

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

**“EVALUACIÓN TÉCNICA Y OPTIMIZACIÓN DEL USO DE
ADITIVOS COMERCIALES PARA ELEVAR EL OCTANAJE
DE LAS GASOLINAS EN EL ECUADOR”**

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

Presentado por:

FELIPE ALFONSO DRUET RODRÍGUEZ

PAOLA VIVIANA VERA CASTRO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2017

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la evaluación de la efectividad de los aditivos comerciales utilizados para incrementar el octanaje de las gasolinas en el Ecuador, mediante ensayos fisicoquímicos de los parámetros de la gasolina, de acuerdo a las especificaciones de la Normativa Técnica INEN 935.

Se recolectó muestras de estos productos en diferentes distribuidoras y se realizaron los ensayos de las gasolinas Ecopaís, Super y Extra. Adicionalmente se trabajó con la naftalina, hidrocarburo aromático sólido, para comprobar si realmente incrementa el octanaje de la gasolina. Las mezclas fueron realizadas de acuerdo a las dosificaciones recomendadas en las etiquetas de los productos y posteriormente se probó con otras dosis diferentes, hasta un punto máximo en donde ya no había variación del octanaje.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se demostró que tan solo 1 de los 5 aditivos analizados cumple con lo indicado en su etiqueta, otro logra aumentar el octanaje, pero a una dosis diferente a la especificada en su etiqueta y los 3 aditivos restantes además de no cumplir con lo especificado, actúan de manera contraria, alterando la calidad del combustible y perjudicando tanto al combustible como al consumidor.

Palabras Claves: aditivos comerciales; octanaje; efectividad; naftalina

ABSTRACT

The present project consists in the evaluation of the effectiveness of the commercial additives to raise the octane of the gasolines in Ecuador, making physicochemical tests of the parameters of the gasoline, according to the specifications of the Technical Regulation INEN 935.

Samples were collected from different distributors of these products and tests were made in Ecopaís, Super and Extra gasolines. Additionally, naphthalene is used as it is said to raise octane. The mixtures were made at the recommended dosages on the labels of the products and subsequently tested with different dosages, until a maximum point where there was no variation of the octane.

According to the results obtained, it was shown that only 1 of the 5 additives analyzed complies with what is indicated on its label, another additive manages to increase the octane but at a dose different from the one specified and the 3 remaining additives besides on not complying with what is specified in its label, acts in a contrary way harming both the fuel and the consumer.

Keywords: Commercial additives; Octane; efficiency; naphthalene

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mi madre, por ser una de las personas más importantes en mi vida, la cual siempre ha estado brindándome su apoyo para seguir adelante con mi superación tanto personal como profesional. Así mismo a mi padre, hermanos y resto de mi familia quienes siempre me brinda su apoyo.

A mí estimado tutor del proyecto integrador, Ing. Raúl Serrano, por tener la paciencia y el deseo de transmitir sus conocimientos con claridad, por ayudarme cada día con la motivación necesaria para culminar este proyecto.

Para ellos y por ellos todo mi esfuerzo

Felipe Druet

DEDICATORIA

El presente trabajo, fruto de mi esfuerzo, dedicación y sacrificio, lo dedico:

A toda mi familia, en especial a mí querida madre, María Castro, quien ha sido el pilar fundamental en mi vida personal y profesional, la que cada día me ha inculcado valores y el deseo de responsabilidad y superación, y para mi querido tío Alberto quien me ha ayudado en gran manera en toda mi vida profesional.

A mí estimado, Ing. Raúl Serrano, por la ayuda brindada, por sus sabios consejos y por transmitirme sus conocimientos a lo largo de este proyecto.

A los ingenieros de la Terminal de Hidrocarburos Pascuales, quienes, desde el primer momento, nos brindaron su ayuda y consejo, para la realización de este proyecto.

Paola Vera

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por permitir culminar este proyecto, por darme la salud y la fuerza necesaria para no rendirme.

Gracias al máster Raúl Serrano, por su gran ayuda a lo largo de este proyecto, por brindarnos su tiempo y guiarnos para culminar este proyecto.

A los ingenieros de la Terminal de Hidrocarburos de Pascuales PetroEcuador, al Ing. Manuel Ruiz, Ing. Freddy Gómez, al Ing. José, al Ing. Danny y a todos, gracias ya que nos recibieron de la mejor manera y siempre nos trataron con mucho respeto y humildad.

A mi mamá, papá y hermanos, abuelos y a mi novia, ya que siempre han estado pendientes de mí y de mis estudios.

Felipe Druet

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque gracias a él estoy con vida y he logrado terminar este proyecto.

A mi mamita querida que la amo, a mi tío Alberto, hermanos quienes son los que me han apoyan incondicionalmente siempre. A mi querido novio que siempre me ayuda en todo.

Al Ing. Raúl Serrano profesor y tutor, por compartir sus sabios conocimientos con entereza y claridad, por aportar con un granito de arena para lograr culminar este proyecto.

A los ingenieros de la Terminal de Hidrocarburos de Pascuales PetroEcuador por su apoyo incondicional en este proyecto, en especial al Ing. Manuel Ruiz, quien desde el primer momento me brindó su ayuda y me acompañó en todo el proceso con mucha paciencia y dedicación, al Ing. Juan Contreras quien también me regalo su tiempo valioso, así mismo Al Ing. Freddy Gómez siempre dispuesto a colaborar en lo que se necesitaba, a Danny y a muchos otros más, a todos mil gracias.

A la Espol, ya que ahí es donde he adquirido los conocimientos necesarios para realizar este proyecto.

.

Paola Vera

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Felipe Alfonso Druet Rodríguez

Paola Viviana Vera Castro

Y el patrimonio intelectual del mismo a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Firma Autor 1

Firma Autor 2

ÍNDICE

Resumen

Índice General

Contenido

Pág.

Capítulo 1

Generalidades

1.1.	Introducción	1
1.2.	Antecedentes	3
1.3.	Objetivos	8
1.3.1.	Objetivo General	8
1.3.2.	Objetivos específicos	8
1.4.	Justificación	9

Capítulo 2

Marco teórico

2.1.	Gasolina	13
2.2.	Composición de la gasolina	13
2.3.	Clasificación de la gasolina	14
2.3.1.	Gasolina natural	14
2.3.2.	Gasolina de destilación atmosférica	14
2.3.3.	Gasolina de craqueo catalítico	14

2.3.4.	Gasolina de reformado catalítico	15
2.3.5.	Nafta isomerizada	15
2.4.	Gasolina en el Ecuador	15
2.5.	Propiedades físicas de la gasolina	16
2.6.	Pruebas estándares realizadas a las gasolinas en el Ecuador	17
2.6.1.	Número de octano	17
2.6.1.1.	Medición del octanaje en el Ecuador	18
2.6.1.2	Numero de Octano RON.	19
2.6.1.3.	Numero de Octano MON	19
2.6.1.4.	Destilación ASTM D86	19
2.6.1.5	Relación vapor - liquido	20
2.6.1.6.	Presión de vapor	20
2.6.1.7.	Corrosión a la lámina de cobre	21
2.6.1.8.	Contenido de gomas	21
2.6.1.9.	Contenido de azufre	22
2.6.1.10.	Contenido de aromáticos	23
2.6.1.11	Contenido de oxigeno	23
2.6.1.12.	Contenido máximo de plomo	24
2.6.1.13.	Medición de la gravedad API	24
2.7	Factores que influyen en el índice de octano	24

2.7.1	Peso molecular del hidrocarburo	24
2.7.2	Ramificación de la molécula	25
2.7.3.	Instauración	25
2.7.4.	Grado de ciclación	25
2.7.5	Aditivos comerciales para elevar el octanaje de la gasolina	25
2.7.5.1	Aditivos oxigenados	26
2.7.5.1.1	DIPE	26
2.7.5.1.2.	TAME	26
2.7.5.1.3.	ETBE	26
2.7.5.2	Aditivos aromáticos	26
2.7.5.2.1.	Benceno	27
2.7.5.2.2.	Tolueno	27
2.7.5.2.3	Xilenos	27
2.7.5.2.4	Etilbenceno	27
2.7.5.3	Organometálicos	27

Capítulo 3

Metodología

3.1.	Descripción de los aditivos evaluados	30
3.1.1.	Aditivo A de color gris	30
3.1.2.	Aditivo B de color azul	30
3.1.3.	Aditivo C de color anaranjado	30

3.1.4	Aditivo D de color negro	31
3.1.5.	Aditivo E de color amarillo	31
3.2.	Descripción de los equipos utilizados para el análisis	31
3.2.1.	Analizador de Gasolinas	31
3.2.2	Equipo de destilación	32
3.2.3.	Medidor de presión de vapor	33
3.2.4.	Equipo de contenido de azufre	34
3.2.5.	Equipo de corrosión a la lámina de cobre	34
3.2.6.	Contenido de gomas	35
3.2.7	Equipo de medición del octanaje - Octanómetro	36
3.3.	Descripción de los procedimientos para los ensayos caracterizados	37
3.3.1.	Acondicionamientos de las muestras de gasolinas	37
3.3.2.	Dosificación de los aditivos comerciales en las gasolinas	37
3.3.3.	Dosificación de la naftalina	37
3.3.4.	Ensayo 1 - PETROSPEC	38
3.3.5.	Optimización del aditivo	38
3.4.	Ensayo 2 – Gravedad API	39
3.5.	Ensayo 3 – Contenido de azufre	39
3.6.	Ensayo 4 – Presión de vapor	39
3.7.	Ensayo 5 – Destilación ASTM	40

3.8.	Ensayo 5 – Relación vapor-liquido	40
3.9.	Ensayo 6 – Corrosión a la lámina de cobre	40
3.10	Ensayo 7 – Contenido de gomas	
3.11.	Ensayo 8 – Determinación del octanaje en el octanometro	41
3.11.1.	Acondicionamiento del equipo	41
3.11.2.	Medición del octanaje	42
Capítulo 4		
<i>Resultados</i>		
4.1.	Resultados obtenidos en el Analizador de Gasolina	43
4.1.1.	Resultados de Aditivación en la gasolina Ecopaís	44
4.1.1.2.	Gasolina Ecopaís con Aditivo A de color gris	46
4.1.1.3.	Gasolina Ecopaís con Naftalina	48
4.2	Comparación de los aditivos evaluados en la gasolina Ecopaís	49
4.3	Contenido de azufre	51
4.4	Presión de Vapor Reid	51
4.5	Destilación ASTM	52
4.6	Corrosión a la lámina de cobre	52
4.7	Contenido de goma de la gasolina Ecopaís	53
4.8	Relación Vapor- liquido	53
4.9	Resultados de Aditivación en la Gasolina Super	54
4.9.1	Super con Aditivo A de color gris	54

4.9.2	Super con Aditivo B de color azul	56
4.9.3	Super con Aditivo C de color naranja	58
4.9.4	Super con Aditivo D de color negro	60
4.9.5	Super con Aditivo E de color amarillo	62
4.9.6	Gasolina Super con Naftalina	64
4.10	Comparación de aditivos evaluados en la Gasolina Super	65
4.11	Contenido de Azufre Super	67
4.12	Presión de Vapor Reid	67
4.13	Destilación ASTM	68
4.14	Corrosión a la lámina de cobre	69
4.15	Contenido de goma	69
4.16	Relación vapor -liquido de la gasolina Super	69
4.17	Gasolina Extra con Aditivo	70
4.17.1	Gasolina Extra con Aditivo A Gris	70
4.17.2	Gasolina Extra con Aditivo B Azul	72
4.17.3	Gasolina Extra con Aditivo C naranja	74
4.17.4	Gasolina Extra con Aditivo D negro	76
4.17.5	Extra con Aditivo E amarillo	78
4.18	Comparación de los aditivos evaluados en la gasolina Extra	80
4.19	Contenido de Azufre gasolina Extra	81

4.20	Presión de Vapor gasolina Extra	81
4.21	Destilación Gasolina Extra	82
4.22	Corrosión a la lámina de cobre gasolina Extra	83
4.23	Contenido de goma de la gasolina Extra	83
4.24	Relación vapor -liquido de la gasolina Extra	83
4.25	Ensayo Complementario en el Octanómetro	84
4.26	Ensayo -Gravedad API	85

Capítulo 5

Análisis de Resultados

5.1.	Análisis por aditivo	59
5.1.1.	Análisis para el aditivo A	86
5.1.2.	Análisis para el aditivo B	87
5.1.3.	Análisis para los aditivos C, D,E	87
5.1.4	Análisis para la Naftalina	87
5.2.	Análisis por efectividad	88
5.3.	Análisis por parámetros	89
5.3.1.	Análisis para el numero de octano	89
5.3.2.	Análisis para el contenido de azufre	89
5.3.3.	Análisis para la Presión de vapor Reid	89
5.3.4	Análisis para la Destilación ASTM	90
5.3.5	Análisis a la corrosión a la lámina de cobre	90

5.3.6	Análisis para el contenido de Gomas	90
-------	-------------------------------------	----

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1.	Conclusiones	91
------	--------------	----

6.2.	Recomendaciones	92
------	-----------------	----

Bibliografía

Glosario de Términos

Anexos

Anexo A. Registro Fotográfico

Anexo B. Resultados Generales

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Límites máximos internacionales para Agentes Tóxicos durante los años	4
Tabla 1.2	Requisitos de calidad para las gasolinas ecuatorianas de 87 Octanos	6
Tabla 1.3	Requisitos de calidad para las gasolinas ecuatorianas de 92 Octanos	7
Tabla 2.1	RON de Hidrocarburos Puros	16
Tabla 3.1	Dosis recomendadas en las etiquetas de los aditivos evaluados	36
Tabla 4.1	Resultados del PetroSPEC para la Gasolina Ecopaís con aditivo A	44
Tabla 4.2	Resultados del PetroSPEC para la Gasolina Ecopaís con aditivo B	46
Tabla 4.3	Resultados del PetroSPEC para la Gasolina Ecopaís con Naftalina	48
Tabla 4.4	Resultados del contenido de azufre para la gasolina Ecopaís	50
Tabla 4.5	Resultados de Presión de vapor Reid para la Gasolina Ecopaís	50
Tabla 4.6	Resultados de la Destilación ASTM para la Gasolina Ecopaís	51
Tabla 4.7	Resultados de Corrosión a la lámina de cobre para la gasolina Ecopaís	52
Tabla 4.8	Resultados del Contenido de goma de la gasolina Ecopaís	53
Tabla 4.9	Resultados de Relación Vapor- liquido de la gasolina Ecopaís	53
Tabla 4.10	Resultados del PetroSpec para la gasolina Súper con el aditivo A	54
Tabla 4.11	Resultados del PetroSpec para la gasolina Super con el aditivo B	56
Tabla 4.12	Resultados del PetroSpec para la gasolina SUPER con el aditivo C	58
Tabla 4.13	Resultados del PetroSpec para la gasolina Super con el aditivo D	60

Tabla 4.14	Resultados del PetroSpec para la gasolina Super con el aditivo E	62
Tabla 4.15	Resultados del PetroSpec para la gasolina Super con naftalina	64
Tabla 4.16	Resultados del Contenido de azufre para la gasolina Super	67
Tabla 4.17	Resultados de Presión de vapor para la Gasolina Super	67
Tabla 4.18	Resultados de Destilación ASTM para la gasolina Super	68
Tabla 4.19	Resultados Corrosión a la lámina de cobre para la gasolina Super	69
Tabla 4.20	Resultados del Contenido de goma de la gasolina Super	69
Tabla 4.21	Resultados de Relación Vapor- liquido de la gasolina Super	69
Tabla 4.22	Resultados del PetroSpec para la gasolina Extra con el aditivo A	70
Tabla 4.23	Resultados del PetroSpec para la gasolina Extra con el aditivo B	72
Tabla 4.24	Resultados del PetroSpec para la gasolina Extra con el aditivo C	74
Tabla 4.25	Resultados del PetroSpec para la gasolina Extra con el aditivo D	76
Tabla 4.26	Resultados del PetroSpec para la gasolina Extra con el aditivo E	78
Tabla 4.27	Resultados del Contenido de azufre para la gasolina Super	81
Tabla 4.28	Resultados de Presión de vapor para la Gasolina Super	81
Tabla 4.29	Resultados de Destilación ASTM para la gasolina Super	82
Tabla 4.30	Resultados Corrosión a la lámina de cobre para la gasolina Super	83
Tabla 4.31	Resultados del Contenido de goma para la gasolina Super	83
Tabla 4.32	Resultados de Relación Vapor- liquido de la gasolina Super	83
Tabla 4.33	Resultados obtenidos en el Octanómetro	84
Tabla 4.34	Resultados de Gravedad API	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Mezcla para producción de gasolina con 87 octanos	7
Figura 1.2	Consumo de los sectores económicos	9
Figura 1.3	Consumo de gasolinas por tipo de vehículo	10
Figura 2.1	Tipos de Compuestos Aromáticos	22
Figura 3.1	Analizador de Gasolinas Marca: PetroSpec	32
Figura 3.2	Equipo de Destilación ASTM	33
Figura 3.3	Equipo de Presión de Vapor	33
Figura 3.4	Equipo de medición de contenido de azufre	34
Figura 3.5	Equipo de Corrosión a la lámina de Cobre	35
Figura 3.6	Equipo para el ensayo de contenido de gomas	36
Figura 3.7	Octanómetro	36

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 4.1	Gasolina Ecopaís vs Dosificación de Aditivo A gris	45
Gráfica 4.2	Gasolina Ecopaís vs Dosificación de Aditivo B azul	47
Gráfica 4.3	Gasolina Ecopaís vs Dosificación de Naftalina	49
Gráfica 4.4	Comparación de las curvas de octanaje con los aditivos	50
Gráfica 4.5	Gasolina Super vs Dosificación de Aditivo A gris	55
Gráfica 4.6	Gasolina Super vs Dosificación de Aditivo B azul	57
Gráfica 4.7	Gasolina Super vs Dosificación de Aditivo C naranja	59
Gráfica 4.8	Gasolina Super vs Dosificación de Aditivo D negro	61
Gráfica 4.9	Gasolina Super vs Dosificación de Aditivo E amarillo	63
Gráfica 4.10	Gasolina Super vs Dosificación de naftalina	65
Gráfica 4.11	Comparación de las curvas de octanaje con los aditivos	66
Gráfica 4.12	Gasolina Extra vs Dosificación de Aditivo A gris	71
Gráfica 4.13	Gasolina Extra vs Dosificación de Aditivo B azul	73
Gráfica 4.14	Gasolina Extra vs Dosificación de Aditivo C naranja	75
Gráfica 4.15	Gasolina Extra vs Dosificación de Aditivo D negro	77
Gráfica 4.16	Gasolina Extra vs Dosificación de Aditivo E amarillo	79
Gráfica 4.17	Comparación de las curvas de octanaje con los aditivos	80

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El octanaje es el parámetro que mide el poder antidetonante de los carburantes en especial de las gasolinas de motor, cuando son comprimidos en la cámara de combustión de un motor. Es uno de los parámetros principales utilizados en el control de calidad de la gasolina y proporciona información sobre la resistencia a la detonación prematura, la cual se produce cuando la temperatura de la mezcla combustible-aire bajo el efecto de la compresión, da lugar a la auto-detonación de la mezcla sin la ayuda de una chispa. La detonación prematura del combustible genera impulsos de presión en el cilindro del motor y causa un aumento en el consumo de combustible, la pérdida de potencia del motor e incluso el daño del motor. Este es el principal problema que presentan las gasolinas en los vehículos de gama alta, ya que estos vehículos requieren gasolina de mejor calidad para su buen funcionamiento. (Barberii, 1989)

En el país existe un alto consumo de gasolinas generado en parte por la baja eficiencia de los motores de combustión interna y el excesivo número de vehículos que circulan.

