



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que subscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DEL GASOHOL Y LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN EL MOTOR OTTO DE ALTA COMPRESIÓN

Presentado por:

BACH. SOLARI ABREGU YESSET

Autor del Proyecto de Tesis del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de **INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA**. El Resultado obtenido es 2% (PORCENTAJE DE SIMILITUD) por lo cual, se otorga el calificativo de:


APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

El porcentaje de similitud es menor del 20%, establecido como máximo por Reglamento de Evaluación de originalidad.

Ica, 04 de febrero de 2025

 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
F. C. P.
Dr. FERNANDO EDUARDO CANO LEGUA
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUÍS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería de Ingeniería Química y Petroquímica



Tesis:

**RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DEL GASOHOL Y LAS
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN EL MOTOR OTTO DE
ALTA COMPRESIÓN**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Petroquímico

**Línea de investigación: Ciencias Naturales, ingeniería y tecnologías
sostenibles.**

Autora: SOLARI ABREGU YESSET

Asesor: Dr. ROSALIO CUSI PALOMINO

ICA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos en este camino académico, cada descubrimiento y cada desafío superado.

Sin ti, esta tesis no sería posible.

A mi querida abuela, fuente inagotable de amor y sabiduría. Tus palabras de aliento y tus abrazos en los momentos difíciles han sido mi motor para llegar hasta aquí. Gracias por ser mi inspiración.

Que esta tesis sea un reflejo de mi gratitud hacia ambos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profunda gratitud a quienes me han apoyado.

A Dios, por ser el arquitecto silencioso de mis logros. En cada desafío, en cada descubrimiento, he sentido tu guía.

A mi abuela, cuya sabiduría y amor han sido mi faro en las tormentas, y por sus buenos consejos.

A todos los que han sido parte de este proceso, mi eterno agradecimiento.

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA	01
DEDICATORIA	02
AGRADECIMIENTO	03
ÍNDICE DE CONTENIDOS	04
ÍNDICE DE TABLAS	05
ÍNDICE DE FIGURAS	06
RESUMEN	07
ABSTRACT	08
I. INTRODUCCIÓN	09
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	11
2.1. Antecedentes.	11
2.2. Marco teórico.	12
2.3. Marco conceptual.	22
2.4. Estrategia metodológica.	23
2.5. Desarrollo experimental.	23
III. RESULTADOS	29
IV. DISCUSIÓN.	48
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES.	50
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	51
VIII. ANEXOS.	52

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resultados de la destilación de la gasolina	16
Tabla 2. Determinación de la densidad gasolina premium.	29
Tabla 3. Determinación de la presencia de agua en la gasolina premium.	30
Tabla 4. Determinación de la presencia de agua y sedimentos en la gasolina premium.	31
Tabla 5. Determinación del porcentaje de olefinas en la gasolina premium.	32
Tabla 6. Determinación de la actividad corrosiva de la gasolina premium.	33
Tabla 7. Valores experimentales de la volatilidad de la gasolina premium.	34
Tabla 8. Parámetros de la gasolina Premium empleada en la formulación del gasohol	35
Tabla 9. Determinación de la densidad Etanol comercial.	36
Tabla 10. Determinación de la presencia de agua en el etanol comercial.	37
Tabla 11. Determinación de la presencia de agua y sedimentos en el etanol comercial.	38
Tabla 12. Determinación de la concentración de etanol en el etanol comercial.	39
Tabla 13. Determinación de la actividad corrosiva del etanol comercial.	40
Tabla 14. Parámetros del etanol comercial.	41
Tabla 15. Parámetros del gasohol formulado E10.	42
Tabla 16. Parámetros del gasohol formulado E11.	43
Tabla 17. Parámetros del gasohol formulado E12.	44
Tabla 18. Parámetros del gasohol formulado E13.	45
Tabla 19. Parámetros del gasohol formulado E14	46
Tabla 20. Parámetros del gasohol formulado E15.	47

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Obtención de la gasolina por fraccionamiento del petróleo.	13
Figura 2. Curva de destilación de la gasolina.	17
Figura 3. Aparato de Dean- Stark para secado azeotrópico del etanol.	24
Figura 4. Determinación de la densidad con el densímetro.	25
Figura 5. Equipo para determinar agua método azeotrópico.	26
Figura 6. Equipo para evaporar la gasolina.	26
Figura 7. Carta de colores, láminas de cobre y recipiente a presión empleada en la determinación de corrosión.	27

RESUMEN

Esta tesis con título “**Relación entre la composición del gasohol y las condiciones de funcionamiento en el motor otto de alta compresión**” es una investigación teórico-experimental en la que se aborda el estudio de las mezclas combustibles etanol-gasolina que son denominadas gasoholes y que son empleadas en motores de combustión interna bajo ciertas condiciones de formulación como son las características físicoquímicas de ambos componentes los mismos que deben ser totalmente anhidras para evitar corrosión de los motores y un buen desempeño del combustible en el motor durante su funcionamiento. En los ensayos realizados se ha comprobado que las formulaciones empleadas no difieren mucho de la gasolina premium, ya que sus densidades y sus volatilidades están dentro de los límites permitidos para esta gasolina diseñada para el trabajo en motores de alta compresión. Sus densidades están dentro del límite 0,73 g/mL a 0,76 g/mL que corresponden a gasolinas de alto octanaje y sus volatilidades están en el margen de 39 a 45°C, que corresponden a gasolinas que permiten un arranque rápido y una buena distribución en los cilindros, así como el calentamiento adecuado sin formar tapones de vapor ni producir golpeteo.

PALABRAS CLAVES: Gasohol, motor de combustión interna, motor Otto, alta compresión.

ABSTRACT

This thesis entitled "Relationship between the composition of gasohol and the operating conditions in the high compression otto engine" is a theoretical-experimental research that addresses the study of ethanol-gasoline fuel mixtures that are called gasoholes and that They are used in internal combustion engines under certain formulation conditions such as the physicochemical characteristics of both components, which must be completely anhydrous to avoid corrosion of the engines and good performance of the fuel in the engine during its operation. In the tests carried out, it has been proven that the formulations used do not differ much from premium gasoline, since their densities and volatilities are within the limits allowed for this gasoline designed for work in high compression engines. Their densities are within the limit of 0.73 g/mL to 0.76 g/mL, which correspond to high-octane gasoline, and their volatilities are in the range of 39 to 45°C, which correspond to gasoline that allows quick starting and good distribution in the cylinders, as well as adequate heating without forming steam plugs or producing knocking.

KEYWORDS: Gasohol, internal combustion engine, Otto engine, high compression

I. INTRODUCCIÓN

El gasohol es un combustible para motores de combustión interna compuesto por el etanol anhidro en un determinado porcentaje que no supera el 15% y gasolina que es un derivado del petróleo, obtenida por destilación fraccionada. Su uso en el motor como combustible se hace con el fin de reducir el consumo de combustibles fósiles y disminuir la contaminación ambiental en un cierto porcentaje ya que el etanol cuando combustiona no emite tantos contaminantes como la gasolina. Sin embargo su uso como mezcla combustible exige de ciertos parámetros para lograr un funcionamiento eficiente del motor, como por ejemplo ajustar el porcentaje de etanol, la calidad de este, debe de ser anhidro, estas exigencias son tanto más estrictas cuando se emplea el gasohol en un motor de alta compresión, ya que debe resistir una mayor presión y más altas temperaturas.

Situación problemática.

El gasohol es un combustible resultante de la mezcla de la gasolina con el etanol, la gasolina procede de la destilación del petróleo y el etanol se obtiene a partir de la biomasa, la cual industrialmente es degradada, fermentada y destilada. Las proporciones de ambos componentes es fundamental para la elaboración del gasohol, un porcentaje superior al 15% de etanol presenta el peligro de la separación de ambos componentes en el tanque de combustible y como resultado de ello un funcionamiento deficiente del motor, lo mismo sucede si es que el etanol no es totalmente anhidro o la gasolina tiene un cierto porcentaje de humedad, entonces las fases se separan. Las primeras adiciones de etanol anhidro a la gasolina tienen acción aditiva, es decir, permite elevar el octanaje de ésta, esto corresponde a un 4 ó 5% , dosificaciones mayores tienen como finalidad ir reemplazando la gasolina a fin de evitar contaminación ambiental, sin embargo se sabe que la combustión del etanol produce compuestos químicos similares a los que genera la combustión de la gasolina como son los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP), independiente de ello en la presente investigación nos interesa determinar el comportamiento del combustible en el motor, mediante el análisis de la curva de evaporación de las mezclas de gasohol.

Problema general.

¿Existe relación entre la composición del gasohol y las condiciones de funcionamiento en el motor Otto de alta compresión?

Problemas específicos:

- ¿Cuál debe ser la composición de la mezcla etanol-gasolina para lograr condiciones óptimas de funcionamiento del motor Otto de alta compresión?
- ¿Qué características fisicoquímicas deben de tener el etanol y la gasolina empleada en la elaboración de la mezcla combustible denominada gasohol?

Objetivo general

Determinar la relación entre la composición del gasohol y las condiciones de funcionamiento en el motor Otto de alta compresión.

Objetivos específicos:

- Determinar la composición adecuada de la mezcla etanol-gasolina para lograr condiciones óptimas de funcionamiento del motor Otto de alta compresión.
- Determinar las características fisicoquímicas que deben de tener el etanol y la gasolina empleada en la elaboración de la mezcla combustible denominada gasohol.

Hipótesis general.

Entre la composición del gasohol y las condiciones de funcionamiento en el motor Otto de alta compresión, existe una relación directa.

Hipótesis específicas:

- La composición de la mezcla etanol-gasolina para lograr condiciones óptimas de funcionamiento del motor Otto de alta compresión debe ser de un porcentaje adecuado de etanol y de gasolina.
- Las características fisicoquímicas que deben de tener el etanol y la gasolina empleada en la elaboración de la mezcla combustible denominada gasohol, son: deben de ser anhídros y de alta pureza.

Variables:**Variable independiente:**

Composición del gasohol.

Variable dependiente.

Condiciones de funcionamiento del motor de alta compresión.

Justificación e importancia de la investigación.**Justificación teórica:**

Desde el punto de vista teórico la presente investigación se justifica porque se aborda el estudio de la mezcla combustible llamada gasohol conformada por etanol y gasolina desde el punto de vista funcional, evaluando su composición con relación a su comportamiento en el motor. Para el desarrollo de este estudio se considerarán las propiedades fundamentales de los combustibles líquidos como son la curva de destilación y la presión de vapor Reid, cuyos fundamentos teóricos serán ampliamente discutidos en la parte teórica de la tesis.

Justificación metodológica:

Desde el punto de vista metodológico, la investigación planteada es aplicada y de diseño experimental, para demostrar la hipótesis planteada se llevarán a cabo estudios experimentales para establecer parámetros y concentraciones.

Justificación ambiental:

Desde el punto de vista ambiental, la investigación se justifica porque plantea el uso de un cierto porcentaje de etanol, con el fin de disminuir el uso de la gasolina y con ello disminuir progresivamente la contaminación ambiental.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Antecedentes.

Los antecedentes internacionales y nacionales que se han revisado para desarrollar la presente tesis son los siguientes:

A nivel internacional

F. Ruiz [1] realizó su tesis sobre el estudio de la composición de las mezclas gasolina – alcohol y su comportamiento en el motor de combustión interna, con la finalidad de estudiar el comportamiento de estas mezclas con relación a una serie de parámetros y características que se desarrollan en el motor durante su funcionamiento. La investigación es de tipo aplicada, de nivel explicativa y de diseño experimental. El estudio tuvo como principal objetivo determinar la óptima proporción de cada uno de los componentes en la mezcla gasolina - etanol, haciendo los respectivos ensayos probatorios en un motor de combustión interna Otto, sin modificación alguna. En estos ensayos se medirán los principales parámetros de funcionamiento de este tipo de máquinas: potencia, consumo, temperatura de los gases de escape, para llevar a cabo dichas pruebas se construyó un banco de pruebas que constaba de un generador eléctrico conectado a un motor de 5,5 HP. Los resultados obtenidos con las diferentes mezclas mostraron resultados casi similares, lo que indica que su comportamiento en el motor. Según el autor de la tesis los resultados considerados óptimos se obtuvieron al mezclar un 15% de etanol y 85% de gasolina. Los ensayos realizados con esta mezcla reportaron una potencia y un consumo sostenido durante el funcionamiento del motor y además los gases de escape registraron una menor temperatura lo cual se considera óptimo.

