



Materia Integradora

Integrantes:

Andrea Ruiz

Jonathan Castello

Tema:

“Estudio del índice de cetano en el Diesel Premium transferido desde el terminal Tres Bocas al Terminal Pascuales”

Facultad:

Ciencias de la Tierra

Carrera:

Ingeniería en Petróleo

2020-2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi papá, Julio Cesar, a quien le debo todo; el que luchó y me motivó cada día para culminar mi carrera profesional. Él me guía desde el cielo. Este logro es tuyo, papi.

A mi mamá, Enita. Mi amiga, mi pilar y mi mayor ejemplo de que nunca es tarde para alcanzar las metas.

A mi compañero de vida, Bruno. Gracias por el impulso que me das para cumplir mis objetivos y por apoyarme cuando más te necesito.

A mi hijo, Bruno Liam, quien es el motor de mi vida y por quien lucharé siempre para ser mejor.

A mis hermanos, Nicolás y Sebastian, mis sobrinos, Doménica y Sebastian Jr., para quienes quiero ser un ejemplo a seguir.

A mis suegros, Bruno y Alexandra, gracias por ser mi apoyo siempre y por acompañarme en este largo recorrido.

ANDREA RUIZ

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi familia que desde comencé esta etapa han estado ahí brindándome todo su apoyo.

A mi compañera de vida Keyla que ha sido un pilar fundamental para mí durante todo este tiempo, dándome su cariño y animándome cada día a seguir adelante y no darme por vencido.

A mis compañeros con los cuales he compartido tantas experiencias.

A mis profesores, que han sido excelentes mentores que no solo se han limitado a las enseñanzas académicas, sino que también nos han inculcado valores.

Finalmente, a todas esas personas que me desearon lo mejor que aunque ya no estén aquí, siento sus manos apoyadas en mi hombro en todo momento.

JONATHAN CASTELLO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la universidad ESPOL, la cual nos brindó una educación excelente y nos guió en nuestro camino para ser unos profesionales calificados con valores y comprometidos con su ética.

JONATHAN CASTELLO

ANDREA RUIZ

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jonathan Castello, Andrea Ruiz y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Jonathan Castello

Andrea Ruiz

EVALUADORES

MSc. Fernando Sagnay

PROFESOR DE LA MATERIA

MSc. Danilo Arcentales

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo propone un análisis del índice de cetano y otras propiedades determinantes en cuanto a calidad del Diesel premium que llega desde TRES BOCAS hasta el terminal Pascuales con el fin de monitorear y analizar la situación actual de este combustible en el país.

La metodología es práctica analítica, se realizaron pruebas de laboratorio correspondientes los ensayos ASTM D 1298 y ASTM D86 que son la Prueba de hidrómetro para hallar la gravedad API y la prueba de destilación respectivamente. Se calculó el IC usando un nomograma formado a partir de una ecuación empírica que relaciona la gravedad API y la temperatura de destilación con el IC.

Con estos valores obtenidos de IC y con la información provista por PETROECUADOR en los informes del día 10/11/2020 hasta el 31/12/2020 se realizaron gráficos que reflejan la calidad del combustible en este periodo de tiempo.

Todos los parámetros se encontraron en los rangos establecidos por la norma NTE INEN 1489:2012, a pesar de que hubo anomalías entre los días 27/11/2020 y 5/12/2020 donde el contenido de azufre llegó casi a los 500 PPM.

Finalmente se concluyó en base a los resultados, que el combustible Diesel que se comercializa en el país es de una calidad aceptable para el tipo de vehículos que circulan en el Ecuador, sin embargo, si se quiere alcanzar la normativa Euro V, se deberían fortalecer las normas y estándares de calidad de importación del Diesel. Se propone monitoreos continuos para así detectar las anomalías y sus causas en los parámetros de calidad del DIESEL.

Palabras Clave: ASTM, DIESEL, API, IC, NTE INEN, nomograma, destilación, EURO V.

Abstract

This work proposes an analysis of the cetane index and other determining properties in terms of quality of the premium Diesel that arrives from TRES BOCAS to the Pascuales terminal in order to monitor and analyze the current situation of this fuel in the country.

The methodology is analytical practice, corresponding laboratory tests were carried out, the ASTM D 1298 and ASTM D86 tests, which are the hydrometer test to find the API gravity and the distillation test respectively. The CI was calculated using a nomogram formed from an empirical equation relating API gravity and distillation temperature to the CI.

With these values obtained from IC and with the information provided by PETROECUADOR in the reports from 11/10/2020 to 12/31/2020, graphs were made that reflect the quality of the fuel in this period of time.

All the parameters were found within the ranges established by the NTE INEN 1489: 2012 standard, despite the fact that there were anomalies between the days 11/27/2020 and 12/5/2020 where the sulfur content reached almost 500 PPM.

Finally, based on the results, it was concluded that the diesel fuel sold in the country is of an acceptable quality for the type of vehicles that circulate here, however, if the Euro V regulations are to be achieved, the standards should be strengthened and diesel import quality standards. Continuous monitoring is proposed to detect anomalies and their causes in the DIESEL quality parameters.

Key words: ASTM, DIESEL, API, IC, NTE INEN, nomogram, distillation, EURO V.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
Abstract.....	8
Índice de figuras.....	10
ÍNDICE DE TABLAS	10
CAPÍTULO 1	11
INTRODUCCIÓN	11
1.1 Descripción del problema	12
1.2 Justificación del problema	12
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 Marco Teórico	13
1.4.1 El Diésel: Generalidades y Propiedades	13
1.5 El Diésel en el Ecuador	15
CAPÍTULO 2	17
Metodología	17
2.1 Tipo de estudio.....	17
2.2 Muestra	17
2.3 Datos de análisis.....	17
2.4 Variables a calcular.....	17
2.5 Determinación de la densidad API (método del hidrómetro).....	18
2.5.1 Equipos a utilizar.....	18
2.5.2 Pasos para determinar de la densidad API	19
2.6 Determinación de la temperatura media de ebullición ().....	20
2.6.1 Equipos a utilizar.....	20
2.6.2 Pasos para determinar la temperatura media de ebullición.	22
2.7 Cálculo del índice de cetano:	23
CAPÍTULO 3	25
3. Análisis de resultados	25
3.1 Cálculo ejemplo	25
3.2 Tablas de Resultados.....	27
3.3 Resultados	29
CAPÍTULO 4	35
4. CONCLUSIONES.....	35
4.2 RecomendacioneS	36

5. Bibliografía	37
6. Anexos	38

Índice de figuras

Figura 1 Hidrómetros con especificación ASTM E100	18
Figura 2 Termómetros con especificación ASTM E1E	19
Figura 3 Probeta graduada	19
Figura 4 Equipo Destilador HDA-620	21
Figura 5 Termómetro con especificación ASTM E1	21
Figura 6 Matraz de destilación	21
Figura 7 Probeta graduada	22
Figura 8 Nomograma para calcular el índice de Cetano	23
Figura 9 Gráfico índice de cetano vs fechas noviembre	29
Figura 10 Gráfico índice de cetano vs fechas diciembre	30
Figura 11 Gráfico contenido de azufre vs fechas de noviembre	31
Figura 12 Gráfico contenido de azufre vs fechas de diciembre	31
Figura 13 Cálculo del índice de Cetano de las muestras recolectadas. La línea naranja representa el valor mínimo aceptado por la norma	32
Figura 14 Contenido de azufre de las muestras recolectadas. La línea naranja representa el valor máximo aceptado por la norma.	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 "Tabla de requisitos Norma INEN 1489"	16
Tabla 2 Tabla de cálculo ejemplo	25
Tabla 3 "Tabla de resultados calculados"	28
Tabla 4 "Tabla de matriz de cumplimiento de parámetros"	33

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

A pesar de los múltiples esfuerzos por mudar las fuentes de la matriz energética en el Ecuador por fuentes de energía más limpias y renovables, los combustibles fósiles (en especial el Diesel) continúan siendo la parte más significativa para el transporte, agricultura e industria del país. Por otro lado, la tendencia mundial es a una reducción del consumo de estos combustibles, a través del desarrollo de tecnología que optimiza el consumo, con motores más eficientes y ahorrativos.