En el Ecuador se comercializan tres tipos de gasolinas: Extra, Ecopaís y Super que se diferencian por su octanaje provenientes de las Refinerías de Esmeraldas, Shushufindi y La Libertad.

La gasolina para automotores es una mezcla de la gasolina proveniente de los procesos de reformación catalítica, isomerización, craqueo catalítico y de la nafta de alto octanaje importada. A dicha mezcla se le agrega una serie de aditivos tales como: anticorrosivos, antioxidantes y desactivadores metálicos con el fin de obtener un producto que bordee los 87 octanos para el caso de la gasolina Extra y Ecopaís y 92 octanos para la gasolina Super y cumpla con las regulaciones del país.

El octanaje de las gasolinas que produce el país, no es suficiente para vehículos como los de gama alta, que usan alta tecnología y vienen

programados para utilizar gasolinas con un rango de octanaje entre los 94 y 100 octanos, por lo que usar gasolina con un octanaje que no es el indicado causa afectaciones al vehículo y molestias al conductor, además de desfavorecer al mercado ecuatoriano. Para que estos tipos de vehículos puedan circular correctamente, se les debe modificar el software y realizar mantenimientos más frecuentes, lo que resulta más costoso.

Es por esto que, para mejorar el octanaje de la gasolina, los laboratorios han desarrollado aditivos comerciales, que según lo expuesto en sus etiquetas ofrecen a los usuarios mejorar el combustible y atenuar el deterioro del motor. Existen de diferentes marcas y precios, con instrucciones de mezclado en proporciones según la cantidad de gasolina que se utilice.

Mediante la evaluación de la eficiencia de los aditivos comerciales para elevar el octanaje en las gasolinas Ecopaís, Extra y Super, se pretende comprobar la veracidad de lo indicado en la etiqueta/ficha técnica de los aditivos, identificar el aditivo comercial que logra aumentar el número de acuerdo a la dosis recomendada y optimizar el uso de estos productos.

Se ha escogido cinco tipos de aditivos comerciales de las marcas más reconocidas, 2 de marca nacional y 3 de marca extranjera, de diferentes estaciones de servicio y distribuidoras de productos automotrices. Adicionalmente se probó la efectividad que tiene la naftalina para elevar el octanaje, producto conocido entre los usuarios como un buen mejorador de octanaje.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se puede proporcionar información confiable sobre la eficiencia de estos aditivos, tanto a los usuarios como a las autoridades reguladores como la ARCH, el Ministerio de Industria y Productividad, etc., quienes pueden contar con el sustento técnico generado mediante este trabajo, para realizar los controles respectivos a las distribuidoras de este tipo de aditivos y evitar o disminuir la publicidad engañosa que se muestran en las etiquetas de estos productos.

1.2 ANTECEDENTES

En el pasado, la gasolina era considerada como un producto secundario en los procesos de refinamiento y su obtención carecía de importancia. Ya que hace 50 años, la relación de compresión de un motor podía ser de 7 a 1, y para ello bastaba la gasolina natural que bordeaba los 65 octanos.

En la actualidad, es uno de los productos principales, que mueve al transporte en el mundo. Los motores tienen la relación de compresión de 9,5 a 1 y más, por lo cual necesitan gasolinas con octanaje de 90 o más, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar donde se transite.

Es entonces, que el principal problema que enfrentan los fabricantes de vehículos, es el cascabeleo ocasionado por las gasolinas de bajo octanaje. Este se da cuando la mezcla gasolina-oxígeno genera reacciones antes de que la mezcla llegue a la cámara de combustión y se da por la dirección opuesta de dos frentes de llamas: la debida a la explosión anticipada del combustible por la elevada temperatura y la que produce la bujía.

En el año 1922, se encontró que el platino, la plata y el plomo evitaban las reacciones que generaban el cascabeleo. Desde ese momento, todas las refinerías del mundo empezaron a usar el compuesto de tetraetilo de plomo (TEL) en sus procesos, ya que era el compuesto más óptimo para lograr aumentar la calidad de las gasolinas, es decir aumentaba el octanaje, logrando evitar en su mayoría las molestias por el cascabeleo.

Para la década de 1970, las consecuencias medioambientales de la combustión de gasolina con plomo, comenzaron a tener más atención. Lo que conllevó a limitar la composición de las gasolinas, con la eliminación gradual de TEL y su sustitución por otros compuestos antidetonantes.

Así mismo se limitó la concentración de ciertos agentes catalogados como tóxicos, ya que afectaban no solo al medio ambiente, sino a la salud de los usuarios. En la tabla 1.1 se puede observar los niveles permisibles que se han exigido a lo largo del tiempo por entes internacionales como la Agencia de Protección del Ambiente (EPA) norteamericana.

Tabla 1.1 Límites máximos internacionales para Agentes Tóxicos durante los años

Agentes Tóxicos	Año		
	1990	1995-1997	1997 hasta la actualidad
Benceno (%v)	1,59	1	1
Aromáticos (%v)	32	28	25
Azufre (%p)	0,1	0,05	0,005
Contenido de Metales	-	No metales pesados	No metales pesados

Fuente: Lince, 2010

Debido a las restricciones ambientales, se han desarrollado métodos para elevar el octanaje de las gasolinas como la aplicación de nuevas tecnologías de refinación como el reformado catalítico e isomerización, que permiten obtener gasolinas con elevados números de octano limpios, es decir, sin aditivos. (Favenec, 2001). En el Ecuador, la Refinaría Estatal de Esmeraldas(REE), es la única que tiene estas tecnologías, el número de octanos se ve principalmente afectado por la presencia de hidrocarburos aromáticos, isoparafinas, olefinas y aditivos como el etanol y los ésteres. Las parafinas que tienen muchas ramificaciones, olefinas y aromáticos (benceno, tolueno, xilenos) son muy resistentes a la detonación. Y las parafinas de cadena larga con menos ramificaciones y olefinas, con más de cuatro átomos de carbono, son más susceptibles a los fenómenos de detonación propia.(River, 1997).

Para el año 2011, se implementó un Plan Piloto para lograr abastecer al país de gasolina mientras se realizaba la repotenciación de la REE. El cual consistía de la introducción de una nueva gasolina al mercado llamada Ecopaís, la cual conseguiría alcanzar el mismo octanaje de la gasolina Extra de 87 octanos con la introducción de 5% de alcohol anhidro a la composición de la gasolina.

Dicha gasolina a más de ser amigable con el medio ambiente, debido a que disminuye la emisión de vapores de compuestos aromáticos (xileno, benceno y tolueno), buscaba la reducción de las importaciones de NAO al país, tal como se muestra en la figura 1.1, lo que además ayudaría a la economía del país.

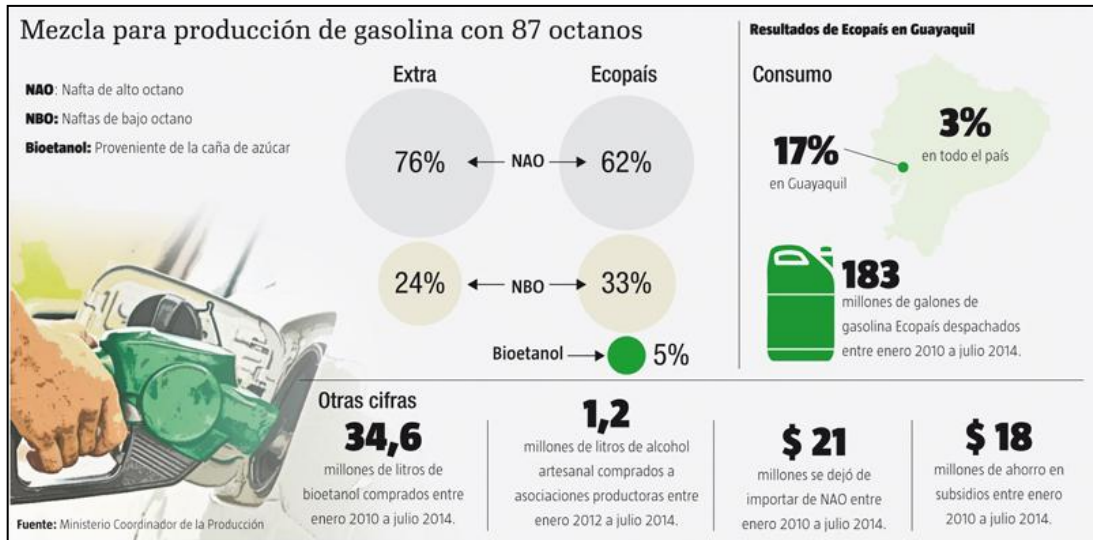


Figura 1.1 Mezcla para producción de gasolina con 87 octanos

Fuente: Ministerio Coordinador de la Producción

Para el Año 2015, se importó nafta de alto octanaje de 95 octanos, la cual logró elevar el octanaje de la gasolina Super de 90 a 92 octanos, además de subir dos octanos bajó el nivel de azufre.

Pese a los esfuerzos y a la tecnología implementada, muchos países como en el Ecuador, se siguen teniendo gasolinas que no logran satisfacer las características de las gasolinas mundiales debido al crudo.

Esto ha conllevado a que salgan al mercado, aditivos, que ofrecen la mejora del problema de octanaje. (Schifter, 2010). Se sabe que estos aditivos están formulados de compuestos como los aromáticos, alcoholes y organometálicos, que logran aumentar el octanaje, pero el contenido gradual de estos compuestos puede generar daños ambientales y cambiar las propiedades de las gasolinas según las regulaciones pertinentes de cada país. Las especificaciones para las gasolinas en el Ecuador son reguladas por NTE INEN 935. En las tablas 1.2 y 1.3, se registran los límites máximos permitidos para las gasolinas.

Tabla 1.2. Requisitos de calidad para las gasolinas ecuatorianas de 87 Octanos

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	87	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	189	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185
<p>NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.</p> <p>^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.</p> <p>^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.</p> <p>^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.</p>				

Fuente: NTE INEN 935

Tabla 1.3. Requisitos de calidad para las gasolinas ecuatorianas de 92 Octanos

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	92,0	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4,0	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	35,0	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	2,0	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	25,0	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185
<p>NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.</p> <p>^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.</p> <p>^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.</p> <p>^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.</p>				

Fuente: NTE INEN 935

1.3 Objetivos

Los objetivos propuestos para el proyecto son los siguientes:

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la eficiencia de cinco tipos de aditivos comerciales para elevar el octanaje en las gasolinas que se comercializan en el Ecuador, según las dosis recomendadas en sus etiquetas, y posterior optimización, mediante análisis fisicoquímicos de los parámetros que exige la NTE INEN 935.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar las respectivas mezclas de los aditivos comerciales con las gasolinas Ecopaís, Extra, Súper, según las dosis recomendadas en las etiquetas y a mayores dosis.
- Determinar si existe o no el incremento del número de octanos en las gasolinas aditivadas e identificar el más efectivo.
- Realizar la caracterización fisicoquímica (Destilación, presión de vapor, corrosión a la lámina de cobre, contenido de azufre, contenido de aromáticos, etc.) de las gasolinas aditivadas mediante los métodos ASTM exigidos en la Norma INEN 935.
- Determinar si las gasolinas aditivadas más efectivas, cumplen con todos los requisitos de la NTE INEN 935.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El Ecuador, a pesar de ser un país petrolero, requiere de la importación de gasolinas para abastecer su consumo interno, ya que la gasolina es uno de los combustibles de mayor consumo en el país. Según el último Balance Energético Nacional (2016), en el año 2015 el sector económico que consumió más gasolina en el país, fue el sector de transporte, con el 75% del total, correspondientes a aproximadamente 887 mil millones galones de gasolina, seguido por el sector de construcción con el 22% y los sectores de menor consumo, tal como se puede observar en la figura 1.2.

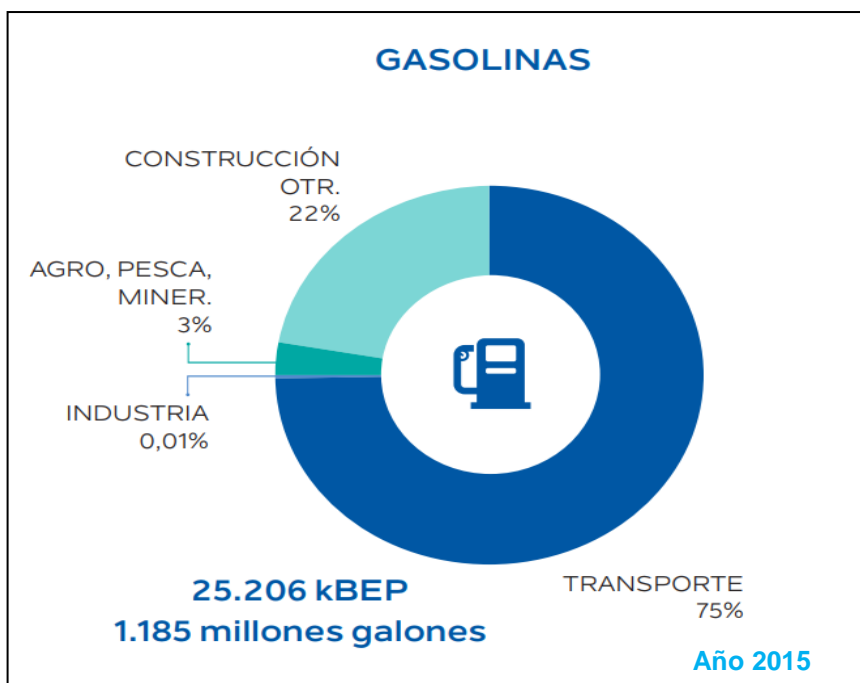


Figura 1.2 Consumo de gasolina en los sectores económicos

Fuente: Balance Energético Nacional del año 2015, 2016

De los 887 mil millones galones de gasolina, el tipo de vehículo que más consume gasolina es el de pasajeros Individuales como los autos, jeeps, taxis, motos, los cuales corresponden al 46% del consumo total como se puede observar en la figura 1.3, seguido por los vehículos de carga pesada con el 27% y el de carga liviana con el 25%.

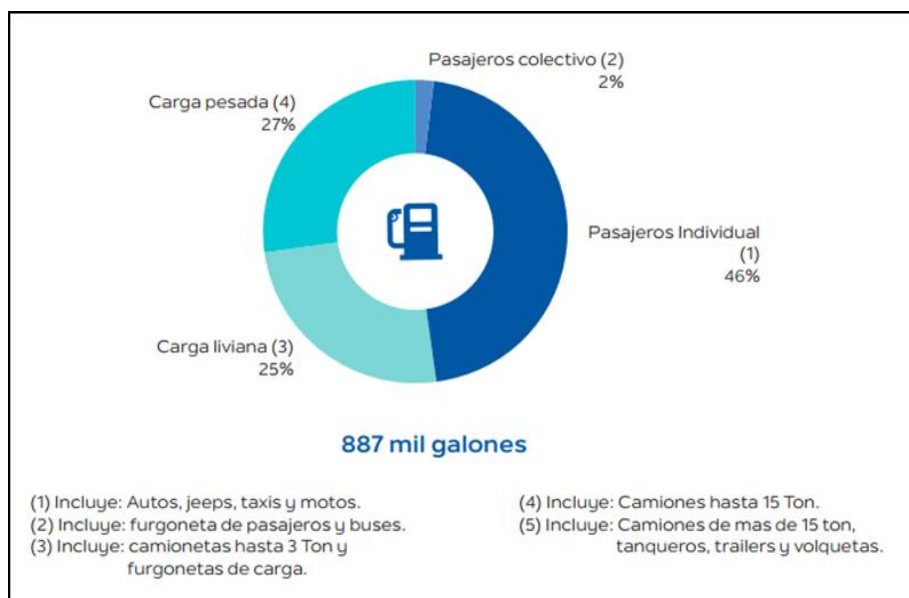


Figura 1.3 Consumo de gasolinas por tipo de vehículo

Fuente: Balance Energético Nacional del año 2015, 2016

El uso de gasolinas de calidad es necesario para el buen funcionamiento de los motores de los vehículos, sobretodo de los modelos que tienen alta tecnología, como por ejemplo el modelo de auto Audi A4 Cabrio, que, según el portal de coches y concesionarios, indica en su ficha técnica, que necesita un combustible de alto octanaje de 98 octanos. En el Ecuador, a los motores de este tipo de vehículos, se les debe modificar el software de sus computadoras para poder soportar menor octanaje y que puedan circular con la gasolina disponible. Pese a la reprogramación, los vehículos pierden potencia y deben recibir un mantenimiento más frecuente, debido no solo al bajo octanaje sino por el contenido de impurezas, como el contenido de azufre, que tienen las gasolinas, lo cual encarece su precio.

Es así como estos vehículos de alta gama, que requieren gasolina de más octanaje, exigen de sus usuarios el uso de aditivos. Por lo que muchos usuarios, encuentran en las estaciones de servicio de diferentes comercializadoras autorizadas de combustibles o en centros comerciales de productos automotrices, aditivos en venta, que en sus etiquetas afirman tener la capacidad de aumentar el octanaje, aumentar el kilometraje, aumentar la potencia, etcétera, pero cuya eficiencia no es totalmente convincente para algunos usuarios que los han probado. (VARGAS, 2000).

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Gasolina

Es una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos, con intervalos de ebullición típicos de 38 a 205 °C (100 a 400 °F), según se determina por el método ASTM American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales. Estos hidrocarburos forman una gran variedad de estructuras moleculares complejas, algunas de las cuales no pueden identificarse fácilmente. Se obtiene como producto a través de la refinación y tratamiento del crudo pesado, también conocido como petróleo. La composición del crudo permite manipular sus átomos y moléculas ya que, en su estado natural la gasolina tiene su nivel de calidad y octanaje muy bajos.

2.2 Composición de la gasolina

La composición de las gasolinas varía, ampliamente, dependiendo de los aceites crudos utilizados y los procesos de refinería disponibles. Los principales componentes que presenta son un amplio grupo de hidrocarburos, cuyas cadenas contienen átomos de carbono desde C4 a C11 con temperaturas de destilación de entre 25 y 220°C. (Textos Científicos, 2006)

Existen, sin embargo, una serie de reglas generales dentro de una fracción gasolina, se puede tener innumerables compuestos hidrocarbonados, al menos en pequeños porcentajes como:

- Parafinas normales o ramificadas
- Aromáticos
- Naftenos
- Olefinas

La fracción principal siempre va a estar formada por pocos componentes con muchas ramificaciones, que son los que van a aumentar el octanaje.

La relación entre el contenido en parafinas normales y ramificadas suele tener un valor constante.

Los compuestos incluyen agentes, antioxidantes, desactivadores de metales, eliminadores de plomo, antioxidantes, agentes anti-congelación, agentes lubricantes y colorantes (IARC 1989).

2.3 Clasificación de las gasolinas

Respecto a su procedencia existen las siguientes clases de gasolinas:

2.3.1 Gasolina natural

Es un líquido transparente de color incoloro a ámbar con un olor similar al petróleo. Es Insoluble en agua y menos denso que el agua. Se obtiene mediante la recuperación de los hidrocarburos de butano, pentano y hexano presentes en pequeña proporción en determinados del gas natural o gas de cabeza de pozo. La gasolina. Su composición varía con respecto al gas natural que lo acompaña. El contenido en hidrocarburos es más bajo que la gasolina de destilación. (Textos Científicos, 2006)

2.3.2 Gasolina de destilación atmosférica

Fracción que se consigue al destilar el crudo a presión atmosférica. No abarca hidrocarbonados insaturados de partículas complejas aromático nafténicas, puesto que presentan puntos de ebullición más altos que el límite superior del intervalo del punto ebullición de la gasolina.