M. Masson [2], presentó una tesis donde se evalúa la eficiencia de mezcla de gasolina de ochenta octanos con etanol anhidro ensayadas en un motor de combustión interna encendido por chispa. El motor seleccionado para las pruebas es uno de cuatro tiempos que trabaja alimentado con gasolina de 80 octanos y para las pruebas no se le hizo ningún cambio a su estructura por lo tanto la muestra ideal debe de responder a las condiciones normales de funcionamiento de dicho motor con la gasolina especificada y que es la de 80 octanos. Las proporciones de alcohol anhidro empleadas en los ensayos fueron de 5%, 10%, 15% y 20%. Los ensayos realizados fueron presión de vapor Reid, corrosión en lámina de cobre, curva de destilación, índice de octanos. De acuerdo con los reportes de laboratorio, el autor concluye que la mezcla que contiene un 10% es la que ha tenido un comportamiento ideal, ya que mejoró el octanaje hasta 84 octanos, tiene un buen arranque en frío, no muestra corrosión en las láminas de cobre, la presión de vapor reid es óptima ya que posee una evaporación adecuada o controlada.

A nivel nacional.

J. Quispe [3] presentó su tesis en la cual se evalúa los efectos de la variación del octanaje de la gasolina y el gasohol E7.8 sobre el comportamiento de un motor de un solo cilindro del ciclo Otto. La investigación es de tipo aplicada y de diseño experimental, en la cual se emplea un

motor de banco de prueba, al cual se le alimenta con combustible que es una mezcla de gasolina con un determinado porcentaje de etanol, para evaluar el rendimiento del motor y las emisiones de gases de escape en función al octanaje y a la proporción de etanol. Para las pruebas realizadas se emplearon tres gasolinas comerciales de tipo plus y cuyos índices de octano son 90, 95 y 97. Primeramente mediante destilación se separó la gasolina del etanol y se comprobó su proporción y de esta manera se obtuvieron 6 muestras de las cuales 3 contenían etanol (E 7,8) y tres de ellas no tenían etanol. Las pruebas se realizaron variando la capacidad de la cámara de combustión. Los resultados de los ensayos realizados indican que el rendimiento efectivo del motor depende de la mezcla combustible empleada. El rendimiento del motor aumenta de acuerdo con el incremento de la carga y la relación de compresión.

A. Cotrina [4] presentó su tesis sobre mezclas de etanol con gasolina y sus efectos en el motor de combustión interna, en el desarrollo de la tesis se trabajó experimentalmente con concentraciones de etanol anhidro de 10%, 15% y 20%, los parámetros que se consideraron en el estudio fue la medición de las emisiones de monóxido de carbono y dióxido de carbono en los gases de escape, resultados que posteriormente se compararon con los que genera la gasolina comercial. Por su nivel la investigación es explicativa, de enfoque cuantitativo y de diseño pre-experimental. Los resultados obtenidos por el autor indican que cuando se trabaja con un coeficiente de exceso de aire igual a 0,85 hay una disminución de monóxido de carbono de 4,9% para la mezcla con 10% de etanol, una reducción de 7,4% para la mezcla que contiene 15% de etanol y una reducción de 9,8% para la mezcla que contiene 200% de etanol. Comparados los resultados con lo que genera la combustión de la gasolina automotor, en este caso es mayor la reducción de dicho contaminante y lo mismo sucede con el dióxido de carbono

A nivel local.

No existe registro alguno sobre investigaciones relacionadas con el tema que se desarrolla en el presente proyecto en las Universidades locales.

2.2. Marco teórico.

2.2.1. Gasolina.

Definición.

La gasolina es un combustible líquido derivado del petróleo que físicamente se presenta como un líquido transparente de muy baja densidad y muy poca viscosidad, de olor característico y es totalmente insoluble en agua, comparada con esta tiene una menor densidad por lo que tiende a flotar en ella cuando se juntan en un mismo recipiente. La gasolina es muy volátil a temperatura y presión ambiente, altamente inflamable en presencia de una fuente de ignición, en condiciones específicas la gasolina arde sin dejar residuos. Después de ser tratada con aditivos y estabilizada se le emplea como combustible para motores de combustión interna principalmente.

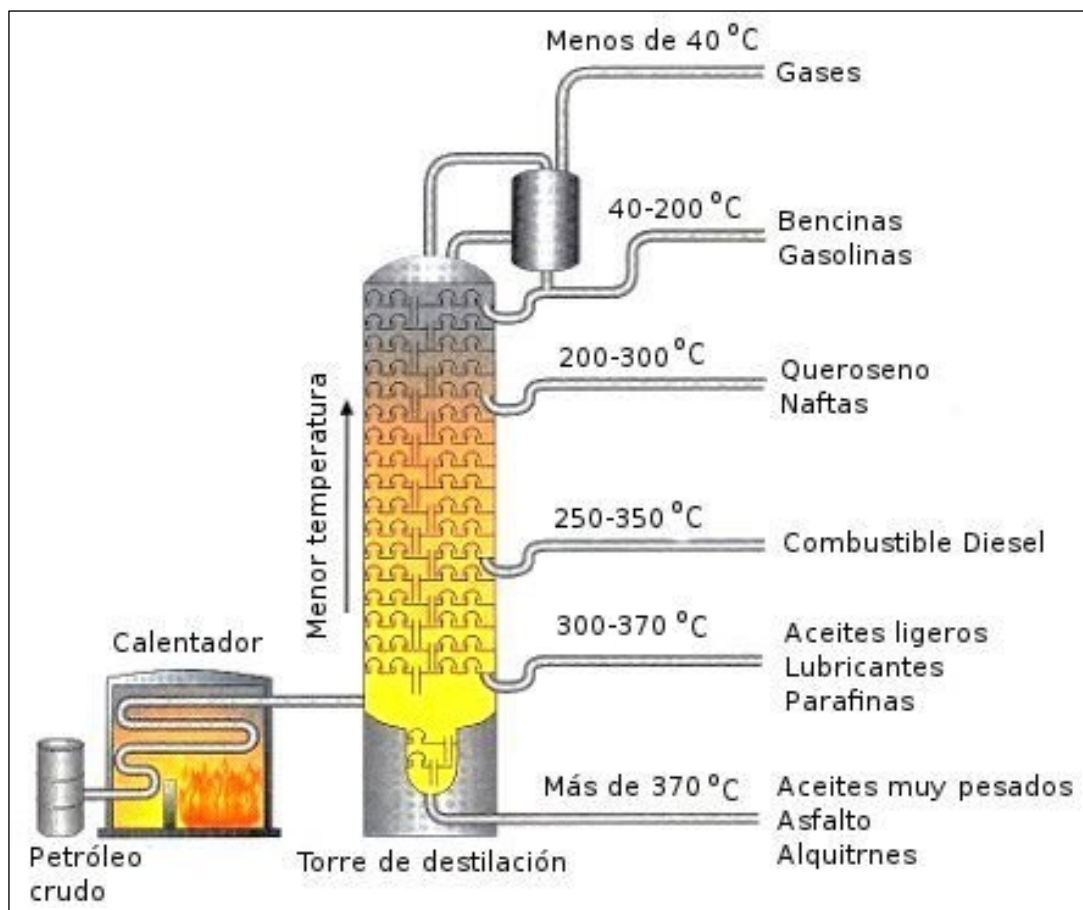


Figura 1. Obtención de la gasolina por fraccionamiento del petróleo.

Composición química

La gasolina es una fracción líquida del petróleo compuesta mayoritariamente por hidrocarburos que van desde el pentano (C_5H_{12}) hasta el dodecano ($\text{C}_{12}\text{H}_{26}$) es físicamente una mezcla de hidrocarburos, donde predominan los hidrocarburos de la serie parafínica (saturados) de bajo peso molecular que destilan en un rango de temperatura que va desde la temperatura ambiente hasta los 200°C , junto con las parafinas también se encuentran hidrocarburos iso parafínicos aromáticos y las olefinas, así como un gran número de homólogos. Además de los hidrocarburos la gasolina posee contaminantes como los compuestos de azufre, compuestos de oxígeno y algunos metales como el plomo.

Para mejorar sus propiedades funcionales como su capacidad antidetonante, disminuir su actividad corrosiva, mejorar su resistencia a la oxidación, mejorar la combustión reduciendo la generación de compuestos contaminantes y permitiendo la combustión completa, lo que significa menos monóxido de carbono y de hidrocarburos no quemados en los gases de escape, etc., a las gasolinas se le agregan en pequeñas cantidades ciertos reactivos químicos que reciben el nombre de aditivos.

Por ejemplo, para mejorar sus propiedades antidetonantes y disminuir su actividad corrosiva se agregan a las gasolinas compuestos oxigenados entre ellos los alcoholes y los éteres, los cuales

elevan el octanaje y reducir las emisiones contaminantes como el monóxido de carbono y los hidrocarburos que no se queman durante la combustión.

En muchos países se emplea como aditivo oxigenado los alcoholes (entre ellos preferentemente el etanol y el metanol además del alcohol isopropílico, alcohol terbutílico, y el alcohol isobutílico) y los éteres que contienen de 5 a más átomos de carbono como el metil terbutil éter (MTBE), el metil teramil éter (MTAE) y el etil terbutil éter (ETBE).

El MTBE es una sustancia química considerada cancerígena y mutagénica; de alta volatilidad y muy soluble en el agua, por lo que se debe tener cuidado para no contaminar las aguas superficiales, sobre todo de las redes de abastecimiento de agua potable. Estudios realizados por algunos organismos internacionales como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA), indican que el MTBE también tiene efectos nocivos sobre el ambiente y la salud del ser humano. En cuanto a los alcoholes, estos contienen el doble de contenido en peso de oxígeno (35 %) que el MTBE, permitiendo una combustión más completa. Adicionalmente, el etanol es biodegradable y menos contaminante.

Características físicoquímicas de la gasolina.

El funcionamiento del motor depende en mucho de la calidad de la gasolina, cuanto más alta es su calidad mejor será el funcionamiento del motor y por ende menores serán los gastos por mantenimiento y reparación. Por esta razón conocer las propiedades de la gasolina y su correcta manipulación y uso es fundamental para lograr un mejor rendimiento de los motores de vehículos.

Las gasolinas obtenidas a partir del petróleo por diferentes métodos (destilación fraccionada, craqueo térmico, craqueo catalítico, reformación catalítica, alquilación, etc.) poseen densidad, tensión superficial y calor de combustión muy similares, las diferencias son ínfimas. Sin embargo, por su volatilidad, estabilidad y algunos otros parámetros, estas presentan diferencias muy marcadas. Para que la gasolina permita el normal funcionamiento del motor, debe de cumplir con una serie de requisitos o exigencias de explotación. Estas exigencias son las que a continuación se detallan: volatilidad adecuada, octanaje adecuado, estabilidad química y física, tener una mínima acción corrosiva sobre los metales y no poseer ningún tipo de impurezas mecánicas ni agua.

Las exigencias que se han nombrado se expresan mediante uno o varios indicadores, cuyas magnitudes para cada tipo de gasolinas están normadas según los estándares nacionales e internacionales.

Densidad

La densidad físicamente se define como la relación entre la masa de la sustancia y el volumen que esta masa ocupa. Su valor para las gasolinas destinadas a motores de combustión interna varía en un amplio rango que va desde 0,68 g/mL hasta los 0,81 g/mL, determinadas a 20°C de temperaturas. En el caso de la gasolina premium que se comercializa en Perú la densidad es de

0,73 a 0,76 g/mL, calculada a 15,6°C. En relación con la temperatura la densidad varía muy poco, cuando la temperatura disminuye 10°C el valor de la densidad aumenta solo un 1%.

Viscosidad.

Se denomina viscosidad a la resistencia que ofrecen los líquidos y gases al movimiento de una de sus capas con relación a otra. La viscosidad de los líquidos se determina en el laboratorio con ayuda de los viscosímetros capilares y los resultados se expresan en unidades de viscosidad dinámica o viscosidad cinemática. La viscosidad dinámica (η) se considera la viscosidad de un líquido en cuyo volumen dos superficies paralelas de 1 m^2 , distantes entre sí en 1 m y que se mueven con una velocidad relativa de 1 m/seg por la acción de una fuerza equivalente a 1 Newton. La viscosidad dinámica se expresa en Pa.s o N.s /m².