Ahora bien, el uso de mejores tecnologías, requiere de combustibles cada vez eficientes y con menos contaminantes. Caso contrario es prácticamente imposible modernizar los sistemas, automóviles o maquinarias, agravando aún más, la situación ambiental derivada del uso de estos combustibles.

Para esto, diferentes organismos gubernamentales han creado una serie de normas y parámetros que los combustibles fósiles deben cumplir para así permitir el buen funcionamiento del aparato productivo los países y la reducción de las emisiones por este que, consecuentemente, van a influenciar la consecución de algunos de los objetivos globales para la reducción del cambio climático.

En este proyecto se realizará un estudio del índice de cetano del DIESEL PREMIUM (parámetro más decisivo a la hora de evaluar la calidad de este combustible) que llegó al Terminal Pascuales a través del oleoducto TRES BOCAS-PASCUALES, durante los meses de noviembre y diciembre del año 2020. Este Diésel es despachado y comercializado en estaciones de servicio de Guayaquil y su zona de influencia.

Adicionalmente, se analizarán las normas ecológicas vigentes en el Ecuador, y las ventajas y desventajas de la posibilidad de aumentar la calidad del DIESEL PREMIUM.

1.1 Descripción del problema

El Diésel Premium es el combustible más usado para el transporte particular y de carga pesada en el Ecuador. Por eso es de vital importancia monitorear que este combustible mantenga un estándar tanto energético como ambiental al llegar al Terminal Pascuales, a través del oleoducto TRES BOCAS-PASCUALES, que a su vez lo distribuirá en Guayaquil y sus zonas de influencia. Este estudio nos permitirá analizar el impacto en el medio ambiente, la salud de la población y la vida útil de los vehículos y maquinaria, más allá de la aplicación de las normas. Adicionalmente, se explorará la posibilidad de aumentar la calidad del DIESEL PREMIUM en el país y la metodología para hacerlo, podría generar grandes impactos tanto económicos como ambientales.

1.2 Justificación del problema

La problemática de monitorear la calidad del DIESEL PREMIUM que se distribuye en el Ecuador ha estado siempre relacionada únicamente con el cumplimiento de la norma que rija en ese momento, sin tomar en cuenta los impactos económicos y ambientales. Es de vital importancia detectar los reales valores de cetano y azufre, para poder cuantificar el real impacto de los combustibles en el ambiente y proponer también políticas de mejoramiento a través de aditivos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Monitorear la calidad del DIESEL PREMIUM que llega por el poliducto TRES BOCAS-PASCUALES al Terminal Pascuales, a través de un análisis del índice de cetano y así así poder determinar la factibilidad y viabilidad de un aumento en la calidad del Diesel en el país.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de la cantidad de cetano presente en el DIESEL PREMIUM que llega por el poliducto TRES BOCAS-PASCUALES al Terminal Pascuales.

- Monitorear la cantidad de azufre contenido en el DIESEL PREMIUM que llega por el poliducto TRES BOCAS-PASCUALES al Terminal Pascuales.
- Realizar una matriz con los índices calculados y analizar si la calidad del DIESEL PREMIUM se encuentran en el rango establecido por NTE INEN.
- Proponer soluciones para aumentar la calidad del DIESEL PREMIUM que se distribuye internamente en el país.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 El Diésel: Generalidades y Propiedades

Después de su extracción, el petróleo crudo debe pasar por una serie de procesos físico-químicos para obtener una amplia gama de productos terminados derivados del petróleo. Estos procesos dependerán de la calidad del petróleo, entre más “pesado” (mayor grado API) más costoso y laborioso el proceso de refinación, pero en general los productos finales pueden agruparse en 4 categorías: Gases Ligeros, Gasolinas o Naftas, Destilado y Aceites Pesados (EPA, 2007).

El Diésel es un combustible de color verdoso que se obtiene a partir del destilado del petróleo crudo. Se caracteriza por su capacidad de suministrar grandes cantidades de energía, debido a su alto poder energético, por eso es ampliamente usado en grandes maquinarias. Su densidad y viscosidad son mayores a las de la gasolina, variando sus valores en dependencia del uso que se le pretende dar. Se compone principalmente de parafinas de forma tal que, fluye con facilidad, se evapora en tiempo limitado y es limpio. En el Ecuador se usa, casi exclusivamente, en motores diésel para transporte y maquinaria.

Sus principales características son:

- **Densidad y Viscosidad:**

En general, el Diésel presenta una densidad media de 0.850 g/cm³. En la industria, se suele usar la gravedad API para medir la densidad del Diésel que se recibe y a partir de esta medida calcular otras características. Por

otra parte, la viscosidad del Diésel en el Ecuador varía entre 2.5 a 6 cSt (centistokes).

- **Punto de inflamación**

El punto de inflamación es la temperatura a la cual una sustancia combustible produce tanto vapor, que al mezclarse con el aire puede ser encendida por una fuente de calor o llama y continúa quemando. En el caso del Diésel, su punto de inflamación tiene como valor mínimo 51°C a presión atmosférica.

- **Contenido de azufre**

El petróleo contiene naturalmente grandes cantidades de azufre. Durante el proceso de refinación, se busca eliminar la mayor cantidad de azufre posible ya que, además de acelerar el proceso de corrosión y desgaste de los equipos y motores, contribuye significativamente a las emisiones de material particulado (PM). De hecho, las normas internacionales exigen que el Diésel producido, contenga un mínimo de 0.05% en peso de contenido de azufre (Lopez,2006).

- **Índice de cetano**

El índice de cetano es una medida de referencia del grado de inflamabilidad de un combustible Diésel, permitiendo conocer la eficiencia de la reacción de combustión en el motor. Generalmente, los motores a Diésel se diseñan para usar combustible con un índice de cetano entre 40 y 55. (Ortiz, 2012)

- **Aromáticos**

Los aromáticos son moléculas del combustible que contienen al menos un anillo de benceno. El contenido de aromáticos afecta la combustión y la formación de PMOs (emisiones de partículas contaminantes) y de las emisiones de hidrocarburos poli aromáticos.

- **Poder calórico**

El poder calórico se define como la cantidad de calor que se genera, por kilogramo o metro cúbico de esa sustancia, al oxidarse de forma completa.

- **Emisiones contaminantes**

Al igual que cualquier combustible, la combustión del Diésel produce una serie de sustancias contaminantes, humo y partículas que son emitidos a la atmosfera poniendo en riesgo la salud humana y el medio ambiente, incrementando los problemas del calentamiento global.

Los contaminantes más comunes en la combustión del Diésel son: CO, HC, NOx, humos y partículas. (Valencia, 2013)

1.5 El Diésel en el Ecuador

En Ecuador las normas técnicas para productos derivados de petróleo que rigen su calidad y comercialización son las normas NTE INEN 1489 Séptima edición. Para el almacenamiento y transporte del Diésel se debe seguir lo establecido en la norma NTE INEN 2266.

Para efectos de las normativas, el Diésel se clasifica en tres tipos:

- **Diésel N° 1.** Combustible utilizado en equipos de combustión industrial o doméstico.
- **Diésel N° 2.** Combustible utilizado en el sector industrial.
- **Diésel Premium.** Combustible con bajo contenido de azufre, utilizando en el sector automotriz.

El presente estudio se concentrará en el DIESEL PREMIUM. Los requisitos para los ensayos de calidad de este combustible se presentan en la siguiente tabla. (INEN:1489, 2012)

Requisito	Unidad	Diésel Premium		Método de ensayo
		Min.	Max.	
Punto de inflamación	°C	51	-----	ASTM D93
Contenido de agua y sedimento	%	-----	0,05	ASTM D2709
Contenido de ceniza	%	-----	0,01	ASTM D482
Contenido de azufre	%	-----	0,05	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453

Contenido de residuo carbonoso sobre el 10 % de residuo destilado	%	-----	0,1	ASTM D4530
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm ² /s	2,0	5,0	ASTM D445
Temperatura de destilación del 90 %	°C	-----	360	ASTM D86
Corrosión a la lámina de cobre	-----	-----	1a	ASTM D130
Índice de cetano calculado	-----	45	-----	ASTM D976
Contenido de biodiesel	%	5	10	EN 14078

Tabla 1 "Tabla de requisitos Norma INEN 1489"

*Adaptado de NTE INEN1489 Séptima revisión

CAPÍTULO 2

Metodología

2.1 Tipo de estudio

El presente trabajo técnico, es de tipo práctico-analítico, en la cual se realizó varias pruebas de laboratorio al diésel, obteniendo parámetros y analizando si cumplen las Normas Técnicas Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012.