2.3.3 Gasolina de craqueo catalítico

Esta se obtiene a partir de una fracción de corte alto que se somete a otro proceso (cracking), en el que se rompen las partículas más grandes en otras más pequeñas, obteniendo moléculas que entran en la fracción gasolina. La composición es heterogénea ya que depende de la composición inicial y del proceso utilizado.

2.3.4 Gasolina de Reformado Catalítico

La gasolina reformada se obtiene haciéndose pasar las fracciones nafta pesada, producto de la destilación atmosférica del crudo, sobre catalizadores, cuyo objetivo es transformar los hidrocarburos de numero de

octano bajo, a número de alto octano. Muchos de los catalizadores están conformados en su mayoría de platino como material activo y otros metales nobles soportados sobre alúmina, que ayuda a la transformación de hidrocarburos parafínicos y nafténicos en isoparafínicos y aromáticos.

Para ello se utilizan altas temperaturas (490-530 °C), presiones moderadas (10-25 bar). Estas reacciones producen también hidrógeno, un subproducto valioso que se aprovecha en otros procesos de refino. (Gary, 1980)

2.3.5 Nafta Isomerizada

La nafta isomerizada (isomerato) se produce a partir de nafta ligera de destilación directa, mediante la implementación de proceso en el cual se emplean catalizadores sólidos, generalmente compuestos de platino en bases de alúmina o zeolitas. Es un componente libre de azufre, benceno, aromáticos y olefinas, con números de octano (MON/RON) en torno a 87/89. (Pangtay, 2014).

2.4 Gasolina Comercial

Es la mezcla de todas las gasolinas anteriormente detalladas, usada principalmente en el sector del transporte como combustible en vehículos de combustión interna, es una mezcla de hidrocarburos, aditivos y agentes mezcladores. Por ello, se han desarrollado procesos de refinamiento y mejoramiento para poder comercializar una gasolina de calidad. A esta gasolina se la conoce como gasolina artificial ya que es alterada, a nivel molecular, por la mano del hombre. (Editores Ecuatorianos, 2012)

2.5 Gasolina en el Ecuador

Las gasolinas en Ecuador son provenientes de la Refinería Estatal de Esmeraldas, Refinería Libertad y Refinería Shushufindi. Según la NORMA INEN 935, las gasolinas de acuerdo a su octanaje se clasifican en dos tipos:

- Gasolina SÚPER con aproximadamente 92 octanos.
- Gasolina EXTRA y ECOPAÍS con aproximadamente 87 octanos.

La gasolina ECOPAIS es una mezcla de gasolina extra base con 5% de etanol anhidro, dicha mezcla es realizada en el terminal de Hidrocarburos de Pascuales, en la ciudad de Guayaquil donde es comercializada principalmente.

Se prevé que hasta el año 2017 se podrá seguir comercializando gasolina EXTRA, la cual será reemplazada por completo por la gasolina ECOPAIS.

2.6 Propiedades fisicoquímicas de la gasolina

Las propiedades de las gasolinas están ligadas con el crudo y su origen, por las prácticas implementadas en la refinación y por los aditivos que se les agrega para mejorar sus características. Las propiedades básicas de las gasolinas principalmente están relacionadas con el comportamiento antidetonante en la combustión dentro de un motor y la volatilidad. Las otras propiedades están limitadas con la presencia de componentes indeseables a concentraciones tan bajas, de tal manera que no tengan efecto en las maquinas. (Chow, 1993)

Se han propuesto normas ASTM como las normas de aplicación internacional y como normas de carácter local a la norma INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, las cuales conforman ensayos estandarizados para las gasolinas de motor, encaminadas a indicar al organismo competente y al consumidor las características de calidad del producto. Esto es producto de la experiencia y cercana cooperación entre productores de gasolina, fabricantes y proveedores de partes de automotores, usuarios y organismos de defensa del medio ambiente.

Los parámetros más importantes a considerar son: el poder antidetonante, la volatilidad expresada en términos de destilación y presión de vapor, el contenido de azufre, la calidad anticorrosiva, densidad apropiada, estabilidad a la oxidación, poder calórico, el contenido de impurezas, entre otras. Todas estas deben ser balanceadas de acuerdo a las normas a fin de que aseguren un correcto funcionamiento buen arranque, consumo de combustible mínimo, adecuada potencia y aceleración de la máquina en un amplio contenido de condiciones operativas. (Hernández, 2008)

De todos estos parámetros el que más afecta a la calidad de la gasolina es el poder antidetonante, ya que de aquello va a depender la utilización de motores con compresión alta y el rendimiento. La resistencia al poder antidetonante se la expresa en términos del índice de octano, por lo tanto, cuanto mayor sea este índice en una gasolina, mayor resistencia a las detonaciones tendrá. (Claudio, 2014).

2.7 Pruebas estándar realizadas a las gasolinas

El control de calidad de los combustibles es esencial para toda refinería y terminal de hidrocarburos. Los ensayos se pueden ejecutar para combustibles de alto octanaje o para combustibles de bajo octanaje. En todos los países existen entes reguladores que fijan especificaciones oficiales que deben cumplir en este caso las gasolinas comerciales.

En el Ecuador estas especificaciones las fija la NORMA INEN 935, la cual según sea el caso, establece límites permisibles mínimos y máximos para los parámetros que influyen en las gasolinas. Los parámetros para las gasolinas de 87 y 92 octanos están plasmados en las tablas 1.2 y 1.3.

2.8 Definición de los parámetros de la Norma INEN 935

Cada uno de los parámetros señalizados en la norma está detallado a continuación:

2.8.1 Número de Octano

El octanaje o número de octano es la representación numérica de la capacidad de un combustible para resistir golpes cuando se enciende en el cilindro de un motor de combustión interna. El índice de octanaje de un combustible se determina comparando la cantidad de golpes que produce el combustible cuando se quema con la cantidad de golpes causados por dos combustibles estándar de referencia, el isoctano, una isoparafina refractaria que resiste el golpeteo y se le asignó un número de octano de 100 y el heptano que no resiste al golpeteo y se le asignó un número octano de 0. En

la tabla 2.1, se pueden observar los números de octano para los diferentes hidrocarburos puros.

Es así como el número de octano es un parámetro que indica el porcentaje (en volumen) de isooctano en una mezcla combustible que contiene isooctano y heptano normal cuyas características antidetonantes deben corresponder con el comportamiento de golpeo del combustible sometido a ensayo.

Por lo general, cuando se utiliza un combustible de mala calidad se produce un mal funcionamiento, el motor sufre y no rinde lo esperado, aparte de que se emiten gases contaminantes en una mayor proporción.

Tabla 2.1. RON de Hidrocarburos Puros

Paraffins		Naphthenes	
<i>n</i> -Butane	94	Cyclopentane	>100
Isobutane	>100	Cyclohexane	83
<i>n</i> -Pentane	61.8	Methylcyclopentane	91.3
2-Methyl-1-butane	92.3	Methylcyclohexane	74.8
<i>n</i> -Hexane	24.8	1,3-Dimethylcyclopentane	80.6
2-Methyl-1-pentane	73.4	1,1,3- Trimethylcyclopentane	87.7
2,2-Dimethyl-1-butane	91.8	Ethylcyclohexane	45.6
<i>n</i> -Heptane	0	Isobutylcyclohexane	33.7
2-Methylhexane	52	Aromatic	
2,3-Dimethylpentane	91.1	Benzene	-
2,2,3-Trimethylbutane	>100	Toluene	>100
<i>n</i> -Octane	<0	<i>o</i> -Xylene	-
3,3-Dimethylhexane	75.5	<i>m</i> -Xylene	>100
2,2,4-Trimethylpentane	100	<i>p</i> -Xylene	>100
<i>n</i> -Nonane	<0	Ethylbenzene	>100
2,2,3,3- Tetramethylpentane	>100	<i>n</i> -Propylbenzene	>100
<i>n</i> -decane	<0	Isopropylbenzene	>100
Olefins		1-Methyl-3-ethylbenzene	>100
1-Hexene	76.4	<i>n</i> -butylbenzene	>100
1-Heptene	54.5	1-Methyl-3- isopropylbenzene	-
2-Methyl-2-hexene	90.4	1,2,3,4- Tetramethylbenzene	>100
2,3-Dimethyl-1-pentene	99.3		

Fuente: *Fundamentals of Petroleum Refining, 2010*

2.8.1.1 Medición del Octanaje

Para la medición del octanaje en una gasolina, se realizan las pruebas por dos métodos aprobados por el INEN que son: Método Research (RON) y Método Research Motor (MON) El comportamiento antidetonante promedio para los vehículos es: $IAD = (RON + MON) / 2$. (INEN 2102)

La diferencia entre los dos métodos es básicamente que, en la determinación de RON, se hace girar el motor a 600 revoluciones/minuto con un avance de encendido fijo y sin calentamiento de la mezcla. En cambio, para el método MON, se hace girar el motor a 900 revoluciones/minuto con un avance de encendido variable dependiente de la relación de compresión y la temperatura de la mezcla. (Wauquier, 2004)

2.8.1.2 Método Research RON.

Este parámetro determina la calidad de la gasolina "anti-golpe" o la resistencia a la pre-ignición y es utilizado para combustibles de hasta 100 octanos.

Describe el comportamiento del combustible en el motor a temperaturas y velocidades más bajas, es un intento de simular el comportamiento de conducción en la ciudad. (INEN 2102)

2.8.1.3 Método Research MON

El índice de octano motor (MON) describe el comportamiento del combustible en el motor a altas temperaturas y velocidades en un rango de aceleración completa, comparable a la conducción rápida en una carretera. Se lo usa para combustibles de más de 100 octanos. (INEN 2102)

El MON es siempre más bajo que el RON, la diferencia generalmente está entre 6 a 8 puntos de octanos.

2.8.2 Destilación ASTM D86

El método ASTM D86 es un ensayo básico para determinar el intervalo de ebullición de un producto petrolífero mediante la realización de una destilación simple en lotes y las fracciones petroleras. Se determina por

medio de una destilación por carga de presión atmosférica, donde solo ocurre un fraccionamiento muy pequeño. Se usa para nafta y destilados medios. Este método de prueba es uno de los más antiguos bajo la jurisdicción del Comité D02 de la ASTM, que data del momento en que todavía se conocía como la destilación de Engler. Dado que el método de ensayo ha estado en uso durante un período tan prolongado, existe un gran número de bases de datos históricos para estimar la sensibilidad del uso en los productos y procesos. (Urpi, 2012)

2.8.3 Relación Vapor-Líquido

La relación vapor líquido, es un factor significativo de una serie de condiciones de operación, fundamentalmente sobre la formación de burbujas de vapor, que puede ocurrir cuando parte del sistema de conducción de la gasolina, es calentado y la gasolina entonces hierve, formado vapor que obstruye el flujo del líquido combustible. La temperatura a la que la gasolina es alimentada y la relación que puede tolerarse sin presencia de formación de burbujas de vapor, varía de un automotor a otro. (Himmelblau, 1997)

El equilibrio entre el vapor y el líquido de un compuesto está representado por la relación de moles de vapor y líquido a una temperatura determinada. La temperatura influye en las presiones de vapor y en consecuencia de la cantidad de energía proporcional al sistema, también influye en la composición del vapor y el líquido ya que esta depende de las presiones del vapor, la presión tiene directa influencia en los puntos de ebullición de los líquidos orgánicos y por lo tanto en la destilación. (Himmelblau, 1997)

2.8.4 Presión de Vapor

La presión de vapor se define como la presión ejercida por un vapor en equilibrio termodinámico con sus fases condensadas a una temperatura dada en un sistema cerrado, la presión de vapor está relacionada con la volatilidad, determina la facilidad de arranque en frío. Esto se debe al movimiento de las partículas del gas. La presión de vapor del metano es más alta que cualquier hidrocarburo, por eso hay mayor presión dentro de un separador. El movimiento molecular de los hidrocarburos con cuatro o más

átomos de carbono es muy lento, hay presiones pequeñas dentro de un separador, la presión de vapor de una mezcla de hidrocarburos, es igual a la suma de los productos a la presión de vapor por fracción molar del componente de la mezcla. (Himmelblau, 1997)

La presión de vapor de equilibrio de un líquido es generalmente fuertemente dependiente de la temperatura. El equilibrio vapor-líquido, con ciertos componentes en ciertas concentraciones, tendrá un vapor de equilibrio en el que las concentraciones o presiones parciales de los componentes del vapor tienen ciertos valores dependiendo de todas las concentraciones de los componentes líquidos y de la temperatura.

2.8.5 Contenido de Azufre

Todos los compuestos derivados del petróleo tienen cierto porcentaje de azufre, que normalmente va desde el 0,03% hasta 5,0%. Sus principales derivados son el ácido sulfhídrico y los mercaptanos, que presentan un olor característico parecido a un huevo podrido. Estos compuestos son sometidos a pruebas de corrosividad y análisis para detectar su contenido. (Wauquier, El Refino del Petróleo, 2004)

Se ha hecho necesario que todas las fracciones del crudo, sobre todo las de la destilación primaria, que van desde el gas hasta los gasóleos pesados, se sometan a los procesos llamados desulfuración. Debido a que el azufre envenena los catalizadores de los procesos de refinación y afecta la calidad de las gasolinas y demás combustibles. Además, cuando se queman con los combustibles ocasionan problemas ecológicos muy graves. Normalmente, se transforman los mercaptanos en sulfuros o polisulfuros, que no son corrosivos, luego se separa de los hidrocarburos y se recupera como azufre elemental. Este azufre es entonces vendido por las refinerías a los fabricantes de fertilizantes. (Wauquier, El Refino del Petróleo, 2004)

Las regulaciones ambientales en varios lugares han especificado diferentes límites en el contenido de azufre en los combustibles comercializados. En Ecuador el contenido de azufre en las gasolinas según lo especificado en las tablas 1.2 y 1.3 de la norma INEN 935 debe tener como valor máximo 0.065%.

2.8.6 Corrosión a la Lámina de Cobre ASTM D130

Las pruebas y análisis de corrosión con la lámina de cobre sirven para la determinación del grado relativo de corrosividad de un producto petrolífero ocasionado por los compuestos conformados de azufre. El método ASTM D130 abarca la determinación a la corrosividad de algunas combustibles, como, la gasolina de aviación, combustibles de turbinas de aviación, gasolina de automotores, solventes limpiadores (Stoddard), keroseno, combustible diésel, aceite de combustible destilado, aceite lubricante y gasolina natural.

La tira de cobre cuando se pone en contacto con la gasolina, no debe ennegrecerse. Ya que así demuestra que no hay existencia de sustancias corrosivas, sobre todo las que se derivan de los compuestos de azufre. (Schifter & Esteban, 1998).

2.8.7 Contenido de Gomas

Es la tendencia a la combinación entre compuestos insaturados con otros compuestos como el oxígeno del aire y el nitrógeno. Esta combinación produce compuestos que no se pueden disolver en el combustible tomando el nombre gomas. Un exceso en el contenido de estas genera depósitos en el sistema de combustibles, en los cilindros y alrededor de las válvulas del motor, estos depósitos, restan eficiencia a todo tipo de motores. Cubre la determinación del contenido de gomas de algunos productos del petróleo como gasolinas (extra, corriente y aviación) y Turbocombustible Jet-A1. (Wauquier, 2004)

2.8.8 Contenido de Aromáticos

Los compuestos aromáticos son el componente básico de la gasolina originalmente se encuentran en el petróleo y los refinadores manipulan sus moléculas por medio de procesos de tratamiento térmico o catalítico en refinerías y coquerías, para lograr aumentar el índice de octano.

Se producen en proporciones significativas que hacen económica su separación, obteniéndose actualmente de la gasolina reformada, de la gasolina de pirólisis y del alquitrán de la hulla. También pueden sintetizarse

a partir de LPG (propanos, butanos o mezclas de ambos) mediante aromatización.

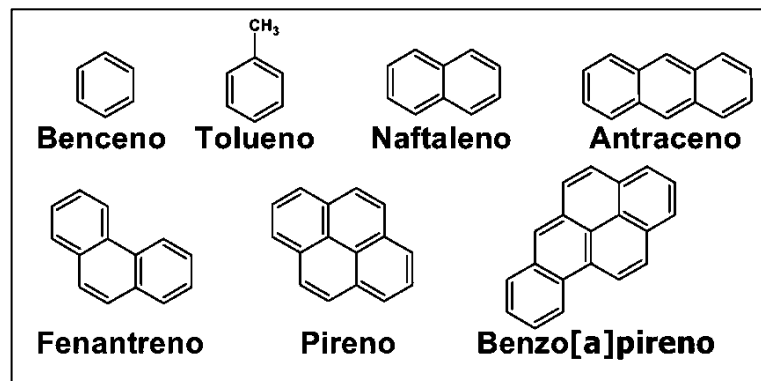


Figura 2.1 Tipos de Compuestos Aromáticos

Fuente: Ortiz, 2010

El contenido de aromáticos permitido en el Ecuador para las gasolinas de alrededor de 87 octanos es del 30% de los cuales está permitido tener hasta el 2% de contenido de benceno, y para las gasolinas de alrededor de 92 octanos es del 35% del cual se restringe el 1% para el contenido de benceno. (INEN 2 102).

2.8.9 Contenido de oxígeno

Los compuestos oxigenados como los compuestos nitrogenados son más sofisticados que los compuestos de azufre. Generalmente son ácidos fenoles, carboxílicos, y cresoles.

Con la presencia de compuestos de oxígeno en las gasolinas, se reducen significativamente las emisiones de escape (CO , HC , NO_x) a la relación estequiometría aire/combustible ya que logran mejorar en gran manera la combustión, aun cuando las temperaturas de escape aumentan marginalmente. El efecto de inclinación de la adición de compuestos oxigenados está determinado por el contenido de oxígeno y no por el tipo de oxigenado, mezclado con el stock de hidrocarburos.

2.8.10 Contenido máximo de plomo

Este contenido máximo permisible es variable en cada país, el promedio que generalmente se ha empleado para la gasolina con plomo es de 0.03 kg/m³. En los países donde ya no se añade plomo a la gasolina, se observan en la práctica valores mucho menores a 0.0026 kg/cm³.

En Ecuador actualmente no se permite el uso de plomo en las gasolinas, debido a la gran contaminación que provoca, sin embargo, es un parámetro que se sigue midiendo.

2.8.11 Densidad °API

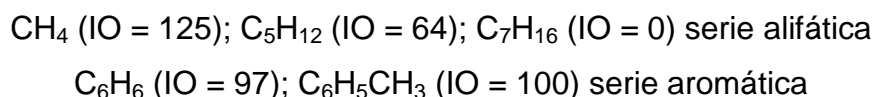
Otro parámetro importante en la gasolina es la densidad. Este es un parámetro de mucha importancia en el área de diseño y funcionamiento de los carburadores que utilizan boya o flotador, ya que sirve para establecer un volumen constante de combustible líquido.

2.9 Factores que influyen en el Índice de Octano

Según (Claudio, 2014), los factores que afectan a un alto número de octano son los siguientes:

2.9.1 Peso molecular del hidrocarburo

Cuanto mayor es el peso molecular, menor será la volatilidad y el índice de octano. Así mismo cuanto menor sea el peso molecular mayor será la volatilidad e índice de octano, no obstante, cuando el peso molecular es muy pequeño se podrían formar taponamiento de gas en las conducciones (obturación).



