto ambiental. Los alcoholes, como el etanol y el metanol, son más volátiles que la gasolina, lo que puede mejorar el arranque en frío y reducir las emisiones de hidrocarburos. Sin embargo, la adición de alcoholes también puede aumentar la DPV de la gasolina, lo que puede aumentar el riesgo de formación de vapores inflamables (Cordero Diaz et al., 2019).

Característicamente las gasolinas necesitan de componentes que eleven el octanaje para funcionar correctamente en un motor, la gasolina a base de metanol conocida como MTG (metanol a gasolina) es una tecnología prometedora para la producción de gasolina de alto octanaje con potencial para uso renovable al ofrecer una solución potencial para producir gasolina a partir de metanol, abordando tanto las preocupaciones ambientales (Sanz Martínez et al., 2018).

El estudio de la presión es de gran importancia en la compresión de las propiedades termodinámicas de las mezclas, la compresión de estas mezclas a presión y temperatura elevada es esencial para optimizar los procesos y garantizar la seguridad en diversas aplicaciones. El comportamiento de presión en mezclas binarias la influencia de las interacciones moleculares en sus propiedades termodinámicas, al emplear una combinación de mediciones experimentales t técnicas de simulación molecular para diluir los mecanismos subyacentes que rigen la variación de la presión de vapor. Los hallazgos sugieren que las fuerzas intermoleculares, como los en clases de hidrogeno, juegan un papel crucial en la determinación de la presión de vapor de las mezclas de alcoholes (Fechter & Braeuer, 2020).

Para determinar la presión de vapor de los productos derivados del petróleo y los combustibles líquidos ya que puede afectar su comportamiento durante el almacenamiento transporte y uso. El método (ASTM D5191-19) implica la introducción de una pequeña muestra del producto en la cámara de presión de vapor, posterior a elevar la temperatura de la muestra, donde la presión ejercida por el vapor sobre la muestra líquida a una temperatura específica. Este método, según lo prescrito por ASTM International, es ampliamente reconocida por su exactitud y precisión en la evaluación de la presión de vapor de los combustibles en diversas condiciones.

Estudios previos han desplegado un mayor interés sobre temas relacionados con esta investigación, proporciona una base para una mayor exploración. El estudio de (Trenzado et al., 2021), evidencia el comportamiento de la presión de mezclas binarias de alcohol y destacaron la influencia de las interacciones moleculares en sus propiedades termodinámicas. Al emplear una combinación de mediciones experimentales y técnicas de simulación molecular para dilucidar los mecanismos subyacentes que rigen la variación de la presión de vapor. Sus hallazgos sugirieron que las fuerzas intermoleculares, como los enlaces de hidrógeno, juegan un papel crucial en la determinación de la presión de vapor de las mezclas de alcohol.

De igual manera, el estudio científico de la revista ("Industrial & Engineering Chemistry Research" en 2017), se evaluó la influencia de diferentes aditivos en la destilación de mezclas de etanol y agua. Los autores encontraron que algunos aditivos, como el n-butanol y el 1-hexanol, aumentaron la selectividad de la destilación, mientras que otros aditivos, como el metanol, disminuyeron la selectividad. También se

encontró que los aditivos influyeron en la concentración de los componentes de la mezcla y en la calidad del producto final (Victor Aguilar-Jiménez et al., 2017).

Por otro lado, se nomina un trabajo académico de la revista ("Journal of Chemical & Engineering Data" en 2015) evaluó la presión de vapor de mezclas de etanol y agua con la presencia de diferentes aditivos, incluyendo glicerol y sorbitol. Los autores encontraron que la adición de estos aditivos aumentó la presión de vapor de las mezclas, lo que indica una disminución en la volatilidad de los componentes. Además, se encontró que la presencia de estos aditivos tuvo un efecto mejorado en la estabilidad de las mezclas (Alleman et al., 2015).

Desde otro punto de vista, el estudio publicado en la revista ("ACS Sustainable Chemistry & Engineering" en 2020), se evaluó el efecto de diferentes aditivos en la corrosión de superficies de acero. Los autores encontraron que algunos aditivos, como el ácido fosfórico y el ácido cítrico, tuvieron un efecto protector sobre la superficie del acero y disminuyeron la velocidad de corrosión. También se encontró que el efecto de los aditivos dependía de su concentración y de las condiciones del medio (Fábio T. Silva et al., 2020).

Además, otro estudio publicado en la revista ("Journal of Chemical & Engineering Data" en 2021) evaluó la presión de vapor de mezclas de etanol y 1-propanol con la presencia de diferentes aditivos, incluyendo ácido láctico y ácido tartárico. Los autores encontraron que la adición de estos aditivos aumentó la presión de vapor de las mezclas, lo que indica una disminución en la volatilidad de los componentes. Además, se encontró que algunos aditivos tuvieron un efecto positivo en

la estabilidad de las mezclas, mientras que otros tuvieron un efecto negativo (S. Rodríguez et al., 2021).

(Kurji et al., 2021a), destacando el efecto de los aditivos en los fenómenos de pasivación en mezclas de alcoholes. Los autores se centraron en el papel de los tensoactivos como aditivos y su impacto en la cinética de pasivación. A partir de técnicas experimentales de análisis y caracterización de superficies, observaron que las moléculas de surfactante formaban una capa protectora sobre la superficie del metal, impidiendo la interacción entre el metal y los componentes corrosivos de la mezcla de alcohol. Se evidencio que este efecto de pasivación depende tanto de la concentración de tensoactivos como de la composición de la mezcla de alcoholes.

Asimismo, la investigación desarrollada por Zumalacárregui de Cárdenas et al. (2018) desarrollaron un estudio con la finalidad de diagnosticar la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes y análisis de pasivación por efecto de aditivos es un tema de gran interés en el campo de la química. Comprende el comportamiento de la presión de vapor en mezclas de alcoholes y el efecto de aditivos debió a su gran importancia ambiental en el desarrollo de combustibles

El estudio profundo de la investigación del número de octanos, una propiedad fundamental que caracteriza la resistencia de un combustible a la detonación en los motores de encendido por chispa. Se utilizará la (ASTM D2699-21), para analizar el número de octanos de las mezclas de alcohol en estudio. Este método de prueba, también establecido por ASTM International, es una herramienta fundamental para evaluar el rendimiento de los combustibles en los motores modernos de encendido por chispa.

La configuración experimental utiliza equipos de presión de vapor DVPE (ASTM D5191-20), que está diseñado específicamente para la determinación de la presión de vapor de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos. Este equipo garantiza mediciones precisas y un control preciso de las condiciones de prueba, lo que permite una investigación exhaustiva de la presión de vapor en las mezclas de alcohol.

Lo antes indicado, se orienta a comprobar que formula de combustible es la más estable en condiciones normales de uso con respecto a la variación de presión de vapor y la actividad de los aditivos empleados, al verse reflejado en aspecto de control y rendimiento de contaminantes, consumo de combustible, entre otros.

## 1.2 Justificación

El conocimiento sobre la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes es de vital importancia ya que nos permite comprender como varia la presión de vapor en mezclas de alcoholes y analizar el fenómeno de pasivación debido al efecto de los aditivos. Esto tiene una relevancia directa en la industria automotriz y en la formulación de combustibles más eficientes y amigables con el medio ambiente. Además, esta investigación auscultó información valiosa sobre la estabilidad de las mezclas de combustibles en los sistemas de combustión (Veliz, 2019).

Esta investigación mantuvo un aporte teórico enfocado al análisis de la termodinámica de las mezclas de alcoholes y su relación con la presión de vapor. Se pudo obtener resultados que permitieron moldear y predecir dicha variación, lo cual es fundamental para el estudio de sistemas complejos y la formación de ecuaciones de estados más precisas.

El diseño de correlación utilizado en esta investigación ofrece una metodología eficiente para el análisis de datos experimentales y la obtención de relaciones cuantitativas entre la presión de vapor y las propiedades de las mezclas de alcoholes. Esto permitió establecer una base sólida para futuras investigaciones y contribuir al desarrollo de herramientas y modelos predictivas en campos industriales y químicos (Daniel Jiménez Macedo et al., 2021).

### **1.3 Objetivo**

#### **1.3.1 General**

Evaluar la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes y analizar la pasivación por efecto de aditivos en procesos de formulación de combustibles en la industria petroquímica.

#### **1.3.2 Específicos**

- Identificar las propiedades químicas de los alcoholes y los aditivos que están relacionadas con los cambios en la presión de vapor de las mezclas resultantes.
- Determinar la relación entre la composición de la mezcla de alcoholes con hidrocarburo y su afectación en la presión de vapor.
- Evaluar el impacto de la combinación de alcoholes específicos en la variación de presión de vapor en las mezclas de alcoholes con hidrocarburos y sus efectos sobre el fenómeno de atenuación.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 Gasolina

La gasolina es una mezcla compleja de hidrocarburos, derivados principalmente del refinado de petróleo, que se utiliza como combustible en motores de combustión interna de encendido de chispa. El combustible de gasolina base generalmente se mezcla con varios aditivos para mejorar los parámetros de rendimiento del motor, como potencia, eficiencia, emisión etc. (Jadhav et al., 2020).

Los aditivos comunes usados en gasolina incluyen oxigenados como etanol, butanol y esteres; compuestos de hidrocarburos como cicloalcanos; y aditivos de origen biológico como aceites de origen biológico como aceites vegetales y combustibles de algas. La composición y formulación de aditivos y gasolina se optimiza en función del diseño del motor y de las normas de emisión de los diferentes países (Santos et al., 2018).

**Tabla 1.** Características de la gasolina en Ecuador

	Gasolina Extra	Gasolina Ecopaís
Número de octano RON [-]	88.4	89.3
Viscosidad cinemática a 20°C [cSt]	0.524	0.532
Densidad API a 60°F [°API]	58.8	56.7

Fuente: (Marcos Gutiérrez et al., 2017)



### **2.1.1 Especificaciones**

**Composición:** La gasolina consiste en una mezcla compleja de hidrocarburos que contiene entre 4 y 12 átomos de carbono por molécula. Esto incluye parafinas (alcanos), olefinas (alquenos), naftenos (cicloalcanos) y aromáticos. La composición exacta depende de la fuente del petróleo crudo y de los procesos de refinación (Rocha-Hoyos et al., 2019).

**Aditivos:** la gasolina se mezcla con diversos oxigenados, biocombustibles y aditivos químicos como etanol, butanol, éteres, ésteres de ácidos grasos, acetona, etc. Los aditivos mejoran los parámetros de rendimiento como la potencia, la eficiencia, la combustión limpia y mantienen limpias las piezas del motor. El contenido de aditivos puede oscilar entre 0 y 50% dependiendo de las regulaciones específicas del país (Mendiola Goné & Medina-Hernández, 2022).

**Propiedades físicas:** la gasolina tiene una gravedad API de 40 a 60 grados, una viscosidad de 0,4 a 0,8 cSt, un rango de punto de ebullición de 30 a 200 °C, una presión de vapor de 45 a 90 kPa y un índice de octano de investigación (RON) de 90 a 100. Los índices de octanaje más altos indican una mejor resistencia a la autoignición (Gallo, 2020).

**Contenido energético:** En términos de masa, el poder calorífico inferior de la gasolina oscila entre 42 y 44 MJ/kg. En términos volumétricos, la densidad de energía oscila entre 32 y 34 MJ/litro (Jadhav et al., 2020).

### ***2.1.2 Características de la Gasolina***

**Octanaje:** El octanaje se refiere a la capacidad de la gasolina para resistir la detonación o la combustión prematura en el motor. Cuanto mayor sea el número de octano, mayor será la resistencia a la detonación y mejor será la calidad de la gasolina. Esto significa que una gasolina con un alto octanaje tiene un mejor rendimiento y puede evitar problemas como el golpeteo del motor (Rashid et al., 2019).

**Destilación:** Es el proceso mediante el cual se separan los diferentes componentes de la gasolina en función de su punto de ebullición. Esta información es importante debido a los diferentes componentes de la gasolina tienen diferentes propiedades y afectan el rendimiento del motor de diferentes maneras. Por ejemplo, los componentes de bajo punto de ebullición pueden evaporarse fácilmente y pueden mejorar la eficiencia de la combustión, mientras que los componentes de alto punto de ebullición pueden dejar residuos y afectar la calidad de la combustión (D.F. Chuahy et al., 2021).

**Densidad:** La densidad de la gasolina se refiere a la masa de la gasolina en relación con su volumen. Una densidad más alta indica que la gasolina es más pesada, mientras que una densidad más baja indica que la gasolina es más ligera. La densidad de la gasolina tiene un impacto en su capacidad de combustión y puede afectar el rendimiento del motor. Por ejemplo, una gasolina más densa puede tener una mejor mezcla de combustible y aire en el motor, lo que puede resultar en una mejor eficiencia y rendimiento (Técnicas Aplicadas et al., 2023).

**Poder calorífico:** El poder calorífico es la cantidad de energía liberada durante la combustión de una cantidad específica de gasolina. Un mayor poder calorífico indica que la gasolina puede liberar más energía durante la combustión, lo que puede resultar en un mayor rendimiento del motor. El poder calorífico está influenciado por la composición química de la gasolina, incluyendo la cantidad de hidrocarburos presentes. Una gasolina con un mayor poder calorífico puede producir más energía útil y generar más potencia (Fan et al., 2022).

**Contenido de azufre:** Se refiere a la cantidad de azufre presente en el combustible, ya sea gasolina, diésel u otro tipo de combustible, expresada en porcentaje en masa o en partes por millón (ppm). El azufre es un contaminante que se encuentra naturalmente en el petróleo crudo y que puede tener efectos negativos en el medio ambiente y en la salud humana. Se han establecido regulaciones para limitar la cantidad de azufre permitida en los combustibles, con el objetivo de reducir las emisiones de contaminantes y mejorar la calidad del aire (Mora-Men & Mora-Men, 2020).

**Presión de vapor:** Se refiere a la presión ejercida por la fase de vapor en equilibrio con la fase líquida de una mezcla a una temperatura y presión dadas. Por otro lado, el equilibrio líquido- vapor (VLE) es usado para diferentes mezclas de gasolinas con alcoholes, oxígenos y nitrógeno a diferentes presiones y temperaturas, lo que permite el cálculo de la presión de vapor de la mezcla (Fechter & Braeuer, 2020).

### **2.1.3 Tipos de Gasolina**

**EURO 5:** Este tipo de gasolina se menciona en el contexto del documento, pero no se proporcionan detalles específicos sobre sus características. Desde el punto de vista del documento, podemos inferir que la gasolina EURO 5 cumple con la normativa NTE INEN 935 y se utilizó en el estudio para comparar sus características con las otras gasolinas de competición (EP Petroecuador, 2022).

**Sunoco (GT 260 PLUS):** Esta gasolina de competición se destaca en el documento debido a su octanaje de 0.81%. El octanaje es una medida de la capacidad de la gasolina para resistir la detonación o la combustión prematura en el motor. La alta calificación de octanaje de la gasolina Sunoco GT 260 Plus indica que tiene una buena resistencia a la detonación y puede mejorar el rendimiento del motor (Técnicas Aplicadas et al., 2023).

**Racing Fuel:** es un tipo de combustible de competición utilizado en carreras automovilísticas. Este tipo de combustible se caracteriza por tener un alto nivel de octanaje, lo que significa que tiene una buena resistencia a la detonación. Además, la Racing Fuel suele incluir aditivos específicos que mejoran el rendimiento del motor y optimizan la combustión (Reeder Distributors Inc, 2021).

**Gasolinas oxigenadas experimentales fabricadas por los autores:** son combustibles que han sido desarrollados por los propios investigadores. Estas gasolinas están compuestas por mezclas de hidrocarburos ramificados y aditivos que permiten mejorar las características químicas de la gasolina base que mejoran el rendimiento del motor reduciendo las emisiones (Han et al., 2020).

## **2.2 Biocombustibles**

Los biocombustibles son combustibles derivados de biomasa o materia orgánica que proviene de plantas, cultivos o desechos animales recientemente vivos. Los biocombustibles pueden producirse a partir de residuos orgánicos agrícolas e industriales mediante diversos procesos biotecnológicos. Estos biocombustibles, como el bioetanol, pueden servir como alternativas renovables y más sostenibles a los combustibles fósiles. El potencial para generar bioetanol como combustible a partir de la fermentación de los azúcares presentes en desechos orgánicos como cáscaras de plátano, cáscara de arroz, bagazo de caña y cáscaras de piña. El uso de desechos orgánicos ayuda a aprovechar estos materiales no utilizados, reduce los desechos y disminuye el impacto ambiental en comparación con los combustibles fósiles. En general, los biocombustibles a partir de residuos orgánicos ofrecen una fuente eficiente y prometedora de energía renovable (Chávez Altamirano et al., 2021).

Los biocombustibles pueden ser una oportunidad para aumentar la autosuficiencia energética de los países en desarrollo y orientar su potencial hacia la reducción de la pobreza rural, sin mayores efectos negativos en el medio ambiente. En este sentido, los autores proponen que los biocombustibles deben orientarse hacia las comunidades rurales, permitiendo reactivar el agro y generar empleo para mejorar la calidad de vida de los habitantes (Villa Zura et al., 2021).

### ***2.2.1 Etanol***

El etanol es un combustible renovable que se puede producir a partir de cualquier biomasa que contenga sacarosa, biomasa almidonada o lignocelulósica, como la caña de azúcar, el sorgo dulce, la remolacha azucarera, la madera, la paja, las hierbas o las frutas. El etanol es un alcohol que se utiliza como aditivo en la gasolina para reducir las emisiones de gases de escape y mejorar la calidad del aire. El etanol se mezcla con la gasolina en diferentes proporciones, y la mezcla resultante se utiliza como combustible en los motores de encendido por chispa (SI). El uso de etanol como aditivo en la gasolina es una forma sencilla y económica de reducir las emisiones de gases de escape y mejorar la calidad del aire (Kurji et al., 2021a).

### ***2.2.2 El efecto de la mezcla de etanol y gasolina en la presión de vapor***

La adición de etanol a la gasolina reduce la presión de vapor de la mezcla. Esto se debe a que el etanol tiene una presión de vapor más baja que la gasolina, lo que significa que se evapora más lentamente. Como resultado, la mezcla de etanol y gasolina tiene una presión de vapor más baja que la gasolina pura. La reducción de la presión de vapor puede tener implicaciones en el rendimiento del motor, especialmente en condiciones de alta temperatura. Si la presión de vapor es demasiado baja, puede haber problemas de arranque en frío y evaporación incompleta del combustible, lo que puede afectar la eficiencia del motor y aumentar las emisiones de contaminantes (Liu et al., 2020).

**Tabla 2.** Rangos y niveles de variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	LLAMADO	MÍNIMO	MÁXIMO
Porcentajes de alcohol (%)	Input 1	0	85
Tipo de alcohol ()	Input 2	-	-
Índice de compresión ()	Input 3	8.8	11
Velocidad del motor (rpm)	Input 4	1000	6000

Fuente: (Liu et al., 2020)

### 2.2.3 Metanol

Es un compuesto químico orgánico con la fórmula química CH<sub>3</sub>OH. Es un líquido incoloro, inflamable y tóxico que se utiliza comúnmente como disolvente, combustible y anticongelante. El metanol se produce a partir de la síntesis de gas, que es una mezcla de monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrógeno, y se utiliza en la producción de formaldehído, acrilonitrilo, metil ter-butyl éter (MTBE) y otros productos químicos. También se utiliza como combustible en motores de combustión interna y como aditivo en la gasolina para mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de gases de escape (Waluyo et al., 2021).

**Tabla 3.** Propiedades físicas del Metanol

Propiedades	Metanol
Pureza (%)	99.8
Densidad (20 °C) [kg/m <sup>3</sup> ]	790
Densidad de vapor (20 °C) [kg/m <sup>3</sup> ]	1.42

Contenido de oxígeno en masa [%]	49,93
Poder calorífico inferior [MJ kg± 1]	20,09
Poder calorífico superior [MJ kg± 1]	22,88
Presión de vapor a 20 °C [kPa]	13,02
Temperatura de llama adiabática [°C]	1870

Fuente: (Waluyo et al., 2021)

En la investigación (Martin & O'Malley, 2021), se menciona los principales efectos beneficiosos de la mezcla de gasolina y metanol entre ellos destacan los siguientes:

- El índice de octanaje aumenta con la adición de metanol, lo que permite relaciones de compresión más altas y una reducción del golpeteo del motor. Esto puede mejorar la eficiencia y el rendimiento.
- El contenido de oxígeno del metanol da como resultado una combustión más completa, reduciendo las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos en algunas condiciones. Esto puede reducir la contaminación del aire.
- El metanol no contiene azufre, por lo que mezclarlo con gasolina puede ayudar a reducir los niveles de azufre en el combustible en general. Esto proporciona beneficios en materia de emisiones.
- El alto octanaje y la velocidad de llama más rápida del metanol pueden aumentar potencialmente la potencia y el par del motor en vehículos de



circuito cerrado más nuevos capaces de ajustar el suministro de combustible.

- El metanol se produce a partir de recursos renovables como la biomasa, lo que ofrece beneficios de sostenibilidad frente a la gasolina a base de petróleo.

#### **2.2.4 Butílico**

El butilo hace referencia específicamente al grupo butilo (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>-) presente en la molécula de propanoato de butilo. El propanoato de butilo es uno de los componentes del sistema binario estudiado y su fórmula molecular es C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>. Se trata de un éster formado por:

- Un grupo propanoato: cadena de 3 átomos de carbono
- Un grupo butilo: cadena de 4 átomos de carbono (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>-)

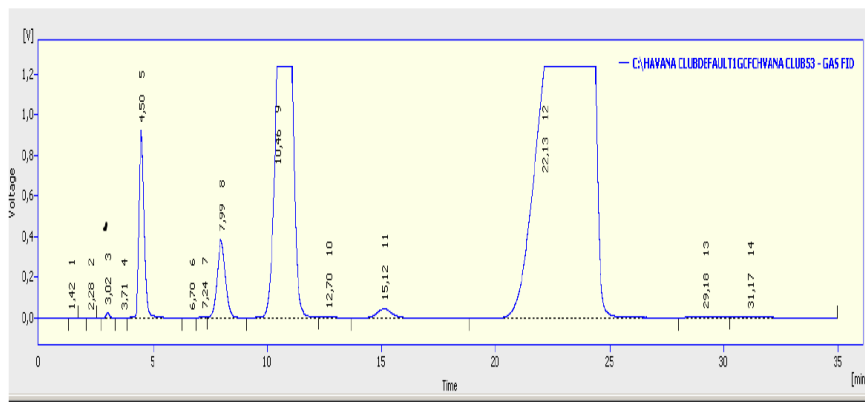
En la investigación de (Carrizo et al., 2023), se experimentó con la mezcla del butanol a la gasolina en proporciones volumétricas de 25%–75% de gasolina (G75B25) y 50% de butanol y 50% de gasolina (G50B50). Se comparó la influencia de estas dos ratios de mezcla de alcohol en el rendimiento y las emisiones de escape del motor. Los resultados revelaron que la mezcla de gasolina con butanol condujo a un mejor rendimiento del motor y menores emisiones de escape en comparación con el caso de la gasolina sola. Las emisiones de CO se redujeron en un 27,79% y un 39,11%. Además, los niveles de HC se redujeron en un 15,93% y un 56.82%. Por lo tanto, la

mezcla de butanol y gasolina puede tener un impacto positivo en el rendimiento del motor y en la reducción de las emisiones de escape.

### 2.2.5 Isoamílico

El alcohol isoamílico es un tipo de alcohol que se encuentra en el aceite de fúsel, una mezcla de alcoholes obtenida como subproducto de la producción de etanol a partir de la caña de azúcar. Este compuesto se caracteriza por ser uno de los componentes identificados en mayor proporción en el aceite de fúsel, y se utiliza ampliamente en la industria para la obtención de ésteres mediante reacciones de esterificación con otros alcoholes. Los ésteres resultantes tienen diversas aplicaciones en la industria alimenticia, como la producción de esencias frutales artificiales, así como en la producción de tintas de impresión, pinturas y como solventes (González & Martínez, 2022).

**Figura 1.** Cromatograma del aceite de fúsel deshidratado



Fuente: (González & Martínez, 2022)

(González & Martínez, 2022) menciona específicamente los beneficios del uso del alcohol isoamílico como mezcla de gasolina. Se menciona que el aceite de fúsel, del cual el alcohol isoamílico es uno de los componentes principales, puede ser utilizado como combustible alternativo en motores de combustión interna. Indica que las mezclas de aceite de fúsel y diésel en estos motores aumentan la presencia de hidrocarburos hasta un 40 % y reducen el contenido de óxidos de nitrógeno en las emisiones de gases. La obtención de ésteres a partir de las fracciones destiladas del aceite de fúsel, se alcanzan rendimientos molares de 54,04 % para el acetato de isoamílico. El resultado indica que el uso del alcohol isoamílico como parte de una mezcla de gasolina podría tener beneficios como el aumento en la presencia de hidrocarburos y una reducción en las emisiones de óxidos de nitrógeno. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos beneficios pueden variar dependiendo de las proporciones y condiciones específicas de la mezcla.