2.2 Muestra

La selección de la muestra se la hace diariamente, con el objetivo que se cumplan las Normas técnicas ecuatoriana y no se entregue como producto final un derivado de mala calidad y afecte al consumidor final. Para tener un buen registro de la muestra es necesario anotar los siguientes parámetros iniciales: el origen de la muestra, fecha, hora, cantidad de muestra.

Las muestras de DIESEL PREMIUM fueron tomadas desde el día 10/11/2020 hasta el 31/12/2020 en la Terminal Pascuales.

2.3 Datos de análisis

Antes de encontrar el índice de cetano, se recomienda registrar datos iniciales de análisis, tal es el caso de la temperatura de ambiente, humedad relativa del ambiente, presión barométrica, fecha de inicio y fecha fin de los ensayos y fecha de emisión del informe.

2.4 Variables a calcular

El cálculo del índice de cetano (**IC**) se hace el uso de la siguiente ecuación, basada en la norma ASTM D976:

$$IC = -420,34 + 0,016 G^2 + 0,192 G \log M + 65,01 (\log M)^2 - 0,0001809M^2$$

donde

G = Densidad API, determinada por el Método de Ensayo ASTM D1298.

M = Temperatura media de ebullición, ° F, determinada mediante el Método de Ensayo ASTM D86 y corregida a presión barométrica estándar.

2.5 Determinación de la densidad API (método del hidrómetro).

Es importante mencionar que, a diferencia de la gasolina, debido a los altos costos no hay disponibilidad en el Ecuador de equipos capaces de medir el número de cetanos directamente en el diesel, por eso se usará un método que correlaciona 3 propiedades fundamentales de este: Densidad API, temperatura media de ebullición, densidad del fluido.(Ecuador, n.d.).

El método del hidrómetro según la norma **NTE INEN 2319:2013/ASTM D 1298**, es el ensayo que se fundamenta en el principio de la densidad del fluido, donde implica la proporcionalidad directa a la profundidad de inmersión de un cuerpo que se encuentra flotando en éste. Dicho cuerpo esta calibrado en unidades de densidad API y se lo conoce como hidrómetro API.(Ecuador, n.d.).

2.5.1 Equipos a utilizar

- Hidrómetro de vidrio: Debe cumplir la Especificación ASTM E100.



Figura 1 Hidrómetros con especificación ASTM E100

- Termómetros con rangos de -20.5°C (-5°F) a 101.6°C (215°F): Deben cumplir la Especificación ASTM E1.



Figura 2 Termómetros con especificación ASTM E1E

- Probeta: Puede ser de metal, vidrio transparente o plástico.



Figura 3 Probeta graduada

2.5.2 Pasos para determinar de la densidad API

Para determinar la densidad API se debe realizar los siguientes pasos en la cual está estipulado en la norma NTE INEN 2319:2013.

1. Seleccionar el hidrómetro y verificar que no presente daños o imperfecciones que alteren al resultado de la densidad. El tipo de hidrómetro es plano largo con designación de 1H a 10H.

2. Ajustar la temperatura de la muestra y mantener la probeta aproximadamente a la misma temperatura que la muestra a ensayar.
3. Poner la muestra en una probeta limpia, no se debe agitar para no formar burbujas de aire y reducir al mínimo la evaporación de los componentes de punto de ebullición más bajos de las muestras más volátiles. Colocar la probeta que contiene la muestra en posición vertical en un lugar libre de corrientes de aire.
4. Introducir el hidrómetro suavemente en la muestra y cuando esté estable, bajar dos divisiones de la escala en el interior del líquido y soltar. Se debe esperar hasta que el hidrómetro no se mueva y se observe que flota libre.
5. Cuando el hidrómetro y el termómetro alcancen el equilibrio y mientras el hidrómetro está flotando libremente, tomar la lectura de manera adecuada. (INEN:2319, 2013)

2.6 Determinación de la temperatura media de ebullición ()

2.6.1 Equipos a utilizar

- Equipo para destilación de hidrocarburos: consta de una base regulable, un calentador, un baño de enfriamiento asociado, regulador de temperatura, agujero para la colocación del termómetro y un blindaje metálico para protección del matraz que contiene la muestra.



Figura 4 Equipo Destilador HDA-620

- Termómetros con rangos de -2°C (28.4°F) a 400°C (752°F): Deben cumplir la Especificación ASTM E1.



Figura 5 Termómetro con especificación ASTM E1

- Matraz de destilación con brazo lateral elaborado en vidrio



Figura 6 Matraz de destilación

- Probeta graduada de 100ml



Figura 7 Probeta graduada

2.6.2 Pasos para determinar la temperatura media de ebullición.

1. Medir con la probeta graduada para calcular 100 ml de muestra
2. Llenar el matraz con el brazo incorporado con los 100 ml medidos anteriormente.
3. Colocar el matraz en la rejilla del destilador y ajustarla correctamente a su altura, con mucha precaución de no romper el brazo y ajustar el tapón de silicona de ingreso al destilador.
4. Colocar el termómetro sobre el matraz con un tapón de silicona, y revisar que quede completamente sellado para evitar fugas.
5. Registrar la medición de la temperatura inicial.
6. Colocar la probeta de 100 ml en la salida del destilador.
7. Encender el calentador y regular la temperatura para que se produzca la ebullición.
8. Registrar la temperatura al momento que en la probeta de salida cae la primera gota de la muestra que sería el punto inicial de ebullición
9. Registrar la temperatura cuando la probeta graduada muestre el 10% de su volumen, luego al 50 %, al 90% y también al punto final de ebullición.
10. Medir el volumen de sedimentos en la muestra esto se realiza con el volumen de muestra que queda en el matraz y con el volumen faltante en la probeta de 100 ml.

Una vez obtenido el número de cetano de una muestra, se procederá a replicar el proceso para las muestras de DIESEL PREMIUM de los meses de noviembre y diciembre de 2020 que llegan al Terminal Pascuales. Finalmente se analizarán estos valores, usando gráficas comparativas y curvas de tendencia para así poder emitir propuestas, conclusiones y comentarios sobre la situación presente y futura del diésel en el Ecuador.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizadas las pruebas de laboratorio y recopilado los datos necesarios para el análisis, a continuación, se muestran los cálculos realizados y los resultados tabulados.

3.1 Cálculo ejemplo

Se utilizó como ejemplo para el cálculo del índice de cetano, el reporte de calidad del DIESEL PREMIUM proporcionado por EP PetroEcuador del 1 de diciembre del 2020. Al realizar los respectivos ensayos (Destilación para la Temperatura de ebullición al 50% e hidrómetro para la Gravedad API) se obtuvieron los siguientes valores.

Gravedad API	37.1
Destilación 50%	261 C
Índice de Cetano	49.5

Tabla 2 Tabla de cálculo ejemplo

Con estos 2 valores y el nomograma para calcular el Índice de cetano se obtuvo un resultado de 49,5.

Este proceso se replicó para las muestras diarias obtenidas entre el 10/11/2020 hasta el 31/12/2020 con la finalidad de obtener valores que representen la calidad del DIESEL PREMIUM en el Terminal Pascuales y así realizar las estadísticas y comparativas que se mostrarán en la siguiente tabla.