En los estándares de las gasolinas automotoras se considera la viscosidad cinemática (ν) que se determina en viscosímetros capilares, esta numéricamente es igual a la relación entre la viscosidad dinámica (η) y la densidad del líquido (ρ).

$$\nu = \eta / \rho$$

La viscosidad cinemática se expresa en milímetros cuadrados sobre segundos (mm²/s) o en centiStockes (cSt).

$$1\text{ mm}^2/\text{seg} = 1\text{ cSt}$$

La viscosidad de las gasolinas para automotores, a 20°C oscila entre 0,5 hasta 7 mm²/seg. Para tener una idea más concreta sobre estas magnitudes hay que recordar que la viscosidad del agua a 20°C es de 1mm²/s. Con la disminución de la temperatura la viscosidad de las gasolinas para automotores aumenta en una magnitud significativamente alta (más o menos 10 veces más rápido que la densidad).

En parte con la variación de la temperatura atmosférica, de verano a invierno, donde a veces ésta desciende a valores inferiores a 20°C o más, se produce un aumento de viscosidad en más o menos 1,5 veces, lo que hace imposible la formación de la mezcla aire – combustible. Después de la formación de la mezcla viene la etapa de la pulverización, en donde juegan papel importante la viscosidad y la tensión superficial, cuanto menor sean la pulverización es más efectiva ya que se logran micro gotitas que permiten la rápida evaporación de la gasolina y por tanto su encendido total durante la combustión. La tensión superficial de todas las gasolinas para automotores es aproximadamente 3,5 veces menor que el agua.

De lo anteriormente dicho, la densidad, la tensión superficial y principalmente la viscosidad de las gasolinas empleadas en los motores de combustión interna influyen en la formación de la mezcla combustible: aire – gasolina, por lo que deben considerarse durante el diseño y regulación de las piezas que dosifican el combustible en el carburador.

Otras de las propiedades de las gasolinas que debe tener en cuenta para la regulación de los carburadores es el **calor de combustión** el cual, se define como el calor que se desprende durante la combustión completa de 1Kg de sustancia. Cuanto mayor es el calor de combustión

de un combustible, tanto menor cantidad de este se requiere para hacer trabajar al vehículo durante una hora o un kilómetro de recorrido. Para las gasolinas automotoras el calor de combustión es igual a 43,5 – 44,5 Mj/Kg.

Volatilidad de la gasolina

La volatilidad de la gasolina es la capacidad que esta tiene para pasar del estado líquido a la fase de vapor. De esta propiedad depende la facilidad con que la gasolina ingresa a través de los diferentes ductos del sistema de alimentación pasando desde el tanque hasta el inyector o el carburador. La velocidad de formación y calidad de la mezcla aire – combustible depende de la volatilidad de los combustibles, en nuestro caso de la gasolina.

Las gasolinas para motores de combustión interna poseen una determinada volatilidad la cual permite un arranque fácil del motor, calentamientos rápidos, la total combustión de la gasolina después del calentamiento del motor e incapacidad para formar tapones de vapor en el sistema de alimentación.

La valoración práctica de la volatilidad de las gasolinas se basa en la determinación de la composición por fracciones y la medición de la presión de sus vapores saturados a 38°C.

Se entiende por composición por fracciones de los productos derivados del petróleo entre los cuales está la gasolina automotora, al conjunto de hidrocarburos que destilan en un determinado rango de temperatura, el cual se expresa en porcentaje de volumen. Para las gasolinas y el combustible Diesel, la composición por fracciones se determina en un equipo especial estandarizado para destilar productos de petróleo. Durante la determinación de la composición por fracciones de cualquier combustible se toma la temperatura de inicio de ebullición (TIE) y la temperatura final de ebullición (TFE), las temperaturas intermedias se toman de acuerdo a las exigencias de los estándares (cuando se conoce la marca y el octanaje del combustible) o cada 10% del destilado colectado (si no se conoce ni la marca, ni el octanaje del combustible) El resultado de la determinación de a composición por fracciones se anota en una tabla como la siguiente:

Tabla 1
Resultados de la destilación de la gasolina

TEMPERATURA °C												R	P
TIE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	TFE	%	%
39	70	83	95	108	115	125	135	150	172	185	193	1,4	2,1

R Residuo

P Pérdida

A menudo los resultados de la destilación se expresan gráficamente poniendo en el eje de las X (horizontal) el volumen del condensado expresado en el porcentaje del volumen; y en el eje de

las Y (vertical) la temperatura en °C a la cual se obtiene dicho volumen de condensado. La curva de destilación típica para los combustibles derivados del petróleo se puede ver en la figura siguiente.

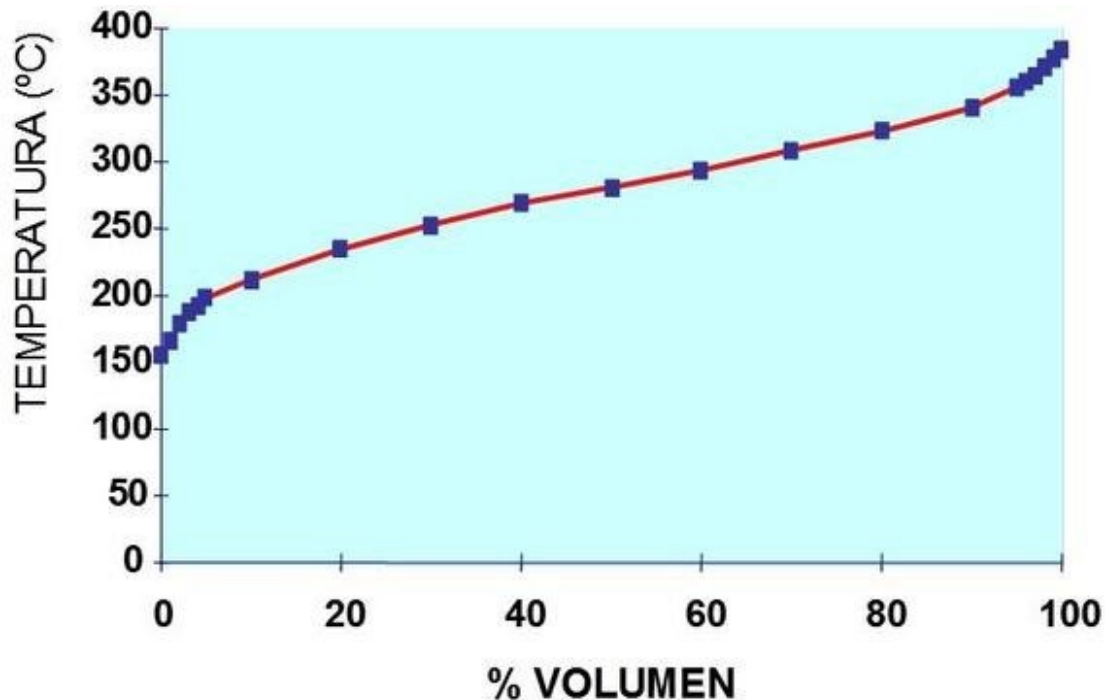


Figura 2. Curva de destilación de la gasolina.

Valoración funcional de las gasolinas según su composición por fracciones.

Esta valoración se hace en función a las posibles variaciones de temperatura del medio ambiente a las cuales se destilan los 10, 50 y 90 % del volumen de las gasolinas.

Arranque fácil

El arranque fácil del motor está directamente relacionado con la existencia de las fracciones ligeras en la gasolina. Cuanto mayor es la cantidad de hidrocarburos de bajo punto de ebullición que hay en la gasolina, tanto mejor son sus propiedades de arranque.

La posibilidad de un arranque fácil o difícil del motor depende de la evaporación del 10 % de la gasolina a una temperatura $T_{10\%}$. Se considera que el motor arranca fácilmente si el comienza a trabajar después de uno o dos vueltas del eje del cigüeñal a una frecuencia de rotación de 35 – 40 rpm. Si fuera necesario que el eje cigüeñal del motor de más de dos vueltas para que arranque entonces este se considera difícil.

Después del arranque del motor frío es necesario calentarlo, cuanto más corta sea esta etapa, tanto más rápidamente el vehículo estará listo para rodar, habrá entonces menos consumo de aceite y menos desgaste de las piezas.

La capacidad de la gasolina de permitir un rápido calentamiento del motor se considera a $T_{50\%}$. Con esta misma temperatura de destilación de la gasolina se relaciona la susceptibilidad del

motor y la efectividad de su trabajo cuando el estrangulador está apenas abierto. Cuando $T_{50\%}$ resulta ser significativamente alta, entonces la evaporación de la gasolina se produce con lentitud. La mezcla aire – combustible se forma pobremente y por ello el calentamiento del motor se realiza durante largo tiempo y la susceptibilidad de este empeora.

Tanto $T_{90\%}$, TFE y el residuo en el matraz caracterizan la existencia en la gasolina de fracciones pesadas, difíciles de evaporar. Por estos valores se juzga la volatilidad total de la gasolina con el motor caliente. Cuanto más alta sea $T_{90\%}$ TFE y mayor la cantidad de residuos durante la destilación, tanto más seguro será de que esta gasolina no se evapore totalmente y por lo tanto una porción de ella no se queme en la cámara de combustión. Esta combustión parcial del combustible conlleva a un mayor consumo, a la pérdida de potencia del motor. Un mayor peligro surge debido a que la porción de gasolina que no se quema y queda en las paredes del cilindro, diluye el aceite lubricante y desciende con este hasta el cárter afectando del mismo modo todo su volumen. Además, el aceite diluido en las superficies de contacto produce un acelerado desgaste de las piezas del motor.

Arriba se ha dicho que cuando mayor cantidad de hidrocarburos livianos hay en la gasolina, mucho mejores son sus propiedades de arranque, sin embargo, esta cantidad no puede ser aumentada de manera ilimitada pues una gran cantidad de hidrocarburos livianos puede formar tapones de vapor los cuales no permiten que la gasolina llegue al carburador o al inyector cuando la temperatura ambiente es demasiado alta. Las burbujas de vapor que se forman en los conductos del sistema de alimentación son capaces de detener el bombeo de la gasolina hacia el motor y en ciertas condiciones (presión atmosférica baja, temperatura del aire alta, etc.) pueden incluso formarse los llamados tapones de vapor que impiden el ingreso de la gasolina al carburador. El peligro de la formación de los tapones de vapor puede ser eliminado evitando el empleo de gasolinas con una $T_{10\%}$ cuyo intervalo de temperatura ambiente sea superior al determinado en la destilación por un margen de 10°C .

Presión de vapor saturado de las gasolinas.

La presión de vapor saturado de la gasolina se determina a 38°C en un aparato especial herméticamente cerrado. Cuanto mayor cantidad de fracciones ligeras haya en la gasolina, tanto mayor será su presión de vapor saturado y tanto mejores sus propiedades de arranque. Sin embargo, con el aumento de la presión de los vapores saturados de la gasolina crece la tendencia a la formación de tapones de vapor y aumenta la pérdida por evaporación durante su almacenaje. Por ello las gasolinas comerciales tienen una presión de vapor saturado estandarizado.

Capacidad antidetonante de la gasolina: Octanaje

Índice de octano.

El índice de octano es una medida referencial de la resistencia que ofrece la gasolina al golpeteo que se sucede debido al fenómeno de la autoignición. A mayor índice (número) de octano el combustible tendrá una mayor resistencia al golpeteo, es decir, a auto inflamarse, así mismo

permite soportar una mayor relación de compresión, lo que permite el aumento de la potencia de un motor con una misma cilindrada. Un bajo índice de octano genera el golpeteo lo que puede dañar severamente el motor a lo largo del tiempo, ya que progresivamente va produciendo una serie de fallas como son la: rotura de bielas, perforación en los cilindros y válvulas dobladas, además del golpeteo que descarga su golpe sobre el pistón el cual se va erosionando, picando e incluso rajando hasta romper la parte superior del pistón dañando incluso la zona donde van insertados los anillos. Este efecto negativo es genera un consumo excesivo de combustible, inestabilidad durante la aceleración, la dilución del lubricante debido a que no se puede controlar el paso del combustible hacia los centros de rozamiento y el cárter.

Métodos de ensayo para determinación de octanaje.