2.9.2 Ramificación de la molécula

Cuanto mayor sean las ramificaciones (o cadenas laterales) y más alejadas de la cadena principal del hidrocarburo estén, mayor será el índice de octano.

C_6H_{14} lineal (IO = 59); 2,3-dimetilbutano (IO =95)
 C_8H_{18} lineal (IO = -9); 2,2,4-trimetilpentano (IO =100)
IO (2,2,4-trimetilpentano) > IO (2,2,3-trimetilpentano)

2.9.3 Insaturación

Cuanto mayor sea el número de dobles enlaces que unen entre sí los átomos de carbono que forman las moléculas de gasolina, mayor será el índice de octano.

C_6H_{14} lineal (IO = 59)
1-hexeno (IO = 85)

2.9.4 Grado de ciclación (cadena en forma de anillo)

También favorece el índice de octano.

Metilciclopentano (IO = 70); ciclohexano (IO = 77)
Además, cuanto más insaturado esté el ciclo, mayor será el IO.
Ciclohexano (IO = 77); Benceno (IO = 97)

2.10 Aditivos comerciales para elevar el octanaje de la gasolina

Los aditivos utilizados para elevar el octanaje, reducen la tendencia de la gasolina a detonar. Los aditivos de combustible, como los propulsores de octano y los sustitutos de plomo, son compras populares de bricolaje, especialmente entre los propietarios de autos clásicos.

Las adiciones de aditivo a la gasolina nos incrementan el índice de octano o actúan como inhibidores de corrosión o lubricantes, permitiendo así el uso de relaciones de compresión más elevada para una mayor eficiencia y potencia. Estos tipos de aditivos contienen desactivadores de metales, inhibidores de corrosión, compuestos oxigenados y antioxidantes.

La composición de los aditivos comerciales generalmente es secreto de fábrica, sin embargo, se sabe que en su fórmula llevan alguno de los tres tipos de aditivos que sirven para aumentar el octanaje, que son: aditivos aromáticos, aditivos oxigenados y aditivos organometálicos. Los cuales se detallan a continuación:

2.10.1 Aditivos Oxigenados

Los oxígenos se emplean generalmente como aditivos de gasolina para reducir el monóxido de carbono y el hollín que se crea durante la combustión del combustible.

Los mejoradores del octanaje oxigenados están compuestos de éteres y alcoholes. De estos, el etanol se considera el mejor, aunque no es adecuado para climas cálidos. Otras versiones de oxigenados incluyen los MTBE, ETBE y TAME. Los oxigenados son conocidos por reducir el kilometraje por litro consumido de gasolina, pero debido a su masa molecular incrementada estos compuestos pueden aumentar el poder antidetonante. Como los compuestos son altamente reactivos y pueden disolver el caucho y las líneas de combustible de plástico, sólo se utilizan en pequeñas cantidades en el combustible.

En algunas zonas están prohibidos, porque se sabe que causan fugas en los tanques que pueden provocar daños al medio ambiente.

2.10.1.1 DIPE

El éter diisopropílico es éter secundario que se utiliza como disolvente. Es un líquido incoloro que es ligeramente soluble en agua, pero miscible con disolventes orgánicos. Se utiliza como un agente de extracción y un aditivo de gasolina oxigenada. Se obtiene industrialmente como subproducto en la producción de isopropanol por hidratación de propeno. (Daganzo,2012)

2.10.1.2 TAME

El éter metílico de terc-amilo es un éter utilizado como combustible oxigenado. Tiene un olor etéreo. A diferencia de la mayoría de los éteres, no forma peróxidos en el almacenamiento. TAME se utiliza principalmente como un oxigenador de gasolina. Se añade por tres razones: aumentar el aumento de octano, sustituir el plomo de tetraetilo prohibido y aumentar el contenido de oxígeno en la gasolina. Se sabe que TAME en combustible reduce las emisiones de escape de algunos compuestos orgánicos volátiles. (Daganzo,2012)

2.10.1.3 ETBE

El éter terc-butílico de etilo se utiliza comúnmente como un aditivo de gasolina oxigenado en la producción de gasolina a partir de petróleo crudo. ETBE ofrece beneficios de calidad del aire iguales o mayores que el etanol, siendo técnicamente y logísticamente menos desafiante. A diferencia del etanol, ETBE no induce la evaporación de la gasolina, que es una de las causas del smog, y no absorbe la humedad de la atmósfera. (Daganzo,2012).

2.10.2 Aditivos Aromáticos

En comparación con los compuestos oxigenados, los aromáticos son químicamente más estables. Tienen una estructura anular de benceno, lo que los hace no reactivos. son pertenecientes a los hidrocarburos aromáticos que están naturalmente en los crudos de los cuales provienen la gasolina y el diésel.

Los más comunes son los compuestos orgánicos volátiles BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos) que por lo regular se encuentran entre 25 a 35 por en la gasolina. (Ramírez Peñaherrera, 2012).

El benceno, tolueno y xilenos son un subproducto de la destilación del crudo y procesos petroleros como el reformado catalítico y craqueo catalítico; mientras el etilbenceno se forma por la alquilación de etileno con benceno.

La función de los BTEX en la gasolina comercial es elevar el octanaje. Se adicionan a la gasolina para aumentar su octanaje y se emiten a la atmósfera por la combustión de dicho combustible. Los compuestos aromáticos presentan propiedades tóxicas, cancerígenas, mutagénicas y anestésicas.

Aquellas personas que esperan aumentar su octanaje pueden simplemente añadir más tolueno o xileno a su combustible. Sin embargo, el tolueno en exceso puede tener un efecto perjudicial en un motor, ya que quemará más lentamente y hará que el motor brinde menos energía a altas revoluciones.

2.10.2.1 Benceno

Es un compuesto aromático con efectos tóxicos cancerígenos, dañinos para la salud, puede generar efectos en la salud como leucemia en trabajadores expuestos. Su concentración está limitada a un promedio que varía de 5 a 20 µg/m³. (OMS, 2004).

2.10.2.2 Tolueno

Es un compuesto aromático derivado del benceno, es un elemento volátil que tiene efectos en el sistema nervioso central de trabajadores y es causante de malos olores, Su uso principal es como disolvente. La concentración ambiental promedio varía de 5 a 150 µg/m³ (OMS, 2004).

2.10.2.3 Xilenos

En particular el m-xileno, es un elemento activo fotoquímicamente en la formación de ozono, se ha comprobado los efectos en el sistema nervioso central en humanos voluntarios, neurotoxicidad en ratas y malos olores. Concentración ambiental promedio entre 1 a 100 µg/m³ (OMS, 2004).

2.10.2.4 Etilbenceno

Es un componente que se evapora a temperatura ambiente y se incendia fácilmente. El etilbenceno pasa fácilmente al aire desde el agua y el suelo. En el suelo también puede contaminar el agua subterránea.

2.10.3 Aditivos Organometálicos

Los aditivos Organometálicos están constituidos generalmente por el compuesto Metilciclopentadienil Manganeso Tricarbonilo, con fórmula $(\text{CH}_3\text{C}_5\text{H}_4)\text{Mn}(\text{CO})_3$, actúa mejorando el número de RON de la gasolina y ayuda a tener una mejor combustión en el motor. Tiene el mismo funcionamiento que el tetraetilplomo pero la diferencia es que es menos tóxico, debido a los compuestos metálicos. Inicialmente se comercializó para uso en gasolina con plomo, pero debido a los cambios ambientales actualmente se usa para gasolina sin plomo.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Se evaluaron los parámetros de calidad del país exigidos por la norma INEN 935, en las gasolinas comerciales como: Extra, Super y Ecopaís con 5 aditivos comerciales, 2 de marca nacional y 3 de marca extranjera, de diferentes comercializadoras automotrices y estaciones de servicio.

Los parámetros de calidad que se han evaluado, son los descritos en las tablas 1.2 y 1.3, del capítulo 1, correspondiente a las gasolinas de 87 y 92 octanos respectivamente. En dichas tablas, se muestran los límites máximos y mínimos permitidos, de los parámetros de calidad como el RON, contenido de aromáticos, contenido de benceno, contenido de azufre, contenido de alcohol, etc.

Con el fin de evitar que existan afectaciones a los intereses comerciales de las empresas que elaboran o distribuyen este tipo de aditivos, se ha creído conveniente omitir el nombre comercial de los mismos, e identificar a cada uno de ellos, con una letra del alfabeto y con el color que prevalece en el recipiente que lo contiene.

De los 5 aditivos comerciales, 2 de ellos, el aditivo A de color gris y aditivo B de color azul, especifican en su etiqueta que han sido formulados para el uso en gasolinas oxigenadas, por lo que en un principio fueron probados en las gasolinas Ecopaís, pero por motivo de investigación también fueron probados en las gasolinas que no contienen alcohol Super y Extra. Mientras que para las gasolinas Super y Extra se evaluaron todos los aditivos. Como trabajo adicional, se probó la efectividad de la naftalina, producto conocido entre la población como aumentador de octanaje, la cual se probó en las gasolinas Ecopaís y Super.

Se procedió a realizar los distintos análisis de las gasolinas aditivadas siguiendo las dosis recomendadas en las etiquetas de cada aditivo y a diferentes dosis, hasta la máxima cantidad de aditivo en donde el octanaje ya no reflejó variación alguna.

Se optó por realizar las pruebas en un equipo analizador de gasolina, que no está normalizado para los valores del RON, pero que sirve de referencia para los análisis, ya que los resultados que arroja son muy cercanos a los

reales medidos en el Octanómetro, con el fin de ahorrar tiempo, dinero y poder realizar las mezclas idóneas para encontrar las dosis que reflejaban eficacia significativa de cada una de las gasolinas aditivadas. Se realizó la medición en el Octanómetro, solo a las gasolinas aditivadas que reflejaron mayor eficiencia, así mismo para el contenido de gomas y destilación.

A continuación, se describen los procesos realizados durante la experimentación.

3.1 Descripción de los aditivos comerciales evaluados

Se describe la literatura técnica que indican los aditivos en sus etiquetas.

3.1.1 Aditivo A de color gris

Este aditivo indica que contiene estabilizadores que mantiene la mezcla alcohol-gasolina equilibrada. Minimiza los problemas causados por el agua, además mejora la combustión ya que incrementa el octanaje, aumenta la potencia del motor y disminuye las emisiones de gases, actuando desde el primer momento en que el combustible ingresa al vehículo.

3.1.2 Aditivo B de color azul

Este aditivo mejora la combustión de los vehículos reduciéndolas emisiones nocivas, eleva el octanaje de la gasolina, mejora el arranque del motor también prolonga su vida útil.

Esta clase aditivo es compatible con gasolinas corrientes en especial con la gasolina oxigenada ya que tiene un bajo porcentaje de alcohol.

3.1.3 Aditivo C de color naranja

Indica que mejora la calidad de la gasolina gracias a los poderosos agentes de limpieza que ayudan a luchar contra la acumulación de carbón, goma, barnices, agua en el sistema de combustible y adicionalmente aumenta el octanaje de la gasolina. Debido a que estos depósitos pueden reducir el funcionamiento a través de la disminución de potencia y aceleración, causando dificultad en el arranque, la marcha en vacío se hace dispareja y causan emisiones de humo.

3.1.4 Aditivo D de color negro

El aditivo negro indica en su etiqueta que contiene metilciclo-pentadienyl manganoso tricarbonyl, y que no contiene destilados de petróleo. Es formulado para ser usado en gasolinas con o sin plomo.

A diferencia de otro tipo de productos, su composición química es única y no toxica.

3.1.5 Aditivo E de color amarillo

Mejora el rendimiento del motor, aumenta el nivel de octanos hasta en 5 puntos dependiendo de la calidad de la bencina. Reduce el golpeteo del motor, la sobre aceleración y el sobrecalentamiento causado por el bajo octanaje. Optimiza el proceso de combustión, protege contra la fricción y el desgaste.

3.2 Especificaciones de calidad evaluadas

A continuación, se describen las características más importantes de los equipos utilizados para la medición de los parámetros que indica la Norma INEN, los cuales son: Grados API, destilación ASTM, contenido de azufre, Presión de vapor Reid, corrosión a la lámina de cobre y medición del octanaje

3.2.1 Analizador de Gasolinas

El analizador de gasolinas de marca PetroSpec y modelo 65-1000, es un aparato de medición simultánea de los múltiples parámetros y propiedades físicas de la gasolina que sirve para el control de calidad de las gasolinas en las refinerías, universidades y centros de investigación. Utiliza un sistema de luz infrarroja visible único, que combina la información del infrarrojo cercano y medio para cada parámetro.

Identifica los compuestos orgánicos de las gasolinas, número de octano, % de alcohol, compuestos aromáticos contaminantes como el benceno y tolueno.

Realiza un ensayo completo de laboratorio en tiempos de 3 a 5 minutos, menor a los tiempos requeridos por otros métodos estándar.

Las mediciones de octanaje que se realizan empleando este instrumento, no están normalizados, sin embargo, sirven de referencia para contrastar los resultados obtenidos en métodos normalizados.



Figura 3.1 Analizador de Gasolinas Marca: PetroSpec

3.2.2 Destilación ASTM D86

La destilación de las gasolinas y otros productos derivados del petróleo se la realiza bajo el método ASTM D86, es un ensayo básico para determinar el intervalo de ebullición de un producto petrolífero mediante la realización de una destilación simple en lotes y las fracciones petroleras, se determina por medio de una destilación por carga de presión atmosférica, donde solo ocurre un fraccionamiento muy pequeño. Se usa generalmente para nafta y destilados medios.

El equipo permite encontrar el punto de ebullición del producto analizado, la primera gota y los residuos que quedan de la destilación. Y sirve para llevar el control de las especificaciones normalizadas en cualquier laboratorio de hidrocarburos.

La destilación de la gasolina provee datos para la predicción de pérdidas de distribución de combustible en tanques y recipientes de los carburantes.



Figura 3.2 Equipo de Destilación ASTM

3.2.3 Presión de vapor Reid -ASTM D-5191.

Se efectúa en el equipo de la marca Herzogs HVP 972, el cual emplea el método ASTM D-5191. Es un instrumento analítico diseñado para la determinación precisa de la presión de vapor de la gasolina, los combustibles de turbina y otros derivados del petróleo de destilado ligero y compuestos químicos. La Herzog HVP 972 proporciona resultados rápidos y precisos de Presión vapor hasta 1.000 kPa (145 psi) dentro de un rango de temperatura de 0 a 100°C.



Figura 3.3 Equipo de Presión de Vapor

3.2.4 Contenido de azufre- ASTM D4294

Los análisis de contenido de azufre, para las muestras de las gasolinas sin aditivo y con aditivo, se realizaron en el equipo de la marca Benchtop XRF Analyser-X-Supreme8000 por el método ASTM D4294. El equipo tiene la capacidad de medir hasta 10 muestras en el mismo ensayo. La medición se realiza en automático por el lapso de 6 a 8 minutos. Se obtiene resultados de alta precisión con un margen de error mínimo.



Figura 3.4 Equipo de medición de contenido de azufre

3.2.5 Corrosión a lámina de cobre D-130

Para este tipo de determinación se utiliza el método ASTM D-130, INEN 527, los análisis de corrosión a la lámina de cobre en este equipo ayudan a determinar el grado relativo de corrosividad de productos derivados del petróleo como la gasolina de aviación, combustibles de aviación de turbina, la gasolina del automóvil, destilado de queroseno, aceites lubricantes, entre otros, con presión de vapor no mayor a 124 kPa (18 psi) a 37.8°C. Que son provocados por los compuestos activos de azufre.

Si la gasolina se pone en contacto con la pequeña tira de cobre, no debe ennegrecerla. Así se demuestra la inexistencia de sustancias corrosivas, sobre todo las que se derivan de los compuestos de azufre

El instrumento tiene las funciones de control de la temperatura, sincronización automática y alarmante.



Figura 3.5 Equipo de Corrosión a la lámina de Cobre

3.2.6 Contenido de Gomas

Para este tipo de determinación se utiliza el método ASTM D-381, este método determina el contenido de goma existente en combustibles como la gasolina de avión, gasolina para motor u otros destilados volátiles en su forma terminada. El objetivo principal de este método, aplicado a la gasolina

de motor, es la medición de los productos de oxidación formados en la muestra antes o durante las condiciones comparativas.

Las condiciones son dadas para la determinación de la parte insoluble que se encuentra en el combustible, luego de haber utilizado este método se comprueba por la etapa de extracción con heptano, es necesaria para eliminar material soluble del residuo por evaporación para que se pueda determinar el material llamado goma.



Figura 3.6 Equipo para el ensayo de contenido de gomas

3.2.7 Número de octano- Octanómetro

El Octanómetro es un equipo industrial normalizado que utiliza el método Research (RON). Consta de un motor mono cilíndrico de relación de compresión variable ajustable a cualquier valor dentro de los límites establecidos por su diseño, provisto de accesorios e instrumentos adecuados, montados sobre una base fija. Trabaja a un régimen de conducción a baja velocidad y con aceleraciones frecuentes con un motor que gira a la velocidad constante 600 rpm.



Figura 3.7 Equipo Octanometro

3.3 Procedimientos y ensayos de caracterización de las gasolinas

3.3.1 Acondicionamiento de las gasolinas

Para tener datos exactos se usaron las mismas gasolinas Ecopaís, Extra y Super, a las mismas condiciones. Se mantuvieron las muestras en refrigeración hasta su uso para mantener sus propiedades y evitar errores en los ensayos. Al momento de los ensayos se sometieron a filtración para eliminar las impurezas y evitar el posible mal funcionamiento de los equipos.

3.3.2 Dosificación de los aditivos comerciales en las gasolinas

Se realizaron las dosificaciones de aditivos según lo especificado en las etiquetas, se preparó 1 litro de cada una de las gasolinas sin y con aditivo, para todos los análisis que se realizaron. Las cantidades de aditivos recomendadas se las puede observar en la tabla 3.1.

De los 5 aditivos, 2 indican que son formuladas para gasolinas oxigenadas por lo que estos aditivos o sea Aditivo A de color gris y Aditivo B de color azul, fueron probadas para la gasolina Ecopaís. Los 3 aditivos restantes o sea Aditivo C de color naranja, Aditivo D de color negro y Aditivo E de color amarillo fueron probados en la gasolina Super, ya que en sus etiquetas indican que son formuladas para cualquier gasolina. Y en la gasolina Extra se probaron todos los aditivos. Adicionalmente se trabajó con la naftalina la cual se cree que es capaz de aumentar el octanaje, esta se probó en las tres gasolinas, para observar su comportamiento.

3.3.3 Dosificación de la naftalina

Se pesa en una balanza analítica la cantidad de una o dos bolitas de naftalina (cantidad de referencia). Se lleva a un crisol y se pulveriza las bolitas hasta que no haya grumos. Se pesa nuevamente una cantidad aproximadamente igual a la bola de naftalina que se pulverizó.

Tabla 3.1. Dosis recomendadas en las etiquetas de los aditivos evaluados

Tipo de Aditivo	Precio del Aditivo	Capacidad del Tanque	Cantidad de aditivo para el tanque	Dosis de Aditivo para 1 L de gasolina
Aditivo A	\$4,50	15 gal=57,56 L	125 ml	2,17 ml
Aditivo B	\$4,50	16 gal=60,56 L	125 ml	2,06 ml
Aditivo C	\$5,75	21 gal=79,48 L	155 ml	1,95 ml
Aditivo D	\$6,50	16 gal=60,56 L	148 ml	2,44 ml
Aditivo E	\$6,50	21gal=79,48 L	345ml	4,34 ml

Elaboración: Druet, Vera

3.4 Ensayo 1- Gasolinas aditivadas en el analizador de gasolinas

Este proceso se realiza para los tres tipos de gasolinas comerciales con sus respectivas dosis de aditivo.