(Vázquez Rodríguez et al., 2022), el uso de mezclas de gasolina con alcohol butílico es una alternativa más segura y menos nociva para el medio ambiente y la salud humana en comparación con el la mezcla de gasolina con tetraetilo de plomo (TEP). Estos incluyen los siguientes:

- 1. Prevención de la detonación:** Al igual que otras mezclas de gasolina con aditivos como el etanol, el uso de mezclas de gasolina con alcohol butílico podría ayudar a prevenir la detonación en los motores, lo que podría mejorar el rendimiento y la eficiencia del combustible.

2. **Alternativa más segura:** En comparación con el tetraetilo de plomo (TEP), que se utilizaba como antidetonante en la gasolina, las mezclas de gasolina con alcohol butílico podrían haber sido consideradas una alternativa más segura y menos dañina para el medio ambiente y la salud humana.
  
3. **Cumplimiento de regulaciones:** En algunos países, como Irlanda, Suecia y Gran Bretaña, la adición de etanol a la gasolina recibía beneficios fiscales. Es posible que el uso de mezclas de gasolina con alcohol butílico también pudiera haber cumplido con ciertas regulaciones o políticas gubernamentales relacionadas con el uso de combustibles más sostenibles.

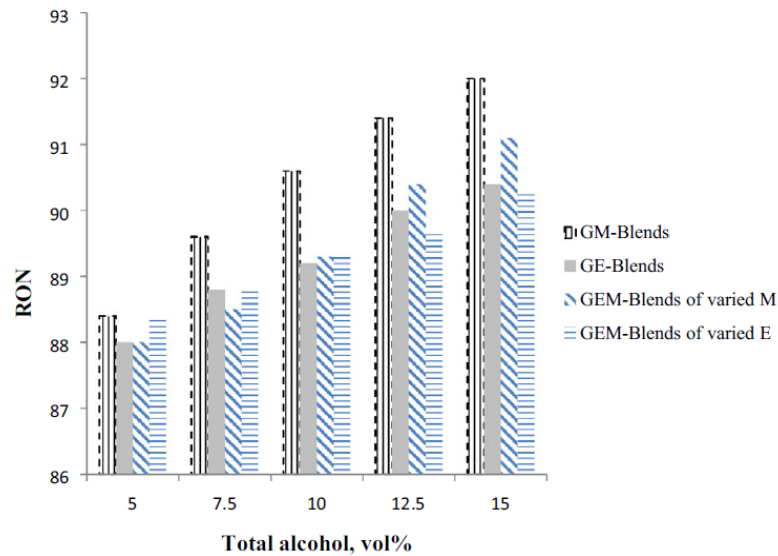
### **2.3 Presión de vapor y su importancia en las mezclas de gasolina-alcoholes**

Es la medida de la presión ejercida por los vapores de la mezcla a una temperatura determinada. Es una propiedad importante de las mezclas de combustible, ya que indica la cantidad de fracciones ligeras que se evaporan a bajas temperaturas. La presión de vapor es importante porque influye en las emisiones evaporativas y el rendimiento del motor. Existen límites legales para la presión de vapor de la gasolina en algunas regiones para controlar la contaminación del aire. La presión de vapor es un factor crítico a considerar en la formulación de mezclas de combustible y en la regulación de las emisiones de los vehículos (Amine & Barakat, 2019).

### 2.3.1 Importancia del estudio de la presión de vapor en mezclas de gasolinas alcoholes

El estudio de la presión de vapor en mezclas de gasolina y alcoholes es importante porque estas mezclas afectan las características relevantes de la mezcla que influyen en la operación del motor. Además, la adición de alcoholes a la gasolina puede aumentar la presión de vapor de la mezcla como resultado de la formación de azeótropos positivos. Al comprender cómo la adición de alcoholes afecta la presión de vapor de la mezcla es esencial para el desarrollo de combustibles más eficientes y menos contaminantes para el sector del transporte (Niță et al., 2019).

**Figura 2.** Comparación de los números de octanaje medidos por la investigación (RON) para mezclas de GEM con mezclas de un solo alcohol



Fuente: (Amine & Barakat, 2019)

La Figura 2. muestra una comparación de los números de octano de investigación medidos (RON) para mezclas GEM con mezclas de alcohol único. Los

resultados indican que los números de octano de investigación de las mezclas GEM son más altos que los de las mezclas de alcohol único. Además, la figura muestra que la adición de metanol a la mezcla de combustible tiene un mayor impacto en el número de octano de investigación que la adición de etanol. La figura muestra que las mezclas GEM tienen un mejor rendimiento en términos de resistencia a la detonación que las mezclas de alcohol único.

### 2.3.2 Dependencia de la composición en la presión de vapor

La dependencia de la composición en la presión de vapor se refiere a la adición de diferentes alcoholes a la gasolina afecta la presión de vapor de la mezcla. En particular, esta afectación se la encuentra que la presión de vapor en las mezclas de gasolina-*i*-propanol es mayor que la de las mezclas de gasolina-etanol y menor que la de las mezclas de gasolina-*n*-butanol. La presencia de alcoholes en la gasolina cambia la volatilidad del combustible, lo que puede influir en el rendimiento del motor (Niță et al., 2019).

**Tabla 4.** Cambio de presión de vapor de mezclas de gasolina y alcohol

Contenido de Alcohol (% v/v)	Cambio de presión de vapor (k Pa)		
	etanol	<i>i</i> -propanol	<i>n</i> -butanol
0	0	0	0
5	8.5	4.7	0.5
10	9.2	5.6	0.3
20	9.7	6.3	-0,2
30	9.9	6.2	-0.6

40	10.1	6.0	-0.8
100	3.6	0.2	-10.3

**Fuente:** (Niță et al., 2019)

La tabla 4 muestra el cambio de presión de vapor de mezclas de alcohol y gasolina con diferentes concentraciones de alcohol. La tabla indica que la presión de vapor de las mezclas inicialmente aumenta con la adición de alcohol hasta una cierta concentración y luego disminuye. El mayor aumento en la presión de vapor se observó para las mezclas de gasolina + etanol, mientras que el aumento más bajo se observó para las mezclas de gasolina + n-butanol. El valor máximo de RVP de las mezclas de gasolina-n-butanol se registró con el contenido de alcohol más bajo (5 % v/v de n-butanol). El comportamiento de las mezclas gasolina-i-propanol es intermedio entre las mezclas gasolina-etanol y gasolina-n-butanol, respectivamente.

### ***2.3.3 Factores que afectan la presión de vapor en las mezclas de gasolina-alcoholes***

Los factores que afectan la presión de vapor en las mezclas de gasolina-alcoholes incluyen la composición de la mezcla, la temperatura, la presión y la cantidad de cada componente en la mezcla.

- **Composición de la mezcla:** la presión de vapor de una mezcla de gasolina-alcohol depende de la cantidad y tipo de alcohol presente en la mezcla.

- **Temperatura:** la presión de vapor aumenta con la temperatura, por lo que una mezcla de gasolina-alcohol tendrá una presión de vapor más alta a temperaturas más altas.
- **Presión:** la presión de vapor también puede ser afectada por la presión ambiental, aunque esto es menos relevante en condiciones normales.
- **Cantidad de cada componente:** la cantidad de gasolina y alcohol en la mezcla también afecta la presión de vapor, ya que la presión de vapor de cada componente es diferente.

En general, la presión de vapor de una mezcla de gasolina-alcohol es mayor que la de la gasolina debido a la naturaleza más volátil del alcohol. La presión de vapor de la mezcla puede ser ajustada mediante la selección de los alcoholes utilizados y la cantidad de cada componente en la mezcla. Por ejemplo, una mezcla de doble alcohol que combina alcoholes más bajos y más altos con gasolina puede tener una presión de vapor más cercana a la de la gasolina base (Aghahosseini Shirazi et al., 2019).

#### **2.4 Interacciones moleculares en mezclas de gasolina-alcoholes**

Las interacciones cinéticas químicas intermoleculares que afectan los tiempos de autoignición y la liberación de calor a temperatura intermedia en mezclas de gasolina y alcoholes. En el estudio de (Cheng et al., 2021) se centró en las interacciones químicas entre el agente de mezcla y el combustible base, y se utilizó una máquina de compresión rápida para simular las condiciones de operación del motor de combustión interna. Los resultados del estudio indican que las interacciones químicas



intermoleculares son importantes para comprender los efectos sinérgicos y antagonistas de la mezcla de combustibles, y que las condiciones experimentales bien controladas son esenciales para obtener resultados precisos. La importancia de investigar más a fondo las interacciones químicas entre el modelo de subquímica de acetaldehído y las reacciones químicas interactivas de FGF-LLNL/etanol para mejorar la precisión de los modelos de química de combustión.

#### ***2.4.1 Enlaces de hidrógeno y la relación con las fuerzas intermoleculares***

Los enlaces de hidrógeno son la fuerza intermolecular más fuerte que se produce entre los grupos hidroxilo de los alcoholes y los grupos polarizados de los hidrocarburos de la gasolina. Estos enlaces de hidrógeno son importantes para entender cómo el etanol actúa como cosolvente en las mezclas de gasolina-alcoholes. Al producirse fuerzas intermoleculares débiles entre los grupos hidrocarbonados no polares de los alcoholes y los hidrocarburos no polares de la gasolina. La adición de etanol a las mezclas de gasolina y metanol puede mejorar la homogeneidad de la mezcla debido a la formación de enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo del etanol y los grupos polarizados del metanol. El etanol también puede actuar como un cosolvente debido a las fuerzas intermoleculares débiles que se producen entre los grupos hidrocarbonados no polares del etanol y los hidrocarburos no polares de la gasolina (Waluyo et al., 2019).

#### ***2.4.2 Impacto de las fuerzas intermoleculares en las mezclas de gasolina-alcoholes***

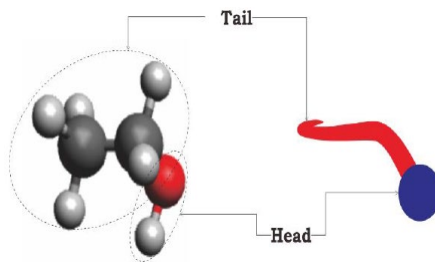
La inmiscibilidad y separación de fases que se observa al mezclar gasolina no polar con alcoholes polares como metanol y etanol se debe a las diferencias en sus fuerzas intermoleculares. Los fuertes enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de los alcoholes no pueden ocurrir en moléculas de gasolina apolares. Mientras tanto, las débiles fuerzas de Van der Waals entre las colas de hidrocarburos de los alcoholes y las moléculas de gasolina no son suficientemente atractivas. Agregar un cosolvente anfifílica como el etanol, que contiene un grupo hidroxilo polar para los enlaces de hidrógeno y una cola de hidrocarburo no polar para las interacciones de van der Waals, puede unir los dos y crear una mezcla estable. Ajustar las interacciones moleculares optimizando el codisolvente permite que las mezclas de gasolina y alcohol sean miscibles (Waluyo et al., 2019).

Por lo tanto, (Waluyo et al., 2019) demostraron que las fuerzas intermoleculares entre los componentes de gasolina, etanol y etanol se pueden clasificar en tres categorías:

- 1) **Las interacciones polar-polar** ocurren entre moléculas de etanol o entre moléculas de etanol y agua. Estas interacciones son principalmente enlaces de hidrógeno, que son relativamente fuertes y direccionales. Las interacciones polar-polar aumentan la cohesión y solubilidad de los componentes polares en la mezcla.

- 2) **Las interacciones no polares-no polares** ocurren entre moléculas de gasolina o entre aditivos de gasolina e hidrocarburos. Estas interacciones son principalmente fuerzas de dispersión de Londres, que son relativamente débiles y no direccionales. Las interacciones no polares-no polares aumentan la cohesión y solubilidad de los componentes no polares en la mezcla.
- 3) **Las interacciones polar-no polares** ocurren entre moléculas de etanol y gasolina o entre aditivos de etanol e hidrocarburos. Estas interacciones son principalmente fuerzas dipolares inducidas por dipolo, que son intermedias en fuerza y direccionalidad. Las interacciones polar-no polares disminuyen la cohesión y solubilidad de los componentes polares y no polares en la mezcla.

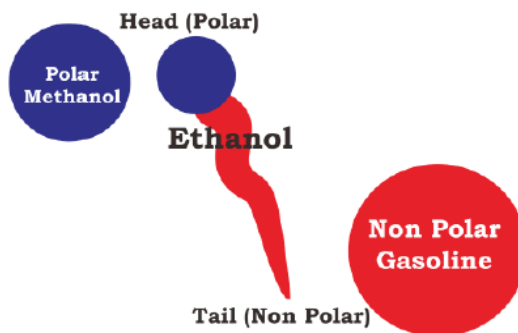
**Figura 3.** Moléculas de gasolina



**Fuente:** (Waluyo et al., 2019)

- No polar
- Sólo fuerzas débiles de Van der Waals entre moléculas.

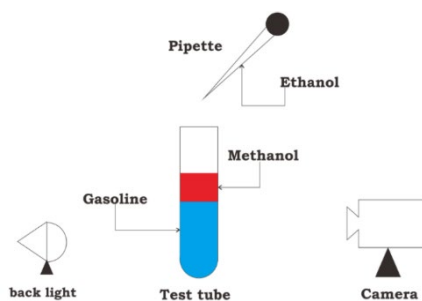
**Figura 4.** Moléculas de alcohol (metanol/etanol)



**Fuente:** (Waluyo et al., 2019)

- Grupo hidroxilo polar (-OH)
- Cola de hidrocarburo no polar
- Los grupos hidroxilo se unen fuertemente con hidrógeno.
- Fuerzas débiles de van der Waals entre colas de hidrocarburos

**Figura 5.** Mezcla de gasolina y alcoholes



**Fuente:** (Waluyo et al., 2019)

- Inmiscible debido a la diferencia de fuerzas intermoleculares.
- Los fuertes enlaces de hidrógeno hidroxilo impulsan la separación.

- Las fuerzas débiles de Van der Waals son insuficientes para superar la inmiscibilidad.

**Figura 6.** Adición de etanol como codisolvente



**Fuente:** (Waluyo et al., 2019)

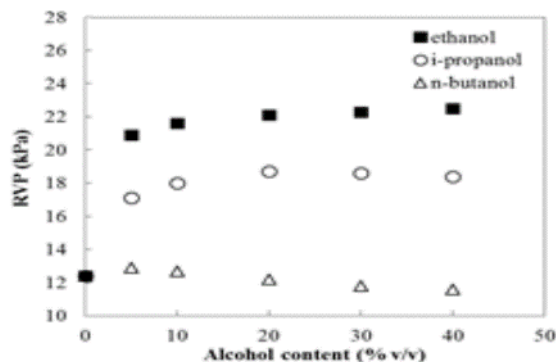
- Enlaces de hidrógeno del grupo hidroxilo con alcoholes.
- La cola de hidrocarburos tiene fuerzas de Van der Waals con la gasolina.
- Puentea componentes polares y no polares.
- Crea una mezcla estable de gasolina y alcohol.

La imagen resume cómo la inmiscibilidad entre la gasolina y los alcoholes surge de las diferencias en las fuerzas intermoleculares, y cómo la adición de etanol como cosolvente puede ajustar las interacciones para crear una mezcla estable. La naturaleza anfífila del etanol le permite interactuar favorablemente con ambos componentes.

### 2.4.3 Influencia de las interacciones moleculares en mezclas de gasolina-etanol sobre la presión de vapor

La influencia de las interacciones moleculares en mezclas de gasolina-alcoholes sobre la presión de vapor se debe a que las interacciones intermoleculares son más débiles en las mezclas de gasolina y alcohol que en los alcoholes puros. Esto se debe a que las moléculas de alcohol tienen una polaridad mayor que las moléculas de hidrocarburos presentes en la gasolina, lo que hace que las interacciones entre las moléculas de alcohol y gasolina sean más débiles que las interacciones entre las moléculas de hidrocarburos en la gasolina pura. La adición de alcohol a la gasolina hasta cierta concentración tiene el efecto de aumentar la presión de vapor (RPV) de la mezcla. Además, de aumenta la presión de vapor de la mezcla como resultado de la formación de azeótropos positivos (Niță et al., 2019).

**Figura 7.** Presión de vapor de Reid versus composición de mezclas de etanol, i-propanol y n-butanol con gasolina.



Fuente: (Niță et al., 2019)

La Figura 7 muestra la relación entre la presión de vapor de Reid (RVP) y la composición de mezclas de etanol, isopropanol y n-butanol con gasolina. La figura muestra que la adición de alcohol a la gasolina aumenta la presión de vapor de la mezcla, y que este aumento es mayor para el etanol que para el isopropanol y el n-butanol. Además, la figura muestra que la presión de vapor de la mezcla aumenta de manera no lineal con el contenido de alcohol, y que hay una concentración óptima de alcohol que maximiza la presión de vapor de la mezcla. Por último, la figura muestra que la presión de vapor de la mezcla de gasolina e isopropanol es la más cercana a la presión de vapor de la gasolina pura, lo que indica que la mezcla de gasolina e isopropanol es la más adecuada para su uso en motores de combustión interna.

#### ***2.4.4 Efecto de la longitud de la cadena de gasolina-alcoholes sobre la presión de vapor***

La longitud de la cadena de gasolina-alcoholes puede afectar la presión de vapor Reid (RVP). En particular, indica que los resultados de Andersen et al. confirmaron los efectos no lineales de los alcoholes lineales, con los efectos no lineales disminuyendo a medida que aumenta el tamaño del alcohol.

A medida que aumenta el tamaño de los alcoholes, estos tienen características que se asemejan más a los alcanos lineales que a los alcoholes, y los efectos no lineales causados por el grupo hidroxilo se reducen. Además, el texto menciona que Furey examinó las características de volatilidad de los oxigenados disueltos en diferentes combustibles y descubrió que algunos alcoholes pequeños aumentan

significativamente la RVP cuando se usan como oxigenados. La longitud de la cadena de gasolina-alcoholes puede tener un efecto en la RVP, pero este efecto puede variar dependiendo del tamaño y tipo de alcohol utilizado (Landera et al., 2021).

#### ***2.4.5 Composición y estructura de mezclas de gasolina-alcoholes que afectan la presión de vapor***

La composición y estructura de las mezclas de gasolina y alcoholes nos menciona (Sroka et al., 2020) en su investigación menciona que tienen propiedades diferentes a las del combustible convencional, estas propiedades incluyen viscosidad, poder calorífico, punto de ebullición, calor de evaporación, propagación de la llama, etc., que afectan los cambios de los parámetros operativos alcanzados del motor y la limitación de su aplicabilidad. Las mezclas de gasolina y alcohol se refieren a combustibles mezclados que contienen gasolina y uno o más compuestos alcohólicos, como etanol y butanol.

La composición de estas mezclas incluye compuestos de hidrocarburos como los alcanos que se encuentran en la gasolina, así como compuestos de alcohol que contienen oxígeno. La estructura molecular de los componentes consta de cadenas de carbono de diferente longitud y ramificación en los alcanos de la gasolina, y cadenas de carbono con un átomo de oxígeno que forma un grupo hidroxilo polar en las moléculas de alcohol. Para ello tenemos los siguientes detalles:

##### **a) Composición molecular**



- Los alcoholes contienen oxígeno mientras que la gasolina (alcanos) no. El oxígeno disminuye ligeramente la presión de vapor.
- Los alcoholes tienen mayor peso molecular que los alcanos de longitud similar. Esto reduce marginalmente la presión de vapor.

#### **b) Composición de la mezcla**

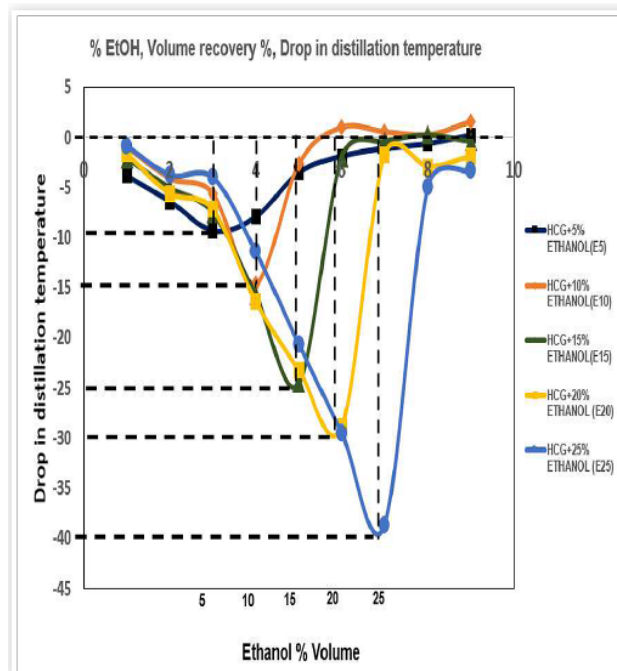
- La presión de vapor no cambia linealmente con el contenido de alcohol debido a interacciones líquidas no ideales.
- La adición inicial de etanol aumenta drásticamente la presión de vapor de la mezcla, mientras que las adiciones posteriores tienen un impacto cada vez menor.

#### ***2.4.6 Efecto de la temperatura sobre la presión de vapor en mezclas de gasolina-alcoholes***

En el estudio de (Mitra et al., 2019) destaca las pruebas de destilación, donde indica que la adición de alcoholes a la gasolina puede afectar significativamente la presión de vapor de la mezcla, y que la temperatura de destilación también puede influir en la presión de vapor. El fenómeno de la azeotropía se produce cuando la mezcla de alcohol y gasolina tiene un punto de ebullición más bajo que cualquiera de sus componentes individuales. En el caso de las mezclas de gasolina y alcoholes, la adición de alcohol puede formar un azeótropo que tiene un punto de ebullición más bajo que cualquiera de los componentes individuales.

Cuando se calienta una mezcla de gasolina y alcohol, los componentes individuales se evaporan a diferentes velocidades debido a sus diferentes puntos de ebullición. Sin embargo, cuando se alcanza el punto azeótropo, la mezcla comienza a hervir a una temperatura constante y la composición de la mezcla se mantiene constante. En este punto, la presión de vapor de la mezcla puede ser mayor que la de cualquiera de los componentes individuales a la misma temperatura.

**Figura 8.** Ilustración del % de recuperación de volumen frente a la caída de temperatura en el punto azeótropo



**Fuente:** (Mitra et al., 2019)

La figura 8 muestra que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla, también aumenta la caída de temperatura en el punto azeótropo. Esto significa que el punto azeótropo se produce a una temperatura más baja para mezclas con concentraciones de etanol más altas. La figura también muestra que el porcentaje de

volumen recuperado durante la destilación disminuye a medida que aumenta la caída de temperatura en el punto azeótropo. Esto sugiere que la presencia de un azeótropo puede hacer más difícil recuperar un alto porcentaje del volumen original de la mezcla de combustible durante la destilación.

## **2.5 Fenómeno de pasivación y su impacto en la presión de vapor**

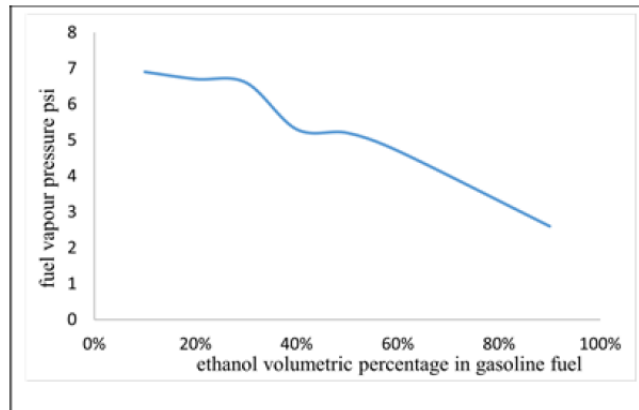
El fenómeno de pasivación se refiere a la disminución de la presión de vapor de una mezcla de gasolina y alcohol a medida que aumenta la cantidad de alcohol en la mezcla. El uso de alcoholes como aditivos en la gasolina puede aumentar el efecto de pasivación en la mezcla de combustible. A medida que aumenta la cantidad de alcohol en la mezcla, se produce una mayor adsorción en la superficie del combustible y reduce la cantidad de moléculas de gasolina que pueden evaporarse y disminuye la presión de vapor de la mezcla. Como resultado, la mezcla se vuelve menos volátil y puede tener un impacto en la eficiencia del motor y las emisiones. La magnitud del efecto de pasivación depende del tipo de alcohol y la cantidad de alcohol en la mezcla (Yang et al., 2019).