Para determinar el octanaje de la gasolina (su resistencia al golpeteo) existen dos métodos: RON y MON

Research Octane Number (RON)

Permite determinar la capacidad antidetonante del combustible a bajas revoluciones, al comparar el golpeteo producido por la gasolina sometida a prueba con respecto al golpeteo que produce otra sustancia tomada como referencia.

Motor Octane Number (MON)

Se relaciona específicamente al comportamiento antidetonante del combustible en el motor a altas velocidades. Una vez realizados ambos métodos de ensayo, el número o índice de octano que se reporta como capacidad antidetonante de la gasolina es el promedio de los valores determinados anteriormente.

2.2.2. El etanol.

Llamado alcohol etílico es físicamente un líquido transparente, sin color, de olor característico y de fórmula química $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), es una sustancia orgánica inflamable, de olor y sabor agradable, es totalmente soluble en agua en todas sus proporciones de igual manera se solubiliza en solventes orgánicos. Su alto contenido de oxígeno (35 %) permite una combustión más completa en la cámara de combustión del motor, lo que significa una menor emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

Industrialmente el etanol se obtiene por varios métodos entre ellos los más importantes por su aplicación en muchos países están: la obtención a partir del etileno por hidratación catalítica o por una reacción de adición de ácido sulfúrico e hidrólisis posterior y por fermentación a partir de la biomasa vegetal rica en carbohidratos, tales como la caña de azúcar, papa, maíz y arroz. Comercialmente se distinguen varios tipos de alcohol: el alcohol medicinal de 70%, el alcohol rectificado o azeotrópico de 96% y el alcohol absoluto de 100%. El número expresa el contenido volumétrico de etanol, el valor restante se refiere a la cantidad de agua; por ejemplo, el alcohol de 96 % tiene un contenido de 96 por ciento en volumen de etanol y 4 por ciento de agua.

El etanol absoluto, o etanol anhidro no contiene agua, es totalmente etanol. En las especificaciones se permite hasta un 0,5% de agua en el alcohol absoluto. El etanol absoluto es el que se emplea como combustible ya sea para motores dedicados o mezclado con gasolina en diferentes volúmenes como gasohol en motores encendidos por chispa.

Por destilación, el etanol se obtiene primero como etanol rectificado de 96%, para eliminar ese 4% de agua es preciso someterlo a una destilación azeotrópica empleando un azeótropo terciario que atrape el agua y deje el etanol libre de ella o mediante un procedimiento químico empleando un compuesto que sea higroscópico y absorba el agua como es el caso del sulfato de cobre anhidro, que con el agua absorbida se convierte en sulfato de cobre pentahidratado, de color azul.

Especificaciones del etanol carburante.

Con el fin de caracterizar el etanol empleado como combustible en motores de combustión interna, se han tomado en cuenta ciertas propiedades fisicoquímicas de este compuesto orgánico que pueden incidir en el comportamiento del motor y en la eficiencia de la combustión. Una de las primeras consideraciones que hay que tener en cuenta es que el etanol de uso como combustible debe ser anhidro, para evitar la corrosión intensiva de las piezas metálicas y la separación de las fases durante la conservación en los reservorios.

a) Aspecto y color

El aspecto y el color son características muy importantes ya que a partir de ellas se evalúa la presencia de impurezas que provienen del proceso de producción o de la mala praxis en el transporte del producto, además de la contaminación cruzada. Cuando el etanol posee aldehídos, cetonas y alcoholes superiores tiende a oxidarse y se aprecia un cierto oscurecimiento en él. Cuando en el etanol que se emplea como combustible hay impurezas se produce una serie de fallas, entre ellas la reducción de la vida útil de los medios filtrantes encargados de limpiar el combustible, se forma depósitos que obstruyen los ductos del carburador y los inyectores.

b) Acidez total

La acidez en el etanol es un parámetro que afecta su calidad y promueve la corrosión intensiva de las piezas metálicas con las que tiene contacto en el motor, por eso hay que controlar periódicamente este parámetro a fin de que no cause daños a los componentes del motor. La oxidación del etanol lleva a la formación de ácido acético cuya presencia hace disminuir el pH.

c) Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del etanol indica la presencia de sales en él, las cuales están ionizadas y sus componentes están dispersos en el volumen del combustible en forma de iones. A mayor cantidad de iones es mayor la conductividad eléctrica, lo que quiere decir que en el etanol hay iones sales que durante su presencia en el motor pueden bajo

temperatura y presión de funcionamiento generar corrosión. Considerando que el etanol es un solvente semi polar, él puede mantener las sales corrosivas solubilizadas las mismas que interactúan con el metal generando corrosión.

d) Densidad

La densidad permite determinar indirectamente la proporción de agua y alcohol que conforman el combustible. El agua es más densa que el alcohol, si en caso la densidad aumenta quiere decir que la proporción de agua es mayor y viceversa cuando la densidad disminuye es menor el porcentaje de agua y mayor el porcentaje de etanol. Cuando la densidad del etanol es baja, quiere decir que en su composición hay sustancias livianas como metanol y aldehídos, los cuales pueden causar más polución al medio ambiente.

e) Grado alcohólico.

Es un ensayo destinado a determinar el grado de pureza del etanol, sobre todo permite establecer si hay o no agua en el etanol y si hubiera en que porcentaje. El grado alcohólico se expresa en grados Gay Lussac (°GL)

f) Grado de hidrocarburos.

Este ensayo se realiza con el fin de detectar en el etanol la presencia de compuestos derivados del petróleo (hidrocarburos) entre ellos gasolinas o solventes que pueden contaminar al etanol.

g) Presencia de iones cloruro, sulfato, hierro y sodio.

Cuando estos iones están presentes en el etanol se incrementa su conductividad y por ende su capacidad corrosiva, sobre todo si está presente el cloruro, que es altamente corrosivo incluso con los aceros inoxidable empleados en la construcción de motores. El ion hierro indica que hay óxido de hierro que se genera en los puntos atacados por los cloruros. El elevado grado de sodio puede indicar el uso de base (NaOH) para la neutralización de la acidez del etanol, cuando se usa, por ejemplo, ácido sulfúrico para ajustar el pH en la preparación de la mezcla de fermentación. Este metal tiene especial importancia, dado que muchos equipos de fermentación y de destilación del etanol pueden ser confeccionados en cobre. Cuando es agregado a la gasolina, catalizará las reacciones de oxidación de la formación de goma (producto macromolecular proveniente de la polimerización de olefinas), que es un material de carácter polimérico, capaz de depositarse y obstruir filtros y el circuito de distribución de combustible, comprometiendo el funcionamiento de los automóviles.

Las propiedades anteriormente citadas deben ser prioritariamente reglamentadas por normas internacionales ASTM (American society for Testing and Materials) y N BR (Normas Brasileiras) de la ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como muestra la tabla siguiente.

Mezclas de gasolina-etanol

El etanol posee ciertas desventajas para su uso como combustible ya que tiene la capacidad de absorber contaminantes que luego deposita en el sistema de alimentación del motor ocasionando obstrucción en las filtros e inyectores, además produce corrosión que ataca incluso al material plástico, lo que ocasiona inconvenientes en su uso como combustible puro. Sin embargo, si puede emplearse como aditivo de las gasolinas (cuando se agregan porcentajes pequeños hasta un 5%) y como gasohol cuando se agrega hasta un 15% de este compuesto a la gasolina.

Según estudios técnicos cuando se adiciona hasta un 15% de etanol anhidro a la gasolina, esta mezcla trabaja sin inconvenientes en los motores de combustión interna del sistema OTTO o encendidos por chispa. Un porcentaje superior requiere modificaciones del sistema de inyección y además se presentan ciertos problemas de corrosión y de defectos en la estabilidad de la mezcla etanol-gasolina ya que se genera en determinadas condiciones la separación de las fases, teniendo en cuenta que el alcohol es una sustancia higroscópica que absorbe agua del medio ambiente (humedad del aire) haciendo que la mezcla pierda estabilidad física y se separe, donde el alcohol por su mayor densidad ocupa el fondo del recipiente, que puede ser el tanque.

El porcentaje de cada uno de los componentes del gasohol se expresa con el porcentaje de etanol delante del cual se coloca la letra E en mayúscula. Así, el combustible E10 se compone de 10 % etanol y 90 % gasolina.

2.3. Marco conceptual.

Densidad

La densidad es una propiedad física que consiste en la relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa dicha masa. Es una propiedad intensiva de la materia. La densidad relativa se expresa en g/mL

Densidad API

Según la norma es la densidad de los derivados líquidos del petróleo, calculada a partir de su densidad relativa mediante la ecuación: $Densidad\ API = (141,5 / densidad\ relativa) - 131,5$. La densidad API se expresa en grados API ($^{\circ}API$)

Extracción.

Actividad o conjunto de actividades destinadas a la producción de Hidrocarburos, incluyendo la perforación de pozos de producción, la inyección y la estimulación de yacimientos, la recuperación mejorada, la Recolección, el acondicionamiento y separación de Hidrocarburos.

Hidrocarburos.

Conjunto de sustancias orgánicas conformadas principalmente por carbono e hidrógeno. Son compuestos orgánicos simples se encuentran en el petróleo, Gas Natural, condensados, líquidos del Gas Natural e hidratos de metano.

Gasolina.

Mezcla de hidrocarburos líquidos volátiles e inflamables, más ligeros que el gasóleo, obtenidos de la destilación del crudo de petróleo y su posterior tratamiento químico, que se usa como combustible en algunos tipos de motores.

2.4. Estrategia metodológica.

Por su tipo esta investigación es aplicada en tanto busca que determinar la relación entre la composición del gasohol y las condiciones de funcionamiento del motor moderno que posee un alto coeficiente de compresión. Por su nivel es explicativa y por su diseño es experimental ya que se manipula la variable independiente: composición del gasohol. La población estuvo conformada por los gasoholes comerciales que se expenden en los grifos de la región Ica; mientras que la muestra estuvo conformada por mezclas elaboradas en el laboratorio con las mismas características que las comerciales para estudiar sus características y su comportamiento en el motor.

Para el desarrollo experimental se aplicaron técnicas del análisis químico y el instrumento fue el análisis instrumental, el cual permitió cuantificar las proporciones de cada uno de los componentes de la mezcla y sus propiedades operacionales. Los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente, fueron tabulados, interpretados, discutidos de acuerdo con los resultados obtenidos por otros investigadores.

2.5. Desarrollo experimental.

2.5.1. Generalidades.

Para desarrollar el estudio experimental se procedió primeramente a preparar los recipientes para la compra de la gasolina premium y del etanol, un total de ocho galones (cuatro para la gasolina y cuatro para el etanol), para su compra se emplearon galones totalmente limpios que fueron previamente lavados con detergente, enjuagados con agua corriente y luego con agua destilada para eliminar las sales del agua de lavado que puede afectar la composición química de la gasolina o del alcohol, finalmente se secaron para luego enjuagarlos con gasolina los que fueron destinados para la compra de ese combustible y con etanol los designados para la compra de ese producto. La gasolina se compró en un grifo de la ciudad y el etanol en las tiendas que expenden dicho producto.

La gasolina comprada se empleó en los análisis y en la elaboración de las mezclas de gasohol tal como fue comprada, para evitar su oxidación se protegieron los galones de la luz solar y se cerraron herméticamente para evitar el ingreso de aire y con el del oxígeno, que es el oxidante que cataliza la oxidación de la gasolina.