Para hacer uso de este equipo, se debe calibrar con un blanco que es el heptano para evitar taponamientos y datos aberrantes.

Se coloca 100 ml de gasolina sin aditivar en un recipiente respectivo para este equipo y se realiza 3 corridas para obtener datos más certeros.

Luego de aquello se prepara la mezcla de 100 ml gasolina con aditivo a la dosis recomendada en la etiqueta, y se agita para homogenizar la muestra.

Para el caso de la naftalina, primero se hace la mezcla de gasolina y naftalina, luego antes de pasar a analizar la muestra la filtramos para evitar que pase algún sólido.

Se realizó tres corridas para cada muestra, con el fin de asegurar que los datos sean consistentes, cada ensayo en el equipo dura aproximadamente un tiempo de 3 a 5 minutos.

3.4.1 Optimización del aditivo

Se prepara nuevamente 100 ml de gasolina, y se duplica la dosis y se la lleva a analizar, se hace este procedimiento varias veces hasta que ya no varía los parámetros, que permanezcan constantes en especial en el RON.

A la última muestra que ya no presenta variación en el octanaje, se le procede realizar los análisis restantes.

3.5 Ensayo 2- Gravedad API

Se realiza la medición de la gravedad API para las tres gasolinas sin aditivos, ya que estos aditivos no tienen influencia en la gravedad Api de las gasolinas.

Se colocan 500 ml de cada gasolina en una probeta y se introduce un hidrómetro, el cual, según el método debe de flotar en la mezcla a más de 5 cm del fondo, sin topar las paredes del recipiente. Se anota los grados API y la temperatura a la cual se encuentra la gasolina en el momento de la medición y se realiza la corrección.

3.6 Ensayo 3- Contenido de azufre

El contenido de azufre se mide a todas las gasolinas aditivadas y a las gasolinas sin aditivos.

Se colocan aproximadamente 10 ml de muestra en unos pequeños recipientes cilíndricos, a los cuales previamente se les ha colocado una membrana plástica de algún tipo de polímero en la parte de abajo, no debe tener ninguna burbuja de aire ni fuga para que la medición pueda ser exacta. Se lleva las muestras al equipo y se la coloca en alguno de los porta muestras que tiene el equipo, se coloca en la pantalla el nombre de la muestra que se quiere analizar y los rangos entre los que se va a realizar la medición que es de 100 ppm a 1000ppm en caso de gasolinas.

3.7 Ensayo 4- Presión de Vapor

El método del ensayo utilizado es ASTM D-5191

Primero se enciende el equipo de presión de vapor y se verifica que se encuentre a una temperatura de 20⁰C, si no es el caso, entonces se espera a que la temperatura llegue a la deseada.

Se procede a medir de 10 a 15 ml de la muestra y se coloca en un pequeño recipiente de vidrio para llevar a refrigeración por aproximadamente 5 minutos.

Con el equipo bajo las condiciones deseadas, se procede a realizar el ensayo colocando un tubo pequeño del equipo dentro del recipiente.

En la pantalla del equipo se identifica a la muestra y se empieza durante unos 20 minutos aproximadamente.

3.8 Ensayo 5- Destilación ASTM

Se mide 100 ml de cada muestra y se lo coloca en un balón de vidrio para proceder a realizar la destilación por el método ASTM D86.

Se coloca hielo en la parte de arriba del equipo, para mantener a la muestra a baja temperatura y evitar que se volatilice.

Se enciende el equipo y se regula el poder calorífico que se quiere aplicar a la muestra.

Se toma la temperatura de la primera gota y se continúa midiendo la temperatura cada 10 ml de volumen de destilado

Se apunta el valor de la última gota, su temperatura máxima de destilación y luego se mide el residuo de la destilación.

3.9 Ensayo 6- Relación vapor –liquido

Esta medición se lo realizó mediante método matemático, donde se utilizó los valores de la destilación ASTM, como la T10, y T50.

Ecuación matemática para el cálculo Relación vapor-liquido.

$$V/L = 52,47 - (0,33 * P) + (0,2 * T_{10\%}) + (0,17 * T_{50\%})$$

3.10 Ensayo 7 - Corrosión a la Lámina de Cobre

Este proceso se realiza mediante el método ASTM D-130 INEN 527. Se debe encender el equipo y dejar que se estabilice a una temperatura de 50°C, luego se debe pulir la lámina de cobre con la cual se va a realizar el ensayo, hasta que refleje su color base.

Se mide 50 ml de cada una de las muestras y se coloca dicha cantidad, en un tubo de ensayo específico para este ensayo.

Se sumerge la lámina pulida de cobre en el tubo de ensayo, por un lapso de 3 horas, manteniendo la temperatura de 50°C a 80° C.

Al término de este periodo, se retira y se limpia la lámina de cobre. Se examina el nivel de corrosión que sufrió dicha lámina mediante la comparación con la gama de colores señalados en tabla de rangos.

3.11 Ensayo 8 – Determinación del contenido de Goma

Se realiza el ensayo bajo los lineamientos del método ASTM D-381. Se calienta el equipo de contenido de gomas hasta una temperatura de aproximadamente 160⁰C. Se seca y esterilizan los vasos de precipitación para el ensayo, en una mufla. Cuando el equipo haya llegado a la temperatura indicada, se procede a pesar los vasos vacíos. Luego se colocan 50 ml de muestra en los recipientes y se lleva al equipo. El equipo tiene capacidad para 6 muestras, aunque un espacio está destinado al que será el blanco del ensayo, o sea un vaso vacío. Se coloca el resto de muestras y dentro de ellos unas campanillas. El ensayo dura aproximadamente 4 horas

Al final de ese lapso de tiempo, se retiran los vasos y se los lleva a una desecadora para enfriarlos, se pesan y se calcula el contenido de gomas con la diferencia de pesos.

Se observa si hubo variación de color con respecto al blanco, en el caso que se observe coloración, se procede a comprobar que el cambio es por el

contenido de gomas, mediante la adición de n-heptano, si el color se disuelve entonces no son gomas, sino solo coloración.

3.12 Ensayo 9- Determinación del octanaje en el Octanómetro

En una probeta se miden 400 ml de muestra y se coloca a refrigeración hasta que el equipo esté acondicionado para realizar el ensayo.

Se enciende el Octanómetro y se lo ajusta a las especificaciones del método Research RON, mencionadas en la norma INEN 2 102.

3.12.1 Acondicionamiento del equipo

- Se ajusta la velocidad del motor a 600 ± 6 rpm.
- Avance del encendido. Constante: 13,0 grados.
- Abertura de bujía: $(0,51 \pm 0,13)$ mm
- La medida básica de abertura entre el convertidor y la paleta del motor debe ser de 0,08 mm a 0,13 mm.
- Abertura de válvulas, $(0,20 \pm 0,03)$ mm. Esta medida se realiza con el motor caliente y funcionando bajo condiciones normalizadas de operación.
- Aceite lubricante para el cárter. Debe ser SAE 30, con una viscosidad cinemática comprendida entre 9,62 cSt y 12,93 cSt (mm^2/s) a 99°C y un índice de viscosidad menor de 85. No se deben utilizar aceites que contengan mejoradores de índice de viscosidad o aceites multigrados.
- Presión de aceite. De 0,17 MPa a 0,20 MPa, medidos a condiciones de operación.
- Temperatura del aceite, $(57 \pm 8,5)^\circ\text{C}$. El elemento medidor de temperatura debe estar completamente sumergido en el aceite del cárter.
- Temperatura del refrigerante, $(100 \pm 1,5)^\circ\text{C}$, con una máxima variación de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, durante el ensayo.
- Temperatura del aire de alimentación. Se mide a la entrada del carburador, utilizando un termómetro de mercurio y se mantiene a $\pm 1,1^\circ\text{C}$ de la temperatura especificada, de acuerdo a la presión barométrica prevaleciente. Esta temperatura se debe utilizar para hacer ajustes básicos

en el micrómetro o contador digital, para obtener la intensidad de detonación estándar y un control inicial de las características de operación.

- Humedad del aire de alimentación. De (0,003 56 a 0,007 12) kg de vapor de agua/kg de aire seco.
- Tubo vertical del carburador. Diámetro de garganta de 14,3 mm.
- Ajuste de la altura básica del cilindro de 13 a 14 mm.
- Relación combustible/aire. Toda determinación de las características de detonación se debe realizar con una relación de combustible/aire que provea una lectura máxima en el indicador de detonación; esto se aplica tanto para la muestra como para los combustibles de referencia utilizados. La relación combustible/aire se debe ajustar, subiendo o bajando el nivel del combustible en la escala del visor graduada, para lo cual se hace girar la perilla colocada en el fondo de cada tanque de combustible del carburador. Para asegurar una adecuada atomización del combustible se requiere que la máxima lectura del indicador de detonación corresponda con las lecturas entre 0,7 y 1,7 de la escala del visor graduada; si no se logra alcanzar esta condición, se debe cambiar el inyector por otro de tamaño adecuado.

3.12.2 Medición de Octanaje

Luego del acondicionamiento del equipo, se eligen los estándares de referencia.

Para las gasolinas ECOPAIS, se realizan dos estándares de referencia por cada gasolina, uno bajo de 86 octanos, y uno alto de 88 octanos. Para lo cual se usa: 86% de iso-octano+14% de n-heptano para el patrón bajo y 88% de iso-octano+12% de n-heptano para el patrón alto.

Para la gasolina EXTRA, se realizan dos estándares de referencia por cada gasolina, uno bajo de 84 octanos, y uno alto de 86 octanos. Para lo cual se usa: 84% de iso-octano+16% de n-heptano para el patrón bajo y 86% de iso-octano+14% de n-heptano para el patrón alto

Para la gasolina SUPER, se preparan dos estándares de referencia uno bajo de 91 octanos, y uno alto de 92 octanos para lo cual se usa: 91% de iso-octano+9% de n-heptano para el patrón bajo y 92% de iso-octano+8% de n-heptano para el patrón alto.

Se coloca en la cuba 1 el patrón bajo, en la cuba 2 se posiciona el estándar de patrón alto y en la cuba 3 se coloca la mezcla incógnita. Se pistonea hasta observar que el medidor de detonaciones se estabilice. La lectura del indicador de detonación para la muestra se delimita a una relación de compresión constante, entre lecturas del indicador de detonación para dos mezclas de referencia, y el número de octano de la muestra, se calcula por interpolación con la fórmula siguiente:

$$O.N.s = O.N.(L.R.F) + \frac{K.I.(L.R.F) - K.I.(S)}{K.I.(L.R.F) - K.I.(H.R.F)} (O.N.(H.R.F) - O.N.(L.R.F))$$

O.N.s: Número de Octano

K.I.: Índice de Detonación

L.R.F: Estándar de Referencia Bajo

H.R.F: Estándar de Referencia Alto

CAPITULO 4

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las gasolinas aditivadas y sin aditivo a nivel laboratorio, siguiendo los métodos acreditados ASTM.

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Control de calidad del Terminal de Hidrocarburos Pascuales de EP Petroecuador, donde se determinaron distintos tipos de parámetros como el RON, contenido de aromáticos, contenido de olefinas, contenido de azufre, corrosión a la lámina de cobre, destilación ASTM, gravedad API, etc., exigidos en la norma INEN 935 para las gasolinas.

Según lo mencionado en la metodología, se trabajó como primer paso con un equipo analizador de gasolinas, si bien este no es un equipo normalizado, sirve como referencia ya que arroja valores muy cercanos a los reales en tiempos cortos, por lo que su uso significa un ahorro de tiempo. Por este motivo se decidió realizar en este equipo las pruebas a diferentes dosificaciones, tanto para las gasolinas sin aditivar como para las gasolinas no aditivadas.

Con los resultados obtenidos se realiza la evaluación del cumplimiento de calidad a las gasolinas aditivadas que reflejaron aumento en su octanaje, detallada en el Capítulo 5.

4.1 Resultados obtenidos en el Analizador de Gasolina

Para realizar los ensayos de caracterización de la gasolina, se introdujeron las muestras en el PetroSpec. Para cada muestra se realizaron 3 corridas a fin de asegurar que los datos que arrojaba el equipo sean consistentes, se reporta en las en las tablas siguientes los resultados de la tercera corrida y en los anexos se adjunta los resultados totales.

4.1.1 Resultados de Aditivación en la gasolina Ecopaís

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para las mezclas de la gasolina Ecopaís con los Aditivos A, B y con la naftalina.

4.1.1.1 Gasolina Ecopaís con Aditivo A de color gris

Tabla 4.1 Resultados para la Gasolina Ecopaís con aditivo A

Fecha	28-07-2017	28-07-2017	28-07-2017	28-07-2017	28-07-2017	28-07-2017
Parámetro	Sin aditivo	Dosis recomendada 0,21 ml	Dosis x2 0,42 ml	Dosis x4 0,84 ml	Dosis x 6 1,26 ml	Dosis x 7 1,47ml
RON	87.1	88.2	89.1	89.3	90.2	90.3
MON	81.4	81.2	81.4	81.5	81.7	82
(R+M)/2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2
T50	98	99	99	99	100	100
T90	170	172	172	172	173	173
MeOH	-	-	-	-	-	0.4
EtOH	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	3.8
MTBE	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.9	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
ETBE	0.7	1.4	1.5	1.6	1.5	1.5
TAME	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8
TBA	-	-	-	-	-	-
Wt%O	1.62	1.72	1.76	1.83	1.88	1.89
Tolueno	4.3	4.6	4.6	4.6	4.6	4.7
Total Xileno	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	3.0
Oleofinas	19.9	18.1	17.6	17.3	17.4	18.2
Saturados	57.9	56.1	57.6	56.3	56.4	56.2
Aromáticos	20.1	19.7	20.3	20.4	20.4	20.9
Benceno	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	0.68

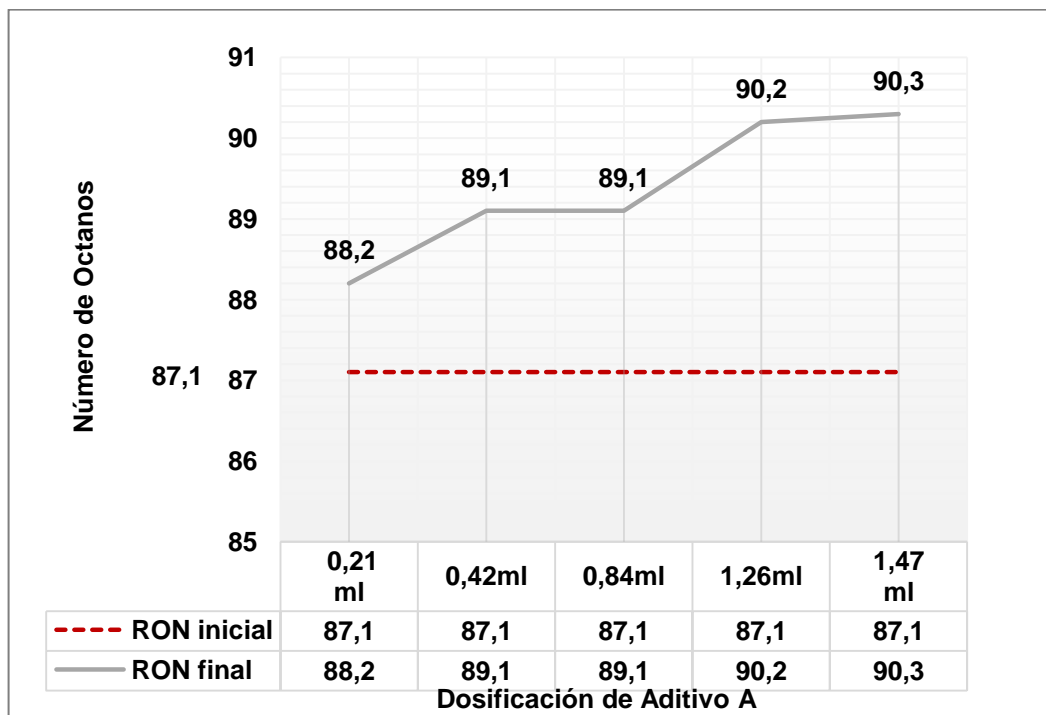
Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

En la tabla 4.1 se puede observar que los parámetros no variaron de forma significativa. A la dosis recomendada se puede observar que hay un leve aumento de 87.1 a 88.2 octanos. Mientras se aumenta la dosificación del aditivo se va incrementando el octanaje, como se observa en la tabla luego aumentar hasta la séptima dosificación donde hubo un aumento de 3.

En la gráfica 4.1 se puede observar de una manera más clara el comportamiento que presenta el octanaje a las diferentes dosis de aditivos. Los compuestos que podrían ser el causal del aumento del octanaje pueden ser los compuestos aromáticos, ya que se observa un aumento de 20,1 a

20,9, que es de parte del tolueno, ya que este va aumentando cada vez que se dosifica más aditivo y llega a subir 0,8 unidades. O también por parte de los compuestos oxigenados, ya que se observa que, el % de Oxígeno va subiendo al aumentar la dosificación de aditivo, esto quiere decir que un compuesto oxigenado es parte de la composición del mismo, por lo que, al observar los otros datos, se ve que existe un pequeño aumento en el valor de etanol que no es mucho, pero podría interferir. Otro parámetro que presenta cambio es el ETBE, el cual aumenta casi al doble del contenido que tenía la gasolina base, o sea de 0.7 a 1.5 al aumentar hasta 6 veces la dosificación recomendada, por lo que es más probable que este sea el compuesto que hace elevar el octanaje.



Gráfica 4.1 Gasolina Ecopaís vs Dosificación Aditivo A gris

Elaboración: Druet, Vera

Mediante la gráfica, se observa que a la dosis recomendada en la etiqueta del Aditivo A, se logra aumentar el octanaje 1,1 octano, por lo que se puede decir que el producto no sirve a esta dosis. Al aumentar la dosis se puede observar que eleva otro octano, entonces comienza a reflejar un comportamiento lineal, pero su límite llega hasta aumentar su dosis 6 veces,

ya que comienza a tener forma constante, y seguir añadiendo aditivo solo logrará saturar la muestra.

4.1.1.2 Gasolina Ecopaís con Aditivo B de color azul

Tabla 4.2 Resultados para la Gasolina Ecopaís con aditivo B

Fecha	29-07-2017	29-07-2017	29-07-2017	29-07-2017	29-07-2017
Parámetro	Sin aditivo	Dosis recomendada 0,22 ml	Dosis x 2 0,44 ml	Dosis x6 1,32 ml	Dosis x 7 1,54 ml
RON	87.1	88.7	89.4	92.6	92.5
MON	82.5	82.2	82.5	82.8	82.9
(R+M)/2	86.2	87.3	87.8	88.2	87.2
T50	98	98	98	98	101
T90	170	172	173	172	173
MeOH	-	-	-	0.5	1.2
EtOH	3.6	3.6	4.1	4.4	4.4
MTBE	-	-	-	-	-
DIPE	0.9	0.5	0.7	0.6	0.7
ETBE	0.7	1.1	1.0	0.9	1.0
TAME	0.6	1.0	0.9	1.0	1.0
TBA	-	-	-	-	-
Wt%O	1.62	1.9	2.6	2.6	2.83
Tolueno	5.5	5.6	5.6	5.4	5.7
Total Xileno	4.3	4.6	4.6	4.8	4.7
Oleofinas	19.9	18.3	17.1	18.1	18
Saturados	57.9	56.5	56.8	55.7	56
Aromáticos	20.1	19.7	20.3	20.4	20.4
Benceno	0.69	0.68	0.67	0.67	0.67

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

En la tabla 4.2 se observa que el RON aumentó de 87.1 a 88.3 a la dosis recomendada, y llegó a un máximo valor de 92,6 con 6 veces la dosis recomendada en la etiqueta. Se puede notar que el MON se mantuvo casi constante, debido a que estos aditivos están diseñados para elevar el octanaje en vehículos que transitan por la ciudad. El contenido de aromáticos no reflejó aumento significativo ya que aumentó de 20,1 a 20,4. Mientras que el % de oxígeno aumentó de 1,62 a 2,83 con la mayor dosis, debido a eso, se observa que el % de etanol y de metanol también

aumentaron el contenido 0 a 1,2. Así también se nota el aumento en el contenido de alcohol.