### ***2.5.1 Impacto del uso de alcoholes como aditivos en gasolina***

El uso de alcoholes como aditivos en gasolina beneficia a la disminución del consumo específico de combustible y las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno. El iso-butanol es otro aditivo que se ha utilizado en mezclas de gasolina y etanol para mejorar el rendimiento y reducir las emisiones de los motores de combustión interna. La adición de iso-butanol a la

gasolina puede mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de CO, HC y NO<sub>x</sub>. Además, el iso-butanol tiene un mayor contenido energético que el etanol, lo que significa que puede producir más energía por unidad de volumen (Kurji et al., 2021).

**Figura 9.** La relación entre los porcentajes de etanol en gasolina. Presión del combustible y del vapor del combustible

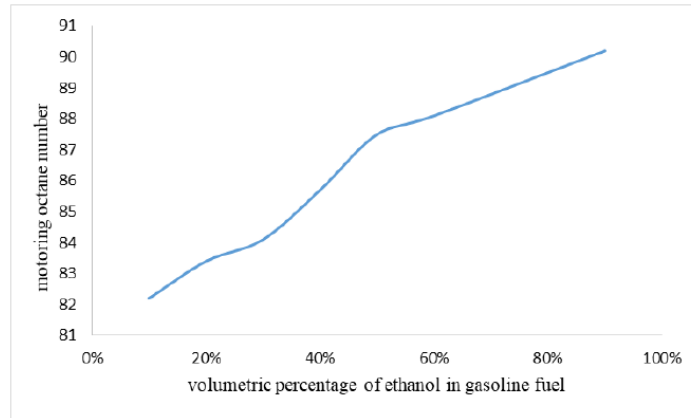


**Fuente: (Kurji et al., 2021)**

La figura 9 muestra la relación entre el porcentaje de etanol en la mezcla de gasolina y etanol y la presión de vapor del combustible. La presión de vapor del combustible es la presión ejercida por el vapor del combustible en la superficie libre del líquido a una temperatura determinada. En la figura, se puede observar que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla, la presión de vapor del combustible disminuye. Esto se debe a que el etanol tiene una menor presión de vapor que la gasolina, lo que significa que la adición de etanol a la mezcla reduce la presión de vapor total del combustible. La adición de etanol a la gasolina también puede tener

beneficios, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la eficiencia del combustible.

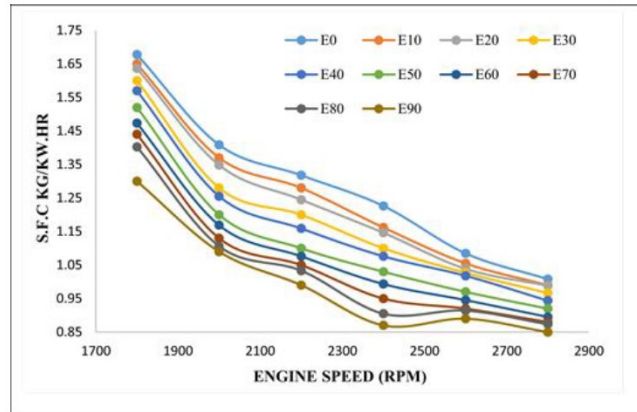
**Figura 10.** El efecto del porcentaje de etanol sobre el octanaje de la gasolina.



**Fuente:** (Kurji et al., 2021)

En la figura 10, se puede observar que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla, el número de octano de la gasolina aumenta. Esto se debe a que el etanol tiene un alto número de octano, lo que significa que su adición a la gasolina puede mejorar la capacidad de la mezcla para resistir la detonación. Además, la adición de etanol a la gasolina también puede tener otros aspectos positivos, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la eficiencia del combustible. Además, el etanol es un combustible renovable y sostenible, lo que lo convierte en una alternativa atractiva a la gasolina convencional.

**Figura 11.** La relación entre la velocidad del motor y el consumo específico de combustible utilizando mezcla de etanol-gasolina con porcentajes volumétricos alterados de etanol.



**Fuente:** (Kurji et al., 2021)

En la figura 11, se puede observar que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla, el consumo específico de combustible disminuye. Esto se debe a que el etanol tiene un mayor contenido de oxígeno que la gasolina, lo que significa que su adición a la mezcla puede mejorar la eficiencia de la combustión y reducir el consumo de combustible. Además, la adición de etanol a la gasolina también puede tener otros aspectos positivos, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la capacidad de la mezcla para resistir la detonación. Además, el etanol es un combustible renovable y sostenible, lo que lo convierte en una alternativa atractiva a la gasolina convencional.

### ***2.5.2 Pasivación en alcoholes y efectos de aditivos en mezclas de gasolina con alcoholes***

En la investigación de (Setiyo et al., 2018), el define a proceso de pasivación es un proceso mediante el cual se forma una capa protectora en la superficie del metal que lo protege de la corrosión. En el caso de los alcoholes, la pasivación se produce debido a la formación de una capa de óxido en la superficie del metal. Esta capa de óxido es muy delgada y no afecta la conductividad eléctrica del metal, lo que lo hace ideal para su uso en aplicaciones eléctricas y electrónicas.

En cuanto a los efectos aditivos en mezclas de gasolina con alcoholes, estos pueden variar dependiendo del tipo de alcohol utilizado y de la concentración de la mezcla. La adición de alcoholes a la gasolina puede mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de gases de escape. Sin embargo, la adición de alcoholes puede aumentar la corrosión de los componentes del motor y del sistema de combustible, especialmente si se utilizan alcoholes puros en lugar de mezclas de alcohol y gasolina (Setiyo et al., 2018).

Para minimizar los efectos negativos de la corrosión en los componentes del motor y del sistema de combustible, se pueden utilizar aditivos especiales en las mezclas de alcohol y gasolina. Estos aditivos pueden ayudar a prevenir la corrosión y mejorar la lubricación del motor, lo que puede prolongar la vida útil del motor y reducir los costos de mantenimiento (Setiyo et al., 2018).

### ***2.5.3 Papel de los aditivos en la alteración de la presión de vapor de las mezclas de gasolina-alcoholes***

En el estudio de (Yang et al., 2019) se menciona la incorporación de etanol puro a la gasolina convencional iraquí en porcentajes que variaban del 10% al 90% en incrementos del 10% por volumen. Se midieron y compararon varias propiedades del combustible, como la densidad, el número de octano, la viscosidad, la presión de vapor del combustible y la temperatura de punto de inflamación. La presión de vapor disminuye a medida que aumenta la fracción volumétrica de etanol en la mezcla de gasolina-etanol. Al adicionar etanol aumenta la densidad, la temperatura de punto de inflamación, la viscosidad y el número de octano de la mezcla de gasolina-etanol, mientras que reduce la presión de vapor del combustible. Los resultados también mostraron que la adición de etanol reduce las emisiones de CO, HC y NOX, mientras que aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los resultados del consumo específico de combustible mostraron disminuciones de hasta el 29% en el porcentaje volumétrico del 90% de etanol en la gasolina convencional.

### ***2.5.4 Aplicaciones de Mezclas de Alcoholes Estables en gasolina***

Una de las aplicaciones más comunes es mejorar el rendimiento del motor y reducir las emisiones de gases de escape. Los alcoholes, como el etanol y el alcohol bencílico, tienen una mayor capacidad de oxigenación que la gasolina, lo que puede mejorar la eficiencia de combustión y reducir las emisiones de gases de escape. Las mezclas de alcoholes y gasolina pueden ayudar a reducir la dependencia del petróleo y aumentar la seguridad energética. Otras aplicaciones potenciales incluyen la reducción



de la toxicidad de los gases de escape y la reducción de la formación de depósitos en el motor. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la mezcla de alcoholes y gasolina puede tener efectos negativos en el rendimiento del motor, como una disminución en la potencia y la eficiencia de combustible, así como un aumento en la corrosión y la oxidación (Edwin Geo et al., 2019).

## **2.6 Aditivos y sus efectos sobre la presión de vapor**

Los aditivos se utilizan en las mezclas de combustible para reducir los efectos adversos y mejorar el rendimiento y la reducción de emisiones. En cuanto a la presión de vapor en las mezclas de gasolina con alcoholes, se ha observado que la mezcla de metanol y gasolina puede formar mezclas no ideales, lo que puede aumentar la presión de vapor Reid en el rango de 200-800 kPa. Sin embargo, se ha demostrado que el uso de alcoholes superiores como aditivos en las mezclas de metanol-gasolina puede reducir el aumento en la presión de vapor Reid (Bharath & Arul Mozhi Selvan, 2021a).

### ***2.6.1 Papel de los aditivos en la pasivación***

Los aditivos de alcohol superior se utilizan para mejorar la estabilidad de la mezcla de combustible, reducir la corrosión y mejorar la resistencia al agua. Además, los aditivos de alcohol superior también mejoran la eficiencia de combustión y reducen las emisiones de gases de escape, lo que resulta en una reducción de la contaminación ambiental (Bharath & Arul Mozhi Selvan, 2021).

**Tabla 5.** Comparación de funcionalidades de metanol e Isobutano relevantes para aplicaciones en automóviles.

<b>Metanol</b>	<b>Isobutano</b>
Menos átomos de carbono e hidrógeno: bajo contenido de energía y mayor consumo de combustible.	Más átomos de carbono e hidrógeno: alto contenido energético y menor combustible consumo.
Alta presión de saturación (mayores volatilidades): más posibilidades de cavitación y problemas de bloqueo de vapor	Baja presión de saturación (menores volatilidades): menos posibilidades de cavitación y problemas de bloqueo de vapor
El alto calor de vaporización: dificultad para arrancar el motor en condiciones atmosféricas frías.	Bajo calor de vaporización (la mitad del metanol): motor relativamente liviano comenzando en condiciones atmosféricas frías.
Condiciones	
Menor viscosidad cinemática: puede convertirse en una fuente de problemas de desgaste en la línea de combustible.	Mayor viscosidad cinemática: evita posibles problemas de desgaste en la línea de combustible.
Corrosivo en grandes dosis.	Menos corrosivo.
Punto de inflamación bajo: inseguro cuando se usa en condiciones ambientales calurosas.	Alto punto de inflamación: combustible mucho más seguro en condiciones de trabajo ambientales calurosas.
Baja relación estequiométrica A/F comparativamente menos compatible con el diseño actual de motores de automóviles.	Relación estequiométrica A/F relativamente alta, más consistente con el diseño actual de motores de automóviles.
Baja tolerancia al agua: comparativamente más posibilidades de separación del combustible base.	Tolerancia al agua comparativamente alta: menos posibilidades de separación del combustible base
Tóxico en grandes dosis	Tóxico moderado

**Fuente:** (Bharath & Arul Mozhi Selvan, 2021)

La tabla 2 los estudios han demostrado que los aditivos de alcohol superior, como el isobutanol, pueden mejorar significativamente el rendimiento del motor y reducir las emisiones de gases de escape en mezclas de metanol-gasolina. El isobutanol tiene una mayor densidad energética y una menor presión de vapor de Reid en comparación con el metanol, lo que lo hace más adecuado como aditivo para combustibles de mezcla de gasolina. Además, el isobutanol tiene una mayor resistencia a la corrosión que el metanol, lo que lo hace más adecuado para su uso como aditivo en motores de automóviles.

La pasivación es un proceso que ocurre en la superficie de los metales y que los protege de la corrosión. En el contexto de las mezclas de alcohol-gasolina, la pasivación es importante porque estas mezclas pueden ser corrosivas para ciertos metales. En particular, se discute la pasivación de acero inoxidable en mezclas de alcohol-gasolina. Se encontró que el acero inoxidable tiene una muy buena capacidad de pasivación en mezclas de alcohol-gasolina con un contenido creciente de etanol. Sin embargo, la capacidad de pasivación del acero inoxidable puede variar dependiendo de la composición del ambiente (Matějovský et al., 2018).

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de investigación

La presente investigación se caracterizó por mantener una metodología experimental, donde se pudo ejecutar diversos análisis químicos que permitieron medir la presión de vapor de mezclas de alcoholes con hidrocarburos con diferentes aditivos y concentraciones, y consecuentemente se analizó la pasivación por efecto de aditivos.

El diseño de investigación utilizado fue experimental, por cuanto se ejerció la manipulación de una variable experimental no verificada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por que causa se produce una situación particular, ejecutando diversos análisis de distintas mezclas de alcoholes con hidrocarburos para analizar la variación de la presión de vapor en cada una de ellas.

El presente estudio mantuvo una investigación de campo, ejecutando los diversos análisis de los distintos alcoholes, tales como: etanol, metanol, butanol, isopropanol, con la finalidad de medir la presión de vapor en cada una de las mezclas, tomando en consideración las diversas normativas estándar como: Equipo para la medición de presión de vapor aplicando la normativa ASTM D5191-19, equipo para el análisis del número de octanaje (RON) utilizando la normativa estándar ASTM D2699-21.

El presente estudio académico, mantuvo una investigación bibliográfica, por cuanto se realizó una indagación exhaustiva a través artículos científicos, normativas, leyes y códigos relacionados con el objeto de estudio.

### **3.2 Población o muestra**

La representatividad de las muestras de las mezclas de alcoholes con hidrocarburos que fueron caracterizadas en términos de su presión de vapor y capacidad de atenuación en presencia y ausencia de aditivos las cuales provienen del proceso de producción de Refinería Esmeraldas ubicada en la provincia de Esmeraldas. Es importante destacar que la muestra fue lo suficientemente grande y diversa para garantizar la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos en la investigación de campo.

### **3.3 Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender**

#### ***3.3.1 Hipótesis***

Se espera que la adición de ciertos aditivos a las mezclas de alcoholes con hidrocarburos pueda influir en la variación de la presión de vapor de la mezcla. Se espera que la incorporación de aditivos tenga la capacidad de modificar las interacciones moleculares entre la pasivación o atenuación de la misma. La hipótesis nula establece que la adición de ciertos aditivos aumenta la presión de vapor, favoreciendo la pasivación de la mezcla, mientras que otros aditivos podrían disminuir la presión de vapor, lo cual disminuiría la presión de vapor y conducir a una mayor atenuación.

### **3.3.2 Preguntas científicas**

1. ¿Cómo variar la presión de vapor de mezclas de alcoholes con hidrocarburo al agregar diferentes tipos de aditivos?
2. ¿Cómo influye la concentración de aditivos en la variación de la presión de vapor de las mezclas de alcoholes con hidrocarburos?
3. ¿Qué tipos de aditivos tienen un efecto positivo en la atenuación y cómo se pueden identificar?

### **3.3.3 Idea a defender**

Se pudo demostrar que la selección adecuada de aditivos basados en su estructura molecular y propiedades química, influyen en la variación de la presión de vapor y mediante su interacción con las moléculas de los componentes de la mezcla, y a su vez, influyen en los enlaces intermoleculares y modificar las fuerzas intermoleculares presentes. Además, se estableció la optimización del uso de aditivos podrá ser una alternativa viable y rentable para reducir los costos de producción y mejorar la calidad de los productos.

## **3.4 Recolección de información**

### **3.4.1 Técnicas e instrumentos utilizados**

Para desarrollar los diversos análisis químicos dentro del estudio de campo, se considera las normativas estándares internacionales, cumpliendo sus procedimientos y protocolos, para afianzar su validez y confiabilidad de los resultados obtenidos; a continuación, se nominan las siguientes normativas ASTM:

- ASTM D5191-19: Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products and Liquid Fuels (Mini Method). EE.UU: ASTM International.
- ASTM D2699-21: Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel. EE.UU: ASTM International.
- ASTM D5191-20: Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products and Liquid Fuels (Mini Method). EE.UU: ASTM International.

**Medición de presión de vapor (ASTM D5191-19):** este método estandarizado especifica el uso de un probador o aparato de presión de vapor para determinar la presión de vapor de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos, incluida la gasolina. El equipo normalmente consta de una cámara de muestra, un sistema de control de temperatura y un dispositivo de medición de presión. Es altamente confiable y ampliamente aceptado en la industria, lo que garantiza mediciones precisas de la presión de vapor.

### Características técnicas del equipo ERAVAP

**Tabla 6.** Características técnicas del equipo ERAVAP

<b>Características del Hardware</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agitador integrado para mediciones de crudo</li> <li>• Tecnología de válvulas Pure Sampling™ para minimizar contaminación cruzada</li> </ul>
<b>Rango de Temperatura:</b>	0 °C–120 °C (32 °F–248 °F) con tecnología Peltier – No requiere enfriamiento externo
Estabilidad de Temperatura	0.01 °C (0.02 °F)
Rango de Presión	EV10 ERAVAP: 0 kPa–1 000 kPa (0 psi–145 psi) – Sensor de presión de alta precisión
Resolución de Presión	0.01 kPa (0.0014 psi)
Radio Vapor / Líquido	Variable desde 0.02/1–100/1 – Un solo punto, multi-punto y mediciones de curva

Precisión	Repetibilidad: $r \leq 0.15$ kPa (0.022 psi) medida con EV10 y Ciclopentano a 37.8°C Reproducibilidad: $R \leq 0.5$ kPa (0.073 psi)
Introducción de la Muestra	Automática vía pistón interno – No requiere bomba de vacío externa
Volumen de la Muestra	1 ml (2.2 ml por ciclo de enjuague)
Tiempo de Medición	5 minutos para medición estándar
Interfaces	PC integrado con Ethernet, USB frontal y en parte trasera, así como interface RS232 Conectividad directa con LIMS vía LAN y salida para impresora o PC y exportación de resultados
Control Remoto	Capacidad de servicio remoto vía Ethernet interface
Software de PC	ERASOFT RCS – control remoto Windows® software para control remoto de múltiples instrumentos, transferencia de datos conveniente, visualización de espectros y resultados de análisis
Base de Datos Resultado	Más de 100 000 informes detallados de las pruebas almacenados en la memoria interna
Alarma de Seguimiento	Todos los mensajes de alarma se almacenan en la base de datos junto con los resultados
Requerimientos de Energía	Cambio automático 85–264 V AC, 47–63 Hz, max. 150 W (fuente de alimentación de voltaje múltiple).
Dimensiones / Peso	29 x 35 x 34 cm (11.4 x 13.8 x 13.4 in) / 9.7 kg (21.4 lb)

---

(Véase en ANEXO 1, figura 5)

**Análisis de investigación del número de octanaje (RON) (ASTM D2699-21):** este método de prueba evalúa el octanaje de combustibles para motores de encendido por chispa, como la gasolina. Se utiliza un motor de relación de compresión variable con condiciones de operación controladas y equipo de detección de



detonación. El análisis RON es una técnica confiable y bien establecida para evaluar el desempeño de mezclas de gasolina y alcohol.

### Características técnicas del equipo CFR WAUKESHA

**Tabla 7.** Características técnicas del equipo CFR WAUKESHA

<b>Dimensiones:</b>	
Base de cimentación	132 cm x 71 cm x 25-38cm
Máquina de Octano	122 cm x 61 cm x 14 cm
<b>Peso:</b>	1815 kg
<b>Suministro eléctrico:</b>	
Motor eléctrico	220 VCA, 60 Hz trifásico
Panel de Control	115 VCA $\pm$ 10%, 60 Hz
<b>Consumo eléctrico</b>	
Motor eléctrico	5 A
Panel eléctrico	15 A
<b>Requerimientos especiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio con aire acondicionado.</li> <li>• Construir base de cimentación donde se colocará el equipo</li> <li>• El laboratorio deberá tener una altura interior mínima de 3000 cm y se deberán dejar un orificio para tubo de escape.</li> <li>• Extractor de vapores</li> <li>• Tina para enfriar muestras (será necesario utilizar hielo)</li> </ul>
<b>Ámbito tecnológico</b>	<p><b>Requerimientos Hidráulicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.5 Galones por minuto (mínimo) de agua</li> <li>• Temperatura del agua 75 F (24° C)</li> <li>• Presión mínima de 40 PSI (276kPa)</li> <li>• Drenaje para agua de enfriamiento de la máquina.</li> <li>• Pantalla tipo Touchscreen de 15"</li> <li>• Computadora tipo industrial</li> </ul>

**Funciones:**

- Panel frontal
  - Brazo de soporte para montaje de monitor/computadora
  - Teclado y Mouse
  - Conjunto de RTD's. Para mezcla, aire, condensador y calentamiento de aceite
  - Transductor de presión de aceite
  - Sistema de paro de emergencia para baja presión de aceite y/o alta temperatura
  - Controles de calentamiento de aceite, mezcla y aire de admisión
  - Puerto de comunicación RS232 y R5485
  - Módulos analógicos de entradas y salidas
  - Módulos digitales de entradas y salidas
  - Módulos de RTD
- 
- Registro de datos automático
  - Generación automática de reporte gráfico
  - Paro de emergencia digital
  - Paro de emergencia remoto
  - Controles digitales integrados
  - Registro electrónico de mantenimiento
  - Registro de eventos automático
  - Sistema de apagado automático
  - Estado visual de alarmas

---

(Véase en ANEXO 1, figura 5)

**Análisis del efecto de pasivación:**

El análisis de pasivación en mezclas de gasolina con alcoholes se realizó con los métodos ASTM D 5191 y ASTM D 2699. Estos métodos permitieron medir la presión de vapor Reid (RVP) y el índice antidetonante (IAD) de las mezclas de gasolina con alcoholes, que son las propiedades de la mezcla que se ven afectadas por la pasivación. La pasivación es el fenómeno por el cual los alcoholes se separan de la gasolina y forma una fase acuosa, lo que reduce el octanaje y la volatilidad de la mezcla.

### **3.4.2 *Fiabilidad y Validez***

**Medición de presión de vapor:** ASTM D5191-19 es un estándar ampliamente aceptado con procedimientos y requisitos de equipo bien definidos. Cuando se sigue correctamente, garantiza una alta confiabilidad y validez de las mediciones de presión de vapor. La calibración periódica de los equipos y el uso de materiales de referencia certificados mejoran aún más la confiabilidad.

En este sentido, la Refinería de Esmeraldas, en el área de control de calidad, cumple los protocolos de las normativas ASTM D5191, que señala la calibración del equipo ERAVAP, es anualmente como lo establece la norma, para mantener la validez y confiabilidad de los resultados.

**Análisis de investigación del número de octano (RON):** ASTM D2699-21 proporciona procedimientos detallados para el análisis de RON, incluyendo protocolos de prueba y calibración del motor. Cuando se realiza de acuerdo con estas pautas, el análisis RON se considera altamente confiable y válido para evaluar el rendimiento del combustible.

En efecto, en la Refinería de Esmeraldas, dentro del área de control de calidad, cumplen los protocolos de las normativas ASTM D2699, que señala la calibración del equipo CFR WAUKESHA, es anualmente como lo establece la norma, para mantener la validez y confiabilidad de los resultados

**Análisis del efecto de pasivación:** El análisis de pasivación en mezclas de gasolina con alcohol se realizó con los métodos ASTM D 5191, ASTM D 2699. Estos métodos permiten medir la presión de vapor Reid (RVP) y el índice antidetonante (IAD) de las mezclas de gasolina con alcoholes, que son las propiedades de las mezclas, que se ven afectadas por la pasivación.

. La pasivación es el fenómeno por el cual los alcoholes se separa de la gasolina y forma una fase acuosa, lo que reduce el octanaje y la volatilidad de la mezcla.

## **Estandarización del Octanómetro**

### **1. Inspección Diaria del Octanómetro:**

- Se ejerció la revisión nivel de aceite, complementado con aceite SAE 30.
- Se realizó la inspección del refrigerante.
- Se hizo rotar la polea manualmente
- Encender sistema de enfriamiento.
- Se abrió llave de agua a 40PSI.
- Se inició el software CFR OCTANE ANALYZER.
- Se desbloqueó el botón de seguridad y se calentó el aceite.
- Se verificó los parámetros de temperatura de aceite, entrada de aire.

- Se comprobó la presión de aceite: 25-30 psi.
- Se verificó la temperatura del aceite  $135\pm 5$  °C y temperatura del aire  $125\pm 15$  °C
- Se verificó la temperatura del refrigerante:  $212^{\circ}\text{F} \pm 3$  °F.
- Se inició el motor cuando todos los parámetros estuvieron en verde.

## 2. **Proceso de Calentamiento:**

- Se colocó los hidrocarburos en la cuba #4.
- Se operó a un nivel típico de Intensidad de Golpeteo (K.I.).
- Se Giró la perilla IGNITION de Off a On.

## 3. **Fijación de Parámetros:**

- Se ingresó nivel mínimo y máximo de relación aire-combustible.
- Se pulso Click en OCTANE RATING KNOCK.
- Se ingresó el nombre del operador e identificación de la muestra.