En cuanto al etanol, este contiene impurezas de diversos tipos y agua, las mismas que fueron eliminadas mediante destilación azeotrópica en una columna de relleno, obteniéndose como producto etanol rectificado o etanol azeotrópico (95% de etanol y 5% de agua con una temperatura de ebullición de 78,15°C). Posteriormente se volvió a destilar con un azeótropo terciario para eliminar el agua y obtener el etanol absoluto, libre de agua y de temperatura de

ebullición 78,30°C. Como azeótropo terciario se empleó ciclohexano (El azeótropo: ciclohexano 92% y agua 8% hierve a 70°C)

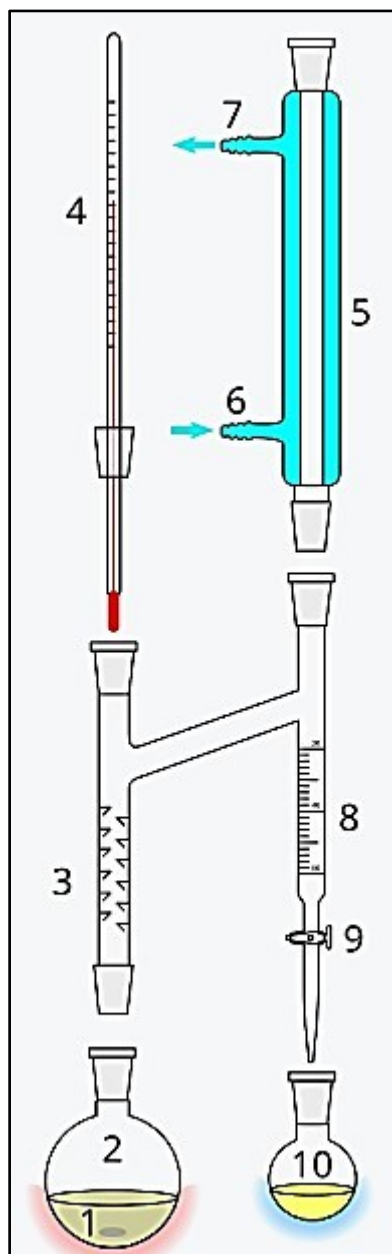


Figura 3. Aparato de Dean- Stark para secado azeotrópico del etanol: 1 imán agitador, 2 matraz de destilación, 3 columnas de fraccionamiento, 4 termómetros, 5 condensadores, 6 entrada del agua de enfriamiento, 7 salida del agua de enfriamiento, 8 buretas, 9 grifos, 10 matraz receptor.

Análisis de la gasolina.

Con el fin de caracterizar la gasolina y comparar los resultados de laboratorio con los datos proporcionados por las especificaciones, este combustible fue sometido a análisis para determinar los siguientes parámetros:

- Determinación de la densidad de la gasolina.

Por el método del densímetro, tomado a 20°C y corregida con la fórmula de Mendeleyev-Clayperon:

$$\rho_{4^{\circ}C}^{20^{\circ}C} = \rho_{4^{\circ}C}^{t^{\circ}C} + \gamma (t - 20)$$

donde:

$\rho_{4^{\circ}C}^{t^{\circ}C}$ = es la densidad del producto a la temperatura de análisis.

γ = es la rectificación media de temperatura de densidad, la cual se toma según la tabla 1 correspondiente a la densidad hallada.

t = es la temperatura de análisis, en °C

- Determinación de la presencia de agua.

Por el método de la destilación azeotrópica, usando tolueno para formar el azeótropo que separa el agua de la gasolina.

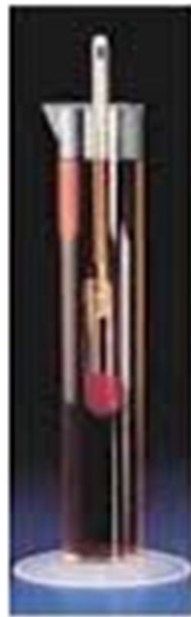


Figura 4. Determinación de la densidad con el densímetro.

- Determinación de agua y sedimentos.

Por el método de la centrifuga, a 5000 rpm por 5 minutos.

- Determinación cualitativa de olefinas.

Empleando permanganato de potasio en solución al 1%, para oxidar la olefina y cuantificarla por método gravimétrico.

- Determinación de actividad corrosiva en lámina de cobre.

Se somete la gasolina a calentamiento en presencia de láminas de cobre las cuales según el grado de sustancias corrosivas varían su color que debe ser comparado con un patrón de colores.

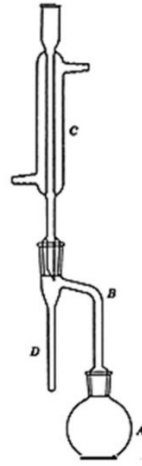


Figura 5. Equipo para determinar agua método azeotrópico.

A. Matraz de destilación; B. Tubo de desprendimiento; C. condensador de reflujo;

D. Trampa receptora.

- Determinación de la curva de evaporación.

Se realiza en el equipo Engler, registrándose las temperaturas de inicio de ebullición (cuando cae la primera gota de destilado), las temperaturas cada 10 mL recuperado y la temperatura de fin de ebullición.

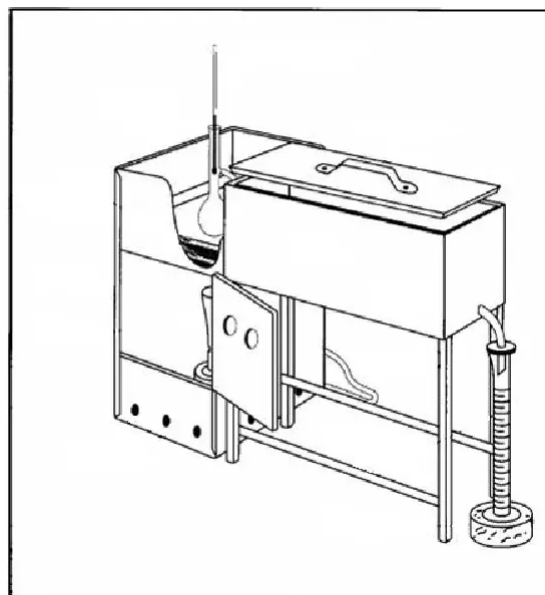


Figura 6. Equipo para evaporar la gasolina.

Análisis del etanol.

- Determinación de la densidad del etanol.
- Determinación de la presencia de agua.
- Determinación de agua y sedimentos.
- Determinación de la concentración de etanol.
- Determinación de la actividad corrosiva.



Figura 7. Carta de colores, láminas de cobre y recipiente a presión empleada en la determinación de corrosión.

Preparación de las mezclas gasolina-etanol de diferentes proporciones.

- 10% etanol anhidro-90% de gasolina
- 11% etanol anhidro-89% de gasolina
- 12% etanol anhidro-88% de gasolina
- 13% etanol anhidro-87% de gasolina
- 14% etanol anhidro-86% de gasolina
- 15% etanol anhidro-85% de gasolina

Análisis de los gasoholes.

- Determinación de la densidad de la gasolina.
- Determinación de la presencia de agua.
- Determinación de agua y sedimentos.
- Determinación cualitativa de olefinas.
- Determinación de actividad corrosiva en lámina de cobre.
- Determinación de la curva de evaporación

III. RESULTADOS

3.1. Del análisis de la gasolina.

Tabla 2

Determinación de la densidad gasolina premium

Temperatura de análisis, T°C	Densidad de análisis, $\rho_{4^{\circ}C}^{t^{\circ}C}$ g/mL	Densidad real, $\rho_{4^{\circ}C}^{20^{\circ}C}$ g/mL
22	0,7327	0,7344
22	0,7331	0,7348
22	0,7329	0,7346
22	0,7328	0,7345
22	0,7328	0,7345
Promedio	0,7329	0,7346

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 2 muestra los resultados de la determinación de la densidad por el método del densímetro de la gasolina premium a una temperatura de 22°C, como se observa se ha obtenido una densidad de análisis igual a 0,7329 g/mL, mientras que la densidad corregida o densidad real es en promedio igual a 0,7346 g/ mL.

Tabla 3

Determinación de la presencia de agua en la gasolina premium

N° de ensayo	% de Agua reportado	Agua LMP en %
01	0,00	0,00
02	0,01	0,00
03	0,00	0,00
04	0,01	0,00
05	0,00	0,00
Promedio	0,004	0,00

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 3 muestra los resultados de la determinación de la presencia de agua en la gasolina premium por el método de la destilación azeotrópica, como se observa los reportes de laboratorio indican que en promedio la gasolina posee 0,004% de agua.

Tabla 4

Determinación de la presencia de agua y sedimentos en la gasolina premium

N° de ensayo	% de Agua reportado	Agua LMP en %
01	0,01	0,00
02	0,01	0,00
03	0,01	0,00
04	0,01	0,00
05	0,01	0,00
Promedio	0,01	0,00

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 4 muestra los resultados de la determinación de la presencia de agua y sedimentos en la gasolina premium por el método de la destilación azeotrópica, como se observa los reportes de laboratorio indican que en promedio la gasolina posee 0,01% de agua y sedimentos.

Tabla 5

Determinación del porcentaje de olefinas en la gasolina premium

N° de ensayo	% de Olefinas	Olefinas LMP en %
01	18,6	25
02	18,4	25
03	18,5	25
04	18,6	25
05	18,6	25
Promedio	18,5	25

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 5 muestra los resultados de la determinación del porcentaje de olefinas en la gasolina premium por el método de la oxidación con permanganato de potasio, como se observa los reportes de laboratorio indican que en promedio la gasolina posee 18,5% de olefinas.

Tabla 6

Determinación de la actividad corrosiva de la gasolina premium

N° de ensayo	Nivel de corrosión	LMP
01	1a	1b
02	1a	1b
03	1a	1b
04	1a	1b
05	1a	1b
Promedio	1a	1b

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 6 muestra los resultados de la determinación de la actividad corrosiva de la gasolina premium por comparación colorimétrica, como se observa los reportes de laboratorio indican que el nivel de corrosión que se desarrolla en las planchas de cobre alcanza solamente el nivel 1a que indica una corrosión incipiente.

Tabla 7

Valores experimentales de la volatilidad de la gasolina premium

Temperatura, °C	Volumen recuperado, mL	Especificaciones, °C
TIE* 39	0	-
63	10	Máximo 65°C
83	50	77°C – 118°C
195	90	Máximo 190°C
TFE** 217	97	Máximo 225°C
Residuo	1,8	Máximo 2 mL

Fuente: Datos experimentales.

* TIE Temperatura de Inicio de Ebullición

** TFE Temperatura final de Ebullición

La tabla 7 muestra los resultados de la determinación de los valores experimentales de las temperaturas de ebullición de las diferentes fracciones de la gasolina correspondientes al 10, 50, 90 y 97mL, como se observa los valores hallados están dentro de los límites establecidos por las especificaciones.

Tabla 8

Parámetros de la gasolina Premium empleada en la formulación del gasohol

Parámetros	Valores
Densidad, g/mL	0,7346
Contenido de agua, %	0,004
Contenido de agua y sedimentos, %	0,01
Olefinas, % en vol.	18,5
Corrosión en lámina de cobre	1ª
Volatilidad	
Destilado, mL	Temperatura, °C
0	TIE = 39
10	63
50	83
90	195
98	217
Residuo = 1,8	218

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Determinación de la densidad Etanol comercial

Temperatura de análisis, T°C	Densidad, g/mL	Especificaciones, g/mL
22	0,822	0,810
22	0,821	0,810
22	0,822	0,810
22	0,823	0,810
22	0,821	0,810
Promedio	0,822	0,810

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 9 muestra los resultados de la determinación de la densidad por el método del densímetro del etanol comercial una temperatura de 22°C, como se observa se ha obtenido una densidad de análisis igual a 0,822 g/mL, mientras que la densidad considerada según las especificaciones es de 0,810 g/ mL.

Tabla 10

Determinación de la presencia de agua en el etanol comercial

N° de ensayo	% de Agua reportado	Agua LMP en %
01	5,8	5,0
02	5,7	5,0
03	5,7	5,0
04	5,8	5,0
05	5,7	5,0
Promedio	5,7	5,0

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 10 muestra los resultados de la determinación de la presencia de agua en el etanol rectificado comercial por el método de la destilación azeotrópica, como se observa los reportes de laboratorio indican que en promedio el etanol comercial contiene 5,7% de agua.

Tabla 11

Determinación de la presencia de agua y sedimentos en el etanol comercial

N° de ensayo	% de Agua reportado	Agua y sedimentos LMP en %
01	6,3	5,5
02	6,2	5,5
03	6,3	5,5
04	6,2	5,5
05	6,3	5,5
Promedio	6,3	5,5

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 11 muestra los resultados de la determinación de la presencia de agua y sedimentos en el etanol comercial por el método de la centrifuga, como se observa los reportes de laboratorio indican que en promedio el etanol comercial posee 6,3% de agua y sedimentos

Tabla 12

Determinación de la concentración de etanol en el etanol comercial

N° de ensayo	% de Agua reportado	% de etanol
01	6,3	93,7
02	6,2	93,8
03	6,3	93,7
04	6,2	93,8
05	6,3	93,7
Promedio	6,3	93,7

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 12 muestra los resultados de la determinación de la concentración de etanol en el alcohol etílico comercial por diferencia, como se observa los cálculos indican que en promedio hay 93,7% de etanol.