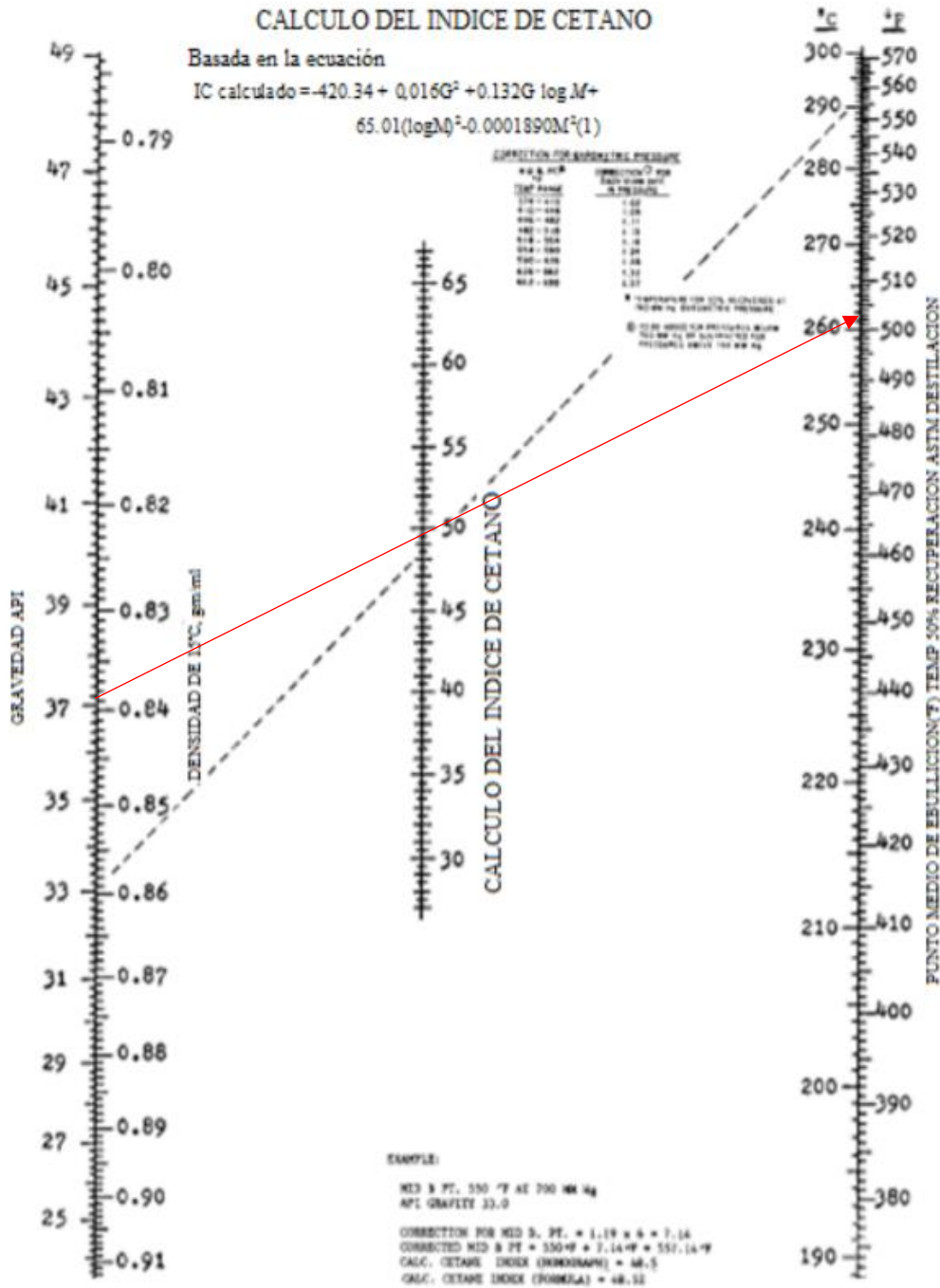
Adicionalmente a estos datos, se presenta el contenido de azufre y punto de inflamación de la muestra. Estos datos mejoran el criterio de calidad usado en el presente análisis.

CALCULO DEL INDICE DE CETANO

Basada en la ecuación

$$IC \text{ calculado} = -420.34 + 0.016G^2 + 0.132G \log M +$$

$$65.01(\log M)^2 - 0.0001890M^2(1)$$



Índice de cetano calculado: 49,5

3.2 TABLAS DE RESULTADOS

Fecha	Cetano	°API	Destilación (50%)	Contenido de azufre	Punto de inflamación
10/11/2020	51,8	36,7	275	17	67
10/11/2020	51,9	36,9	274	28	63
11/11/2020	51,6	36,6	275	12	68
11/11/2020	51,9	36,7	276	15	67
12/11/2020	51,6	36,6	275	13	68
13/11/2020	51,6	36,7	274	15	68
15/11/2020	51,4	36,5	275	13	71
17/11/2020	51	39,4	251	21	62
17/11/2020	52	36,6	277	10	68
17/11/2020	52	37,4	270	18	67
18/11/2020	52,2	38,8	260	12	66
19/11/2020	54,2	39,3	265	11	63
21/11/2020	51,6	39,6	252	13	60
21/11/2020	52,9	40,9	248	14	58
23/11/2020	51,5	40,9	243	15	63
24/11/2020	51,8	40,9	244	15	64
24/11/2020	51,7	40,7	245	15	63
24/11/2020	51,5	40,4	246	18	62
25/11/2020	51,6	40,6	245	20	59
26/11/2020	51,6	40,6	245	35	63
26/11/2020	51,6	40,6	245	35	63
27/11/2020	51,6	40,5	246	46	60
29/11/2020	46,1	37,3	254	440	63
30/11/2020	52	37,8	267	360	63
1/12/2020	49,50	37,1	261	405	63
2/12/2020	53,00	37,3	276	420	62
3/12/2020	53,00	37,3	276	420	62
4/12/2020	51,70	36,8	274	115	70
5/12/2020	52,20	36,6	278	55	69
6/12/2020	52,20	36,6	278	55	69
7/12/2020	52,20	36,6	278	55	69
8/12/2020	52,20	36,6	278	55	69
9/12/2020	52,20	36,6	278	55	69
10/12/2020	50,90	37,4	265	34	57
11/12/2020	51,40	37,7	265	36	64
12/12/2020	50,90	37,4	265	34	57
13/12/2020	51,30	37,9	263	25	57
14/12/2020	50,40	37,8	260	20	62
15/12/2020	50,40	37,8	260	17	64

16/12/2020	50,40	37,8	260	17	64
17/12/2020	50,60	37,9	260	20	65
18/12/2020	50,60	37,9	260	20	65
19/12/2020	51,10	38,2	260	21	68
20/12/2020	51,10	38,2	260	21	68
21/12/2020	52,00	38,4	262	10	72
22/12/2020	50,00	38,1	256	10	63
23/12/2020	50,50	38,1	258	18	61
24/12/2020	50,40	38,3	256	15	63
25/12/2020	50,40	38,2	257	18	59
26/12/2020	50,40	38,1	257	18	62
27/12/2020	50,40	38,1	257	18	62
28/12/2020	50,20	38,1	257	18	62
29/12/2020	50,40	38,2	257	18	59
30/12/2020	49,90	38,2	255	9	64
31/12/2020	49,90	38,2	255	9	64
1/1/2021	49,90	38,2	255	9	64
2/1/2021	48,70	36,5	262	14	64
3/1/2021	48,70	36,5	262	14	64
4/1/2021	48,70	36,5	262	14	64
5/1/2021	48,20	36,1	263	22	63
6/1/2021	47,90	35,8	265	12	62
7/1/2021	47,90	35,8	265	12	62
8/1/2021	47,90	35,8	265	12	62

Tabla 3"Tabla de resultados calculados"