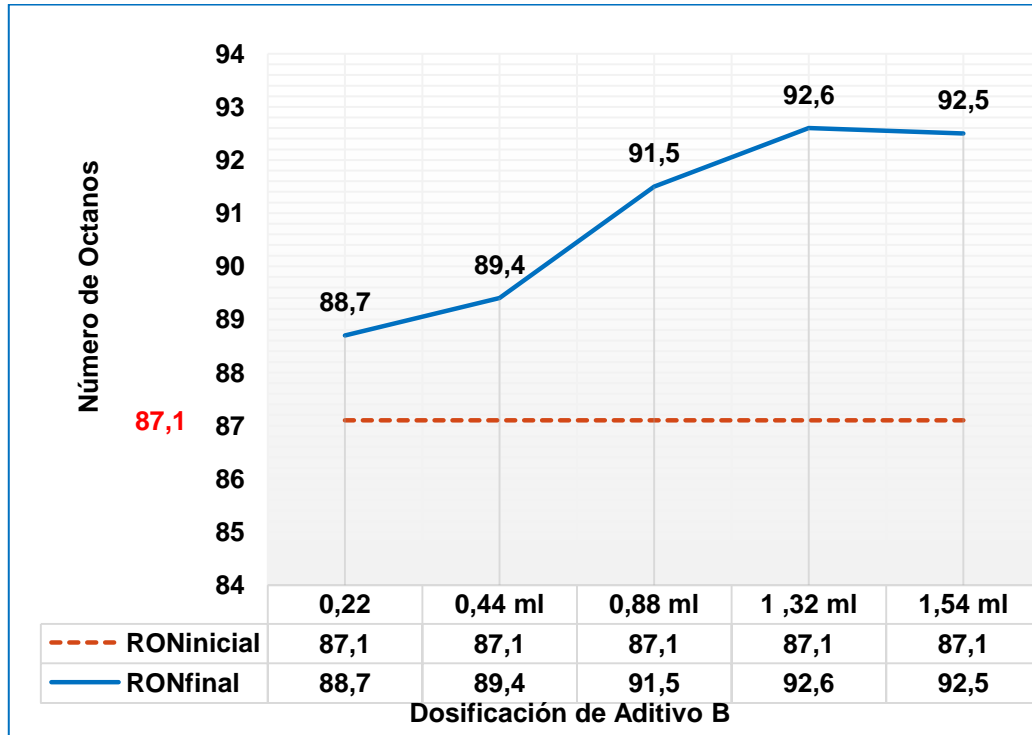


Gráfico 4.2 Gasolina Ecopaís vs Dosificación Aditivo B azul

Elaboración: Druet, Vera

Mediante la gráfica 4.2 se puede observar que, para la dosis recomendada en la etiqueta del Aditivo B, logra aumentar el octanaje 1,6 octanos. Al aumentar la dosis se puede observar que eleva otro octano, y así hasta llegar a 6 veces la dosis recomendada en donde el octanaje ya no sube más de 92,6 y comienza a bajar debido a la saturación que presenta.

4.1.1.3 Gasolina Ecopaís con Naftalina

Tabla 4.3 Resultados para la Gasolina Ecopaís con Naftalina

	29-07-2017	29-07-2017	29-07-2017	29-07-2017
Parámetro	Sin aditivo	0,6 gr	3 gr	9 gr
RON	87.1	87.4	88.1	88.5
MON	82.5	81.4	82.1	82.6
(R+M)/2	86.2	86.4	87.2	87.6
T50	98	98	99	100
T90	170	171	170	172
MeOH	-	-	-	-
EtOH	3.6	3.4	3.4	3.4
MTBE	-	-	-	-
DIPE	0.9	1.1	1.2	1.2
ETBE	0.7	0.7	1	0.9
TAME	0.6	0.7	1	1
TBA	-	-	-	-
Wt%O	1.62	1.72	1.7	1.36
Tolueno	5.5	5.3	5.4	5.4
Total, Xileno	4.3	4.1	4.1	5.4
Oleofinas	19.9	18.1	18.6	18.2
Saturados	57.9	57.6	55.6	54.1
Aromáticos	20.1	20.7	22.5	24.8
Benceno	0.69	0.61	0.69	0.64

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

En la tabla 4.3, se observan los resultados obtenidos para la naftalina, con dosificaciones aleatorias, el octanaje aumentó 1,4 unidades o sea de 87.1 a 88.5.

Se observa un pequeño aumento en los compuestos oxigenados DIPE, ETBE y TAME.

El contenido de aromático aumentó de 20,1 a 24,8 debido a que la naftalina es un compuesto aromático. Por lo que esto conlleva a tener un aumento de Xileno, el cual pasa de 4,3 a 5,4 unidades.

Al aumentar los aromáticos se puede observar una reducción de las oleofinas, ya que si el uno sube el otro tiende a bajar.

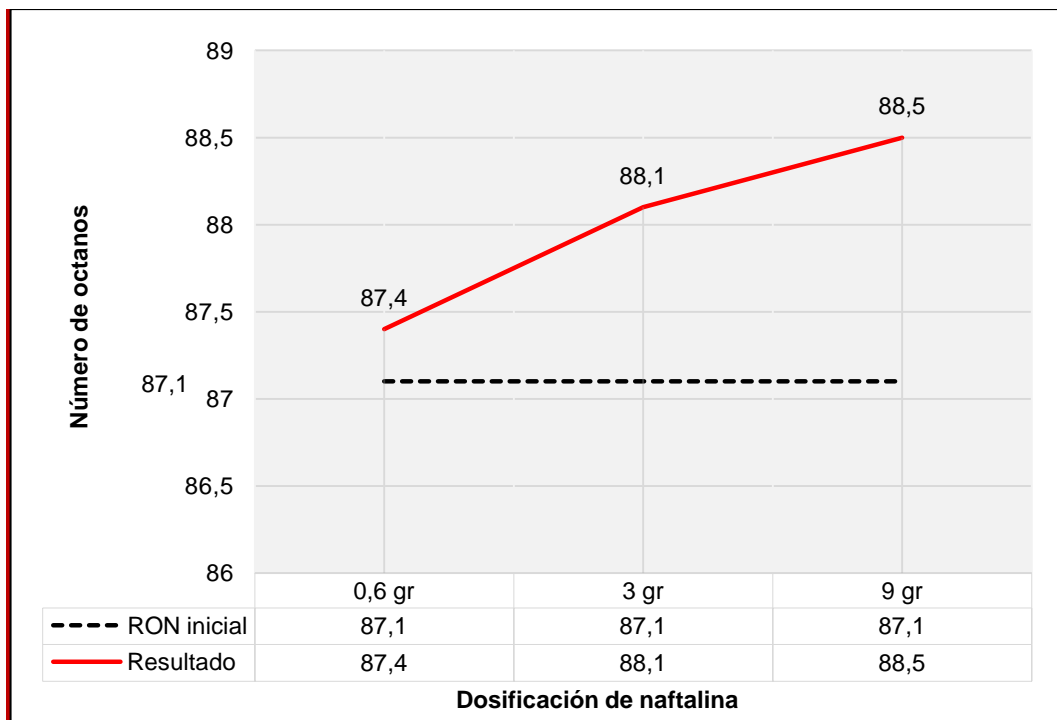


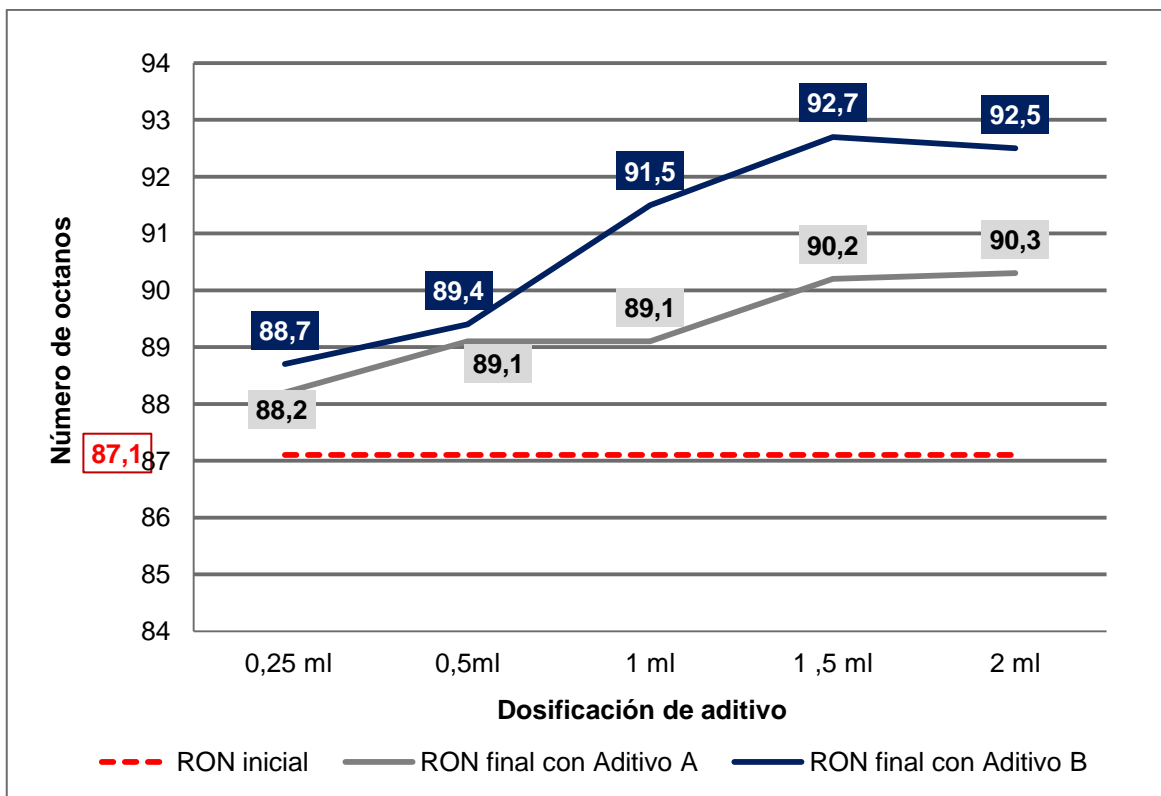
Gráfico 4.3 Gasolina Ecopaís vs Dosificación Naftalina

Elaboración: Druet, Vera

Se observa que a la cantidad de octanaje se eleva de forma casi línea, sin embargo, Mediante el análisis realizado a la gasolina con naftalina se observó que, en todas las dosificaciones, se presentaba un precipitado, para lo cual, su uso podría causar taponamientos y dañar el carburador.

4.2 Comparación de los aditivos evaluados en la gasolina Ecopaís

En la gráfica 4.4., se realiza una comparación del aumento de octanaje que tiene cada uno de los aditivos evaluados en la gasolina, mediante líneas del color correspondiente al aditivo usado. No se incluye a la naftalina, ya que se decidió analizar todos sus parámetros.



Gráfica 4.4 Comparación de las curvas de octanaje con los aditivos

Elaboración: Druet, Vera

Como se puede observar, los dos Aditivos probados en la gasolina Ecopaís, con las dosificaciones recomendadas en sus etiquetas, presentan similitud en los valores, es decir el octanaje sube de 87.1 a 88.2 octanos con el Aditivo A Gris y de 87.1 a 88.7 con el Aditivo B Azul. Entonces, se podría decir que, con respecto a las dosificaciones recomendadas en las etiquetas, ninguno de los dos aditivos evaluados son efectivos en la gasolina Ecopais, aunque elevar un octano no es un valor significativo.

Mientras se aumentan las dosificaciones de aditivo se puede observar que tienen tendencia creciente, esto quiere decir que al aumentar la dosis aumenta el número de octanos.

El Aditivo A de color gris es capaz de elevar hasta máximo 3 octanos con una dosificación de 6 veces la recomendada, pasando de 87,1 a 90,3 octanos mientras, que el Aditivo B de color Azul puede aumentar hasta un máximo de 5 octanos con una dosis de 6 veces la recomendada, es decir sube de 87,1 a 92,5.

Con respecto al mayor aumento de octanaje, se puede afirmar que el Aditivo B es el más efectivo.

4.3 Contenido de azufre

A continuación, se presentan los resultados de contenido de azufre para la gasolina Ecopaís.

Tabla 4.4 Resultados del contenido de azufre para la gasolina Ecopaís

				Especificación Norma INEN	
Muestra	Sin Aditivo ppm	Dosis Recomendada ppm	Dosis Optimizada ppm	Mín ppm	Máx ppm
Aditivo A	365	365,3	412	-	650
Aditivo B		364,7	345,5		
Naftalina		394,3	436,2		

Elaboración: Druet, Vera

Como se puede observar en la tabla 4.4, todos los aditivos evaluados en la gasolina Ecopaís están dentro del rango especificado en la Norma Inen 935 para el contenido de azufre. Se puede apreciar que la gasolina aditivada con naftalina es la que presenta un mayor aumento en el contenido de azufre, seguido por el Aditivo A cada vez que se aumenta la dosificación de aditivo. Mientras que el Aditivo B, no presenta cambio significativo.

4.4 Presión de Vapor Reid

En la tabla 4.5, se presentan los resultados de la medición de la presión de vapor para la gasolina Ecopaís. Para las gasolinas oxigenadas, la Norma permite que la gasolina tenga la presión de vapor hasta 62kpa.

Tabla 4.5 Resultados de Presión de vapor Reid para Gasolina Ecopaís

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo kPa	Dosis Recomendada kPa	Dosis Optimizada kPa	Mín kPa	Máx kPa
A	60,8	59,6	58,8	-	60
B		57,6	53,6		60

Elaboración: Druet, Vera

Todos los aditivos evaluados en la gasolina Ecopaís, cumplen con las especificaciones de la Norma Inen 935 para los niveles de presión de vapor. Se puede apreciar que, para todos los aditivos, se produce una reducción de presión al aumentar la dosificación, aunque en el caso del Aditivo B fue más evidente el cambio.

4.5 Destilación ASTM

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros de destilación de la gasolina Ecopaís con los aditivos A y B, junto con las especificaciones de la norma INEN 935, para evaluar el cumplimiento de calidad de las gasolinas.

Tabla 4.6 Resultados de Destilación para la Gasolina Ecopaís

		Especificación Norma INEN	
Gasolina Ecopaís sin aditivo	T(°C)	Mín	Máx
10%	50	-	70
50%	90	77	121
90%	139	-	189
Punto final	155	-	220
Residuo	2	-	2
Gasolina Ecopaís aditivo A	T(°C)	Mín	Máx
10%	50	-	70
50%	86	77	121
90%	145	-	189

Punto final	151	-	220
Residuo	3	-	2
Gasolina Ecopaís aditivo B	T(°C)	Mín	Máx
10%	52	-	70
50%	89	77	121
90%	151	-	189
Punto final	158	-	220
Residuo	3	-	2

Elaboración: Druet, Vera

Para los aditivos evaluados en la gasolina Ecopaís, se puede observar que todos los puntos de destilación cumplen con las especificaciones INEN 935, excepto el residuo final de destilación con las gasolinas aditivadas con los dos aditivos, ya que sobrepasan el rango máximo.

4.6 Corrosión a la lámina de cobre

Tabla 4.7 Resultados Corrosión a la lámina de cobre gasolina Ecopaís

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo	Dosis Recomendada	Dosis Optimizada	Mín	Máx
A	1	1	1	-	1
B	1	1	1		

Elaboración: Druet, Vera

Se observa que los niveles de corrosión para la gasolina Ecopaís aditivada con los aditivos A y B, se encuentran en el valor de 1, que es el indicado en la Norma.

4.7 Contenido de goma de la gasolina Ecopaís

Este ensayo se le realizó a la gasolina Ecopaís solo con el Aditivo B, ya que fue el más efectivo.

Tabla 4.8 Resultados del Contenido de goma de la gasolina Ecopaís

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo	Dosis Recomendada	Dosis Optimizada	Mín	Máx
B	2	2	7	-	3

Elaboración: Druet, Vera

Se ensayó el contenido de gomas de la gasolina Ecopaís, solo con el aditivo B, debido a que fue el aditivo que mostró más efectividad. Como se puede observar la dosis optimizada no cumple con el límite máximo especificado en la norma Inen 935.

4.8 Relación Vapor- liquido

Los resultados de relación vapor- líquido presentados en la tabla 4.9, se obtuvieron por medio del método matemático relacionando la presión de vapor y los puntos de destilación de la T10 y T50.

Tabla 4.9 Resultados de Relación Vapor- liquido de la gasolina Ecopaís

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo	Dosis Recomendada	Dosis Optimizada	Mín	Máx
B	19,3	19,7	20,5	-	20

Elaboración: Druet, Vera

Según los resultados se observa que la mezcla de gasolina con aditivo B a la dosis recomendada si cumple con las especificaciones INEN 935 para el parámetro de vapor-líquido. Mientras que con la cantidad de aditivo optimizado no cumple, como se puede observar en la tabla 4.9.

4.9 Resultados de Aditivación en la Gasolina Super

Mediante lo señalado en la metodología, se probaron todos los aditivos en esta gasolina. Se ha querido observar, además, cual es el comportamiento ante las gasolinas que no contiene alcohol de los aditivos A y B. Cabe recalcar que, aunque la norma exija como mínimo que el octanaje de esta gasolina sea de 92 octanos, mediante pedido de PetroEcuador, se acordó que se puede comercializar la gasolina hasta con 2 octanos menos. Los resultados se los puede observar en las tablas 4.10 a 4.15.

4.9.1 Super con Aditivo A de color gris

Tabla 4.10 Resultados para la gasolina Súper con el aditivo A

Fecha	24-08-2017	24-08-2017	24-08-2017	24-08-2017
Parámetro	Sin Aditivo	<i>Dosis Recomendada 0,21 ml</i>	<i>Dosis x 2 0,42ml</i>	<i>Dosis x 3 0,63ml</i>
RON	91.3	91.5	93.5	93.8
MON	83.6	84.6	84.1	83.7
(R+M)/2	87.4	88.1	88.8	88.7
T50	104	107	107	105
T90	168	170	172	169
MeOH	-	-	-	-
EtOH	-	-	1.6	1.6
MTBE	-	-	-	-
DIPE	0.5	0.3	0.5	0.3
ETBE	-	-	-	-
TAME	0.9	0.8	0.9	0.7
TBA	-	-	-	-
Wt%O	0.22	0.35	0.82	0.80
Tolueno	7.7	8.4	8	7.8
Total Xileno	5.2	4.4	4.8	4.9
Oleofinas	20.0	19	20.6	19.2
Saturados	53.9	58.8	52.1	54.3
Aromáticos	24.7	25	23.8	23
Benceno	0.84	0.55	0.76	0.76

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

A la dosis recomendada no se observa aumento en el octanaje, pero a la dosis triplicada el octanaje llega a subir hasta 2 octanos. Se observa el aumento en el contenido de oxígeno a las diferentes dosificaciones, y a su vez aparece un valor de 1.6 en el % de alcohol, el cual al ser la Super una gasolina sin alcohol tenía valor de 0. Esto indica que, en la composición de aditivos, hay bases de etanol. Debido a la introducción de alcohol en la gasolina Super, se observa la reducción del contenido de aromáticos, de Xileno y de benceno. Y por ende un aumento en el contenido de saturados.