Tabla 13

Determinación de la actividad corrosiva del etanol comercial

N° de ensayo	Nivel de corrosión	LMP
01	3b	1b
02	3b	1b
03	3b	1b
04	3b	1b
05	3b	1b
Promedio	3b	1b

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 13 muestra los resultados de la determinación de la actividad corrosiva del etanol comercial por comparación colorimétrica, como se observa los reportes de laboratorio indican que el nivel de corrosión que se desarrolla en las planchas de cobre alcanza nivel 3b lo que indica una corrosión significativa.

Tabla 14
Parámetros del etanol comercial

Parámetro	Valor
Densidad, g/mL	0,822
Contenido de agua, %	5,7
Contenido de agua y sedimentos, %	6,3
Contenido de etanol, %	93,7
Actividad corrosiva	3b

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Parámetros del gasohol formulado E10

Parámetros	Valores
% Etanol	10
% Gasolina	90
Densidad, g/mL	0,7385
Contenido de agua, %	0,000
Contenido de agua y sedimentos, %	0,00
Olefinas, % en vol.	18,3
Corrosión en lámina de cobre	1b
Volatilidad	
Destilado, mL	Temperatura, °C
0	TIE = 41
10	66
50	87
90	199
98	220
Residuo = 1,8	221

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 15 muestra los parámetros del gasohol E10 formulado en el laboratorio para verificar sus características fisicoquímicas y su desviación con relación a la gasolina premium, así como su relación con las condiciones de funcionamiento del motor OTTO, como se observa la variación de todos los parámetros es pequeña, lo cual indica que puede trabajar sin complicaciones: la densidad aumenta en cantidades mínimas, 0,7385 g/mL y la temperatura de evaporación aumenta en casi 3°C, lo que indica que no afectará su desempeño con relación a la temperatura ambiente.

Tabla 16
Parámetros del gasohol formulado E11

Parámetros	Valores
% Etanol	11
% Gasolina	89
Densidad, g/mL	0,7397
Contenido de agua, %	0,000
Contenido de agua y sedimentos, %	0,00
Olefinas, % en vol.	18,2
Corrosión en lámina de cobre	1b
Volatilidad	
Destilado, mL	Temperatura, °C
0	TIE = 41
10	68
50	89
90	201
98	222
Residuo = 1,8	222

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 16 muestra los parámetros del gasohol E11 formulado en el laboratorio para verificar sus características fisicoquímicas y su desviación con relación a la gasolina premium, así como su relación con las condiciones de funcionamiento del motor OTTO, como se observa la variación de todos los parámetros es igualmente pequeña, lo cual indica que el desempeño de este gasohol en el motor encendido por chispa: la densidad aumenta en los centésimas 0,7397 g/mL y la temperatura de evaporación también aumenta en casi 3°C, lo que indica que no afectará su desempeño con relación a la temperatura ambiente.

Tabla 17

Parámetros del gasohol formulado E12

Parámetros	Valores
% Etanol	12
% Gasolina	88
Densidad, g/mL	0,7408
Contenido de agua, %	0,000
Contenido de agua y sedimentos, %	0,00
Olefinas, % en vol.	18,0
Corrosión en lámina de cobre	1b
Volatilidad	
Destilado, mL	Temperatura, °C
0	TIE = 42
10	70
50	91
90	204
98	224
Residuo = 1,8	224

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 17 muestra los parámetros del gasohol E12 formulado en el laboratorio para verificar sus características fisicoquímicas y su desviación con relación a la gasolina premium, así como su relación con las condiciones de funcionamiento del motor OTTO, como se observa la variación de todos los parámetros es mínima, lo cual indica que el desempeño de este gasohol en el motor encendido por chispa es normal: la densidad aumenta en los centésimas 0,7408 g/mL y la temperatura de evaporación también aumenta en casi 2°C, lo que indica que no afectará su desempeño con relación a la temperatura ambiente.

Tabla 18

Parámetros del gasohol formulado E13

Parámetros	Valores
% Etanol	13
% Gasolina	87
Densidad, g/mL	0,7413
Contenido de agua, %	0,000
Contenido de agua y sedimentos, %	0,00
Olefinas, % en vol.	17,85
Corrosión en lámina de cobre	1b
Volatilidad	
Destilado, mL	Temperatura, °C
0	TIE = 43
10	72
50	92
90	206
98	225
Residuo = 1,7	225

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 18 muestra los parámetros del gasohol E13 formulado en el laboratorio para verificar sus características fisicoquímicas y su desviación con relación a la gasolina premium, así como su relación con las condiciones de funcionamiento del motor OTTO, como se observa la variación de todos los parámetros es mínima, lo cual indica que el desempeño de este gasohol en el motor encendido por chispa es normal: la densidad aumenta en los centésimas 0,7413 g/mL y la temperatura de evaporación también aumenta en casi 2°C, lo que indica que no afectará su desempeño con relación a la temperatura ambiente

Tabla 19

Parámetros del gasohol formulado E14

Parámetros	Valores
% Etanol	14
% Gasolina	86
Densidad, g/mL	0,7418
Contenido de agua, %	0,000
Contenido de agua y sedimentos, %	0,00
Olefinas, % en vol.	17,46
Corrosión en lámina de cobre	1b
Volatilidad	
Destilado, mL	Temperatura, °C
0	TIE = 44
10	75
50	94
90	209
98	227
Residuo = 1,8	227

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 19 muestra los parámetros del gasohol E14 formulado en el laboratorio para verificar sus características fisicoquímicas y su desviación con relación a la gasolina premium, así como su relación con las condiciones de funcionamiento del motor OTTO, como se observa la variación de todos los parámetros es mínima, lo cual indica que el desempeño de este gasohol en el motor encendido por chispa es normal: la densidad aumenta en los centésimas 0,7418 g/mL y la temperatura de evaporación también aumenta en casi 2°C, lo que indica que no afectará su desempeño con relación a la temperatura ambiente

Tabla 20

Parámetros del gasohol formulado E15

Parámetros	Valores
% Etanol	15
% Gasolina	85
Densidad, g/mL	0,7425
Contenido de agua, %	0,000
Contenido de agua y sedimentos, %	0,00
Olefinas, % en vol.	17,31
Corrosión en lámina de cobre	1b
Volatilidad	
Destilado, mL	Temperatura, °C
0	TIE = 45
10	77
50	97
90	211
98	229
Residuo = 1,8	229

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 20 muestra los parámetros del gasohol E15 formulado en el laboratorio para verificar sus características fisicoquímicas y su desviación con relación a la gasolina premium, así como su relación con las condiciones de funcionamiento del motor OTTO, como se observa la variación de todos los parámetros es mínima, lo cual indica que el desempeño de este gasohol en el motor encendido por chispa es normal: la densidad aumenta en los centésimas 0,7425 g/mL y la temperatura de evaporación también aumenta en casi 3°C, lo que indica que no afectará su desempeño con relación a la temperatura ambiente

IV. DISCUSIÓN

La presente tesis se planteó para determinar en que medida la composición del combustible gasohol (que es una mezcla de etanol anhidro y gasolina) incide en el comportamiento del motor durante su funcionamiento sobre todo si este es de alta compresión. Teniendo en cuenta que el motor es de alta compresión, es decir, que su cámara de combustión es pequeña y que desarrolla una alta presión durante la etapa de compresión, se ha escogido una gasolina que resista tales condiciones como es la gasolina premium de venta en nuestro país y que corresponde a una gasolina de 95 octanos. Los dos insumos necesarios para formular los combustibles gasohol: E10, E11, E12, E13, E14 y E15, fueron primeramente analizados para establecer sus características. Para el caso de la gasolina premium no hubo mayor problema ya que esta tiene parámetros establecidos y que no varían mucho con los de las especificaciones. Se encontró que esta tiene una densidad de 0,7346 g/mL y que el resto de los valores están dentro de los límites permitidos por las especificaciones Petroperú y que por lo tanto se puede emplear sin ningún problema como materia prima para la elaboración del gasohol.

En cuanto al etanol que se adquirió para las pruebas experimentales es un etanol con muchas impurezas sobre todo agua (5,7%) y sedimentos (6,3%), que afecta su calidad y sobre todo aumentan su capacidad corrosiva, la cual alcanza un valor de 3b en la escala de colores empleada para establecer el nivel de corrosión de la gasolina, sobre la lámina de cobre, siendo el nivel máximo permitido en el motor el 1a. Para eliminar las impurezas primeramente se realizó una destilación azeotrópica, mediante la cual se eliminaron los sedimentos y se bajó el porcentaje del agua a 5,0; sin embargo, el etanol carburante, es decir, el necesario para elaborar el gasohol debe ser anhidro, no debe de contener agua, ya que esta última en condiciones operativas influye en la separación de fases, separando a ambos componentes en el tanque de combustible. Para deshidratar el etanol se empleó un azeótropo terciario que fue el ciclohexano. El proceso constituyó en una nueva destilación.

Deshidratado el etanol se procedió a elaborar cada una de las formulaciones con 10, 11, 12, 13 14 y 15% de etanol anhidro y sus correspondientes cantidades de gasolina. Cada una de las formulaciones fueron analizadas para determinar sus parámetros y caracterizarlas. Los datos obtenidos nos indican que los valores hallados corresponden a combustibles de igual características que la gasolina premium y por lo tanto puede ser empleada en motores de alta compresión.

V. CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que cuando la composición del gasohol incluye proporciones hasta de un 15% de etanol no afecta las condiciones de funcionamiento en el motor Otto de alta compresión, ya que el gasohol posee casi los mismos parámetros de las gasolinas premium y además actúa como un aditivo oxidante que favorece la combustión.
2. La composición adecuada que se ha determinado, de la mezcla etanol-gasolina para lograr condiciones óptimas de funcionamiento del motor Otto de alta compresión es la de 15% de etanol y 85% de gasolina, mezcla que no permite la separación de fases siempre y cuando ambos componentes sean anhidros.
3. Las características fisicoquímicas que deben de tener el etanol y la gasolina empleada en la elaboración de la mezcla combustible denominada gasohol, son: en primer lugar ser anhidras, de densidad que no supere los 0,76 g/mL, y su volatilidad no varíe mucho de las especificaciones dadas para la gasolina premium.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear alcohol etílico absoluto para pruebas similares de formulación de combustible gasohol, a fin de evitar todo el tratamiento relacionado con la purificación del etanol comercial que se distribuye en comercios de Ica, el cual además de impurezas y agua, contiene metanol y aldehídos que se le agrega a fin de desnaturalizarlo y hacerlo no apto para el consumo humano.
2. Se recomienda estudiar la estabilidad física del gasohol en mezclas que contengan un porcentaje de etanol anhidro superior al 15%. Los ensayos deben de realizarse manteniéndolo en el tiempo y bajo condiciones de temperatura y presión no ambiente, así mismo expuesto a la luz solar.

VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.

- [1] F. Ruíz, “Efectos de la composición de mezclas Gasolina - alcohol en un motor de Combustión interna”, Tesis, Chile, Universidad de Chile, 2007.
- [2] M. Masson, “Determinación de la eficiencia de mezcla de gasolina de ochenta octanos con etanol anhidro para su utilización en motores de combustión interna de cuatro tiempos encendido por chispa”, Tesis, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012.
- [3] J. Quispe, “Evaluación de los efectos de la variación del octanaje de la gasolina y el gasohol e7.8 sobre el comportamiento de un motor monocilíndrico de encendido por chispa”, Tesis, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- [4] A. Cotrina, “Efecto del etanol en concentraciones mezclado con gasolina en la emisión de CO₂ y CO en el motor AP1600”, Tesis, Perú, Universidad San Pedro, 2018.
- [5] M. Carrasco, Efectos Ambientales del Uso del Metil Terc Butil Eter (MTBE) como Oxigenante en la Formulación de Gasolinas. Ingeniería UC, 12. 2021
- [6] J. Castro, Etanol hidratado como combustible sustituto de la gasolina en cuba. Transporte, desarrollo y medio ambiente. La Habana, Cuba. 2007
- [7] CEPAL. Especificaciones de la calidad del etanol carburante y del gasohol y normas técnicas para la infraestructura. Comisión Económica Para América Latina y el Caribe. 2006.
- [8] H. Gamboa & O. Arias, Caracterización de un motor de combustión interna utilizando como combustible mezcla de gasolina corriente con etanol al diez por ciento en volumen. Bogotá, Colombia. 2005

ANEXOS

ANEXO 1: DATOS DE LA GASOLINA PREMIUM,



Ficha de Datos de Seguridad

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE DEL PRODUCTO	: GASOLINA PREMIUM
1.2 SINÓNIMOS	: Gasolina uso motor.
1.3 USO RECOMENDADO	: Combustible diseñado para el uso en motores de ignición por chispa y de combustión interna, en vehículos como automóviles y motocicletas, y otros equipos.
1.4 DATOS DEL PROVEEDOR	
Empresa	: Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.
Dirección	: Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Teléfonos	: (01)614-5000, (01)630-4000
Portal Empresarial	: http://www.petroperu.com.pe
Correo electrónico	: servcliente@petroperu.com.pe
1.5 TELÉFONO DE EMERGENCIA	: (01) 614-5000, anexo 11444, celular 944-944-667 Horario de atención: 24 horas.