3.3 RESULTADOS

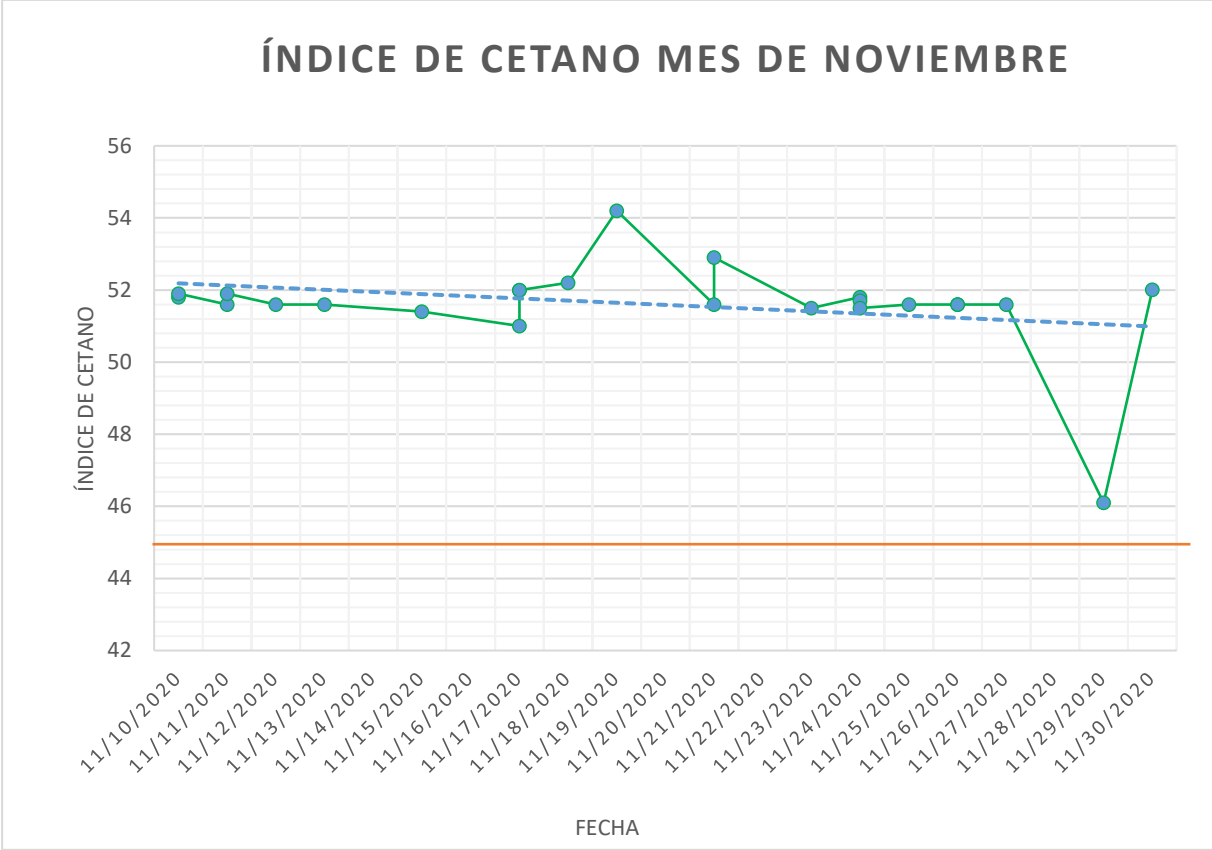


Figura 9 Gráfico Índice de cetano vs fechas noviembre

ÍNDICE DE CETANO MES DE DICIEMBRE

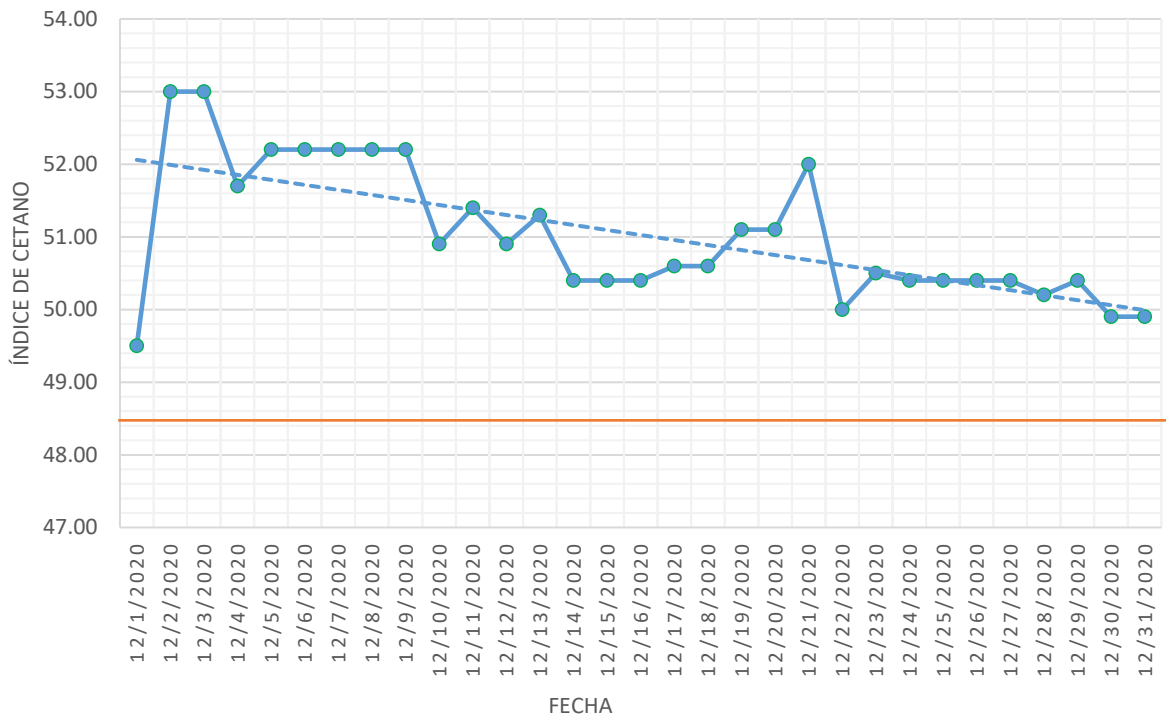


Figura 10 Gráfico índice de cetano vs fechas diciembre

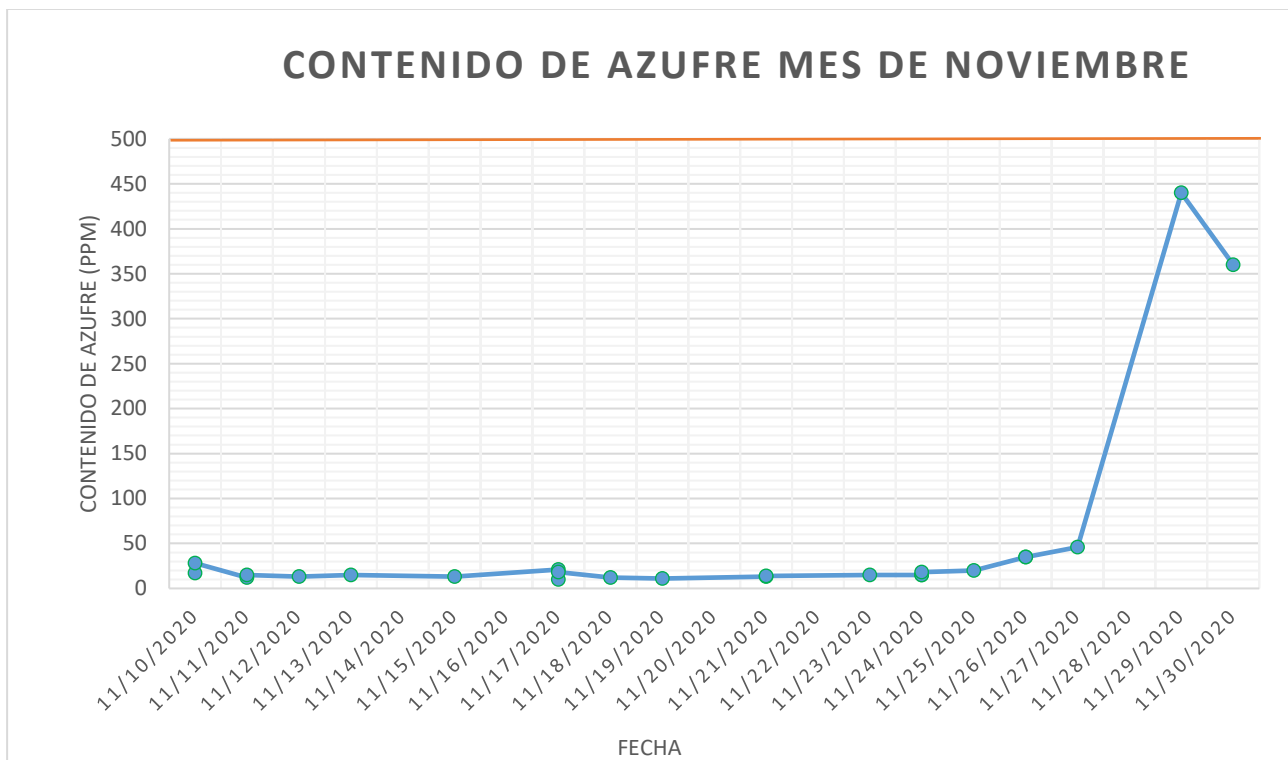


Figura 11 Gráfico contenido de azufre vs fechas de noviembre

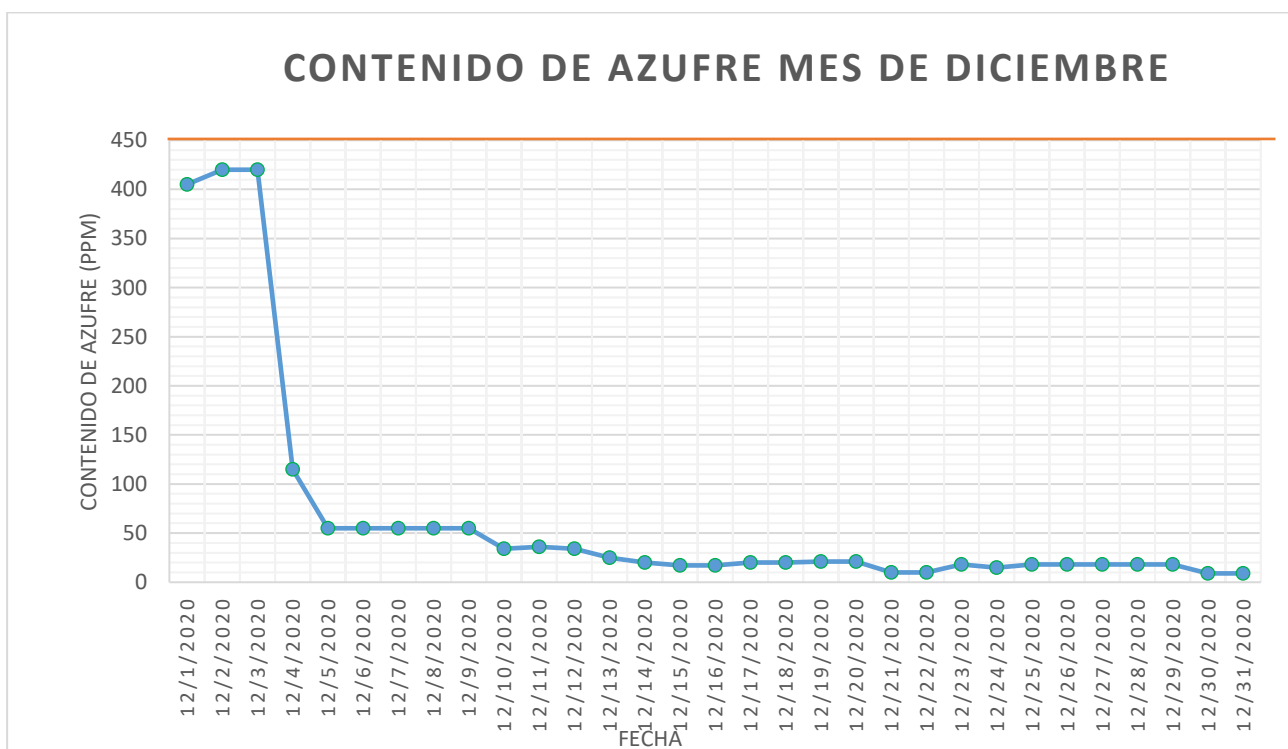