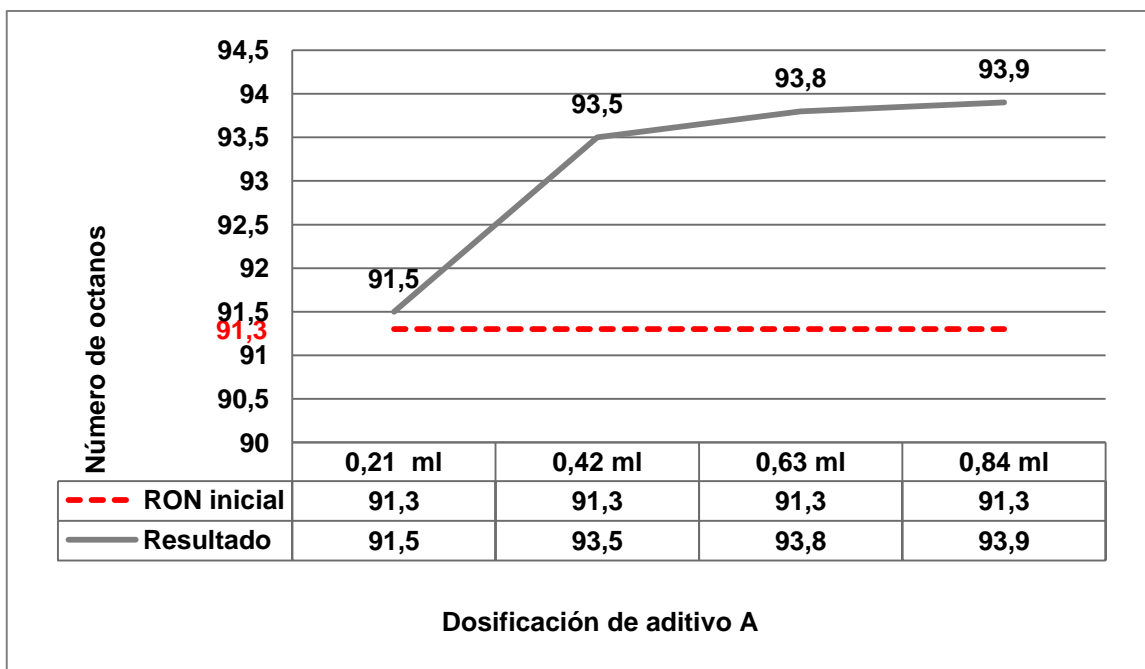


Gráfico 4.5 Gasolina Super vs Dosificación Aditivo A gris

Elaboración: Druet, Vera

Mediante la gráfica 4,5 y la tabla 4.7 se observa que el aumento de octanaje a la dosis recomendada apenas subió 0.2 octanos, de 91,3 a 91,5. Dicho valor indica que este aditivo no es efectivo en esta gasolina a esa dosis. Al aumentar la dosis, el octanaje alcanza un valor de máximo 2 octanos.

4.9.2 Super con Aditivo B de color azul

Tabla 4.11 Resultado de gasolina Super con el aditivo B

Fecha	24-08-2017	24-08-2017	24-08-2017	24-08-2017	24-08-2017
Parámetro	Sin aditivo	Dosis recomendada 0,22 ml	Dosis X 2 0,44ml	Dosis X 3 0,66ml	Dosis X 4 0,88 ml
RON	91.3	93.2	94.7	96.2	98.3
MON	33.6	83.6	93.6	84.2	84.6
(R+M)/2	87.4	88.4	89.2	90.2	91.4
T50	104	107	108	107	106
T90	168	170	171	170	168
MeOH	-	-	0.3	0.5	0.8
EtOH	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-
DIPE	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4
ETBE	-	-	-	-	-
TAME	0.9	0.8	0.7	0.8	0.8
TBA	-	-	-	-	-
Wt%O	0.22	0.18	0.37	0.46	0.69
Tolueno	7.7	7.9	7.8	7.9	8.0
Total Xileno	5.2	4.8	4.7	4.7	4.7
Oleofinas	20.0	20.4	20	20.1	20
Saturados	53.9	55.1	55	54.7	54.9
Aromáticos	24.7	23.6	23.4	23.5	23.2
Benceno	0.84	0.82	0.82	0.81	0.77

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

Mediante los resultados de la tabla se observa que el Aditivo B funciona y logró elevar el octanaje, pero durante el ensayo se observó que a la dosis multiplicada por 3, comienza a aparecer un precipitado, al cual se le tendría que dar un proceso de agitación. Por lo que se puede decir que su uso para aumentar el octanaje es hasta dos veces la recomendada.

Se observa la reducción del contenido de aromáticos, de Xileno y de benceno. Y por ende un aumento en el contenido de saturados.

El contenido de Oxígeno aumenta debido a que se presenta un aumento en el contenido de metanol, el cual es el causante del aumento de octanos.

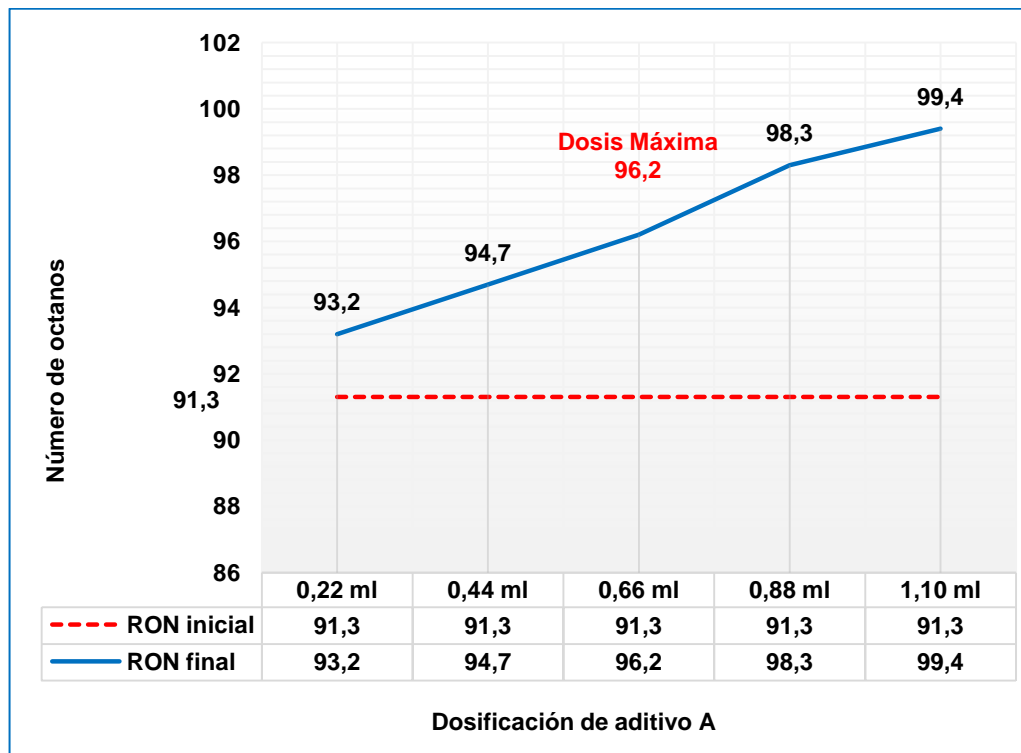


Gráfico 4.6 Gasolina Super vs Dosificación Aditivo B azul

Elaboración: Druet, Vera

Mediante la gráfica 4.6 se puede observar que, para la dosis recomendada en la etiqueta del Aditivo B, se logra aumentar el octanaje 2 octanos. Al aumentar la dosis se puede observar que se sigue elevando el octanaje, hasta llegar a un número de octano de 99,4. Pero para poder obtener ese octanaje se tuvo que utilizar agitación mecánica por aproximadamente 5 minutos a partir de la tercera dosis para lograr una mezcla homogénea, o sea sin precipitados. Lo cual no sería factible en un motor.

4.9.3 Super con Aditivo C de color naranja

Tabla 4.12 Resultados de gasolina SUPER con el aditivo C

Fecha	07-08-2017	07-08-2017	07-08-2017	07-08-2017	07-08-2017	07-08-2017
Parámetro	Sin aditivo	Dosis recomendada 0,2 ml	Dosis X2 0,4 ml	Dosis X3 0,6 ml	Dosis X5 1 ml	Dosis X6 1,2 ml
RON	91.3	91.1	91.0	90.8	91.1	91.1
MON	83.6	83.5	83.5	83.2	83.3	83.3
(R+M)/2	87.4	87	87.2	86.6	87.1	87.1
T50	104	103	105	105	103	103
T90	168	166	165	165	167	167
MeOH	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.5	0.50	0.6	0.5	0.5	0.5
ETBE	-	-	-	-	-	-
TAME	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
TBA	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22	0.22
Tolueno	7.7	8.1	8.2	8.2	7.8	7.8
Total Xileno	5.2	5.1	5.1	5.1	4.9	4.9
Oleofinas	20.0	19.8	19.2	19.0	20.1	20.1
Saturados	53.9	54.5	55	55.2	55.1	55.1
Aromáticos	24.7	24.3	24.4	24.5	23.5	23.5
Benceno	0.84	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

Se observa que al adicionar aditivo no incrementa el RON, al contrario, comienza a perder octanaje. No se observan cambios significativos en los parámetros, pero hay una pequeña reducción en el contenido de aromáticos debido a la reducción de Xileno, lo que puede causar la pérdida de octanaje, además subió el contenido de saturados en 2 unidades.

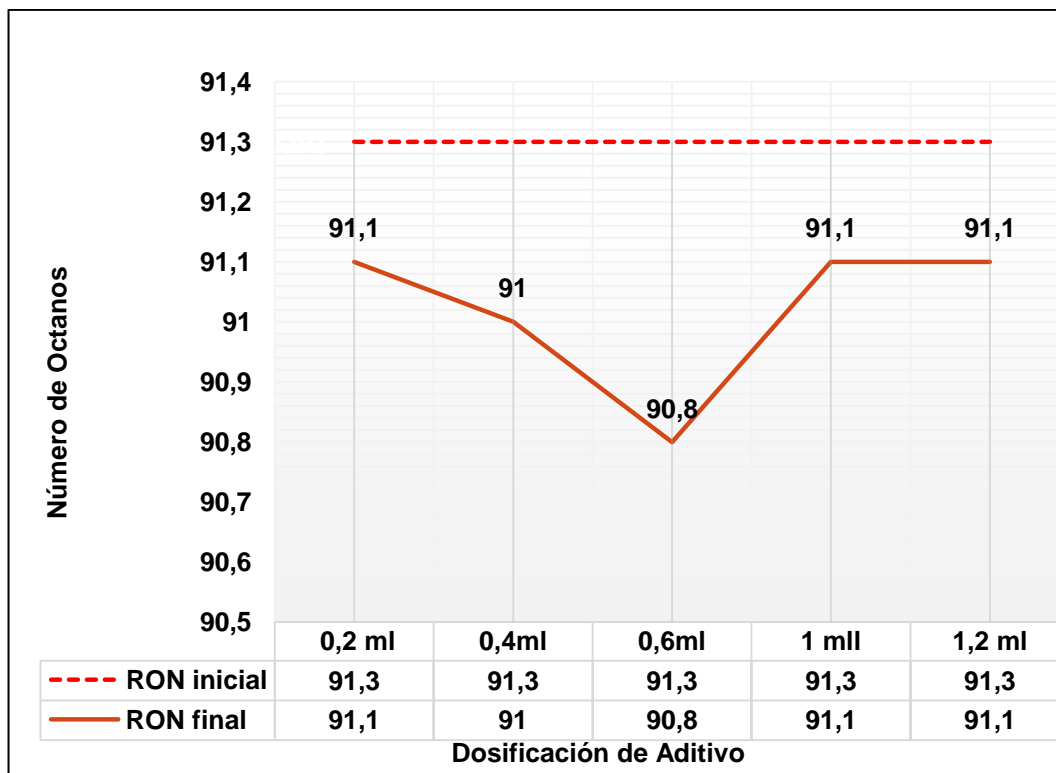


Gráfico 4.7 Gasolina Super vs Dosificación Aditivo C naranja
 Elaboración: Druet, Vera

Mediante la gráfica 4.7 se puede observar que el comportamiento del octanaje ante la adición de aditivo se mantiene por debajo del RON inicial, o sea el RON de la gasolina sin aditivar. Al aumentar la dosis en vez de observar un aumento se pudo apreciar que el octanaje comenzó a bajar. Por lo que se puede decir que el producto no sirve a ninguna dosis.

4.9.4 Super con Aditivo D de color negro

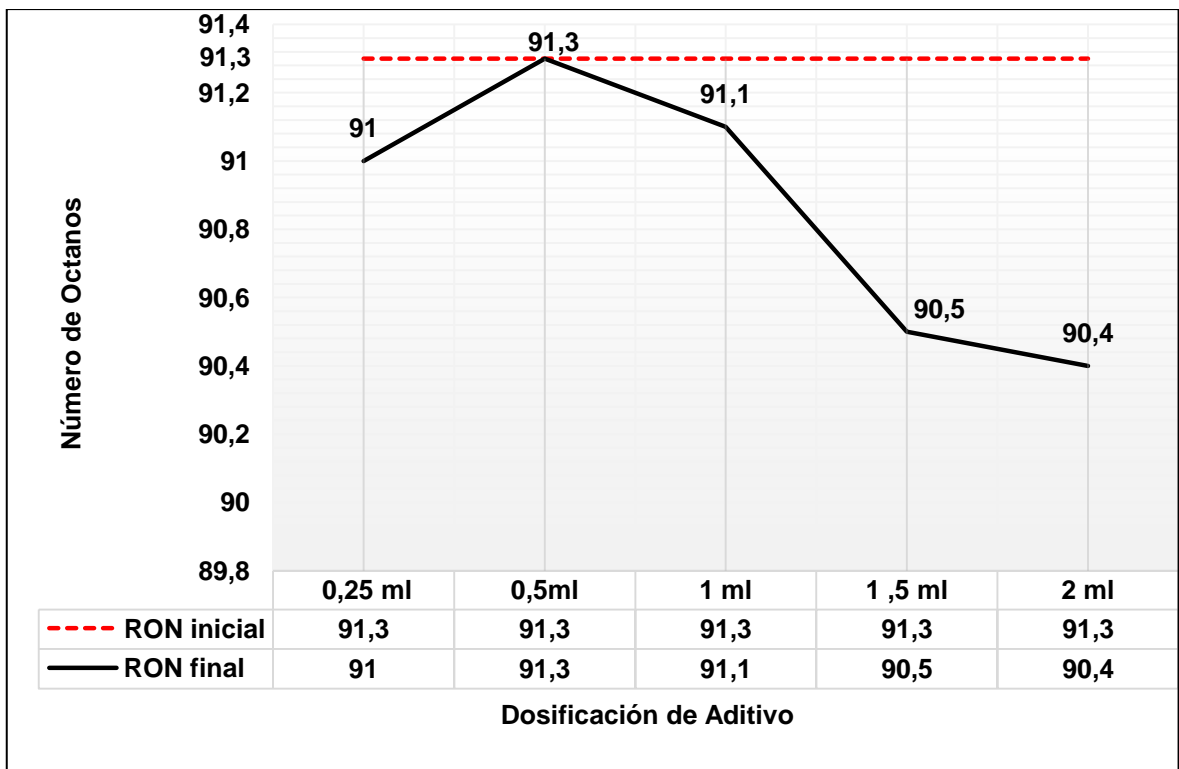
Tabla 4.13 Resultados de gasolina Super con el aditivo D

Fecha	08-08-2017	08-08-2017	08-08-2017	08-08-2017	08-08-2017	08-08-2017
Parámetro	Sin aditivo	<i>Dosis recomendada</i> 0,25ml	Dosis X2 0,5ml	Dosis X4 1ml	Dosis X6 1,5ml	Dosis X8 2ml
RON	91.3	91.0	91.3	91.1	90.5	90.4
MON	83.6	83.3	83.3	83.1	83.1	82.8
(R+M)/2	87.4	87.2	87.3	87.1	86.8	86.7
T50	104	103	103	103	103	104
T90	168	167	167	167	167	168
MeOH	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
ETBE	-	-	-	-	-	-
TAME	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
TBA	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.22	0.22	0.21	0.19	0.19	0.19
Tolueno	7.7	7.9	7.8	8	7.9	7.8
Total Xileno	5.2	4.8	4.8	4.7	4.7	4.6
Oleofinas	20.0	20	19.3	20.3	19.9	19.6
Saturados	53.9	55.3	55.4	55.2	55.5	55.9
Aromáticos	24.7	23.4	23.4	24.3	23.4	23.1
Benceno	0.84	0.81	0.83	0.81	0.81	0.82

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

Para gasolina super con el aditivo negro, los resultados mostraron que, de todos los parámetros, el que apenas varió fue el contenido de aromáticos por la reducción de Xileno y benceno y el contenido de saturados que aumentó 2 unidades, es por esto que el RON no aumentó. Se elevó las dosis hasta llegar a 5 veces la dosis que señala su etiqueta, y no se notó aumento y por el contrario presentó tendencia decreciente.



Gráfica 4.8 Gasolina Super vs Dosificación Aditivo D negro

Elaboración: Druet, Vera

La gráfica 4.8, refleja el comportamiento del octanaje ante la aditivación con Aditivo D, el cual se mantiene por debajo de la línea del RON Inicial, o sea el RON de la gasolina sin aditivar. Logra reducir el octanaje de 91,3 a 90,4. con la máxima dosis a la que se probó.

4.9.5 Super con Aditivo E de color amarillo

Tabla 4.14 Resultados de la gasolina Super con el aditivo E

Fecha	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017
Parámetro	Sin aditivo	Dosis recomendada 0,45 ml	Dosis X 2 0,9 ml	Dosis X 3 1,35 ml	Dosis X 4 1,8 ml	Dosis X 6 2,70 ml
RON	91.3	90.3	90.8	89.8	89.5	89.4
MON	83.6	83.0	83.9	82.8	82.6	82.7
(R+M)/2	87.4	86.7	87.4	86.3	86	86
T50	104	108	107	107	107	105
T90	168	171	171	170	170	171
MeOH	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.5	0.4	0,4	0.4	0.4	0.4
ETBE	-	-	-	-	-	-
TAME	0.9	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8
TBA	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.22	0.18	0.21	0.19	0.22	0.19
Tolueno	7.7	8	8.5	8.1	8.1	8.5
Total Xileno	5.2	5.3	4.9	5.5	5.4	4.9
Oleofinas	20.0	18.6	21.3	18.2	17.6	17.9
Saturados	53.9	55.7	50.8	56	56.4	57
Aromáticos	24.7	24.4	25.1	24.6	24.6	23.9
Benceno	0.84	0.82	0.81	0.81	0.78	0.78

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

Según los resultados obtenidos, este aditivo es el menos efectivo, ya que, a más de no subir el octanaje, reduce hasta 2 octanos, o sea de 91,3 pasa 89,4, lo cual es un perjuicio para el combustible.

Se observa una reducción tanto en el contenido de aromáticos, Xileno, benceno como en el contenido de oxígeno. También aumentó el contenido de Tolueno.