## 4. **Estandarización del Patrón de Tolueno TSF:**

- Se realizó la prueba de adecuación del motor con mezcla TSF.
- Se estableció el radio de compresión con contador digital.
- Se agregó TSF en la cuba #2.

- Se inició la clasificación, encontrándose el máximo golpeteo y se registró lecturas.

**5. Determinación de Patrones de Referencia (PRF):**

- Se preparó PRF #1 y PRF #2.
- Se operó con cada PRF, y se ajustó la relación fuel-aire y se registró el máximo golpeteo.

**6. Verificación y Promedio:**

- Se repitió varias determinaciones en orden inverso.
- Se hizo el promedio de las lecturas de N.O. en la muestra de tolueno TSF.
- Se ejerció la verificación del cumplimiento de la tabla de guía.

**Tabla 8.** Valores de referencia aceptados del número de octano de la mezcla TSF, tolerancias nominales no ajustadas y rango de uso del número de octano del combustible de muestra.

<b>TSF Blend Octane Number Accepted Reference Value, Untuned Rating Tolerance and Sample Fuel Octane Number Range of Use</b>					
TSF R.O.N ARV	Intuned Rating Tolerance	TSF Blend Composition, vol%			Use for Sample Fuel R.O.N Range
		Toluene	Isooctane	Heptane	
85.2 <sup>a</sup>	0.3	66	0	34	80.2-87.4
89.3 <sup>c</sup>	0.3	70	0	30	87.1-91.5
93.4 <sup>cD</sup>	0.3	74	0	26	91.2-95.3
96.9 <sup>cD</sup>	0.3	74	5	21	95.0-98.5
99.8 <sup>O</sup>	0.3	74	10	16	98.2-100.0

## Preparación del Octanómetro

1. Se realizó la preparación de la muestra: La muestra se almacenó en un envase ámbar para evitar el contacto de la luz con la muestra, y se verificó que la muestra permanezca en refrigeración y su temperatura se encuentre entre 2 °C a 10 °C. Además, se enfrió hasta alcanzar la temperatura dentro de los límites de tolerancia.
2. Quema de muestra: Se pudo obtener el valor del octanaje de la muestra de la cuba #4 y se procedió a quemar y obtener el nivel típico de Intensidad de Golpeteo (K.I.) y el valor del octanaje de la muestra.
3. Se ingresó el PRF Inferior y Superior: Se registró el PRF inferior con 1.0 N.O. menor al de la muestra, con proporción iso-octano correspondiente y se completó con n-heptano. Además, se ingresó el PRF superior con 1.0 N.O. mayor al de la muestra.
4. Se Registró la Relación Aire-Combustible: Asegurándose de estar dentro del rango crítico de 0.7 a 1.7 pulgadas.
5. Se pudo establecer el Golpeteo: Se pudo encontrar el valor de golpeteo para cada nivel (1.7 a 0.7) correspondiente a la relación aire-combustible. Se colocó el nivel analizado y se pulsó click en RECORD.

- Además, se registró el Máximo Golpeteo: Se ajustó la perilla al nivel correspondiente al máximo golpeteo. Se esperó que se estabilice y se hizo click en RECORD. Se colocó nuevamente el valor encontrado y se pulsó click en RECORD MAX KI.

**Cálculo:**

$$O.N.S = O.N.LRF + \left( \frac{K.I.LRF - K.I.S}{K.I.LRF - K.I.HRF} \right) (O.N.HRF - O.N.LRF)$$

En dónde:

- $O.N.S$  = Número de Octano de la muestra de combustible.
- $O.N.LRF$  = Número de Octano del patrón de referencia más bajo.
- $O.N.HRF$  = Número de Octano del patrón de referencia más alto.
- $K.I.S$  = intensidad de golpeteo de la muestra de combustible (lectura del knockmeter).
- $K.I.LRF$  = intensidad de golpeteo del patrón de referencia más bajo.
- $K.I.HRF$  = intensidad de golpeteo del patrón de referencia más alto.

**Preparación del equipo PVR (Presión de Vapor Reid):**

- Se preparó la muestra: Utilizando un recipiente de 1 litro entre 70% y 80% con muestra luego se introdujo un volumen conocido de una muestra enfriada y saturada de aire en una cámara de prueba termostáticamente controlada y evacuada.



2. Se ejecutó el proceso de saturación de aire: Realizando preparaciones complejas, agitando consecutivamente la muestra y se enfrió en un refrigerador (0 °C a 1 °C) por periodo de tiempo de 30-45 minutos
3. Se ejecutó el equilibrio térmico: Permitiendo que la muestra de prueba alcance el equilibrio térmico a la temperatura de prueba de 37.8°C o 100°F a una relación vapor-líquido de 4:1.
4. Se realizó la medición de la presión: Se midió el aumento resultante en la presión con un transductor de presión.
5. Se realizó la conversión a DVPE (Presión de Vapor Equivalente en Seco): Se realizó la conversión de la presión total de vapor a DVPE utilizando la ecuación de correlación  $DVPE \text{ (kPa)} = (0.965 X) - 3,78$  kPa, donde X denota la presión total medida en kPa.

### **3.5 Procesamiento de la información y análisis estadístico**

En este estudio se priorizó el enfoque estadístico para el procesamiento e interpretación precisos de los datos. Describiendo el modelo estadístico aplicado para el procesamiento de datos y el diseño experimental, incluyendo los análisis estadísticos y las diversas pruebas de rango múltiple.

#### **3.5.1 *Diseño experimental***

**Diseño factorial:** Se realizó un diseño factorial completo, evidenciando diversos (tipo de alcohol, concentración y aditivos); diseño que mantuvo distintas combinaciones de factores, ejecutando una evaluación integral de sus efectos.

**Aleatorización:** Dentro del estudio experimental se minimizó el sesgo y la aleatorización, respetando la asignación aleatoria de condiciones para cada prueba (por ejemplo, diferentes combinaciones de concentración de alcohol y aditivos) para que garantice los resultados y no sea alterado por ningún factor externo.

**Replicación:** Se ejecutó la replicación de los experimentos, de 3 veces por cada mezcla, evaluando su repetibilidad y confiabilidad. Mediante la replicación se obtuvieron datos para el análisis estadístico, fortaleciendo la validez de los hallazgos.

#### **Análisis estadísticos y pruebas de rango múltiple:**

**Prueba de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey:** Se realizó la prueba de HSD de Tukey ejerciendo la comparativa de los grupos de mezclas, identificando las diferencias significativas entre ellos, controlando el error de tipo I, diferenciando la presión de vapor entre sí.

**Prueba de rango múltiple de Duncan:** De igual manera, se realizó la prueba de Duncan, permitiendo identificar diferencias menos significativas entre las medias de los grupos de mezclas; estableciendo que la prueba Duncan es menos conservadora que la prueba Tukey.

#### **3.5.2 Nivel de confiabilidad y validez**

**Confiabilidad:** Se utilizó los métodos de prueba estandarizados (ASTM D5191-19) y un diseño experimental riguroso para mejorar la confiabilidad de la investigación. De igual manera se realizó la calibración y validación periódica (cada 3

meses) de los instrumentos lo cual permitió contribuir a la confiabilidad de los hallazgos.

**Validez:** Para obtener la validez de los resultados, se cumplió con los estándares de prueba establecidos (ASTM D5191-19, ASTM D2699-21), la investigación mantuvo su validez, utilizando diversos reactivos, mezclas, insumos y materiales para ejecutar los diversos análisis químicos; todo ello favoreció a la validez de los resultados y permitió ejercer un análisis estadístico adecuado; priorizando diversos insumos, reactivos, materiales y mezclas, tales como:

**Reactivo:**

1. Gasolinas
2. Alcohol isoamílico
3. Alcohol etílico
4. Alcohol metílico
5. Alcohol butílico
6. Mezclas de alcoholes
7. Patrones de referencia

**Insumo:**

1. Equipo de presión de vapor DVPE ASTM D5191
2. Equipo determinación T líquido vapor

**Mezclas:**

1. Gasolina: etanol: (95:5)
2. Gasolina: etanol: (90:10)

3. Gasolina: etanol: (85:15)
4. Gasolina: etanol: Metanol (95:4:1)
5. Gasolina: etanol: Metanol (90:8:2)
6. Gasolina: etanol: Metanol (85:10:5)
7. Gasolina: etanol: isopropanol (95:4:1)
8. Gasolina: etanol: isopropanol (90:8:2)
9. Gasolina: etanol: isopropanol (85:10:5)
10. Gasolina: etanol: butanol (95:4:1)
11. Gasolina: etanol: butanol (90:8:2)
12. Gasolina: etanol: butanol (85:10:5)
13. Gasolina: etanol (80:20)
14. Gasolina: etanol: isopropanol (80:15:5)
15. Gasolina: etanol: butanol (80:15:5)
16. Gasolina: etanol: isopropanol (80:18:2)
17. Gasolina: etanol: butanol (80:18:2)
18. Gasolina: etanol: butílico: isoamílico (95:3:1:1)
19. Gasolina: etanol: butílico: isoamílico (90:7:1.,5:1,5)
20. Gasolina: etanol: butílico: isoamílico (80:16:2:2)
21. Gasolina: etanol: isoamílico (80:15:5)

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación reflejó los resultados sobre la variación de presión de vapor en mezclas de alcoholes y análisis de pasivación por efecto de aditivos, cumpliendo todos los protocolos y procedimientos técnicos acorde a las normativas ASTM D5191-19, ASTM D2699-21 y ASTM D5191-20, los cuales fueron ejecutados en la Refinería de Esmeraldas. A continuación, se describen los diversos resultados obtenidos.

**Tabla 9.** Variación de presión de vapor y octanaje en la mezcla de gasolina extra-Etanol.

Muestra	Volumen de gasolina extra		Volumen de Etanol		Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado RON
	ml	%	ml	%			
1	1000	100	0	0	41,50	41,6	86,53
	1000	100	0	0	41,60		
	1000	100	0	0	41,70		
1	950	95	50 ml	5	49,50	49,8	88,88
	950	95	50 ml	5	49,80		
	950	95	50 ml	5	50,00		
2	900	90	100 ml	10	50,00	49,8	90,78
	900	90	100 ml	10	50,00		
	900	90	100 ml	10	49,40		
3	850	85	150 ml	15	48,90	48,9	92,7
	850	85	150 ml	15	48,80		
	850	85	150 ml	15	48,90		

**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas

En este sentido, en la Tabla 6, se aprecia la medición de la presión de vapor (DVP), en la gasolina Extra, con valores secuenciales de 41.50 Kpa; 41.60 Kpa y 41,70 Kpa; por cuanto se ejecutó 3 repeticiones para mantener la certeza y la fiabilidad del resultado, como lo estima la normativa ASTM D5191, resultando un promedio (DVP) de 41.6; reflejando que existe punto calorífico promedio, que permite a la gasolina extra, liberar suficiente energía durante la combustión, produciendo un mayor rendimiento del motor del vehículo. Esto se genera por la composición química de la gasolina extra, produciendo mayor potencia. Esto es congruente, con el resultado de octanaje obtenido de 86,53, señalando la eficiencia básica del combustible y del motor, estableciendo que el aumento de DVP, incrementará el octanaje en la gasolina.

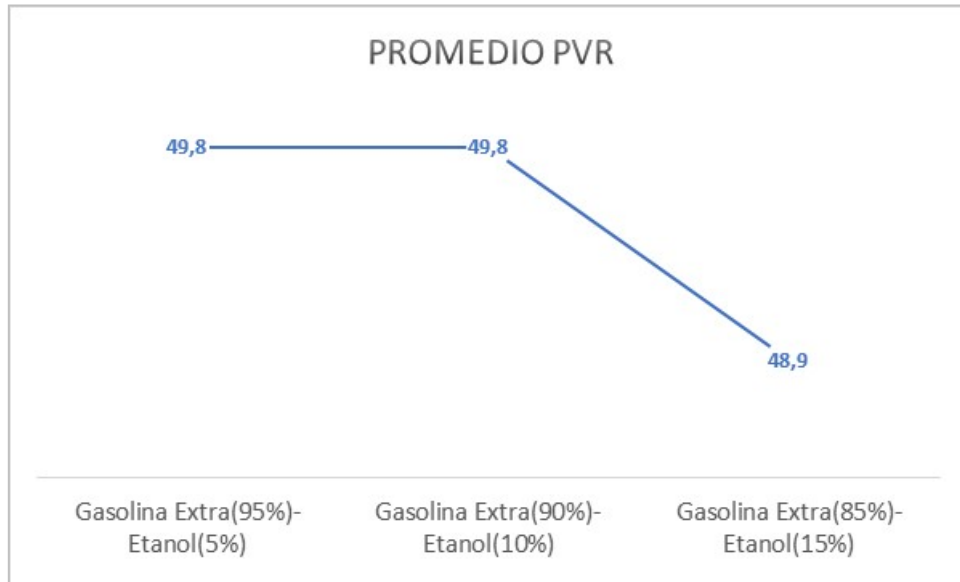
Desde otro enfoque, el análisis químico que se ejerció a la mezcla de Gasolina Extra (95%) y Etanol (5%), se pudo evidenciar una presión de vapor base de 49.50 Kpa, y a medida que se ejerce los 3 ensayos aumenta a 50 Kpa; reflejando un promedio de presión de vapor de 49,8, denotando que esta mezcla, refleja una variación en ascenso de la presión de vapor, lo cual mejora la eficiencia de la combustión y, asimismo, reduce el consumo de combustible. Asimismo, se refleja que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla con gasolina, aumenta el octanaje, debido a que el etanol mantiene un alto nivel de octano, mejorando la capacidad de la mezcla, para resistir la detonación, optimizando la eficiencia del combustible; con estos hallazgos, el etanol se convierte en una opción alternativa al uso de la gasolina normal.

Por otro lado, en la mezcla Gasolina Extra (90%) – Etanol (10%), se pudo comprobar la existencia de variaciones en la presión de vapor con valores secuenciales

de 50 Kpa, 50 Kpa, y 49,40 Kpa, ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 49,8, enfatizando que esta mezcla totalmente miscible y a su vez, es una sustancia homogénea, en donde el Etanol posee una menor presión de vapor que la gasolina extra, reduciendo la presión de vapor total del combustible; esta mezcla de etanol y gasolina, permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible. Consecuentemente, se puede deducir que, al colocar más volumen de etanol, se incrementa el octanaje y consecuentemente se obtendrá mayor potencia o rendimiento del motor, permitiendo reducir los niveles de contaminación ambiental. En la mezcla genera alto octanaje para que el motor se mantenga estable en altas presiones; y esto evita que no cause la pre detonación. Se puede apreciar que esta mezcla cumple con la normativa ASTM-D-5191 y ASTM-D2699, la misma que es viable.

Asimismo, en la mezcla Gasolina Extra (85%) y Etanol (15%), se comprobó en el análisis químico, que a medida que se incrementa el volumen o la cantidad de Etanol, la presión de vapor decrecimiento con valores de 48,90 Kpa; 48,80 Kpa y 48,90 Kpa en las 3 repeticiones y con DVP promedio de 48,9, la misma que va disminuyendo paulatinamente en las diversas mezclas, brindando amplios beneficios, mejorando el rendimiento del motor, reduciendo el consumo de combustible y así como también reduce las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados; siendo ésta la mezcla adecuada para obtener mejores resultados. Por tal motivo, el número de octanaje se posiciona en 92,7 produciendo mayor beneficio para el funcionamiento del motor y poder establecer el equilibrio de la mezcla; es necesario

mantener prudencia, y no exagerar en las mezclas que superen los 15% de etanol, por cuanto puede que no funcione bien su motor. Se puede deducir que esta mezcla cumple con los rangos permisibles de la presión de vapor en la normativa vigente ASTM D-5191 y ASTM D-2699, siendo factible para su uso.



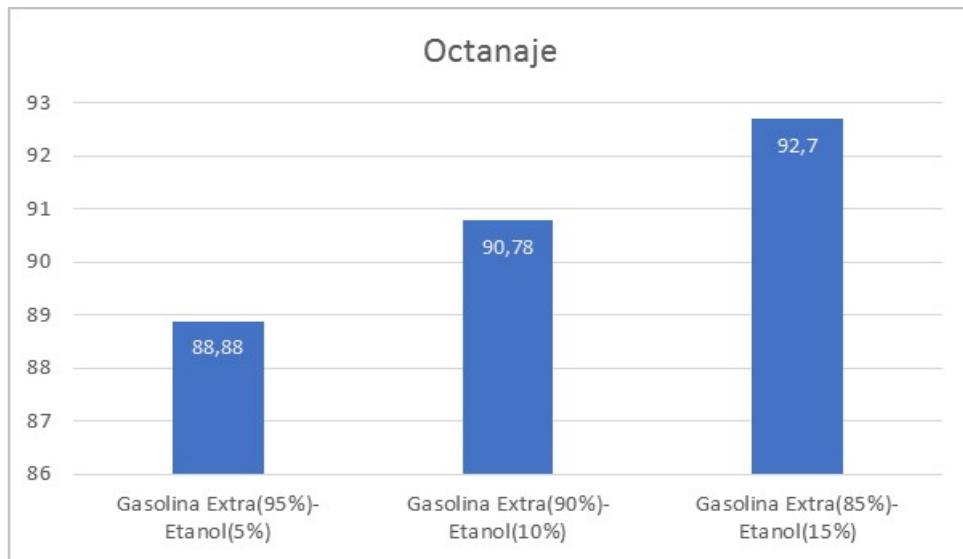
**Gráfico 1.** Presión de vapor en mezcla de extra - etanol

Por su parte, en el grafico 1, se visualiza el comportamiento de las diversas muestras en la mezcla de gasolina extra y etanol existe la presión de vapor y el número de octanaje, en donde la mezcla de Gasolina Extra (95%) y Etanol (5%), se pudo evidenciar una presión de vapor promedio de 49,8 Kpa, de igual manera en la mezcla Gasolina Extra (90%) – Etanol (10%), se pudo corroborar una presión de vapor promedio de 49,8 Kpa; cabe resaltar, en la mezcla Gasolina Extra (85%) y Etanol (15%), se comprobó una presión de vapor promedio de 48,9 Kpa, expresando que a medida se agrega mayor volumen de etanol a la gasolina la DVP disminuye



sustancialmente; Por otro lado, en la mezcla Gasolina Extra (90%) – Etanol (8%) - Metanol (2%), se pudo comprobar la existencia de variaciones en la presión de vapor con valores secuenciales de 54,20 Kpa; 54,10 Kpa y 54 Kpa, ejecutando tres ensayos por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor promedio 54,1 Kpa. es importante destacar que al agregar más concentración de etanol la presión de vapor se reduce progresivamente, señalando que los valores de presión aceptados poseen un valor de 60 Kpa.

En este marco, la mezcla de gasolina extra - etanol con concentración de 5-10-15% muestran que están en una presión de vapor adecuada, en el rango adecuado y acorde a los parámetros de la normativa ASTM -D5191 y se consideran como mezclas viables.



**Gráfico 2.** Número de Octanaje en mezcla de extra-etanol

Prosiguiendo con el análisis, en el gráfico 2 se observa la variabilidad del octanaje a medida que va incrementando el porcentaje de etanol en la gasolina extra; deduciendo así: al agregar el 5% de etanol se reflejó un octanaje RON de 88,88; de modo similar, al incrementar al 10% de etanol se obtuvo un octanaje de 90,78 y por su parte, al agregar el 15% de etanol se constató un octanaje de 92,7; preestableciendo que a medida que se incrementa el volumen del etanol se aumenta el número de octanaje de manera significativa, produciendo mayor rendimiento al motor, y esto se debe, por cuanto a que la energía química que mantiene el etanol es mucho menor a la de la gasolina, lo cual permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible.

Por esta razón, aun manteniendo la miscibilidad entre la gasolina y etanol, se debe considerar que las propiedades químicas del etanol señalan que su punto de ebullición refleja 78°C, y por su característica volátil, repercutirá desfavorablemente cuando exista temperaturas que sobrepase los 120°C, mermando la viscosidad del lubricante, produciendo una película delgada del aceite, produciendo fricciones entre las partes o piezas del motor, generando diversas vibraciones en el motor. Del mismo modo, se puede deducir que esta mezcla gasolina y etanol, contamina el aceite disminuyendo la película del lubricante.

En este contexto, esta mezcla posee una baja pasivación, por cuanto el etanol es corrosivo y afecta a las partes y piezas metálicas del motor, por cuanto etanol es ampliamente volátil, cuando superar 120°C durante el proceso de combustión interna,

inhibiendo la capa protectora que debe proveer el etanol en la mezcla con la gasolina extra, para evitar la corrosión y oxidación de los metales.

**Tabla 10.** Variación de presión de vapor y octanaje en la mezcla de gasolina extra-Etanol-Metanol

Muestra	Volumen de gasolina extra		Volumen de Etanol		Volumen de Metanol		Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado RON
	ml	%	ml	%	ml	%			
1	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	54,00	54,3	88,48
	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	54,30		
	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	54,60		
2	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	54,20	54,1	90,65
	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	54,10		
	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	54,00		
3	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	55,20	55,2	92,85
	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	55,10		
	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	55,20		

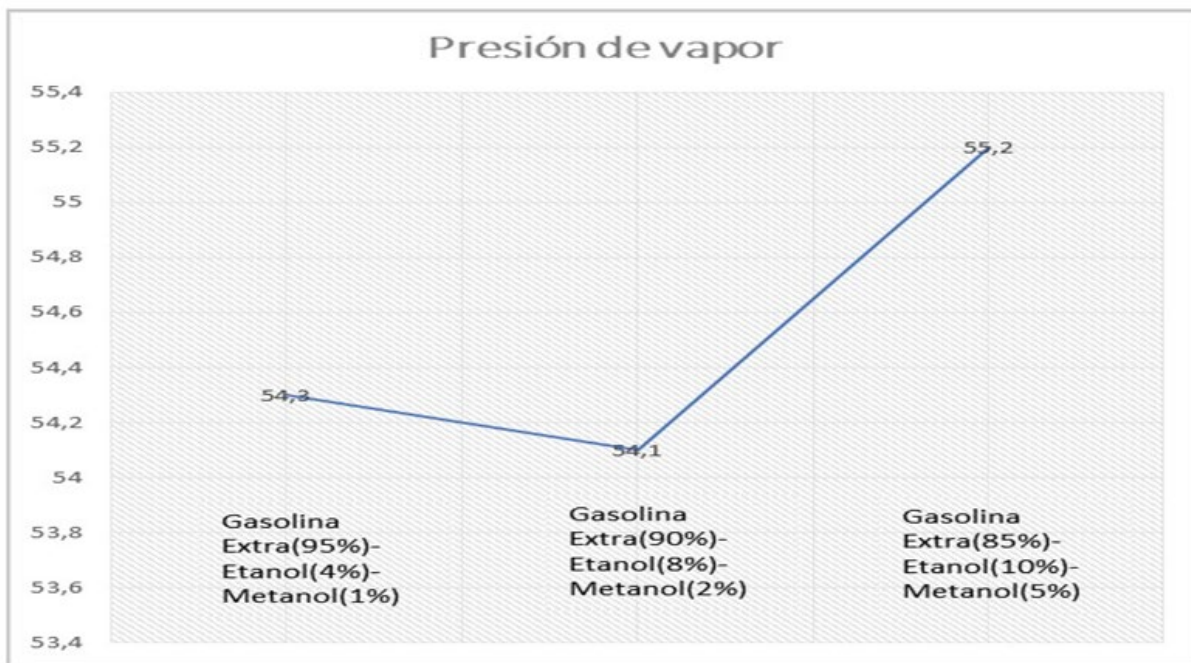
**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas

Desde otro enfoque, el análisis químico que se ejerció a la mezcla de Gasolina Extra (95%), Etanol(4%) y Metanol (1%), se pudo evidenciar una presión de vapor con valores secuenciales de 54Kpa a 54,60 Kpa; ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 54,3 Kpa; eesta mezcla está orientada para vehículos con velocidad o Turbo, porque trabajan con mayor comprensión en la combustión y generan más potencia; cuando existe circunstancia de alta exigencia, el combustible de alto octanaje hará trabajar al motor de manera normal. Asimismo, reduce el consumo de combustible. No obstante, se observó, que a medida que aumenta el porcentaje de metanol en la mezcla con gasolina, aumenta el octanaje

RON 88,48, debido a que el metanol mantiene un alto nivel de octano, mejorando la capacidad de la mezcla, para resistir la detonación, optimizando la eficiencia del combustible; con estos hallazgos, el etanol se convierte en una opción alternativa al uso de la gasolina normal.

Por otro lado, la mezcla de Gasolina Extra (90%) - Etanol (8%) - Metanol (2%), se evidencia diversas presiones de vapor con 54,2 Kpa; 54,1 Kpa y 54 Kpa, y con ello se muestra la presión promedio de 54,1Kpa. Consecuentemente, se puede deducir que, al colocar más volumen de Etanol y Metanol, se incrementa el octanaje a RON 90,65 y consecuentemente se obtendrá mayor potencia o rendimiento del motor, permite reducir los niveles de contaminación ambiental.