Figura 12 Gráfico contenido de azufre vs fechas de diciembre

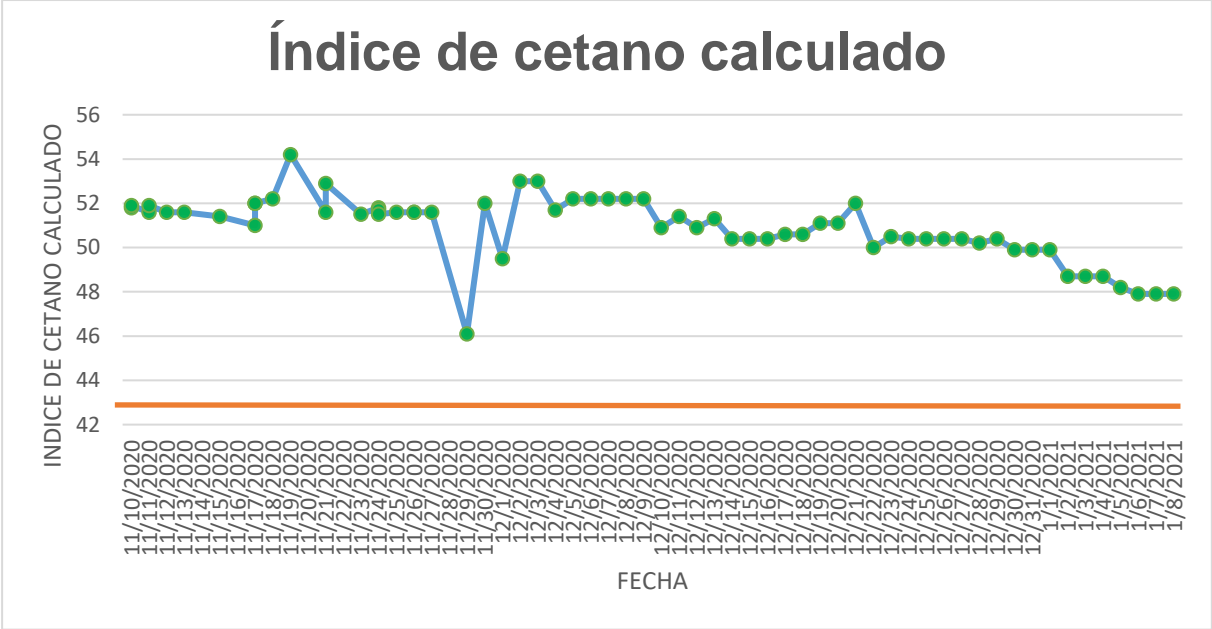


Figura 13 Cálculo del índice de Cetano de las muestras recolectadas. La línea naranja representa el valor mínimo aceptado por la norma

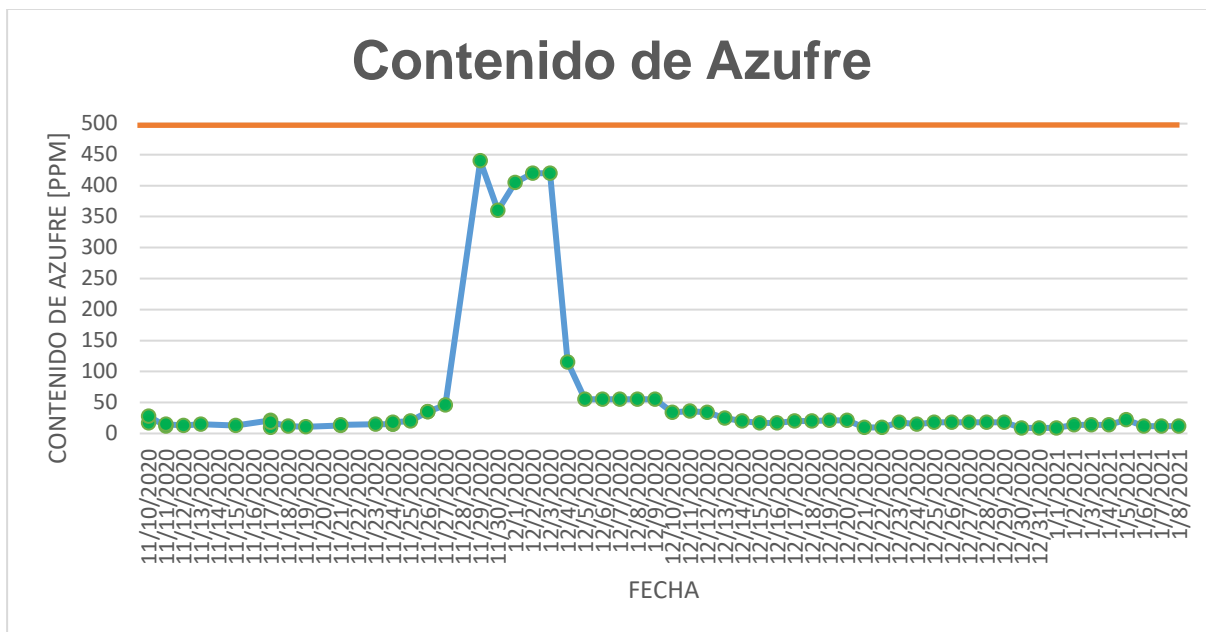


Figura 14 Contenido de azufre de las muestras recolectadas. La línea naranja representa el valor máximo aceptado por la norma.