2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

2.1 CLASIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O MEZCLA

2.1.1 Peligros físicos
Líquido inflamable. Categoría 1

2.1.2 Peligros para la salud
Corrosión/irritación cutánea: Categoría 2 (Irritante cutáneo)
Mutagenicidad en células germinales: Categoría 1B
Carcinogenicidad: Categoría 1B
Toxicidad para la reproducción: Categoría 2
Toxicidad específica de órganos (exposición única): Categoría 3
Peligro por aspiración: Categoría 1

2.1.3 PELIGROS PARA EL AMBIENTE
Peligro a largo plazo (Crónico) para el ambiente acuático: Categoría 2

2.2 ELEMENTOS DE LAS ETIQUETAS

2.2.1 Pictograma:



Palabra de advertencia: Peligro

2.2.2 Códigos de indicación de peligros

Fecha de Revisión: 03.05.2022
Pág. 1 de 9

Ficha de Datos de Seguridad

H224: Líquido y vapores extremadamente inflamables.
H304: Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
H315: Provoca irritación cutánea.
H336: Puede provocar somnolencia o vértigo.
H361: Se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto.
H340: Puede provocar efectos genéticos.
H350: Puede provocar cáncer.
H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

2.2.3 Códigos de consejos de prudencia

Prevención

P201: Pedir instrucciones especiales antes del uso
P210: Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. No fumar.
P280: Usar guantes/ropa de protección/equipo de protección para los ojos/la cara/los oídos

Intervención

P301+P310 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

Almacenamiento

P403+P233: Almacenar en un lugar bien ventilado, mantener el recipiente herméticamente cerrado.

Eliminación

P501: Eliminar el contenido/recipiente conforme a la reglamentación local, regional, nacional e internacional.

2.3 OTROS PELIGROS

No indicados.

3. COMPOSICIÓN

La Gasolina Premium está constituida por:

Componentes
Mezcla compleja de hidrocarburos, cuya composición consta de cadenas carbonadas que contienen entre 5 y 12 carbonos (C5-C12), un contenido de olefinas de hasta 25% en volumen; y aromáticos, hasta 45% en volumen.

4. PRIMEROS AUXILIOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua por aprox. 15 minutos.
Contacto con la piel: Lavar el área afectada con agua y jabón. Quitar la ropa contaminada lo antes posible y lavarla antes de un nuevo uso.

Inhalación: Trasladar inmediatamente a la persona afectada hacia un ambiente con aire fresco. Administrar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar de ser necesario.
Ingestión: Actuar con rapidez. No inducir al vómito a fin de evitar que el producto ingrese a los pulmones por aspiración. Mantener en reposo a la persona afectada.

Fecha de Revisión: 03.05.2022
Pág. 2 de 9

Ficha de Datos de Seguridad

4.2 SÍNTOMAS Y EFECTOS MAS IMPORTANTES

Contacto con los ojos: Irritación, conjuntivitis.

Contacto con la piel: Causa irritación. Puede causar dermatitis si el contacto es prolongado.

Inhalación: Puede causar náuseas, somnolencia, dolor de cabeza fatiga y mareos.

Ingestión: Irritación de la boca, garganta y estómago. El ingreso a los pulmones puede causar edema pulmonar.

4.3 INDICACIÓN DE LA NECESIDAD DE RECIBIR ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATA

Solicitar atención médica de inmediato.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

5.1 MEDIOS DE EXTINCIÓN APROPIADOS

Agua pulverizada, polvo químico seco; en caso de incendios de grandes magnitudes utilizar espuma.

5.2 PELIGROS ESPECÍFICOS DEL PRODUCTO QUÍMICO

Los productos de combustión pueden contener: Monóxido de Carbono, dióxido de carbono.

Los vapores pueden encenderse rápidamente cuando se exponen a calor, chispas, llamas abiertas u otra fuente de ignición.

Los vapores inflamables pueden arder al aire libre o explotar en espacios confinados.

La mayoría de los vapores son más pesados que el aire, éstos se dispersarán a lo largo del suelo y se juntarán en las áreas bajas o confinadas (alcantarillas, sótanos)

5.3 MEDIDAS ESPECIALES DE LOS EQUIPOS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

En caso exista un tanque o camión cisterna involucrado, se recomienda aislar el área 800 m. a la redonda; asimismo considerar la evacuación inicial 800 m. a la redonda.

Usar un equipo protector debido a que se pueden producir gases tóxicos e irritantes durante un incendio.

Mantener los depósitos o bidones próximos, fríos, rociándolos con agua; ventilar la zona afectada.

En caso el incendio sea de gran magnitud, la extinción de fuego sólo debe ser realizada por personal especializado, para lo cual debe utilizar equipos de protección personal especiales como:

- Chaqueta y pantalón para combate estructural, casco, y demás indumentaria recomendado para afrontar el incendio.
- Equipo de protección respiratoria autónoma.

En algunas circunstancias se recomienda el uso de Trajes de Material Aluminizado.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

6.1 PRECAUCIONES PERSONALES, EQUIPO PROTECTOR Y PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA

Aislar el área por riesgo de fuego y explosión. Eliminar todas las fuentes de ignición y la generación de cargas electrostáticas. Detener la fuga si no hay riesgo. Ver lo concerniente a equipo protector en el ítem 8 de este documento.

6.2 PRECAUCIONES RELATIVAS AL AMBIENTE

Evitar que el producto entre al desagüe y fuentes de agua.

Fecha de Revisión: 03.05.2022

Pág. 3 de 9

Ficha de Datos de Seguridad

En caso de vertimientos en medios acuáticos, los productos que se requieran usar como dispersantes, absorbentes y/o aglutinantes deberán contar con la autorización vigente de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas.

6.3 MÉTODOS Y MATERIALES PARA LA CONTENCIÓN Y LIMPIEZA DE VERTIDOS

Contener y absorber el líquido con arena, tierra u otro material absorbente y ventilar la zona afectada. Recoger el material usado como absorbente, colocarlo en un depósito identificado y proceder a la disposición final según la normatividad vigente.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

7.1 MANIPULACIÓN

Durante la manipulación del producto, se deben tomar precauciones para evitar la concentración y estancamiento de los vapores, es recomendable tener una corriente de aire que facilite la difusión de vapores.

No realizar actividades que estén fuera de la rutina del trabajo (comer, beber, fumar), y eliminar cualquier fuente que pueda propiciar una chispa en el área de trabajo o almacenaje.

Toda manipulación del producto debe realizarse utilizando la indumentaria de protección personal respectiva (guantes y lentes de seguridad) para evitar accidentes por salpicadura, además, antes de realizar el procedimiento de carga/descarga del producto en sus contenedores, se debe realizar la conexión a tierra respectiva.

Evitar utilizar el producto de forma inadecuada. Por ejemplo, utilizarlo como disolvente o trasvasarlo mediante succión.

7.2 ALMACENAMIENTO

Guardar el producto en recipientes cerrados y etiquetados. Almacenar a temperatura ambiente y en áreas ventiladas; alejado de materiales que no sean compatibles y en áreas protegidas del fuego abierto, calor u otra fuente de ignición. Evitar en lo posible la liberación de vapores con una adecuada manipulación del producto o la instalación de un sistema de recuperación.

Eventualmente, se pueden utilizar recipientes metálicos o de HDPE (Polietileno de alta densidad) para tomar muestras o almacenar pequeñas cantidades del producto, las cuales no deben ser almacenadas en ambientes ocupados permanentemente por personas.

NOTA: Los trabajos de limpieza, inspección y mantenimiento de los tanques de almacenamiento deben ser realizados siguiendo estrictamente un procedimiento implementado y con las medidas de seguridad correspondientes.

8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

8.1 PARÁMETROS DE CONTROL

Límites de exposición laboral:

Nombre	Tipo de Límite	Valor	Unidad	Referencia
Gasolina	TLV-TWA	300	ppm	ACGIH
Gasolina	TLV-STEL	500	ppm	ACGIH

8.2 CONTROLES TÉCNICOS APROPIADOS

Las áreas de almacenamiento deben mantenerse sin derrames o producto en recipientes abiertos.

Antes de ingresar a espacios donde existan productos almacenados debe ser previamente, monitoreados para verificar oxígeno y explosividad.

Fecha de Revisión: 03.05.2022
Pág. 4 de 9

Ficha de Datos de Seguridad

Usar campanas extractoras y sistemas de ventilación en locales cerrados; identificar las salidas de emergencia, y además contar con duchas y lavaojos cerca del lugar de trabajo.

Toda manipulación solo debe realizarse en zonas bien ventiladas.

Evitar el contacto, la inhalación y la ingestión del producto.

8.3 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección respiratoria: Como medida preventiva antes de ingresar al área de almacenamiento se recomienda siempre ventilar y monitorear el ambiente; seguidamente utilizar un respirador media cara contra vapores orgánicos.

OJOS: En el trasvase o contacto con el producto, utilizar lentes de seguridad y protección facial contra salpicaduras de productos.

Piel: Guantes de nitrilo o polivinilo; calzado de seguridad y ropa/traje completo de trabajo.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Apariencia	: Transparente
Color	: Amarillo, color natural de la gasolina
Olor	: Característico
Umbral olfativo	: No se dispone de datos
PH	: No se dispone de datos
Punto de fusión, °C	: No se dispone de datos
Punto inicial de ebullición, °C	: 30 aprox.
Punto final de ebullición, °C	: 225 máx.
Punto de inflamación, °C	: <-40
Tasa de evaporación	: No se dispone de datos
Inflamabilidad	: Líquidos y vapores extremadamente inflamables
Límites de inflamabilidad, % vol. en aire	: Inferior: 0.8 Superior: 5.0
Presión de vapor a 37.8°C, psi	: 10 máx.
Densidad de vapor	: No se dispone de datos
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	: 0.73 – 0.76 aprox.
Solubilidad en agua	: Hidrocarburo insoluble en agua.
Coefficiente de reparto: n-octanol/agua	: 3.5
Temperatura de autoinflamación, °C	: 280 aprox.
Temperatura de descomposición	: No se dispone de datos
Viscosidad cinemática a 40°C, cSt	: No se dispone de datos
Número de octano Research	: ≥ 95

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1 REACTIVIDAD

No se dispone de datos.

10.2 ESTABILIDAD QUÍMICA

El producto es estable

10.3 POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS

No existen en condiciones previstas para su almacenamiento y uso.

10.4 CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE

Fecha de Revisión: 03.05.2022
Pág. 5 de 9

Ficha de Datos de Seguridad

Evitar las fuentes de ignición (fuego, chispas), así como el calentamiento de los recipientes que contienen el producto.

10.5 MATERIALES INCOMPATIBLES

Es incompatible con sustancias oxidantes.

10.6 PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS

Los producidos por la combustión completa e incompleta: CO₂ y CO.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1 TOXICIDAD AGUDA

No se dispone de datos.

11.2 CORROSIÓN O IRRITACIÓN CUTÁNEA

Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.

11.3 LESIONES O IRRITACIÓN OCULAR GRAVE

El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.

11.4 SENSIBILIDAD RESPIRATORIA O CUTÁNEA

Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.

11.5 MUTAGENICIDAD EN CÉLULAS GERMINALES

Puede provocar efectos genéticos.

11.6 CARCINOGENICIDAD

Clasificación IARC: Puede provocar cáncer. Grupo 2B (El agente es posiblemente carcinógeno para el hombre).

11.7 TOXICIDAD PARA LA REPRODUCCIÓN

Se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto. No existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos.