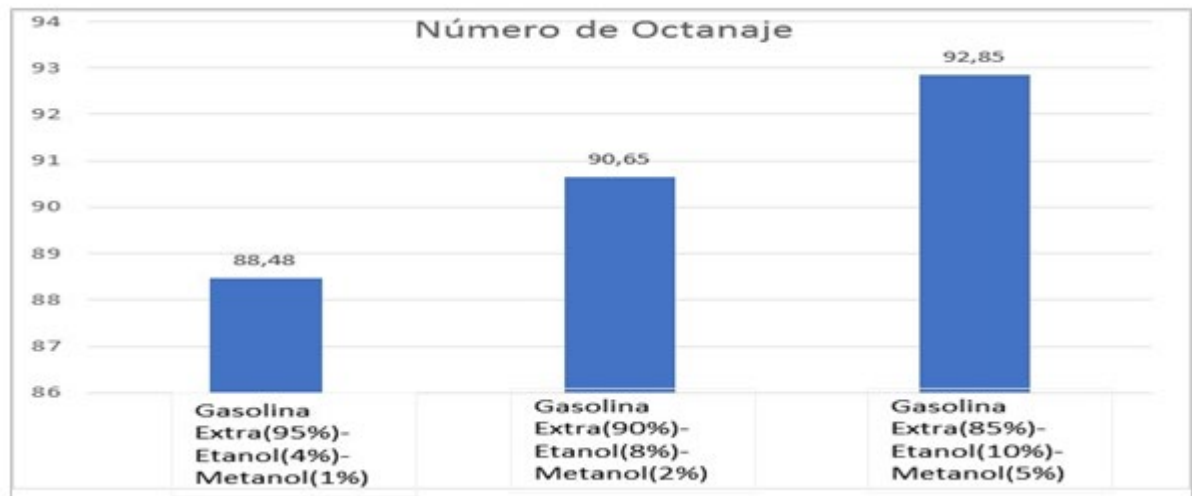
Del mismo modo, la mezcla Gasolina Extra (85%) - Etanol (10%) - Metanol (5%), se comprobó en el análisis químico, que a medida que se incrementa el volumen o la cantidad de Etanol, la presión de vapor refleja 55,20 Kpa; 55,10 Kpa y 55,20 Kpa en las 3 repeticiones y con DVP promedio de 48,9, la misma que va disminuyendo paulatinamente en las diversas mezclas, brindando amplios beneficios. Por ello, en el caso de las mezclas de gasolina extra con etanol y metanol con concentración de 1-2-5%, se encuentran acorde a sus características, estableciéndose como mezclas factibles para mezclas futuras al hallarse en los rangos permisibles que exige la normativa. Por tal motivo, el número de octanaje se posiciona en 92,85 produciendo mayor beneficio para el funcionamiento del motor y poder establecer el equilibrio de la mezcla; es necesario mantener prudencia.



**Gráfico 3.** Presión de vapor, mezcla Extra- Etanol- Metanol

Avanzando con el análisis, en el gráfico 3, se enfatiza la mezcla de Gasolina Extra (95%) - Etanol (4%) - Metanol (1%), evidenciando una presión de vapor promedio de 54,3 Kpa, de igual manera en la mezcla Gasolina Extra (90%) - Etanol (8%) - Metanol (2%), se pudo corroborar una presión de vapor de 54,1Kpa; cabe resaltar, en la mezcla Gasolina Extra (85%) - Etanol (10%) - Metanol (5%) se comprobó una presión de vapor de 55,2Kpa , expresando que a medida se agrega mayor volumen de etanol a la gasolina la DVP disminuye sustancialmente, favoreciendo a la calidad de la mezcla y al funcionamiento del motor.

Con esta mezcla se evita que la presión de vapor suba, para que no se recaliente, generando pequeñas sondas alrededor de todo el cilindro, provocando el ruido de cascabeleo, que puede afectar a las paredes de los cilindros, pistones y cabezales.



**Gráfico 4.** Presión de vapor, mezcla Extra- Etanol- Metanol

Los resultados que se observan en el gráfico 4 se observa la variabilidad del octanaje a medida que va incrementando el porcentaje de etanol y metanol en la gasolina extra; deduciendo así: al agregar Etanol (4%) y Metanol (1%) a la gasolina, evidenciando un RON de 88,48, de modo similar, al incrementar el Etanol (8%) y Metanol (2%) a la gasolina, se obtuvo un octanaje de 90,65 y por su parte, al agregar el Etanol (10%) y Metanol (5%) se constató un octanaje de 92,85. Al incorporar un combustible de mayor octanaje con metanol, permite la facilitar la curva de destilación, permitiendo evaporarse, gasificarse, el octanaje genera la producción de potencia y lo que afecta a ella, es el diseño y los componentes del motor. En el proceso de combustión interna, el pistón sube, y comienza aumentar las presiones en el cilindro y si el combustible es bajo octanaje, se va recalentar.

**Tabla 11.** Variación de presión de vapor y octanaje en la mezcla de gasolina extra- Etanol- Isopropanol

Muestra	Volumen de gasolina extra		Volumen de Etanol		Volumen de Isopropanol		Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado RON
	ml	%	ml	%	ml	%			
1	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	48,50	48,4	87,99
	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	48,40		
	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	48,40		
2	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	48,00	48,0	90,43
	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	48,00		
	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	47,90		
3	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	46,60	46,5	92,73
	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	46,50		
	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	46,40		

**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas

En el escenario analítico, la tabla 10, se aplicó diversos ensayos de la mezcla de Gasolina Extra (95%) - Etanol (4%) - Isopropanol (1%), se pudo evidenciar una presión de vapor con valores secuenciales de 48,5 Kpa; 48,4 Kpa y 48,4 Kpa; ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 48.40, denotando que esta mezcla refleja una variación de la presión de vapor, por cuanto la presión de vapor disminuye a medida que se incrementa el volumen de etanol e Isopropanol en la mezcla; lo cual mejora la eficiencia de la combustión y asimismo, reduce el consumo de combustible. Asimismo, se refleja que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla con gasolina, aumenta el octanaje, debido a que el etanol mantiene un alto nivel de octano RON 87.99, mejorando la capacidad de la mezcla, para resistir la detonación, optimizando la eficiencia del combustible; con

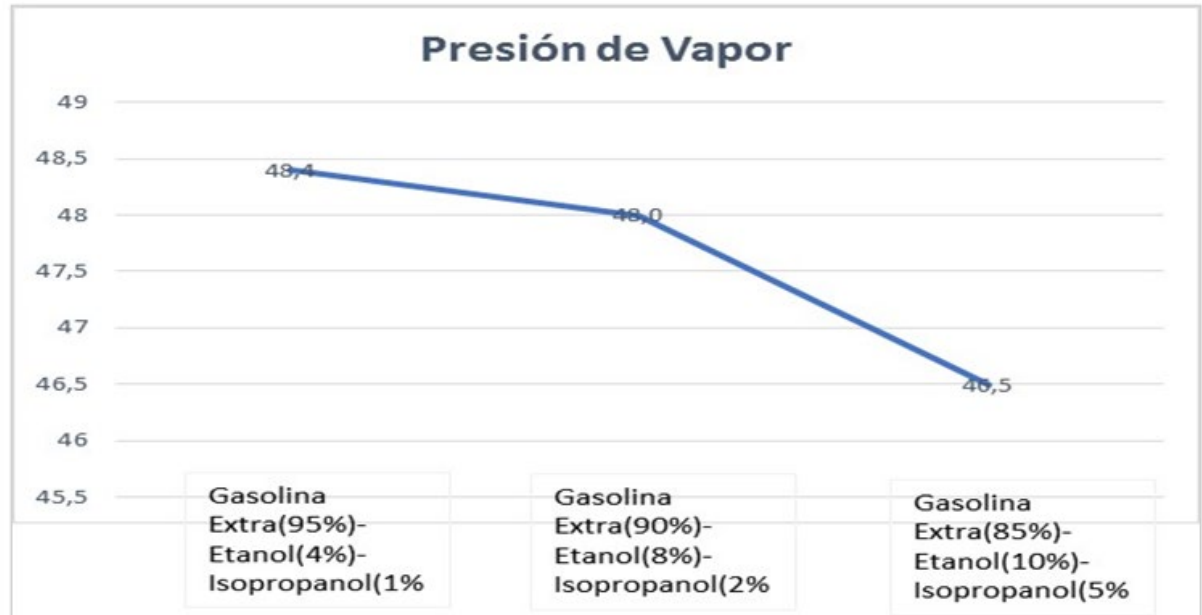
estos hallazgos, el etanol se convierte en una opción alternativa al uso de la gasolina normal.

Por otro lado, en la mezcla Gasolina Extra (90%) - Etanol (8%) - Isopropanol (2%), se pudo comprobar la existencia de variaciones en la presión de vapor con valores secuenciales de 48 Kpa; 48 Kpa y 47,90 Kpa, ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 48 Kpa, enfatizando que el Metanol posee una menor presión de vapor que la gasolina extra, reduciendo la presión de vapor total del combustible; esta mezcla de gasolina, permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible. Consecuentemente, se puede deducir que, al colocar más volumen de etanol, se incrementa el octanaje RON 90,43 y consecuentemente se obtendrá mayor potencia o rendimiento del motor, permite reducir los niveles de contaminación ambiental. En la mezcla genera alto octanaje para que el motor se mantenga estable en altas presiones; y esto evita que no cause pre detonación.

Por otro lado, la mezcla Gasolina Extra (85%) - Etanol (10%) - Isopropanol (5%), se comprobó en el análisis químico, que a medida que se incrementa el volumen o la cantidad de Etanol e Isopropanol, la presión de vapor refleja 46,6 Kpa; 46,5 Kpa y 46,4 Kpa, mediante 3 repeticiones y con DVP promedio de 46,5 Kpa, la misma que va disminuyendo paulatinamente en las diversas mezclas, brindando amplios beneficios, mejorando el rendimiento del motor, reduciendo el consumo de combustible y así como también las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados; siendo ésta la mezcla adecuada para obtener mejores resultados. Por tal

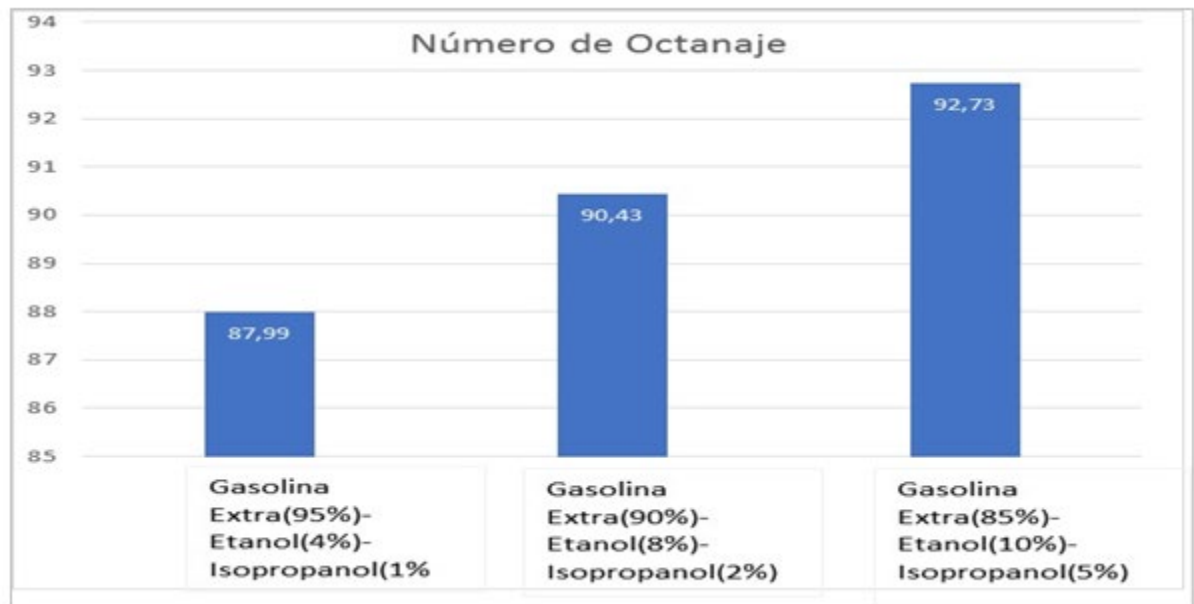


motivo, el número de octanaje se posiciona en 92,73, produciendo mayor beneficio para el funcionamiento del motor y poder establecer el equilibrio de la mezcla.



**Gráfico 5.** Presión de vapor en mezcla Extra- Etanol- Isopropanol

Consecuentemente, en el gráfico 5, evidencia la mezcla de Gasolina Extra (95%) – Etanol (4%) – Isopropanol (1%), se pudo evidenciar una presión de vapor de 48,4 Kpa, de igual manera en la mezcla Gasolina Extra (90%) – Etanol (8%) – Isopropanol (2%), se pudo corroborar una presión de vapor de 48,0 Kpa; cabe resaltar, en la mezcla Gasolina Extra (85%) – Etanol (10%) – Isopropanol (5%), se comprobó una presión de vapor de 46,5 Kpa a 48,9 Kpa, expresando que a medida se agrega mayor volumen de etanol e Isopropanol a la gasolina la DVP disminuye sustancialmente, favoreciendo a la calidad de la mezcla y al funcionamiento del motor. Con esta mezcla se evita que la presión de vapor suba, para que no se recaliente, generando pequeñas sondas alrededor de todo el cilindro, provocando el ruido de cascabeleo, que puede afectar a las paredes de los cilindros, pistones y cabezales.



**Gráfico 6.** Número de octanaje en mezcla Extra- Etanol- Isopropanol

Los resultados que se evidencia en el gráfico 6, que a medida que va incrementando el porcentaje de Etanol (4%) e Isopropanol (1%), a la gasolina extra, se reflejó un RON de 87,99; de modo similar, al incrementar Etanol (8%) e Isopropanol (2%), se obtuvo un octanaje RON 90,43 y por su parte, al agregar Etanol (10%) e Isopropanol (5%), obteniendo un octanaje RON 92,73; preestableciendo que a medida se incrementa el volumen del etanol e Isopropanol, se aumenta el número de octanaje de manera significativa, produciendo mayor rendimiento al motor, lo cual permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible.

**Tabla 12.** Variación de presión de vapor y Octanaje en la mezcla de gasolina extra- Etanol- Butanol

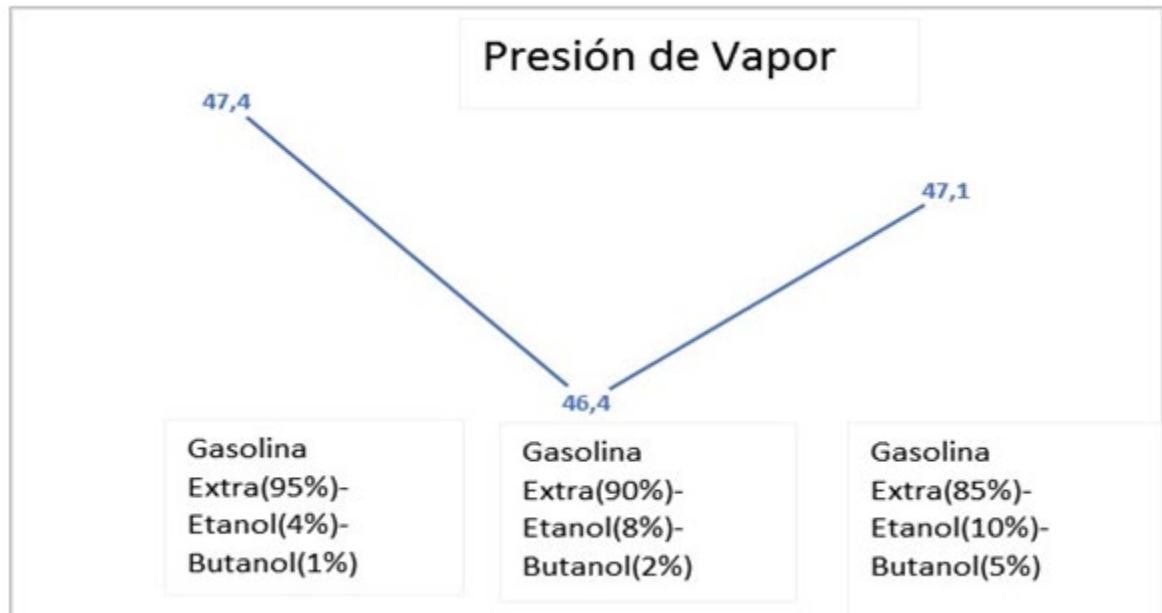
Muestra	Volumen de gasolina extra		Volumen de Etanol		Volumen de Butanol		Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado RON
	ml	%	ml	%	ml	%			
1	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	47,4	47,4	88,17
	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	47,4		
	950	95	40 ml	4	10 ml	1 %	47,4		
2	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	46,5	46,4	89,9
	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	46,4		
	900	90	80 ml	8	20 ml	2 %	46,4		
3	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	47	47,1	91,57
	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	47,1		
	850	85	100 ml	10	50 ml	5 %	47,1		

**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas

Referente a la mezcla gasolina, etanol y butanol, la tabla 12, refleja los resultados obtenidos fruto de los ensayos químicos que se ejerció a la mezcla de Gasolina Extra (95%) - Etanol (4%) - Butanol (1%), se pudo evidenciar una presión de vapor con valores secuenciales 47,4 Kpa, 47,4 Kpa y 47,4 Kpa; ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 47,4 Kpa, denotando que esta mezcla se evidencia que el butanol ofrece el 95% en un volumen similar de gasolina, además para mezclar en la gasolina es mucho más elevado que el etanol (10%), es un alcohol secundario, su punto de ebullición es de 100 °C; su masa molar es de 74.22. Asimismo, se refleja que a medida que aumenta el porcentaje de etanol y butanol en la mezcla con gasolina, aumenta el octanaje, debido a que el butanol mantiene un alto nivel de octano RON de 88,17, mejorando la capacidad de la mezcla, para resistir la detonación, optimizando la eficiencia del combustible.

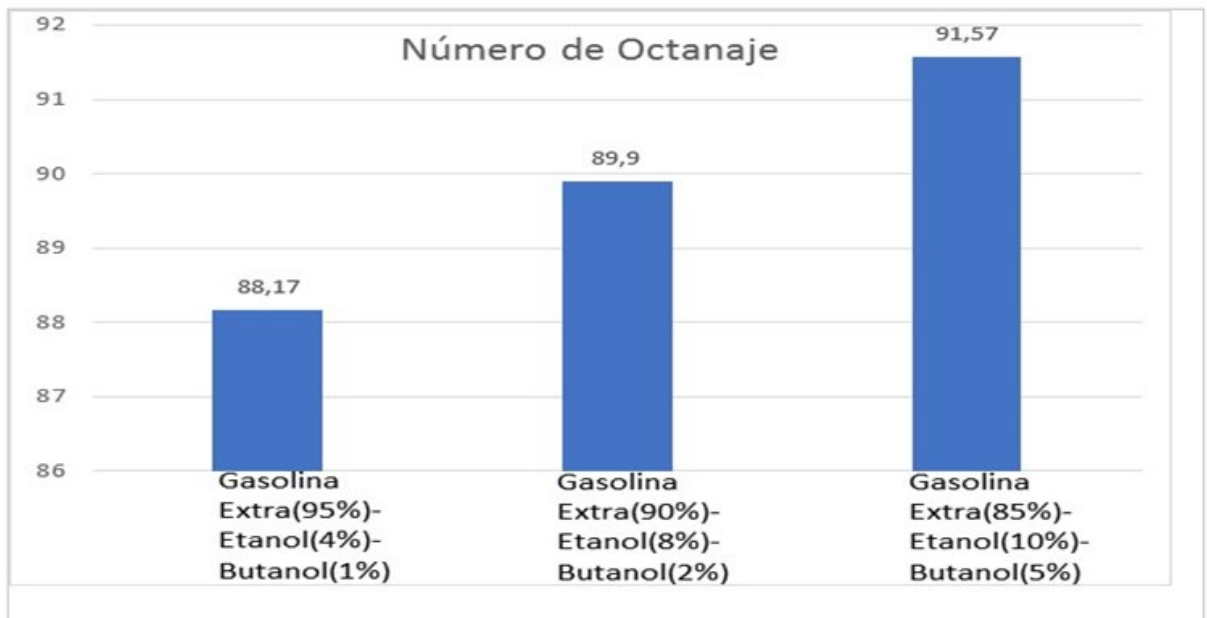
Asimismo, en la mezcla Gasolina Extra (90%) – Etanol (8%) – Butanol (2%), se pudo comprobar la existencia de variaciones en la presión de vapor con valores secuenciales de 46,5 Kpa, 46,4 Kpa y 46,4 Kpa, ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 47,4 Kpa, enfatizando que así se reduce la presión de vapor total del combustible; esta mezcla de etanol y butanol, permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible. Consecuentemente, se puede deducir que, al colocar más volumen de etanol y butanol, se incrementa el octanaje RON 89,9 y consecuentemente se obtendrá mayor potencia o rendimiento del motor, permite reducir los niveles de contaminación ambiental. En la mezcla genera alto octanaje para que el motor se mantenga estable en altas presiones; y esto evita que no cause pre detonación.

Del mismo modo, en la mezcla de Gasolina Extra (85%) -Etanol (10%) – Butanol (5%), se comprobó en el análisis químico, que a medida que se incrementa el volumen o la cantidad de Etanol, la presión de vapor reflejó 47 Kpa; 47,1 Kpa y 47,1 Kpa en las 3 repeticiones y con DVP promedio de 47,1 Kpa, la misma que va disminuyendo paulatinamente en las diversas mezclas, brindando amplios beneficios, mejorando el rendimiento del motor, reduciendo el consumo de combustible y así como también las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados; siendo ésta la mezcla adecuada para obtener mejores resultados. Por tal motivo, el número de octanaje se posiciona en 91,57 produciendo mayor beneficio para el funcionamiento del motor y poder establecer el equilibrio de la mezcla.



**Gráfico 7.** Presión de vapor en mezcla Extra- Etanol- Butanol

Desde otra perspectiva, el gráfico 7, refleja los resultados de la mezcla de Gasolina Extra (95%) – Etanol (4%) – Butanol (1%), donde se pudo evidenciar una presión de vapor de 47,4 Kpa, de igual manera en la mezcla Gasolina Extra (90%) - Etanol (8%) - Butanol (2%), se pudo corroborar una presión de vapor de 46,4Kpa; cabe resaltar, en la mezcla Gasolina Extra (85%) - Etanol (10%) - Butanol (5%), se comprobó una presión de vapor de 47,1 Kpa, expresando que a medida se agrega mayor volumen de etanol a la gasolina la DVP disminuye sustancialmente, favoreciendo a la calidad de la mezcla y al funcionamiento del motor. Mediante esta mezcla se evita que la presión de vapor suba, para que no se recaliente, generando pequeñas sondas alrededor de todo el cilindro, provocando el ruido de cascabeleo, que puede afectar a las paredes de los cilindros, pistones y cabezales



**Gráfico 8.** Octanaje en mezcla Extra- Etanol- Butanol

De otro modo, en el gráfico 8 se visualiza los datos obtenidos del análisis químico, se denota una variabilidad del octanaje a medida que va incrementando el porcentaje de Etanol (4%) - Butanol (1%), en la gasolina extra; reflejando un RON de 88,17; de modo similar, al incrementar Etanol(8%)-Butanol(2%), se obtuvo un octanaje RON de 89,9 y por su parte, al agregar Etanol (10%) - Butanol (5%) a la gasolina extra, se constato un octanaje RON de 91,57; preestableciendo que a medida se incrementa el volumen del etanol y butanol se aumenta el número de octanaje de manera significativa, produciendo mayor rendimiento al motor, y esto se debe, por cuanto a que la energía química que mantiene el etanol es mucho menor a la de la gasolina. lo cual permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible.