3.4 Matriz de Parámetros

DIESEL PREMIUM	Si cumple	No cumple	Valor promedio
ÍNDICE DE CETANO	+		50
CONTENIDO DE AZUFRE	+		45.5 ppm
DESTILACIÓN (50%)	+		271 °C
PUNTO DE INFLAMACIÓN	+		64 °C
GRAVEDAD API	+		38.3

Tabla 4 "Tabla de matriz de cumplimiento de parámetros"

** A pesar de que todos los valores se cumplen existen días en los cuales el contenido de azufre estuvo muy cerca a los límites permitidos por la norma (28/11/2020 hasta el 03/12/2020)

Como podemos observar en los gráficos, el DIESEL PREMIUM en los meses de noviembre y diciembre cumple con la normativa NTE INEN 1489. Inicialmente presenta valores altos del índice de cetano (IC) que van disminuyendo con el tiempo. En general, todo el DIESEL PREMIUM que llega hasta la Terminal Pascuales presenta un IC mayor al permitido por la norma NTE INEN 1486. El valor promedio de IC en el periodo de muestreo fue de 50.93 con una desviación estándar de 1.01.

De igual manera, ninguna muestra excedió los 500 ppm en cuanto al contenido de azufre, cumpliendo en su totalidad la norma NTE INEN 1489 para este tipo de combustible. No obstante, al observar la gráfica de la Figura 7, se puede apreciar que en general, las muestras del DIESEL PREMIUM tomadas en el Terminal Pascuales contienen cantidades de azufre más bajas que 50 ppm, exceptuando el combustible que fue recibido entre los días 27/11/2020 y 5/12/2020, donde los valores se incrementaron por encima de los 400 ppm.

3.5 Impacto Ambiental

Como se mencionó anteriormente en los periodos en los que se realizaron las pruebas se obtuvo un contenido considerado bajo de azufre a excepción de un corto periodo de tiempo donde el azufre llegó a casi 500 ppm.

Si se mantiene este control en las importaciones de Diesel premium del país, se podría trabajar con filtros de partículas Diesel, aunque solo se alcanzaría una efectividad del 50% por lo cual es más útil, utilizar la reducción catalítica selectiva. La efectividad de estos métodos para la reducción de emisiones depende netamente del nivel de azufre en el combustible.

El carbono negro o comúnmente llamado material particulado es generalmente provocado por la combustión de motores de Diesel, este material afecta a la salud de los habitantes provocando enfermedades que disminuyen las funciones vasculares y respiratorias. Estudios han demostrado que medidas como limitar el contenido de azufre a 50 ppm y utilizar filtros de material particulado, disminuyen la cantidad de carbono negro emitido al medio ambiente. Así evitando unas 27000 muertes prematuras al año. Según esto, vemos que el Diesel que se comercializa en el país cumple con la responsabilidad ambiental a excepción de los días en los que vino con un contenido de azufre elevado. (Gladstein, neandross y associates, 2014)

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES

El Diésel Premium es el combustible más usado para el transporte particular y de carga pesada en el Ecuador. Esto nos da una idea de la importancia de un análisis profundo y un monitoreo de la calidad tanto en su eficiencia energética, como en su impacto en el ambiente y la salud.

- El DIESEL PREMIUM que llega al Terminal Pascuales a través del oleoducto TRES BOCAS-PASCUALES, es exclusivamente de importación, esto quiere decir que viene de diferentes fuentes y su calidad puede variar. La única forma de garantizar la calidad de este combustible es a través de un continuo monitoreo.
- En los meses del estudio, el índice de cetano tuvo valores promedio mayores a 51, esto muestra que el DIESEL PREMIUM distribuido por este Terminal tiene la calidad suficiente para todos los motores diésel usados en transporte e industria.
- Datos anómalamente altos de azufre fueron detectados desde el 28/11/2020 hasta el 03/12/2020. Por un lado, estos valores están dentro de la norma (para DIESEL PREMIUM el valor máximo es 500 ppm de azufre) pero, en general, este Terminal recibía Diésel con valores de azufre menores que 50 ppm, presentando un nivel de calidad bastante importante y disminuyendo considerablemente el impacto ambiental aun más de lo que la norma ambiental exige.
- Como el combustible es importado, resulta económicamente inviable la mejora de este combustible a través de medios físicos o químicos. Se propone, en cambio, un mejor monitoreo del combustible, con normas más estrictas que permitan recibir un producto de mejor calidad.
- Para utilizar tecnología Euro 5 para los motores de los vehículos, se requieren un Diesel con menos de 50 PPM. Mientras que en el país se comercialice Diesel con este contenido de azufre, se dificulta una transición a esta

tecnología. Sin embargo, hay que mencionar que el Diesel que se comercializa actualmente en la mayoría de ciudades del país está muy cercano a cumplir con el objetivo planteado por el presidente Lenin Moreno, quién emitió un decreto para tener normas más rigurosas en cuanto a calidad de combustible importada y también ordenó la actualización de las normativas que se encuentran vigentes. Todo esto con el fin de llegar a cumplir con la normativa EURO V.

- Combustibles de mayor calidad generan menos emisiones contaminantes, menos afectaciones a la salud de la población y una mayor vida útil en los vehículos.
- En la matriz de parámetros del análisis de resultados, se puede corroborar que el combustible que se comercializa desde el terminal pascales tiene una calidad óptima para su uso.

4.2 RECOMENDACIONES

Una vez concluido el estudio se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda la realización de estudios futuros principalmente para la selección correcta de aditivos que mejoren la calidad del Diesel y que sean viables económicamente
- Se recomienda la realización de un sistema tipo filtro que pueda contener el azufre y así tener un diesel más limpio.
- Se recomienda un análisis prolongado para controlar los picos donde el contenido de azufre se eleva y así reducir estas anomalías.
- Se recomienda el planteo de una reforma que aumente las restricciones del diesel importado, de esta manera se podrá cumplir con los objetivos propuestos por el gobierno

5. Bibliografía

Gladstein, neandross y associates. (2014). *latin america diesel pollution IB*. Obtenido de Limpiando el aire de América Latina:

<https://www.nrdc.org/sites/default/files/latin-america-diesel-pollution-IB-sp.pdf>

INEN. (2013). *Normalizacion.gob.ec*. Obtenido de

https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1493-2.pdf

INEN:1489. (2012). *PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. DIÉSEL. REQUISITOS*. Obtenido de

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1489-6.pdf>

INEN:2319. (2013). *PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD API POR MEDIO DE UN HIDRÓMETRO*. Obtenido de

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2319-1.pdf>

Ortiz, M. (2012). *ESTUDIO COMPARATIVO DEL USO DEL DIESEL ENTRE EUROPA Y ECUADOR*. Obtenido de

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>

Valencia, S. (2013). *CARACTERIZACIÓN DE MEZCLAS DIESELBIODIESEL ORIENTADAS A DISMINUIR LAS EMISIONES CONTAMINANTES*. Obtenido de

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2459/1/T-UCE-0017-55.pdf>

<https://www.rekursosyenergia.gob.ec/ecuador-cuenta-con-dos-de-los-precios-mas-bajos-de-comercializacion-de-combustibles-en-la-region/>