11.8 TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) - EXPOSICIÓN ÚNICA

Puede provocar somnolencia o vértigo.

11.9 TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) - EXPOSICIÓN REPETIDA

No existen evidencias.

11.10 PELIGRO DE ASPIRACIÓN

Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

12.1 TOXICIDAD

Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Fecha de Revisión: 03.05.2022

Pág. 6 de 9

Ficha de Datos de Seguridad

12.2 PERSISTENCIA Y DEGRADABILIDAD

Los microorganismos presentes en el agua y en los sedimentos son capaces de degradar los constituyentes de este producto. La fracción aromática es muy tóxica debido a su relativa solubilidad y toxicidad acuática. Los componentes de menor peso molecular (C3-C9) se pierden rápidamente por evaporación, mientras que la biodegradación elimina básicamente los componentes de mayor peso molecular (C10-C11).

12.3 POTENCIAL DE BIOACUMULACIÓN

No presenta problemas de bioacumulación ni de incidencia en la cadena trófica alimenticia. Presenta un potencial de contaminación física importante para los litorales costeros debido a su flotabilidad en agua.

12.4 MOVILIDAD EN EL SUELO

Los factores primarios que contribuyen a la movilidad de los componentes del producto son: solubilidad en agua, absorción al suelo y biodegradabilidad. Presenta un potencial de contaminación física importante para los litorales costeros debido a su flotabilidad en agua.

12.5 OTROS EFECTOS ADVERSOS

No existen evidencias.

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final del producto se realiza de acuerdo con la reglamentación vigente aplicable.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

El transporte se realiza de acuerdo con la normatividad vigente aplicable.

14.1 NÚMERO ONU: UN 1203

14.2 DESIGNACIÓN OFICIAL DE TRANSPORTE DE LAS NACIONES UNIDAS: Combustible para motores o gasolina.

14.3 CLASE RELATIVA AL TRANSPORTE: Clase 3 Líquidos Inflamables

14.4 GRUPO DE EMBALAJE: I

14.5 RIESGOS AMBIENTALES: Si

14.6 PRECAUCIONES ESPECIALES PARA EL USUARIO: Señalización pictórica, NTP 399.015.2014



Ficha de Datos de Seguridad

14.7 TRANSPORTE A GRANEL CON ARREGLO A LOS INSTRUMENTOS DE LA OMI: No precisado

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Normatividad vigente aplicable de referencia en el Perú:

- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 052-1993-EM (18/11/1993), y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 054-93-EM (19/11/93) y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 026-94-EM (09/05/94), y modificaciones.
- Reglamentos para la Comercialización de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos aprobados por los Decretos Supremos N° 030-1998-EM (01/08/1998) y N° 045-2001-EM (20/07/2001), y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 043-2007-EM (21/08/2007), y modificaciones.
- Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 039-2014-EM (05/11/2014) y modificaciones.
- Decreto Supremo N° 014-2021-EM (20/05/2021), que establece medidas relacionadas al contenido de azufre en el Diesel, Gasolina y Gasohol para su comercialización y uso y simplifican el número de Gasolinas y Gasohol.
- Resolución Ministerial N° 469-2021-MINEM/DM (23/12/2021), que establece especificaciones técnicas de calidad de Gasolinas y Gasohol de uso automotor, Premium y Regular.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Rombo NFPA 704:



Salud: 1
Inflamabilidad: 3
Reactividad: 0

EMERGENCIAS a nivel nacional: 116
Dirección General de Capitanías y Guardacostas: (511) 209-9300

GLOSARIO

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales)
IARC: International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer)
NTP: Norma Técnica Peruana

Fecha de Revisión: 03.05.2022
Pág. 8 de 9

Ficha de Datos de Seguridad

NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el fuego)

OMI: Organización Marítima Internacional

STEL: Short-Term Exposure Limit (Límite de exposición a corto plazo)

STOT: Specific target organ toxicity (Toxicidad específica en determinados órganos)

TLV: Threshold Limit Value (Valor Umbral Límite)

TWA: Time Weighted Average (Media Ponderada en el Tiempo)

Nota: El presente documento constituye información básica relacionada a los peligros físicos, a la salud y ambiente, en la manipulación del producto para el Cliente y/o Usuario, quienes deberán evaluar las condiciones de uso, y los cuidados necesarios para un manejo seguro del producto conforme a sus propios procedimientos. PETROPERÚ no se responsabiliza por actividades fuera de su control.

ANEXO 2: ESPECIFICACIONES GASOLINA PREMIUM

FICHA TÉCNICA APROBADA

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL BIEN

Denominación del bien	:	GASOLINA PREMIUM
Denominación técnica	:	GASOLINA PREMIUM
Unidad de medida	:	GALÓN
Descripción general	:	La gasolina premium es una mezcla de fracciones livianas de petróleo, libre de agua y de material sólido en suspensión, que es apta para ser utilizada como combustible en motores de combustión interna a ignición por chispa.

2. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL BIEN

2.1. Del bien

La gasolina premium debe cumplir con las disposiciones establecidas en la Resolución Ministerial N° 469-2021-MINEM/DM.

El producto debe cumplir con las siguientes especificaciones:

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN	REFERENCIA
Apariencia	Claro brillante, libre de agua y partículas	Resolución Ministerial N° 469-2021-MINEM/DM, que establece especificaciones técnicas de calidad de Gasolinas y Gasohol de uso automotor, Premium y Regular.
Color comercial (1)	Amarillo	
API a 60°F	Reportar	
Densidad a 60°F	Reportar en g/cc	
VOLATILIDAD		
Destilación, °C (a 760 mm Hg)		
Temperatura del 10% de recuperado	Máximo 65°C	
Temperatura del 50% de recuperado	Mínimo 77°C Máximo 118°C	
Temperatura del 90% de recuperado	Máximo 190°C	
Punto final	Máximo 225°C	
Residuo	Máximo 2 %Vol	
Temperatura (V/L=20), 1 atm (2)	Mínimo 47°C	
Presión de vapor Reid (3) (4) (5)	Máximo 10 psi	
Índice de manejabilidad	Máximo 630	
COMPOSICIÓN		
Oxígeno (8)	Reportar en %m/m	
Aromáticos	Máximo 45 %Vol	
Olefinas	Máximo 25 %Vol	
Benceno	Máximo 2 %Vol	

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN	REFERENCIA
Corrosión a la lámina de Cu (3 hr a 50°C)	Nº 1	Resolución Ministerial Nº 469-2021-MINEM/DM, que establece especificaciones técnicas de calidad de Gasolinas y Gasohol de uso automotor, Premium y Regular.
Azufre total (9)	Máximo 50 mg/kg	
Nº Octano Research	Mínimo 95	
Estabilidad a la oxidación, minutos	Mínimo 240 minutos	
CONTAMINANTES		
Goma existente, mg/100 ml	Máximo 5 mg/100 ml	
Plomo, g Pb/L (10)	Máximo 0,013 g Pb/L	
Contenido de manganeso, mg/l (11)	Máximo 0,25 mg/l	
<p>Notas: Citadas conforme a la Resolución Ministerial de la referencia, en lo que aplica a la gasolina premium.</p> <p>(1) Según la Norma Técnica Peruana 321.102:2017 para el caso de la gasolina premium puede considerarse el color natural de la gasolina, ligeramente amarilla.</p> <p>(2) A falta del equipo del método de ensayo ASTM D 5188, se puede calcular la temperatura para la relación V/L=20 como dato referencial, mediante fórmulas indicadas en el Anexo C de Norma Técnica Peruana 321.102:2017. El método ASTM D 5188 es el dirimente en caso que los valores calculados sean cuestionables.</p> <p>(3) El resultado del método ASTM D 323 no es aplicable para el cálculo de la relación vapor/líquido, los otros métodos considerados para determinar la presión de vapor sí son aplicables.</p> <p>(4) El método de ensayo ASTM D 5191 es el dirimente.</p> <p>(5) El método de ensayo ASTM D 5482 no es aplicable para la gasolina premium.</p> <p>(8) Mediante el Anexo D de la Norma Técnica Peruana 321.102:2017, se calcula el porcentaje en masa de oxígeno. Mediante los métodos de ensayo ASTM D 4815, ASTM D 5845 y ASTM D 5599 se determinan los compuestos oxigenados.</p> <p>(9) El método de ensayo ASTM D 2822 no es aplicable para gasolinas oxigenadas.</p> <p>(10) Los métodos de ensayo ASTM D 3237 y ASTM D 5059 no son aplicables para gasolinas oxigenadas.</p> <p>(11) El límite de cuantificación de manganeso según el método de ensayo ASTM D 3831 es 0,25 mg/l.</p>		

Precisión 1: La entidad convocante deberá precisar en las bases (sección específica, especificaciones técnicas numeral 2 y/o proforma del contrato), el alcance de la comercialización y uso de la gasolina premium, la que será a nivel nacional, según lo establecido en el artículo 1 del Decreto Supremo Nº 014-2021-EM y sus modificatorias.

2.2. Envase y/o embalaje

No aplica.

Precisión 2: No aplica.

2.3. Rotulado

No aplica.

Precisión 3: No aplica.

2.4. Inserto

No aplica.

Precisión 4: No aplica.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		COMBUSTIBLE		Fecha efectiva:		01.01.2023	
TIPO DE PRODUCTO		COMBUSTIBLE USO MOTOR		Reemplaza edición de:		-	
NOMBRE DE PRODUCTO							
GASOHOL PREMIUM							
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO				
	MIN.	MAX.	ASTM	OTROS			
APARIENCIA	Claro/Brillante, libre de agua y partículas				Visual		
Color comercial	Amarillo (b)				Visual		
VOLATILIDAD							
Gravedad API a 60°F	Reportar			D-1298, D-4052			
Densidad a 60°F, g/cc	Reportar			D-1298, D-4052			
Destilación, a 760 mm Hg, °C				D-86, D-7096	ISO-3405		
Punto inicial de ebullición	Reportar						
5 %V recuperado	Reportar						
10 %V recuperado				65			
20 %V recuperado	Reportar						
50 %V recuperado	77	118					
90 %V recuperado				190			
95 %V recuperado	Reportar						
Punto final de ebullición				225			
Recuperado, %V	Reportar						
Residuo, %V				2.0			
Pérdida, %V	Reportar						
Relación vapor/líquido = 20, °C	47 (c)			D-5188, D-4814			
Presión de vapor, psi (KPa)			11 (76)	D-4953, D-5191, D-5482, D-6378	ISO 3007, UNE EN 13016-1		
Índice de manejabilidad			640	D-4814			
CORROSIVIDAD							
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50°C, N°			1	D-130	ISO 2160		
Azufre total, mg/Kg			50	D-3120, D-5453, D-6920, D-7039, D-7220	ISO-13032, ISO 20846, ISO 20684, ISO 8754		
ANTIDETONANCIA							
Número de octano Research	96.0			D-2699	ISO 5164		
COMPOSICIÓN							
Aromáticos, % Vol.			45	D-1319, D-5580, D-6839	ISO 22854, UNE EN 15553		
Olefinas, % Vol.			25	D-1319, D-6839	ISO 22854, UNE EN 15553		
Benceno, % Vol.			2	D-3606, D-5580, D-6839	ISO 22854, UNE EN 238, UNE EN 12177		
Oxígeno, % masa			3.45	D-4814, D-4815, D5599, D-5845	ISO 22854, UNE EN 13132		
ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN							
Periodo de inducción, minutos	240			D-525	ISO 7536, UNE 51203		
CONTAMINANTES							
Gomas lavadas, mg/100mL			5.0	D-381	ISO 6246		
Plomo, g/L			0.013		Reportar		
Manganeso, mg/L			0.25	D-3831	UNE EN 16136		
CONTENIDO DE ETANOL, % vol			(d)	D-4815, D-5845			
OBSERVACIONES:							
(a) En concordancia con la Resolución Ministerial N° 469-2021-MINEM/DM.							
(b) No contiene colorante, corresponde al color natural del gasohol.							
(c) Si no se dispone del equipo, calcular mediante el Apéndice X2 del ASTM D-4814.							
(d) Conforme al D.S. 021-2007-EM, corresponde el 7.8% vol. de Alcohol Carburante y se reportará el contenido de etanol bajo uno de los métodos indicados.							
NOTA: El Gasohol Premium es el resultado de la mezcla de Gasolina Premium con 7.8% vol. Alcohol Carburante, durante el despacho en las Plantas de Ventas.							