**Tabla 13.** Variación de presión de vapor en la mezcla de gasolina extra - Etanol-  
Butanol- Isopropanol

Muestra	Volumen de gasolina extra		Volumen de Etanol		Volumen de Isopropanol		Volumen de Butanol		Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado RON
	ml	%	ml	%	ml	%	ml	%			
1	800	80	200 ml	20					47,7	47,7	94,75
	800	80	200 ml	20					47,7		
	800	80	200 ml						47,7		
2	800	80	150 ml	15	50 ml	5 %			46,8	46,8	94,05
	800	80	150 ml	15	50 ml	5 %			46,8		
	800	80	150 ml	15	50 ml	5 %			46,9		
3	800	80	150 ml	15			50 ml	5 %	46	46,0	93,17
	800	80	150 ml	15			50 ml	5 %	46		
	800	80	150 ml	15			50 ml	5 %	46,1		

**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas

En la tabla 14, se describe los resultados de la mezcla de Gasolina Extra (80%) - Etanol (20%), donde se pudo evidenciar una presión de vapor con valores secuenciales de 47,7 Kpa, 47.7 Kpa y 47,7 Kpa; ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 47,7Kpa; denotando que esta mezcla refleja una variación de la presión de vapor, por cuanto la presión de vapor disminuye a medida que se incrementa el volumen de etanol en la mezcla de gasolina-etanol; mejorando la eficiencia de la combustión y asimismo, reduce el consumo de combustible. Asimismo, se refleja que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla con gasolina, aumenta el octanaje, con un valor RON de 94,75, mejorando la capacidad de la mezcla, para resistir la detonación, optimizando la eficiencia del

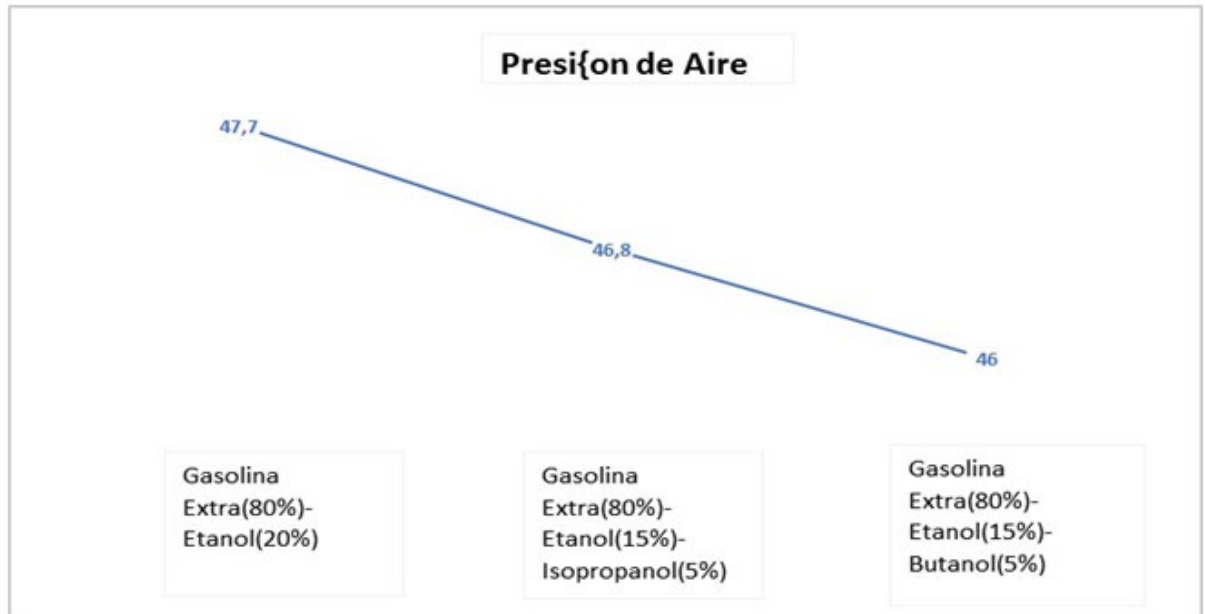
combustible; con estos hallazgos, el etanol se convierte en una opción alternativa al uso de la gasolina normal.

De igual manera, en la mezcla Gasolina Extra (80%) – Etanol (15%) – Isopropanol (5%), se pudo comprobar la existencia de variaciones en la presión de vapor con valores secuenciales de 46,8 Kpa, 46,8 Kpa y 46,9 Kpa, ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 47,7 Kpa, enfatizando que el Etanol e Isopropanol posee una menor presión de vapor que la gasolina extra, reduciendo la presión de vapor total del combustible; esta mezcla de etanol y gasolina, permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible. Consecuentemente, se puede deducir que, al colocar más volumen de etanol, se incrementa el octanaje y consecuentemente se obtendrá mayor potencia o rendimiento del motor, permite reducir los niveles de contaminación ambiental. En la mezcla genera alto octanaje con un valor RON 94,05, para que el motor se mantenga estable en altas presiones; y esto evita que no cause la pre detonación.

No obstante, en la mezcla Gasolina Extra (80%) – Etanol (15%) – Butanol (5%), se comprobó en el análisis químico, que a medida que se incrementa el volumen o la cantidad de Etanol y butanol, la presión de vapor refleja 46,8 Kpa, 46,8 Kpa y 46,9 Kpa en las 3 repeticiones y con DVP promedio de 46 Kpa, la misma que va disminuyendo paulatinamente en las diversas mezclas, brindando amplios beneficios, mejorando el rendimiento del motor, reduciendo el consumo de combustible y así como también las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no



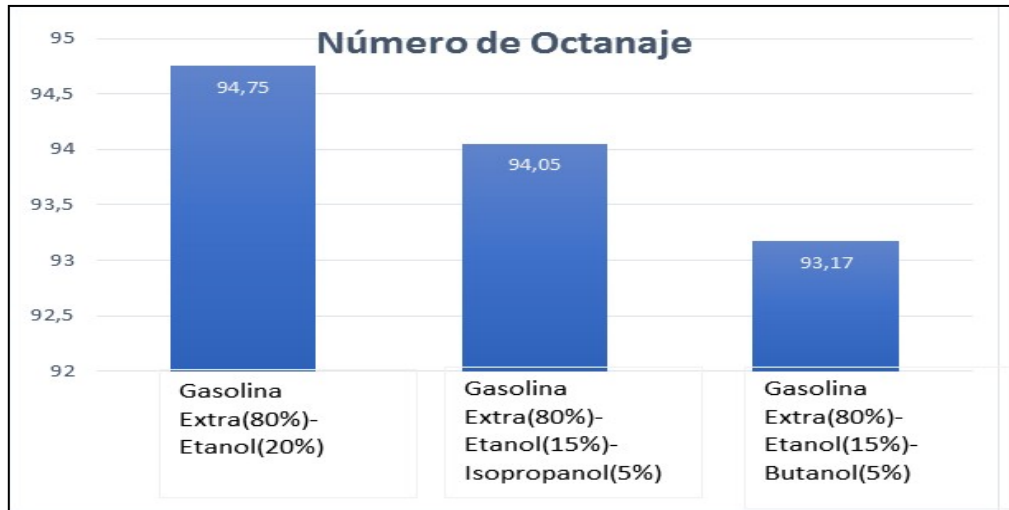
quemados; siendo ésta la mezcla adecuada para obtener mejores resultados. Por tal motivo, el número de octanaje se posiciona en 93,17 produciendo mayor beneficio para el funcionamiento del motor y poder establecer el equilibrio de la mezcla



**Gráfico 9.** Presión de vapor en mezcla Etanol- Butanol- Isopropanol

Con base al gráfico 9, se expone las diversos valores de presión de vapor, resultantes de los análisis químicos, en donde la mezcla de Gasolina Extra (80%) – Etanol (20%), se pudo evidenciar una presión de vapor promedio 47,7 Kpa, de igual manera en la mezcla Gasolina Extra (80%) - Etanol (15%) - Isopropanol (5%), se pudo corroborar una presión de vapor de 46,8 Kpa; cabe resaltar, en la mezcla Gasolina Extra (80%) - Etanol (15%) - Butanol (5%), se comprobó una presión de vapor de 46,0 Kpa, manifestando que a medida se agrega mayor volumen de etanol, butanol e Isopropanol a la gasolina, la DVP disminuye sustancialmente, favoreciendo a la calidad de la mezcla y al funcionamiento del motor. Mediante esta mezcla se evita que la presión de

vapor suba, para que no se recaliente, generando pequeñas sondas alrededor de todo el cilindro, provocando el ruido de cascabeleo, que puede afectar a las paredes de los cilindros, pistones y cabezales.



**Gráfico 10.** Presión de vapor en mezcla Etanol- Butanol- Isopropanol

En tal sentido, se evidencia en el gráfico 10 la variabilidad del octanaje a medida que va incrementando el porcentaje de etanol, butanol e Isopropanol en la gasolina extra; deduciendo así: al agregar Etanol(20%), se reflejó un RON de 94,75; de modo similar, al incrementar al 10% de etanol se obtuvo un octanaje de 90,78 y por su parte, al agregar Etanol (15%) - Isopropanol (5%), se constató un octanaje RON 94,05; de igual manera al adicionar Gasolina Extra (80%) - Etanol (15%) - Butanol (5%), se establece un aumento el número de octanaje de 93,17, produciendo mayor rendimiento al motor, y esto se debe, por cuanto a que la energía química que mantiene el etanol es mucho menor a la de la gasolina. lo cual permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible.

**Tabla 14.** Variación de presión de vapor en la mezcla de gasolina extra- Etanol- Butanol- Isopropanol (versión 2)

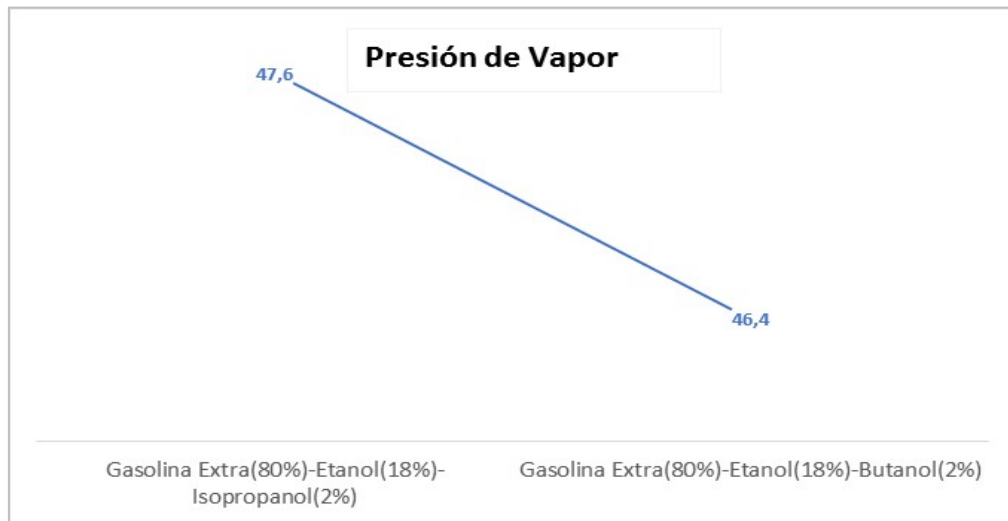
Muestra	Volumen de gasolina extra		Volumen de Etanol		Volumen de Isopropanol		Volumen de Butanol		Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado RON
	ml	%	ml	%	ml	%	ml	%			
1	800	80	180 ml	18	20	2			47,6	47,6	94,27
	800	80	180 ml	18	20	2			47,6		
	800	80	180 ml	18	20	2			47,6		
2	800	80	180 ml	18			20	2	46,5	46,4	94,31
	800	80	180 ml	18			20	2	46,4		
	800	80	180 ml	18			20	2	46,4		

**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas

En la tabla 16 se analizaron todas las mezclas resultantes específicas, evidenciando la mezcla de Gasolina Extra (80%) - Etanol (18%) - Isopropanol (2%) con una secuencia de valores de presión de vapor de 47,6 Kpa, 47,6 Kpa y 47,6 Kpa; ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 47,6 Kpa, denotando que esta mezcla refleja una variación de la presión de vapor; Por cuanto la presión de vapor disminuye a medida que se incrementa el volumen de etanol en la mezcla de gasolina-etanol e Isopropanol, lo cual mejora la eficiencia de la combustión y asimismo, reduce el consumo de combustible. Asimismo, se refleja que a medida que aumenta el porcentaje de etanol, butanol e Isopropanol en la mezcla con gasolina, aumentando el octanaje RON 94,27, mejorando la capacidad de la mezcla, para resistir la detonación, optimizando la eficiencia del combustible; con estos hallazgos, el etanol se convierte en una opción alternativa al uso de la gasolina normal.

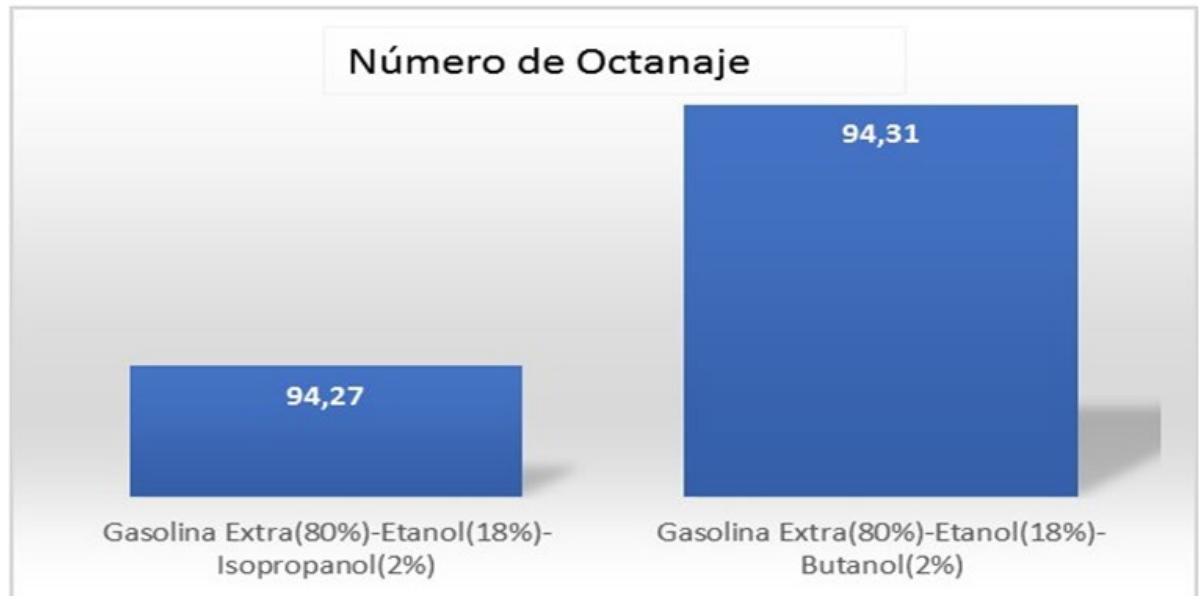
Asimismo, en la mezcla Gasolina Extra (80%) – Etanol (18%) – Butanol (2%), se pudo observar presión de vapor como: 46,5 Kpa, 46,4 Kpa y 46,4 Kpa, ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 46,4Kpa, enfatizando que el Etanol posee una menor presión de vapor que la gasolina extra, reduciendo la presión de vapor total del combustible; esta mezcla de etanol y gasolina, permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible.

Consecuentemente, se puede deducir que, al colocar más volumen de etanol, se incrementa el octanaje RON en 94,31y consecuentemente se obtendrá mayor potencia o rendimiento del motor, permite reducir los niveles de contaminación ambiental. En la mezcla genera alto octanaje para que el motor se mantenga estable en altas presiones; y esto evita que no cause la pre detonación.



**Gráfico 11.** Presión de vapor en mezcla Etanol- Butanol- Isopropanol versión 2

En otro escenario, el gráfico 11 señala que la mezcla de Gasolina Extra (80%) - Etanol (18%)-Isopropanol (2%), mantiene una presión de vapor promedio 47,6Kpa, de igual manera en la mezcla Gasolina Extra (80%)-Etanol (18%)-Butanol (2%), se comprobó una presión de vapor de 46,4Kpa, señalando que a medida se agrega mayor volumen de etanol a la gasolina la DVP disminuye sustancialmente, favoreciendo a la calidad de la mezcla y al funcionamiento del motor. Con esta mezcla se evita que la presión de vapor suba, para que no se recaliente, generando pequeñas sondas alrededor de todo el cilindro, provocando el ruido de cascabeleo, que puede afectar a las paredes de los cilindros, pistones y cabezales.



**Gráfico 12.** Octanaje en mezcla Etanol- Butanol- Isopropanol versión 2

Mediante el gráfico 12 se visualiza los resultados de las mezclas, enfatizando la variabilidad del octanaje a medida que va incrementando el porcentaje de Etanol (18%) -Isopropanol (2%), reflejando un octanaje RON de 94,27; de modo similar, al incrementar Etanol (18%) – Butanol (2%), se obtuvo un octanaje de RON 94,31;

prestableciendo que a medida se incrementa el volumen del etanol se aumenta el número de octanaje de manera significativa, produciendo mayor rendimiento al motor, y esto se debe, por cuanto a que la energía química que mantiene el etanol es mucho menor a la de la gasolina. lo cual permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible.

**Tabla 15.** Variación de presión de vapor y numero de Octanaje en la mezcla de gasolina extra- Etanol- Butanol- Isopropanol (versión 3)

Muestra	Volumen de gasolina extra		Volumen de Etanol		Volumen de Butanol		Volumen de Isopropanol		Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado RON
	ml	%	ml	%	ml	%	ml	%			
1	950	95	30 ml	3	10	1	10	1	46,7	46,9	87,96
	950	95	30 ml	3	10	1	10	1	46,6		
	950	95	30 ml	3	10	1	10	1	47,3		
2	900	90	70 ml	7	10.5	1.5	10.5	1.5	49,5	49,8	90,49
	900	90	70 ml	7	10.5	1.5	10.5	1.5	49,3		
	900	90	70 ml	7	10.5	1.5	10.5	1.5	50,6		
3	800	80	160 ml	16	20	2	20	2	48,3	48,5	94,36
	800	80	160 ml	16	20	2	20	2	49		
	800	80	160 ml	16	20	2	20	2	48,2		

**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas

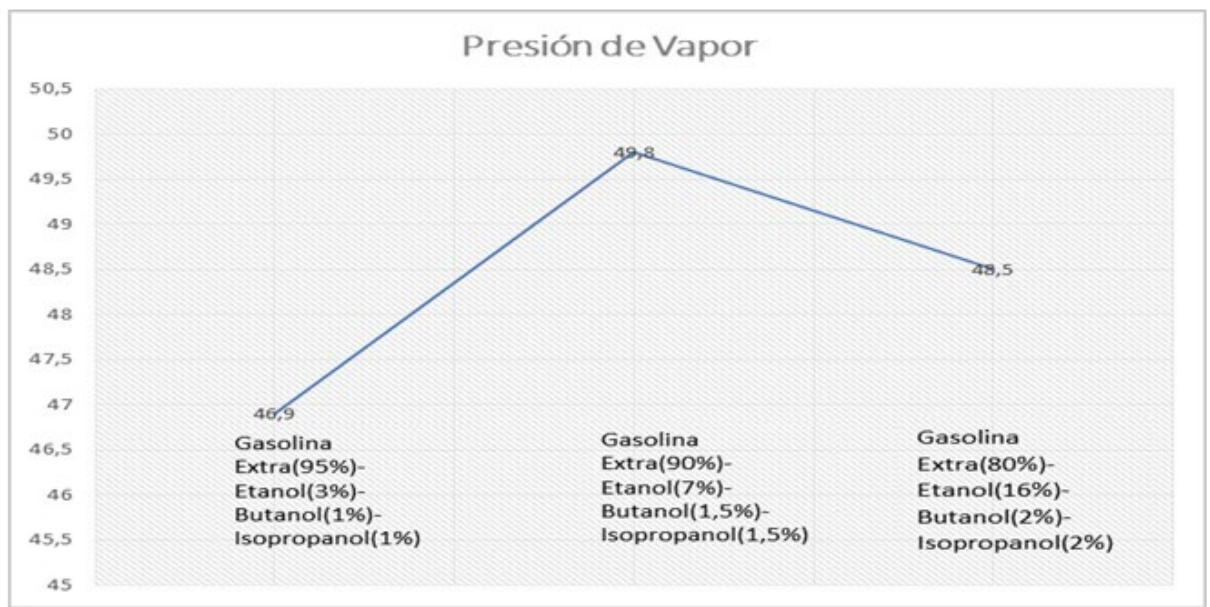
En relación a la tabla 18, se evidencia los resultados de las diversas mezclas, analizando la mezcla de Gasolina Extra (95%) – Etanol (3%) – Butanol (1%) - Isopropanol (1%), se pudo evidenciar una presión de vapor con valores secuenciales de 46,7 Kpa, 46,6 Kpa y 47,3 Kpa; ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 46,9Kpa, denotando que esta mezcla refleja una variación de la presión de vapor, por cuanto la presión de vapor disminuye

a medida que se incrementa el volumen de etanol, butanol, Isopropanol; lo cual mejora la eficiencia de la combustión y asimismo, reduce el consumo de combustible. Asimismo, se refleja que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla con gasolina, aumenta el octanaje RON en 87,96, mejorando la capacidad de la mezcla, para resistir la detonación, optimizando la eficiencia del combustible; con estos hallazgos, el etanol se convierte en una opción alternativa al uso de la gasolina normal.

Asimismo, en la mezcla Gasolina Extra (90%) - Etanol (7%) - Butanol (1,5%) -Isopropanol (1,5%), se pudo comprobar la existencia de variaciones en la presión de vapor con valores secuenciales de 49,5 Kpa, 49,3 Kpa y 50,6 Kpa, ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 49,8 Kpa, reduciendo la presión de vapor total del combustible; permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible. Consecuentemente, se puede deducir que al colocar más volumen de etanol, butanol e Isopropanol se incrementa el octanaje RON 90,49 y consecuentemente se obtendrá mayor potencia o rendimiento del motor, permite reducir los niveles de contaminación ambiental. En la mezcla genera alto octanaje para que el motor se mantenga estable en altas presiones.

En efecto, se ejerció el análisis químico de la mezcla Gasolina Extra (80%) - Etanol (16%) – Butanol (2%) – Isopropanol (2%), donde se comprobó la presión de vapor con 3 ensayos y sus valores 48,3 Kpa, 49 Kpa y 48,2 Kpa, en las 3 repeticiones y con DVP promedio de 48,5 Kpa, la misma que va disminuyendo paulatinamente en las diversas mezclas, brindando amplios beneficios, mejorando el rendimiento del

motor, reduciendo el consumo de combustible y así como también las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados; siendo ésta la mezcla adecuada para obtener mejores resultados. Por tal motivo, el número de octanaje se posiciona en valor RON 94,36, produciendo mayor beneficio para el funcionamiento del motor y poder establecer el equilibrio de la mezcla.

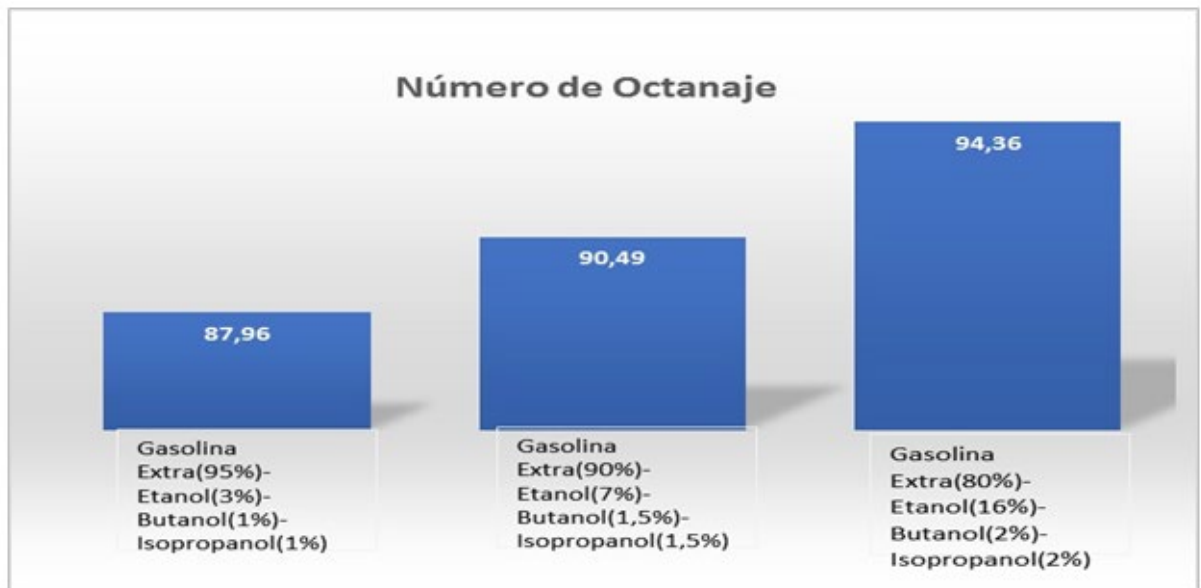


**Gráfico 13.** Presión de vapor en mezcla - Etanol- Butanol- Isopropanol (versión 3)

Como producto del análisis, se avistó el gráfico 13, donde se evidencia los resultados de los análisis químicos de la mezcla Gasolina Extra (95%) - Etanol (3%) - Butanol (1%) -Isopropanol (1%), se pudo corroborar una presión de vapor promedio 46,9 Kpa; cabe resaltar, en la mezcla Gasolina Extra (90%) - Etanol (7%) - Butanol (1,5%) - Isopropanol (1,5%), se comprobó una presión de vapor de 49,8 Kpa. Por otro lado, se aprecia la mezcla Gasolina Extra (80%)-Etanol (16%)-Butanol (2%)-



Isopropanol (2%), reflejando un valor de presión de vapor promedio de 48,5 Kpa, señalando que esta mezcla aumenta la calidad de la mezcla y al funcionamiento del motor. Con esta mezcla se evita que la presión de vapor suba, para que no se recaliente, generando pequeñas sondas alrededor de todo el cilindro, provocando el ruido de cascabeleo, que puede afectar a las paredes de los cilindros, pistones y cabezales.