6. Anexos

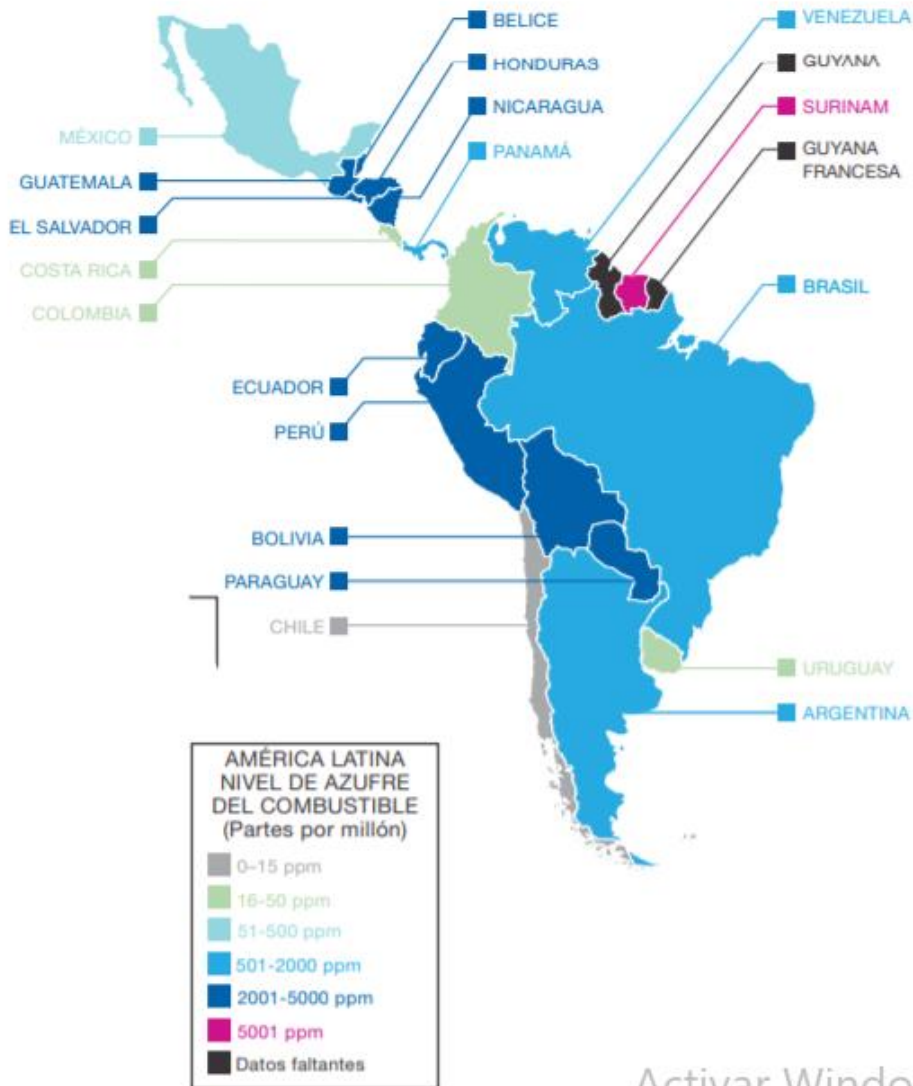
Tabla 1: Cuadro de resumen de los principales indicadores de los países estudiados en este informe

PAÍS	MP ₁₀ nacional anual y estándares de MP _{2.5} de ²⁷	Nivel máximo de azufre en el combustible diésel	Uso del diésel en el sector vial (miles de toneladas de equivalente de petróleo por año)	Número de vehículos registrados ²⁸	Estándares de emisiones para los vehículos nuevos ²⁹
ARGENTINA ³⁰	MP ₁₀ : Ninguno MP _{2.5} : Ninguno	1500 ppm (500 en Buenos Aires, Rosario, Mar del Plata y Bahía Blanca)	7212 (2008)	11 MM (2011)	Vehículos livianos, vehículos pesados y autobuses: Euro V ³¹
BOLIVIA ³²	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : Ninguno	5000 ppm	1058 (2010)	1,1 MM (2011)	Autobuses: Euro III (La Paz) ³³
BRASIL	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : Ninguno	1800 ppm (entre 50 y 500 en las principales ciudades) ³⁴	28 732 (2009) ³⁵	64,8 MM (2010) ³⁶	Vehículos livianos: Euro IV Vehículos pesados: Euro V
CHILE	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : 20 µg/m ³	15 ppm ³⁷	3534 (2010) ³⁸	3,4 MM (2010) ³⁹	Vehículos livianos y medianos: Euro V Vehículos pesados: Euro V (desde septiembre de 2014) Autobuses: U.S. 2004 NO _x / U.S. 2007 MP ⁴⁰
COLOMBIA ⁴¹	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : 25 µg/m ³	50 ppm ⁴²	3754 (2010)	7,2 MM (2011)	Vehículos livianos: Euro IV Vehículos pesados: Euro IV (desde 2015) Autobuses: Euro II
ECUADOR ⁴³	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : 15 µg/m ³	5000 ppm (500 en Quito y Cuenca) ⁴⁴	2415 (2010)	1,4 MM (2011)	Vehículos livianos: Euro I / U.S. 1987 Vehículos pesados: Euro II / U.S. 1994
EL SALVADOR ⁴⁵	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : 15 µg/m ³	5000 ppm	Niveles desconocidos	0,7 MM (2012)	Vehículos livianos: Euro I / U.S. 1987
GUATEMALA ⁴⁶	MP ₁₀ : Ninguno MP _{2.5} : Ninguno	5000 ppm	Niveles desconocidos	2,1 MM (2010)	Ninguno
HONDURAS ⁴⁷	MP ₁₀ : Ninguno MP _{2.5} : Ninguno	5000 ppm	Niveles desconocidos	1,2 MM (2012)	Ninguno
MÉXICO	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : 15 µg/m ³	15 ppm, pero la mayor parte del diésel es 300 ppm ⁴⁸	13 767 (2009) ⁴⁹	30,2 MM (2011)	Todos: Euro IV / U.S. 2004
NICARAGUA ⁵⁰	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : Ninguno	5000 ppm	Niveles desconocidos	0,6 MM (2012)	Ninguno
PARAGUAY ⁵¹	MP ₁₀ : Ninguno MP _{2.5} : Ninguno	2500 ppm	1039 (2010)	1,15 MM (2013)	Ninguno obligatorio
PERÚ ⁵²	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : 25 µg/m ³	5000 ppm (15 en Lima y Callao)	3426 (2010)	2,6 MM (2011)	Vehículos livianos y pesados: Euro III Autobuses: Euro IV (Lima)
URUGUAY ⁵³	MP ₁₀ : Ninguno MP _{2.5} : Ninguno	50 ppm ⁵⁴	582 (2010)	1,6 MM (2011)	Todos: Euro III
VENEZUELA	MP ₁₀ : 50 µg/m ³ MP _{2.5} : Ninguno	2000 ppm ⁵⁴	2909 (2010) ⁵⁶	4,4 MM (2011)	Vehículos pesados: Euro I / U.S. 1991 ⁵⁶

Esta columna enumera los tipos de normas, utilizando los sistemas de EEUU o Europa, que ya están implementados para vehículos ligeros, vehículos pesados o autobuses en cada país. Para obtener más información, vea el Apéndice 3: U.S. and E.U. Heavy-Duty Diesel Engines Emission Standards en el informe completo, *Dumping Dirty Diesels in Latin America*.

Algunos países han adoptado estándares de MP más estrictos, o estándares de MP₁₀ para sus ciudades principales. Por ejemplo, La Paz, Bolivia, ha adoptado estándares de MP₁₀ anuales y MP_{2.5} equivalentes a los de la OMS de 20 y 10 µg/m³, respectivamente. Además, Montevideo, Uruguay, ha adoptado un estándar anual de MP₁₀ de 60 µg/m³.

Figura 2: Mapa de los países de América Latina con sus correspondientes niveles de azufre en combustible



Fuente: Mapa adaptado de la Asociación para Combustibles y Vehículos Limpios del UNEP

Activar Windows
Ve a Configuración para