**Gráfico 14.** Octanaje en mezcla - Etanol- Butanol- Isopropanol (versión 3)

En el gráfico 14, se describen y analizan todas mezclas, donde se pudo evidenciar la variabilidad del octanaje a medida que se agrega Etanol (3%) – Butanol (1%) - Isopropanol (1%), reflejándose un octanaje RON de 87,96; de modo similar, al incrementar Etanol (7%)-Butanol (1,5%) – Isopropanol (1,5%) se pudo obtener un octanaje RON 90,49; y por su parte, al agregar Gasolina Extra (80%) - Etanol (16%) - Butanol (2%) - Isopropanol (2%), se constató un octanaje RON de 94,36. Prestableciendo que a medida se incrementa el volumen del etanol, butanol, Isopropanol, se aumenta el número de octanaje de manera significativa, produciendo

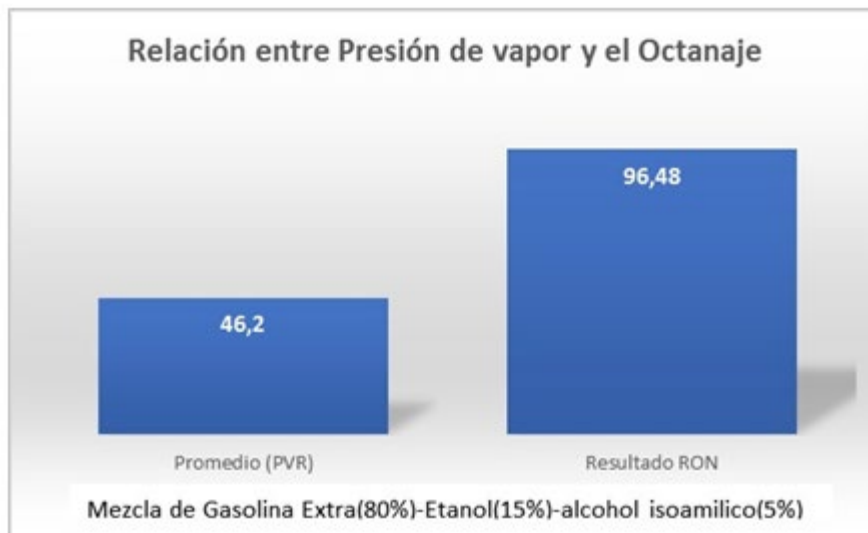
mayor rendimiento al motor, y esto se debe, por cuanto a que la energía química que mantiene el etanol es mucho menor a la de la gasolina. lo cual permite reducir emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible.

**Tabla 16.** Variación de presión de vapor en la mezcla de gasolina extra- Etanol- alcohol isoamílico.

Muestra	Volumen de gasolina extra		Volumen de Etanol		Volumen de Isoamílico		Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado RON
	ml	%	ml	%	ml	%			
1	800	80	150 ml	15	50 ml	5	46,3	46,2	96,48
	800	80	150 ml	15	50 ml	5	46,2		
	800	80	150 ml	15	50 ml	5	46,1		

**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas

En relación a la tabla 20, se devela los resultados de la mezcla con el alcohol isoamílico, en donde la mezcla de Gasolina Extra (80%) - Etanol (15%) - alcohol isoamílico (5%), se pudo observar variaciones en la presión de vapor con valores secuenciales de 46,3 Kpa, 46,2 Kpa y 46,1 Kpa, ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 46,2 Kpa, enfatizando que esta presión de vapor mejora la eficacia del combustible, además reduce las emisiones de gases, previniendo la contaminación ambiental y mejora el rendimiento del combustible.



**Gráfico 15.** Relación de Presión de vapor y el Octanaje y su pasivación en mezcla Etanol- alcohol isoamílico

En este escenario, se refleja el gráfico 15, el cual refleja los valores resultantes de la mezcla Gasolina Extra (80%) - Etanol (15%) - alcohol isoamílico (5%), denotando un DVP promedio de 46.2 Kpa y forma colateral su reflejó el incremento del número de octanaje, obteniendo un RON de 96,48, contribuyendo con la eficiencia del combustible. Mediante esta mezcla se evita que la presión de vapor suba, para que no se recaliente, generando pequeñas sondas alrededor de todo el cilindro, provocando el ruido de cascabeleo, que puede afectar a las paredes de los cilindros, pistones y cabezales.

**Tabla 17.** Comparativa de la variación de presión de vapor y octanaje

Item	Mezclas	Presión de Vapor (DVP)	Promedio (DVP)	Resultado de Octanaje	Promedio de Octanaje
ETANOL	Gasolina Extra (95%) – Etanol (5%)	49,8		88,88	
	Gasolina Extra (90%) - Etanol (10%)	49,8	49,5	90,78	90,79
	Gasolina Extra (85%) – Etanol (15%)	48,9		92,7	
METANO L	Gasolina Extra (95%) – Etanol (4%) – Metanol (1%)	54,3		88,48	
	Gasolina Extra (90%) - Etanol (8%) - Metanol (2%)	54,1	54,53	90,65	90,66
	Gasolina Extra (85%) – Etanol (10%) – Metanol (5%)	55,2		92,85	
ISOPROPANOL	Gasolina Extra (95%) – Etanol (4%) – Isopropanol (1%)	48,4		87,99	
	Gasolina Extra (90%) – Etanol (8%) – Isopropanol (2%)	48	47,63	90,43	90,38
	Gasolina Extra (85%) – Etanol (10%) – Isopropanol (5%)	46,5		92,73	
BUTANOL	Gasolina Extra (95%) – Etanol (4%) – Butanol (1%)	47,4		88,17	
	Gasolina Extra (90%) - Etanol (8%) - Butanol (2%)	46,4	46,97	89,9	89,88
	Gasolina Extra (85%) – Etanol (10%) – Butanol (5%)	47,1		91,57	
Butanol-Isopropanol	Gasolina Extra (80%) - Etanol (20%)	47,7		94,75	
	Gasolina Extra (80%) – Etanol (15%) – Isopropanol (5%)	46,8	46,83	94,05	93,99
	Gasolina Extra (80%) – Etanol (15%) – Butanol (5%)	46		93,17	
Butanol-Isopropanol V2	Gasolina Extra (80%) - Etanol (18%) - Isopropanol (2%)	47,6		94,27	
	Gasolina Extra (80%) – Etanol (18%) – Butanol (2%)	46,4	47,00	94,31	94,29
Butanol-Isopropanol V3	Gasolina Extra (95%) – Etanol (3%) – Butanol (1%) -Isopropanol (1%)	46,9		87,96	
	Gasolina Extra (90%) – Etanol (7%) – Butanol (1,5%) – Isopropanol (1,5%)	49,8	48,35	90,49	90,94
	Gasolina Extra (80%) – Etanol (16%) – Butanol (2%) – Isopropanol (2%)	48,5		94,36	
Isoamílico	Gasolina Extra (80%) – Etanol (15%) - alcohol isoamílico (5%)	46,20	46,20	96,48	96,48

**Fuente:** Datos de las pruebas analíticas en laboratorio de Refinería de Esmeraldas.

En la tabla 15 se evidencia la consolidación de los resultados descritos anteriormente en cada una de las mezclas, donde se observa un comportamiento de la presión de cada uno de los alcoholes, señalando Etanol refleja una presión de vapor promedio de 49.5 Kpa, resaltando que esta mezcla es beneficiosa, por cuanto permite tener una mejor densidad energética, y a su vez, a medida que se coloca más porcentaje de etanol, la presión de vapor de esta mezcla disminuyó la presión de vapor, permitiendo optimizar el combustible, mejorando el rendimiento de del combustible; con esta mezcla se reflejó un mayor octanaje oscilando en 90,79 RON, lo cual incrementa la potencia del motor.

Por otro lado, las mezclas con Metanol, se obtuvo un promedio de presión de vapor de 54,53 Kpa, donde se pudo observar que el oxígeno del metano contribuye a una combustión más completa, y se avista una reducción de presión de vapor del combustible, disminuyendo el monóxido de carbono y en forma colateral, se avistó un valor de octanaje de 90,66 RON, se pudo observar compresiones más altas, reduciendo la predetonacion y mejorando el rendimiento del motor.

En este sentido, la mezcla con butanol se presencié un promedio de presión de vapor de 46,97Kpa, produciendo grandes beneficios en la estabilización del combustible, y reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero y a su vez, se constató un octanaje RON de 89,88, generando una potencia y rendimiento del motor superando a la base de gasolina extra que tiene 87 octanos.

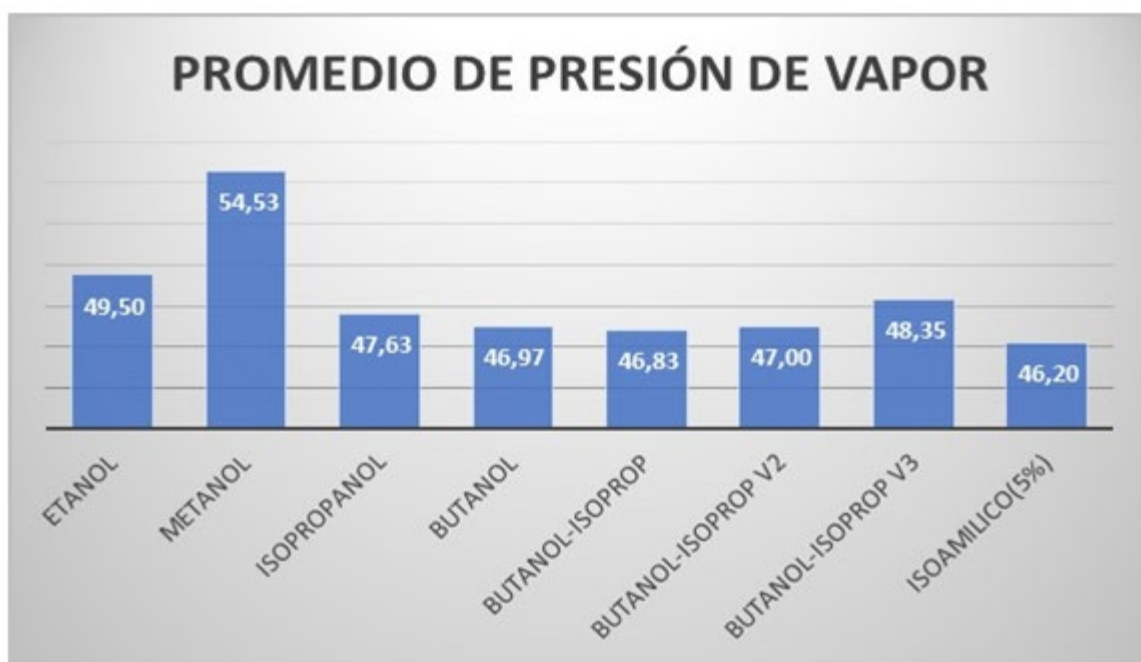
Mientras tanto la presión de vapor con ISOPROPANOL mantuvo un valor de 47,63 Kpa, en donde se decremento la presión de vapor a medida que coloca mayor

concentración de ISOPROPANOL, y asimismo se genera un octanaje RON de 90,38, para incrementar la potencia y mejorar el rendimiento del motor, produciendo un ascenso escalonado del octanaje de algunos alcoholes.

Por otra parte, se realizaron los ensayos químicos de butanol e isopropanol y se pudo obtener una presión de vapor promedio de una presión de vapor de 46.83 Kpa misma que permite una mejor optimización en el proceso de combustión y minimice las emisiones de carbono y de igual manera se evidencio un octano RON de 93,99, permitiendo potencializar el rendimiento del motor, economizando el consumo de combustible.

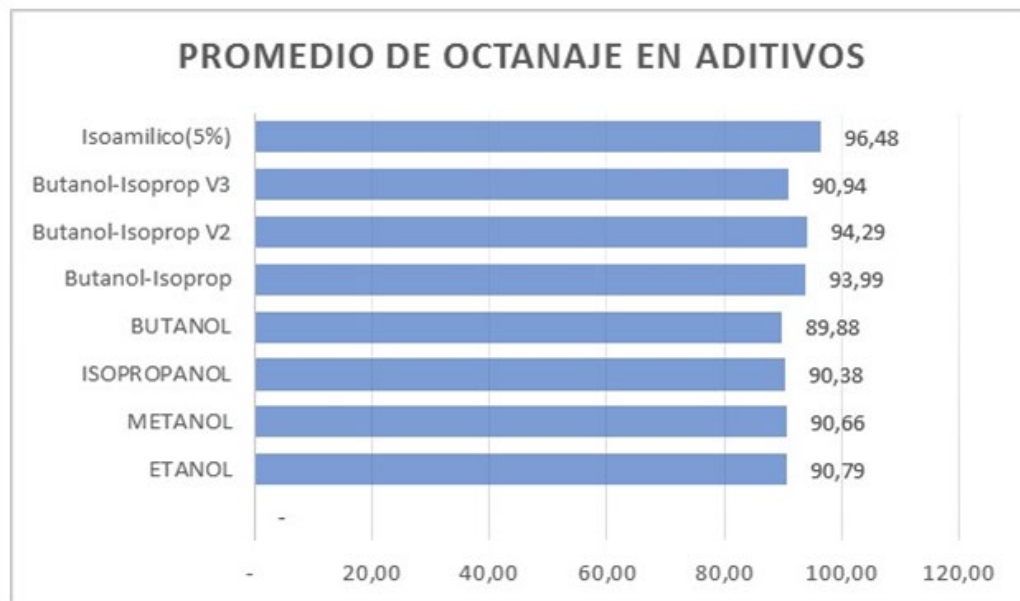
Consecuentemente se pudo analizar las mezclas de butano e isopropanol en diversas combinaciones en sus 2 versiones, obteniendo las respectivas de presiones de vapor 47 y 48.35 Kpa y progresivamente se obtuvo un octanaje RON de 90.94 y 94.29, siendo uno de los octanajes más relevantes, producto del peso molecular, la densidad, el punto de ebullición la temperatura y la volatilidad.

No obstante, el alcohol isoamílico en sus mezclas específicas se pudo obtener la mayor presión de vapor de 46.20 Kpa, mejorando el proceso de combustión, estabilizando las propiedades del combustible con gasolina extra, generando un alto octanaje que sobrepasa a todos los alcoholes participantes en el estudio, reflejando un octanaje de 96.48 RON mejorando exponencialmente el rendimiento del motor y del combustible.



**Gráfico 16.** Comparación de los promedios de Presión de vapor en aditivos

En el análisis químico de las mezclas se evidenció unas variaciones particulares en los distintos alcoholes, en donde evidencia el punto máximo de la presión de vapor de la mezcla con Metanol reflejando 54,53 Kpa, característico por ser más volátil de todos, asimismo, se constató una presión de vapor de 48,50 Kpa; mostrando un ascenso progresivo en la mezcla de butanol- isopropanol con una presión de vapor con 48.35Kpa , seguido de isopropanol 47.63Kpa, debido a la formación azeótropos positivos durante el proceso químico, siendo de las mezclas más viables y garantiza el mejor funcionamiento del motor, propio de su composición química del alcohol isoamílico. En otro escenario, se pudo plasmó una reducción progresiva de butanol, butanol-isopropanol hasta quedar en una presión de vapor de 46.20 Kpa demostrando que esta mezcla es la acertada para estabilizar la mezcla y las propiedades del combustible.



**Gráfico 17.** Comparación de los promedios de Octanaje en aditivos

En el gráfico 17, se evidencia los diversos valores de octanaje RON que pudieron obtener en los análisis químicos en las distintas mezclas con la gasolina extra y los alcoholes, acorde a la normativa ASTM 2699, señalando que todas las mezclas han sido favorables, por cuanto sobrepase el octanaje base que mantiene la gasolina extra de 87 OCTANOS; en donde aparecen con octanaje promedio de octanaje desde 89,88 hasta 90,94 octanos, evidenciado una variabilidad positiva en cada uno de los alcoholes, ejerciendo grandes beneficios para el proceso de combustión, la estabilidad del mismo, la reducción de gases contaminantes, la prevención de la predetonación. Sin embargo, también existieron valores relevantes en la mezcla Extra-Butanol – Isopropanol v, con un octanaje de 93,99, Butanol – Isopropanol v2, con un octanaje de 94,29 y el más alto del estudio fue con la mezcla Isoamílico con un octanaje RON de 96,48, los afirman que todas las mezclas son viables y mantienen estables las propiedades del combustible.



## DISCUSIÒN

La presente investigación mantuvo como objetivo evaluación de la variación de presión de vapor en mezcla de alcoholes y análisis de pasivación por efecto de adición. Mediante la aplicación de diversos análisis químicos realizados en el laboratorio de control de calidad de la Refinería de Esmeraldas, cumpliendo las normativas ASTM D5191, ASTM D-2699 y ASTM D5191-20.

Se estableció la hipótesis general: Se espera que la adición de ciertos aditivos a las mezclas de alcoholes con hidrocarburos pueda influir en la variación de la presión de vapor de la mezcla. Se espera que la incorporación de aditivos tenga la capacidad de modificar las interacciones moleculares entre la pasivación o atenuación de la misma. La hipótesis nula establece que la adición de ciertos aditivos aumentase la presión de vapor, favoreciendo la pasivación de la mezcla, mientras que otros aditivos podrían disminuir la presión de vapor, lo cual disminuiría la presión de vapor y conducir a una mayor atenuación. Con los resultados generados se pudo obtener una media de presión de vapor de 46.53 de todas las mezclas realizadas con los alcoholes: Etanol, Metanol, Butanol, Isopropanol, Butanol-isopropanol e Isoamílico, asimismo, se extrajo una media del número de octanaje de todas las mezclas resultantes, reflejando un RON de 91.10, señalando que la hipótesis se cumplió.

Los resultados relevantes de investigación reflejan que la mezcla de Gasolina Extra (95%) y Etanol (5%), se observó una presión de vapor base de 49.50 Kpa, y a medida que se realizaron los 3 ensayos aumentó a 50 Kpa; reflejando un promedio de presión de vapor de 49,8, denotando que esta mezcla, refleja una variación en ascenso

de la presión de vapor, lo cual mejora la eficiencia de la combustión y asimismo, reduce el consumo de combustible. Asimismo, se refleja que a medida que aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla con gasolina, aumenta el octanaje. Estos valores son diferentes a los resultados del estudio de Trenzado et al (2021), por cuanto su investigación se orientó en dinamizar las interacciones moleculares de los alcoholes, ejecutando técnicas de simulación molecular para analizar la variación de la presión de vapor, y a su vez, aplicando enlaces de hidrogeno.

Con otro enfoque, los ensayos químicos realizados con la mezcla de Gasolina Extra (95%) – Etanol (4%) – Butanol (1%), se evidencia una presión de vapor con valores secuenciales 47,4 Kpa, 47,4 Kpa y 47,4 Kpa; ejecutando tres repeticiones por cada mezcla, reflejando un promedio de presión de vapor de 47,4 Kpa, denotando que esta mezcla se evidencia que el butanol ofrece el 95% en un volumen similar de gasolina, además para mezclar en la gasolina es mucho más elevado que el etanol (10%), es un alcohol secundario, su punto de ebullición es de 100 °C; su masa molar es de 74.22. Estos hallazgos son distintos a los resultados de Industrial & Engineering Chemistry Research (2017), estudiando diversos procedimientos para encontrar la selectividad de la destilación en aditivos como el n-butanol y el 1-hexanol, aumentaron la selectividad de la destilación, se encontró adversidades, señalando que ciertas concentraciones de mostraron repercusiones negativas en las mezclas.

Prosiguiendo con la discusión se evidenció que en la mezcla de etanol refleja una presión de vapor promedio de 49.5 Kpa, resaltando que esta mezcla es beneficiosa, por cuanto permite tener una mejor densidad energética, y a su vez, reflejó un octanaje

oscilando en 90,79 RON, lo cual incrementa la potencia del motor. Asimismo, las mezclas con Metanol, se obtuvo un promedio de presión de vapor de 54,53 Kpa, donde se pudo observar que el oxígeno del metano contribuye a una combustión más completa, y se avistó un valor de octanaje de 90,66 RON, se pudo observar compresiones más altas, reduciendo la predetonacion. Estos resultados son similares a los del trabajo académico publicado en la revista ("Journal of Chemical & Engineering Data" en 2021), donde se encontró, que la adición de estos aditivos aumentó la presión de vapor de las mezclas, lo que indica una disminución en la volatilidad de los componentes. Además, se encontró que algunos aditivos tuvieron un efecto positivo en la estabilidad de las mezclas, mientras que otros tuvieron un efecto negativo.

Del mismo modo, en la mezcla con butanol se presencié un promedio de presión de vapor de 46,97Kpa, produciendo grandes beneficios en la estabilización del combustible, y a su vez, se constató un octanaje RON de 89,88, generando una potencia y rendimiento del motor; mientras tanto la presión de vapor con ISOPROPANOL mantuvo un valor de 47,63 Kpa, y asimismo se genera un octanaje RON de 90,38, para incrementar la potencia y mejorar el rendimiento del motor. Estos resultados son diferentes a los del estudio de revista "Journal of Chemical & Engineering Data" en 2015), en donde se encontró que ciertos aditivos aumentaron la presión de vapor de las mezclas, lo que indica una disminución en la volatilidad de los componentes. Además, se encontró que la presencia de estos aditivos tuvo un efecto mejorado en la estabilidad de las mezclas.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES.

#### 5.1 Conclusiones

- Se Identificó las propiedades químicas de los alcoholes que fueron en las diversas mezclas realizadas con gasolina extra y etanol, metanol, butanol, Isopropanol e isoamílico en sus diversas concentraciones muestran beneficios significativos en el proceso de combustión, eficacia en el combustible y la reducción de consumo de combustible, y los aditivos que están relacionadas con los cambios en la presión de vapor de las mezclas resultantes que influyó en la reducción de emisiones contaminantes al medio ambiente.
- Se pudo determinar la relación entre la composición de la mezcla de alcoholes con hidrocarburo, observando que en la mezcla con Etanol se refleja una presión de vapor promedio de 49.5 Kpa, asimismo, con Metanol, se obtuvo un promedio de presión de vapor de 54,53 Kpa, por otro lado, en la mezcla con butanol se presenció un promedio de presión de vapor de 46,97Kpa. No obstante, en la mezcla con ISOPROPANOL mantuvo un valor de 47,63 Kpa; de igual forma, en los ensayos químicos de butanol e isopropanol se obtuvo una presión de vapor de 46.83 Kpa; en la parte final, se evidenció que en la mezcla con alcohol isoamílico obtuvo una presión de vapor de 46.20 Kpa. Observando una afectación en la presión de vapor, debido a la composición químico -físico de cada uno de los alcoholes, y es especial con Etanol y Metanol que son altamente volátiles, por ello mantiene la presión de

vapor más elevada que los demás alcoholes; no se evidenció incidencia perjudicial en las propiedades físicas en el combustible.

- Se pudo evaluar el impacto de la combinación de alcoholes específicos en la variación de presión de vapor en las mezclas de alcoholes con hidrocarburos, en donde los alcoholes (etanol, metanol, butanol, Isopropanol e isoamílico) evidenció escenarios favorables a nivel medio ambiente, por cuanto se reducirá las emisiones contaminantes; al nivel técnico, se mejorará el proceso de combustión, del combustible, la potencia y se evitará el golpeteo o predetonación; a nivel químico, se pudo conocer la incidencia positiva de algunos alcoholes o mezclas, en las propiedades físicas y químicas en la gasolina y a nivel económico, se observa un escenario desfavorable, por cuanto se debe invertir de 8-13% más de recursos para obtener mayor rendimiento del motor y eficacia, potencia y ahorro de combustible. Destacando que los efectos de pasivación son evidentes, por cuanto, muchas de las mezclas, son altamente corrosivos y que generan oxidación (etanol, metanol, butanol, isoamílico).

## 5.2 Recomendaciones

Por consiguiente, se puede recomendar lo siguiente:

- A las autoridades del Estado Ecuatoriano y junto a los legisladores desarrollen o reformen las leyes de hidrocarburos, con la finalidad de viabilizar la legalidad de investigar, analizar, contrastar, comprobar, verificar la calidad de las mezclas de alcoholes como: etanol, metanol, butanol, Isopropanol e Isoamílico con la gasolina extra, y puede consolidarse la implementación a nivel nuevas soluciones hidrocarburiíferos (gasolinas) de alta calidad, que sean sostenibles y renovables y sean amigables con medio ambiente, lo cual permita mayor eficiencia y rendimiento del motor, optimizar la economía y sea favorable para la salud de las personas.
- A los directivos de la Refinería de Esmeraldas y los técnicos de laboratorio de control de calidad, impulsen y desarrollen nuevas investigaciones sobre las distintas mezclas de alcoholes con gasolina extra, y puedan descubrir las mejores combinaciones de aditivos, equilibrando la presión de vapor para el buen desempeño del motor y a su vez, se incremente de manera sostenida el número de octanaje de la mezcla, lo cual contribuya en el crecimiento de la industria petroquímica en el país Ecuador.
- A los laboratoristas y técnicos de la Unidad de Control de Calidad, se planifique con la Agenda Nacional de Petroecuador, la ejecución de planes pilotos de investigaciones hidrocarburiíferos, para analizar, comprobar, identificar y seleccionar las mejores e idóneas muestras y mezclas de alcoholes con gasolina

extra y permita extraer nuevos productos o gasolinas de excelente calidad, que permitan mejorar el rendimiento del motor del vehículo, refuerce su pasivación prolongándose la vida útil de la partes internas del motor.

- A los directivos de la Refinería de Esmeraldas, viabilicen programas de capacitación al personal técnico de laboratorio químico, y además se tomen decisiones oportunas en las adquisidores de nuevos equipos tecnológicos a nivel de laboratorio químico - hidrocarburíferos para que se investigue y se desarrolle de manera sostenida los proyectos de innovación para la creación de nuevos tipos de gasolinas que incluya etanol o metanol o butanol o Isopropanol o isoamílico, lo cual constituya un hito a nivel nacional y regional.

## CAPÍTULO VI

### 6. PROPUESTA

#### 6.1 Título

Determinar la presión de vapor de las mezclas de gasolina con alcoholes a diferentes condiciones de temperatura y composición.

#### 6.2 Descripción

La presión de vapor, definida como la presión ejercida por el vapor de un líquido en equilibrio con su fase líquida a una temperatura determinada, es un parámetro fundamental que influye en la volatilidad y la inflamabilidad de los combustibles. En el caso de las mezclas de gasolina con alcoholes, la presión de vapor depende de la composición de la mezcla y de la temperatura (Castillo et al., 2023).

A medida que aumenta la temperatura, la presión de vapor de una mezcla de gasolina con alcohol también aumenta. Esto se debe a que la energía cinética de las moléculas de la mezcla aumenta, lo que hace que más moléculas puedan escapar de la fase líquida y pasar a la fase gaseosa (Gaspar et al., 2019).

Para medir la presión de vapor de estas mezclas, se la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 935. Para ello, se prepararon mezclas duales de alcoholes: una de etanol-metanol y otra de etanol-butanol, ambas en relación de tres partes a uno, relación volumétrica. Cada mezcla dual luego se combina con gasolina, aumentando cada vez 5% la concentración en volumen (Comparative Study et al., 2023).



La composición de la mezcla también afecta la presión de vapor. En general, las mezclas con mayor contenido de alcohol tienen una mayor presión de vapor que las mezclas con menor contenido de alcohol. Esto se debe a que las moléculas de alcohol tienen una menor masa molar que las moléculas de gasolina, lo que significa que requieren menos energía para escapar de la fase líquida (Alrubyie et al., 2021).

La determinación de la presión de vapor de mezclas de gasolina con alcoholes es relevante por diversas razones. En primer lugar, la presión de vapor influye en la facilidad de arranque del motor, ya que una presión de vapor demasiado baja puede dificultar la vaporización del combustible y la formación de la mezcla aire-combustible.

La presión de vapor afecta las emisiones evaporativas del vehículo, ya que un combustible con una presión de vapor demasiado alta puede evaporarse fácilmente y contribuir a la formación de smog. Finalmente, la presión de vapor es un parámetro importante para la seguridad, ya que un combustible con una presión de vapor demasiado alta puede ser propenso a la inflamación (Dalli et al., 2019).

## **6.3 Desarrollo de la propuesta**

### ***6.3.1 Obtención de muestras de gasolina y alcoholes***

Las muestras de gasolina y alcoholes que se utilizarán para preparar las mezclas. Las muestras de gasolina se obtendrán de diferentes estaciones de servicio, considerando su origen, su calidad y su composición, de acuerdo con los requisitos establecidos en la NTE INEN 9351. Las muestras de alcoholes se obtendrán de diferentes proveedores, considerando su pureza, su tipo y su grado. Se tomarán

muestras suficientes para realizar los experimentos y se almacenarán en recipientes adecuados, etiquetados y sellados (Técnicas Aplicadas et al., 2023).

### ***6.3.2 Formulación de las mezclas de gasolina y alcoholes***

La formular las mezclas de gasolina y alcoholes que se utilizarán para medir la presión de vapor. Se definirán las proporciones de cada componente en las mezclas, considerando los rangos de interés y las normas vigentes. Se utilizarán diferentes alcoholes, tales como el metanol, el etanol, el propanol y el butanol, entre otros. Se calcularán los volúmenes necesarios de cada componente para preparar las mezclas, utilizando las densidades y los factores de corrección correspondientes (Martin & O'Malley, 2021).

### ***6.3.3 Preparación y almacenamiento de las mezclas de gasolina y alcoholes***

Se utilizarán equipos e instrumentos adecuados para medir y mezclar los componentes, tales como balanzas, pipetas, probetas, agitadores, etc. Se verificará la homogeneidad y la estabilidad de las mezclas, utilizando métodos visuales, físicos y químicos. Se almacenarán las mezclas en recipientes adecuados, etiquetados y sellados, evitando la exposición a la luz, al calor y a la humedad (Edwin Geo et al., 2019).

### ***6.3.4 Determinación de la presión de vapor de las mezclas de gasolina con alcohol a diferentes temperaturas***

Se establecerán las condiciones experimentales, tales como la temperatura, el tiempo, el volumen, etc., que se utilizarán para medir la presión de vapor. Se utilizarán equipos e instrumentos adecuados para controlar y medir las variables, tales como termostatos, cronómetros, manómetros, termómetros, etc. Se registrarán y almacenarán

los datos de la presión de vapor, utilizando medios electrónicos o impresos (Bharath & Arul Mozhi Selvan, 2021).

### **6.3.5 Recursos económicos**

<b>Rubro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (USD\$)</b>	<b>Costo total (USD\$)</b>
Preparación de muestras	10	10,00	100,00
Análisis de laboratorio	20	50,00	1000,00
temperatura	10	100,00	1000,00
Presión de vapor	20	40	800,00
<b>TOTAL</b>			<b>2900\$</b>

### 6.3.6 Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	Meses																							
	1				2				3				4				5				6			
	Semanas																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Elección del tema	■																							
Planteamiento del problema		■																						
Formulación de los objetivos			■																					
Anteproyecto				■	■	■	■	■																
Aprobación del anteproyecto								■																
Revisión bibliográfica y consolidación del fundamento teórico									■	■	■	■												
Determinar de la presión de vapor en mezclas de alcoholes y la influencia de diferentes temperaturas y composición.													■	■										
Determinar de la presión de vapor de cada muestra en diferentes condiciones de temperatura y composición.															■	■	■							
Revisión del proyecto de desarrollo																		■	■	■	■			
Corrección de las observaciones sobre el proyecto																						■	■	
Entrega del proyecto de desarrollo																								■

## 6.4 Bibliografía

- Aghahosseini Shirazi, S., Abdollahipoor, B., Martinson, J., Windom, B., Foust, T. D., & Reardon, K. F. (2019). Effects of dual-alcohol gasoline blends on physiochemical properties and volatility behavior. *Fuel*, 252, 542–552. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2019.04.105>
- Amine, M., & Barakat, Y. (2019). Properties of gasoline-ethanol-methanol ternary fuel blend compared with ethanol-gasoline and methanol-gasoline fuel blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 28(4), 371–376. <https://doi.org/10.1016/J.EJPE.2019.08.006>
- ASTM D5191-20 - Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products and Liquid Fuels (Mini Method)*. (n.d.). Retrieved July 23, 2023, from <https://webstore.ansi.org/standards/astm/astmd519120>
- ASTM International - ASTM D2699-21 - Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel | GlobalSpec*. (n.d.). Retrieved July 23, 2023, from <https://standards.globalspec.com/std/14510659/ASTM%20D2699-21>
- ASTM International - ASTM D5191-19 - Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products and Liquid Fuels (Mini Method) | GlobalSpec*. (n.d.). Retrieved July 23, 2023, from <https://standards.globalspec.com/std/13202082/ASTM%20D5191-19>
- Benabithé, Z. Z., Vanegas, D., Montoya, J. C. R., Velásquez, J. A., Benabithé, Z. Z., Vanegas, D., Montoya, J. C. R., & Velásquez, J. A. (2020). Caso de estudio de la destilación etanol-agua en operación continua y discontinua y su simulación con ecuaciones cúbicas de estado y modelos de actividad. *TecnoLógicas*, 23(49), 201–227. <https://doi.org/10.22430/22565337.1638>
- Bharath, B. K., & Arul Mozhi Selvan, V. (2021a). Influence of Higher Alcohol Additives in Methanol–Gasoline Blends on the Performance and Emissions of an Unmodified Automotive SI Engine: A Review. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(8), 7057–7085. <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05408-x>

- Bharath, B. K., & Arul Mozhi Selvan, V. (2021b). Influence of Higher Alcohol Additives in Methanol–Gasoline Blends on the Performance and Emissions of an Unmodified Automotive SI Engine: A Review. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(8), 7057–7085. <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05408-x>
- Carrizo, L. V., Mondragón, A., & Mariano, A. (2023). TENSIÓN SUPERFICIAL DEL PROPANOATO DE BUTILO (1) + N-OCTANO (2) A DIFERENTES TEMPERATURAS. *Libro de Resúmenes XXIII CAFQI*. <https://conferencias.unpa.edu.ar/index.php/cafqi/article/view/158>
- Chávez Altamirano, C. E., López Calvopiña, F. G., Palate Chicaiza, X. M., & Jacome Pilco, C. R. (2021). Potencialidad de Biocombustibles a partir de Residuos Orgánicos. *Revista Cientific*, 6(21), 40–57. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2021.6.21.2.40-57>
- Cheng, S., Scott Goldsborough, S., Saggese, C., Wagnon, S. W., & Pitz, W. J. (2021). New insights into fuel blending effects: Intermolecular chemical kinetic interactions affecting autoignition times and intermediate-temperature heat release. *Combustion and Flame*, 233, 111559. <https://doi.org/10.1016/J.COMBUSTFLAME.2021.111559>
- Cordero Diaz, V. A., Castillo Zapata, O. R., & Martínez Benítez, J. C. (2019). *Estudio de factibilidad para producir bioetanol a partir de la caña de azúcar y su uso en mezcla con gasolina para vehículos automotores*. Universidad Don Bosco. <http://hdl.handle.net/11715/2044>
- Daniel Jiménez Macedo, V., Rubio Maya, C., Jesús Pacheco Ibarra, J., Cortéz Neri Para citar este artículo, E., Macedo D, J. V, Maya, R. C., Ibarra, P., & Neri, C. (2021). Estudio experimental de transferencia de calor en motores de combustión interna usando la mezcla etanol-gasolina. *Ciencia Nicolaita*, 83. <https://doi.org/10.35830/CN.VI83.563>
- D.F. Chuahy, F., Moses-DeBusk, M., Curran, S. J., Storey, J. M. E., & Wagnon, S. W. (2021). The effects of distillation characteristics and aromatic content on low-load gasoline compression ignition (GCI) performance and soot emissions in a multi-cylinder engine. *Fuel*, 299, 120893. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2021.120893>

Edwin Geo, V., Jesu Godwin, D., Thiyagarajan, S., Saravanan, C. G., & Aloui, F. (2019). Effect of higher and lower order alcohol blending with gasoline on performance, emission and combustion characteristics of SI engine. *Fuel*, 256, 115806. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115806>

*EP Petroecuador comercializará en el mercado interno dos nuevas gasolinas de mejor calidad: Eco Plus de 89 octanos y Súper Premium de 95 octanos – Ministerio de Energía y Minas.* (n.d.). Retrieved August 26, 2023, from <https://www.rekursyenergia.gob.ec/ep-petroecuador-comercializara-en-el-mercado-interno-dos-nuevas-gasolinas-de-mejor-calidad-eco-plus-de-89-octanos-y-super-premium-de-95-octanos/>

Fan, G., Zheng, Z., & Zhu, Z. (2022). Combustion and Emission Characteristics of Gasoline Engine Blended Combustion Syngas. *ACS Omega*, 7(30), 26375–26395. [https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.2C02218/ASSET/IMAGES/LARGE/AO2C02218\\_0023.JPEG](https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.2C02218/ASSET/IMAGES/LARGE/AO2C02218_0023.JPEG)

Fechter, M. H. H., & Braeuer, A. S. (2020). Vapor-Liquid Equilibria of Mixtures Containing Ethanol, Oxygen, and Nitrogen at Elevated Pressure and Temperature, Measured with in Situ Raman Spectroscopy in Microcapillaries. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 65(7), 3373–3383. [https://doi.org/10.1021/ACS.JCED.0C00184/ASSET/IMAGES/LARGE/JE0C00184\\_0015.JPEG](https://doi.org/10.1021/ACS.JCED.0C00184/ASSET/IMAGES/LARGE/JE0C00184_0015.JPEG)

Gallo, D. W. C. (2020). Análisis de los Parámetros Mecánicos y Térmicos Característicos de un Motor de Combustión Interna al Utilizar Diversos Tipos de Aditivos en Combustibles Comerciales. *INSTA MAGAZINE*, 3(1), 17–19. <http://186.69.149.245/index.php/instamagazine/article/view/20/36>

González, A. S., & Martínez, A. C. de A. (2022). POTENCIALIDADES DEL ACEITE DE FÚSEL COMO COMBUSTIBLE Y MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE ÉSTERES. *Revista Centro Azúcar*, 49(4), 114–124. [http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/731](http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/731)

Han, J., Wang, S., Maria Vittori, R., & Somers, L. M. T. (2020). Experimental study of the combustion and emission characteristics of oxygenated fuels on a

- heavy-duty diesel engine. *Fuel*, 268, 117219.  
<https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.117219>
- Jadhav, M., Jadhav, S., & Chavan, S. (2020). Application of additives with gasoline fuel: A review. *E3S Web of Conferences*, 170, 01026.  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017001026>
- Kurji, H. J., Imran, M. S., & Bded, A. S. (2021a). The impact of using pure ethanol additives on gasoline fuel with respect to SI engine emissions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1067(1), 012090.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1067/1/012090>
- Kurji, H. J., Imran, M. S., & Bded, A. S. (2021b). The impact of using pure ethanol additives on gasoline fuel with respect to SI engine emissions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1067(1), 012090.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1067/1/012090>
- Kurji, H. J., Imran, M. S., & Bded, A. S. (2021c). The impact of using pure ethanol additives on gasoline fuel with respect to SI engine emissions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1067(1), 012090.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1067/1/012090>
- Landera, A., Mac Dowell, N., & George, A. (2021). Development of robust models for the prediction of Reid vapor pressure (RVP) in fuel blends and their application to oxygenated biofuels using the SAFT- $\gamma$  approach. *Fuel*, 283, 118624. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.118624>
- Liu, W., Safdari Shadloo, M., Tlili, I., Maleki, A., & Bach, Q. V. (2020). The effect of alcohol–gasoline fuel blends on the engines’ performances and emissions. *Fuel*, 276, 117977. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.117977>
- Marcos Gutiérrez, P., Fernando, J., Izquierdo, I., Cadena, X., & Santiana, G. (2017). Análisis de las vibraciones de un motor ciclo OTTO con una mezcla combustible a base de gasolina y de etanol. *INNOVA Research Journal*, 2(10.1), 138–146. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n10.1.2017.568>
- Martin, A., & O’Malley, J. (2021). *Compatibility of Methanol Fuel Blends With Gasoline Vehicles and Engines in Indonesia*.



- Matějovský, L., Macák, J., Pospíšil, M., Staš, M., Baroš, P., & Krausová, A. (2018). Study of Corrosion Effects of Oxidized Ethanol–Gasoline Blends on Metallic Materials. *Energy & Fuels*, 32(4), 5145–5156. <https://doi.org/10.1021/ACS.ENERGYFUELS.7B04034>
- Mendiola Goné, J. R., & Medina-Hernández, E. (2022). *Modelo termodinámico de un motor de ignición por chispa que funciona con mezclas de gasolina con aditivos oxigenantes*. <https://doi.org/10.5944/BICIM2022.316>
- Mitra, S., Adimoolam, R., Sutar, K., & Ganguli, D. (2019). A Mathematical Expression to Predict the Influence of Ethanol Concentration on Distillation Behavior of Gasoline-Ethanol Fuel Blend and Impact of Non-Ionic Surfactant on E20 Fuel. *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility*, 2(2), 1085–1094. <https://doi.org/10.4271/2019-28-2386>
- Mora-Men, N. E., & Mora-Men, N. E. (2020). Formulaciones nacionales de gasolinas de alto octano. Caso estudio. *Tecnología Química*, 40(2), 452–468. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852020000200452&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852020000200452&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Niță, I., Geacai, E., Osman, S., & Iulian, O. (2019). Study of the influence of alcohols addition to gasoline on the distillation curve, and vapor pressure. *Ovidius University Annals of Chemistry*, 30(2), 122–126. <https://doi.org/10.2478/auoc-2019-0022>
- Rashid, A. K., Abu Mansor, M. R., Racovitza, A., & Chiriac, R. (2019). Combustion Characteristics of Various Octane Rating Fuels for Automotive Thermal Engines Efficiency Requirements. *Energy Procedia*, 157, 763–772. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2018.11.242>
- Reeder Distributors Inc. (2021, July 21). *The Differences Between Racing and Regular Fuel? | Reeder Distributors*. <https://www.reederdistributors.com/blog/what-is-the-difference-between-racing-fuel-and-regular-fuel/>
- Rocha-Hoyos, J., Llanes-Cedeño, E. A., Andrade-Villarreal, J., Caiza-Quishpe, L., & Leguísamo-Milla, J. (2019). Incidence of the use of extra gasoline and mixing to the 5 % with anhydrous ethanol in the microfilters of the multipoint

injectors. *Enfoque UTE*, 10(2), 28–38.  
<https://doi.org/10.29019/ENFOQUE.V10N2.430>

Santos, A. P. F. dos, Dweck, J., & d'Avila, L. A. (2018). QUANTIFICAÇÃO DE ADITIVOS DETERGENTES E DISPERSANTES EM GASOLINAS POR TERMOGRAVIMETRIA. *Blucher Engineering Proceedings*, 170–180.  
<https://doi.org/10.5151/simea2018-PAP24>

Sanz Martínez, A., Lasobras, J., Soler, J., Herguido, J., & Menéndez, M. (2018). Gasolinas a partir de metanol (MTG): Intensificación del proceso en un reactor de lecho fluidizado de doble zona (TZFBR). *Jornada de Jóvenes Investigadores Del I3A*, 6. <https://doi.org/10.26754/jji-i3a.201802804>

Setiyo, M., Saifudin, S., Jamin, A. W., Nugroho, R., & Karmiadi, D. W. (2018). THE EFFECT OF ETHANOL ON FUEL TANK CORROSION RATE. *Jurnal Teknologi*, 80(6). <https://doi.org/10.11113/jt.v80.12324>

Sroka, Z. J., Ahmed, H., Sitnik, L., Gorniak, A., Skrtowicz, M., & Magdziak-Tokowicz, M. (2020). Prediction of Ternary Gasoline Composition Using Light and Heavy Alcohols to Reduce Fuel Consumption and Meet Emission Standards. *SAE Technical Papers*, 2020. <https://doi.org/10.4271/2020-01-2125>

Técnicas Aplicadas, C., Automotriz, I., Alejandro Salazar Quelal, C. I., & Carlos Terán Rubio, J. I. (2023). Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935. *Domino de Las Ciencias*, 9(3), 970–994. <https://doi.org/10.23857/DC.V9I3.3481>

Trenzado, J. L., Rodríguez, Y., Gutiérrez, A., Cincotti, A., & Aparicio, S. (2021). Experimental and molecular modeling study on the binary mixtures of [EMIM][BF<sub>4</sub>] and [EMIM][TFSI] ionic liquids. *Journal of Molecular Liquids*, 334, 116049. <https://doi.org/10.1016/J.MOLLIQ.2021.116049>

Vázquez Rodríguez, G. A., Vázquez, G. A., & Figura, R. (2022). Crónicas del Antropoceno: el siglo del tetraetilo de plomo. *Anales de Química de La RSEQ*, 118(2), 110–110.  
<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1712>

- Veliz, J. H. (2019). *Equilibrio Líquido-Líquido de Sistemas Hidrocarburos + aditivos oxigenados. Naftas Reformuladas*.  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/93497>
- Villa Zura, M. P., Crespo-Berti, L. A., & Cruz Arboleda, J. I. (2021). Biocombustibles, una alternativa ecológica para el desarrollo sostenible en el Ecuador provincia de Imbabura. AUTORES: *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 3–9. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2719>
- Waluyo, B., Setiyo, M., Saifudin, & Wardana, I. N. G. (2021). Fuel performance for stable homogeneous gasoline-methanol-ethanol blends. *Fuel*, 294, 120565. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2021.120565>
- Waluyo, B., Wardana, I. N. G., Yuliati, L., Sasongko, M. N., & Setiyo, M. (2019). The role of ethanol as cosolvent on the separated gasoline methanol blend. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 674(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/674/1/012005>
- Yang, J., Roth, P., Durbin, T., & Karavalakis, G. (2019). Impacts of gasoline aromatic and ethanol levels on the emissions from GDI vehicles: Part 1. Influence on regulated and gaseous toxic pollutants. *Fuel*, 252, 799–811. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2019.04.143>
- Zumalacárregui de Cárdenas, L., Pérez Ones, O., Hernández Castellanos, F. A., & Cruz Lemus, G. (2018). Modelación del equilibrio líquido-vapor a presión constante de mezclas etanol-agua utilizando redes neuronales artificiales. *Tecnología Química*, 38(3), 446–460.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852018000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

## 6.5 Anexos



1. Botellas de gasolina extra



2. Dosificador para preparación de los TSF y PRF



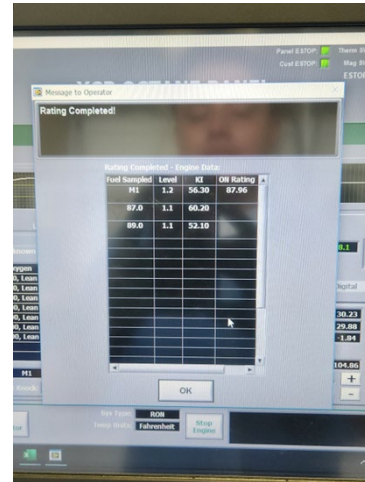
3. Equipo para medir presión de vapor (ERAVAP)



4. Software del Equipo CFR Waukesha para medir el octanaje



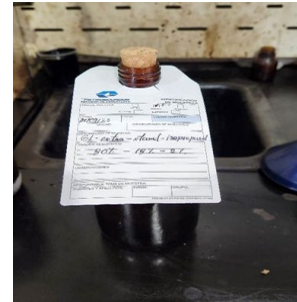
5. Equipo CFR WAUKASHA para medir el octanaje



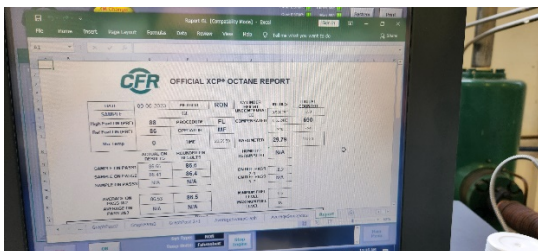
6. Monitoreo de tabla de resultados de octanaje



7. Muestras validadas para los ensayos químicos



8. Mezcla específica para los ensayos químicos



9. Cuadro de resultado del proceso de estandarización del octanometro



10. Dosificador, preparación de PRF para encuadramiento del análisis