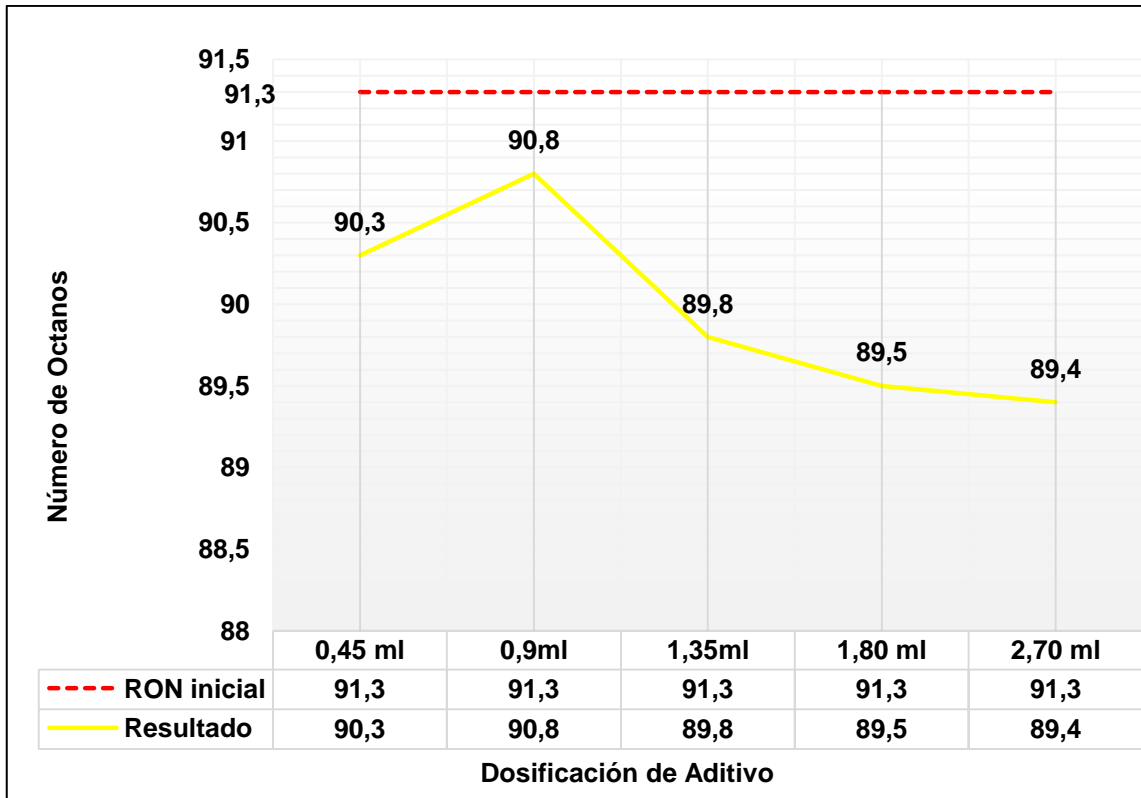


Gráfico 4.9 Gasolina Super vs Dosificación Aditivo E amarillo

Elaboración: Druet, Vera

Los resultados de octanaje analizados comparados con el octanaje de la gasolina sin aditivo muestran que el aditivo no elevó el octanaje, y a diferentes dosificaciones se mantiene por debajo de la línea base, tal como lo muestra la gráfica 4.9., mantuvo el mismo comportamiento de los aditivos C naranja y D negro, disminuyendo el octanaje.

4.9.6 Gasolina Super con Naftalina

Se probó la naftalina a varias dosis y se vio aumento cuando se adicionó una bolita de naftalina, correspondiente a 3,2 gramos, y se observó que presentó precipitado, por tal motivo, solo se realizó dos mediciones.

Tabla 4.15 Resultados de la gasolina Super con naftalina

Fecha	15-08-2017	15-08-2017	15-08-2017
Parámetro	Sin aditivo	3,2 gr	4,2 gr
RON	91.3	94	93.4
MON	33.6	84.3	84
(R+M)/2	87.4	88.7	88
T50	104	99	97
T90	168	162	161
MeOH	-	-	-
EtOH	-	-	-
MTBE	-	-	-
DIPE	0.5	1	1.6
ETBE	-	-	0.4
TAME	0.9	0.9	0.6
TBA	-	-	-
Wt%O	0.22	0.65	0.94
Tolueno	7.7	8.2	8.4
Total Xileno	5.2	6	6.4
Oleofinas	20.0	20.8	19.6
Saturados	53.9	49.3	48.9
Aromáticos	24.7	27.1	28
Benceno	0.84	0.78	0,72

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

Esta gasolina aditivada con naftalina, se diluye fácilmente pero luego de un tiempo diluido en la gasolina comienza a presentar precipitados, los cuales causaron obstrucciones en el equipo. Se obtuvo un aumento de 3 octanos con una bola de naftalina equivalente a 3,2 gr. A partir de esa dosis la muestra ya no reflejó un aumento.

Se identificó que el RON aumentó cerca de 3 unidades 91.3 a 94, el contenido de aromáticos como se preveía al ser la naftalina un compuesto

aromático, presentó aumento de 24,1 a 28, y se incrementó el contenido de Xileno y Tolueno. El contenido de saturados bajo de 53,9 a 48,9 a una dosis de 4,2 gr de naftalina.

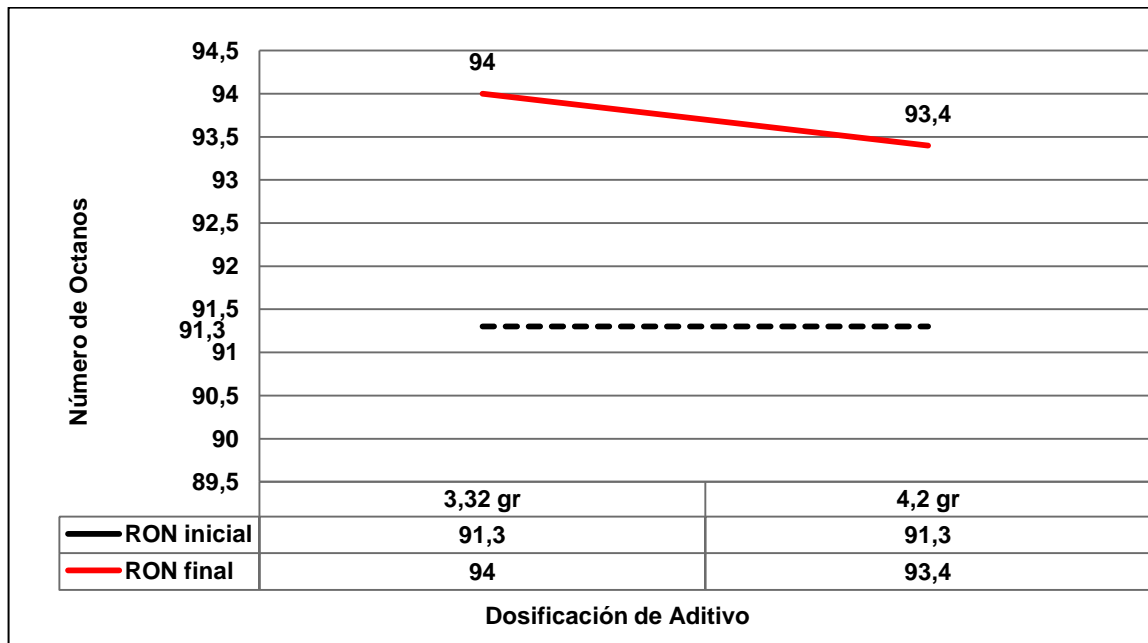


Gráfico 4.10 Gasolina Super vs Dosificación naftalina

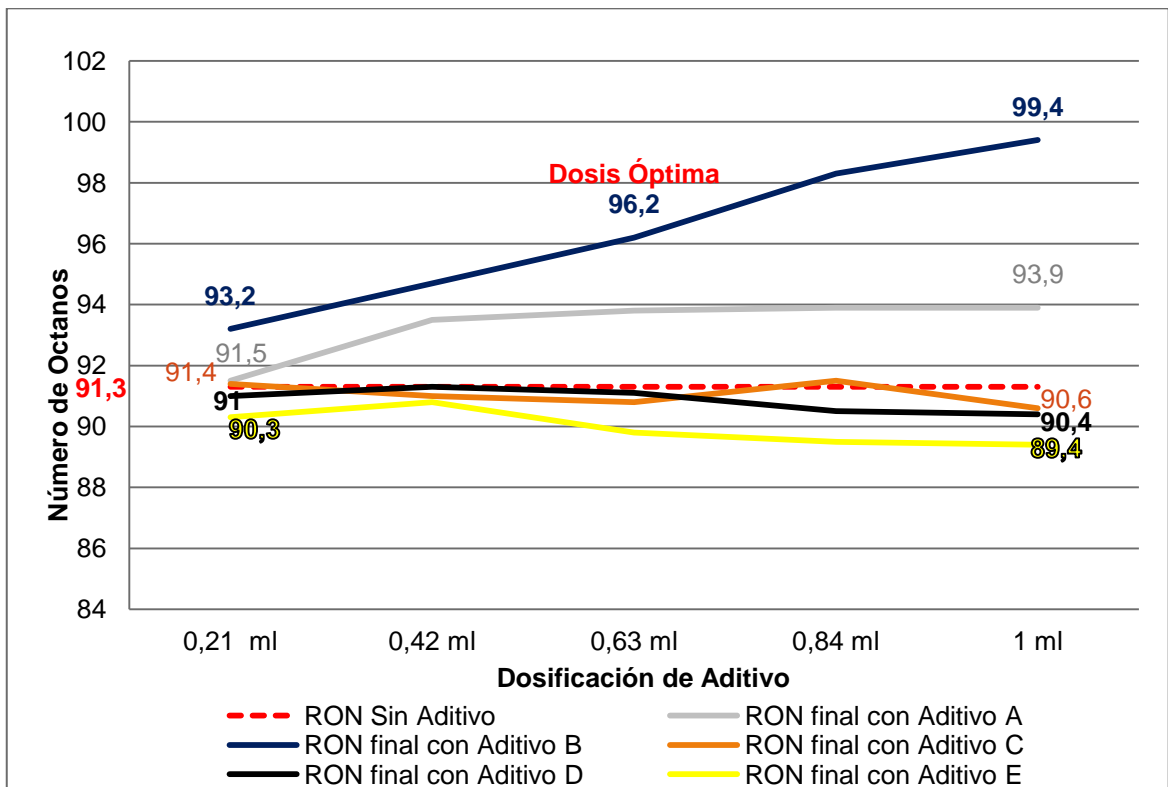
Elaboración: Druet, Vera

Con la natalina se realizaron mezclas con la gasolina, mediante dosificaciones aleatorias, para encontrar la dosis adecuada hasta observar algún cambio en el octanaje. Se observa mediante la gráfica que el octanaje se mantiene por encima de la línea base o sea el RON de la gasolina sin aditivo y se eleva hasta llegar a 94 octanos, el cual es el máximo valor, ya que luego de eso comienza a bajar de octanaje.

4.10 Comparación de aditivos evaluados en la Gasolina Super

Mediante la gráfica 4.11, se puede observar que los aditivos C de color naranja, D de color negro y E de color amarillo, presentan un comportamiento diferente al a los aditivos A y B, ya que los aditivos A y B tienen comportamiento creciente, mientras que los otros decrecen el octanaje. Es decir, en lugar de aumentar el octanaje actúan de modo contrario, reduciendo de 1 a 2 el octanaje. Y más bien los aditivos que son

formulados para gasolinas que no contienen alcohol, hacen efecto en esta gasolina, elevando el octanaje.



Gráfica 4.11 Comparación de las curvas de octanaje con los aditivos

Elaboración: Druet, Vera

Como se puede observar, los aditivos C, D, E quedan descartados como efectivos al momento de aumentar el octanaje, ya que no influyeron en ningún parámetro, en especial en el RON.

El aditivo que presentó mayor eficiencia de los 5 aditivos probados en la gasolina Super, fue el aditivo B de color azul. Donde el octanaje a la dosis recomendada, logró subir el octanaje a alrededor de dos octanos. Y es capaz de elevar hasta máximo 7 octanos con una dosificación aproximadamente 5 veces la recomendada. Sin embargo, a partir de la mezcla a la tercera dosis, se presentan unos coágulos azules, difíciles de disolver, indicio de que la muestra se encontraba ya saturada. Es por esto, que la dosis para que el aditivo B, sea efectivo y no ocasione algún tipo de inconveniente en el combustible es a 2 veces la dosis recomendada. Le sigue el Aditivo B, el cual alcanza a subir hasta máximo 3 octanos más.

4.11 Contenido de Azufre para la Gasolina Super

Se presenta en la tabla 4.16, los resultados del ensayo de contenido de azufre para la gasolina Super.

Tabla 4.16 Resultados del contenido de azufre para la gasolina Super

				Especificación Norma INEN	
Muestra	Sin Aditivo ppm	Dosis Recomendada ppm	Dosis Optimizada ppm	Mín ppm	Máx ppm
Aditivo A	104	108	122,4	-	650
Aditivo B		105	113		
Aditivo C		111,2	122,3		
Aditivo D		114,1	168,4		
Aditivo E		115	123		
Naftalina		121,2	172,2		

Elaboración: Druet, Vera

Todos los aditivos evaluados en la gasolina Super están dentro del rango especificado en la Norma INEN 935 para el contenido de azufre. Se puede apreciar que los aditivos A, C, D y E, experimentan aumento significativo del contenido de azufre al aumentar la dosificación de aditivo, aunque cumplen el límite máximo. Mientras que el Aditivo B, no presenta cambio significativo.

4.12 Presión de Vapor Reid

Se presentan los resultados de la medición de la presión de vapor para la gasolina Super.

Tabla 4.17 Resultados de presión de vapor Reid para la Gasolina Super

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo kPa	Dosis Recomendada kPa	Dosis Optimizada kPa	Mín ppm	Máx ppm
A	58	57,3	55,3	-	60
B	58	56,7	52,8	-	60
C	58	57,2	53	-	60
D	58	56,9	54,7	-	60
E	58	57,4	54,4	-	60
Naftalina	58	49,3	42,8	-	60

Elaboración: Druet, Vera

4.13 Destilación ASTM

Se presenta los resultados de destilación realizada a la gasolina Super aditivada con los aditivos A y B y con naftalina a la dosis óptima.

Tabla 4.18 Resultados de la Destilación ASTM para la gasolina Super

Requisitos destilación	Temperatura (°C)	Especificación Norma INEN	
		Mín (°C)	Máx (°C)
Gasolina Super sin aditivo			
10%	57	-	70
50%	97	77	121
90%	153	-	189
Punto final	165	-	220
Residuo	2	-	2
Gasolina Super con aditivo A			
10%	54	-	70
50%	96	77	121
90%	156	-	189
Punto final	164	-	220
Residuo	4	-	2
Gasolina Super con aditivo B			
10%	54	-	70
50%	96	77	121
90%	154	-	189
Punto final	164	-	220
Residuo	5	-	2
Gasolina super con naftalina			
10%	57	-	70
50%	99	77	121
90%	135	-	189
Punto final	174	-	220
Residuo	4	-	2
Punto final	158	-	220
Residuo	6	-	2

Elaboración: Druet, Vera

Se puede observar que la gasolina Super aditivada con naftalina, no cumple con el valor de residuo, especificado en la normativa Inen 935.

4.14 Corrosión a la lámina de cobre

Tabla 4.19 Resultados de Corrosión a la lámina de cobre para gasolina Super

				Especificación Norma INEN	
Muestra	Sin Aditivo	Dosis Recomendada	Dosis Optimizada	Mín	Máx
Aditivo A	1	1	1	-	1
Aditivo B	1	1	1		
Aditivo C	1	1	1		
Aditivo D	1	1	1		
Aditivo E	1	1	1		
Naftalina	1	1	1		

Elaboración: Druet, Vera

Se observa que para la gasolina Ecopaís con los aditivos y la naftalina no existió corrosión, ya que no sobrepasan el límite máximo.

4.15 Contenido de goma

Se ensayó el contenido de gomas de la gasolina Super, sólo con el aditivo B, debido a que fue el aditivo que mostró más efectividad.

Tabla 4.20 Resultados del contenido de goma para la gasolina Super

			Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo	Dosis Optimizada	Mín	Máx
B	0	0,2	-	4
Naftalina	0	4,2		

Elaboración: Druet, Vera

Por los resultados, se tiene que a la dosis optimizada esta mezcla no cumple con las especificaciones, ya que sobrepasa el valor máximo.

4.16 Relación vapor -líquido de la gasolina Super

En la tabla 4.21 se presentan los resultados de relación vapor-líquido para la gasolina aditivada con los aditivos A, B Y Naftalina.

Tabla 4.21 Resultados de la relación vapor-líquido para la gasolina Super

			Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo	Dosis Optimizada	Mín	Máx
A	19,6	19,6	-	20
B	19,6	19,2		
Naftalina	19,6	17,2		

Elaboración: Druet, Vera

Los valores de relación vapor líquido no sobrepasan el límite máximo de la Norma INEN 935.

4.17 Resultados de Aditivación con Gasolina Extra

Mediante lo señalado en la metodología, se probaron todos los aditivos en esta gasolina. Si bien los aditivos A y B, indican en sus etiquetas que están formulados para las gasolinas con alcohol, se ha querido observar cual es el comportamiento ante las gasolinas que no contiene alcohol. Cabe recalcar que, aunque la norma exija como mínimo que el octanaje de esta gasolina sea de 87 octanos, mediante pedido de PetroEcuador, se acordó que se puede comercializar la gasolina hasta con 2 octanos menos. Los resultados se los puede observar en las tablas 4.22 a 4.27.

4.17.1 Gasolina Extra con Aditivo A Gris

Tabla 4.22 Resultados de la gasolina Extra con el aditivo A

Fecha	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017
Parámetros	Sin aditivo	Dosis recomendada 0,22 ml	Dosis X2 0,44 ml	Dosis X 5 1,1 ml	Dosis X6 1,35 ml
RON	85,3	87,3	87,6	87,2	88,2
MON	81	81	81,2	81,1	81,1
(R+M)/2	83,1	84,2	84,4	85,1	84,6
T50	102	105	104	107	103
T90	163	168	166	169	169
MeOH	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	0,5	0,4
MTBE	-	-	-	-	-

Fecha	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017
Parámetros	Sin aditivo	<i>Dosis recomendada</i> 0,22 ml	Dosis X2 0,44 ml	Dosis X 5 1,1 ml	Dosis X6 1,35 ml
DIPE	0.7	0,5	0,6	0,7	0,6
ETBE	-	-	-	-	-
TAME	1.1	1	1	1	1.1
TBA	-	-	-	-	-
Wt%O	0.28	0,24	0,3	0,43	0,37
Tolueno	7.5	7,1	7,3	7,1	7,3
Total Xileno	4.4	4,3	4,5	4,5	4,3
Oleofinas	19	18,5	18,2	18,6	18,4
Saturados	57.8	58,7	59,3	58,6	58,8
Aromáticos	21.2	21	21	20,9	20,9
Benceno	0.87	0,82	0,84	0,80	0,81

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

El Aditivo A logró aumentar hasta 3 octanos en esta gasolina, 2 en la primera dosis. Se observó trazas de alcohol, lo que significa que el aditivo contiene en su composición moléculas de alcohol, lo que a su vez incrementa el % de Oxígeno. Esto conlleva a una reducción en el contenido de aromáticos que a su vez reduce el % de benceno, tolueno y xileno.

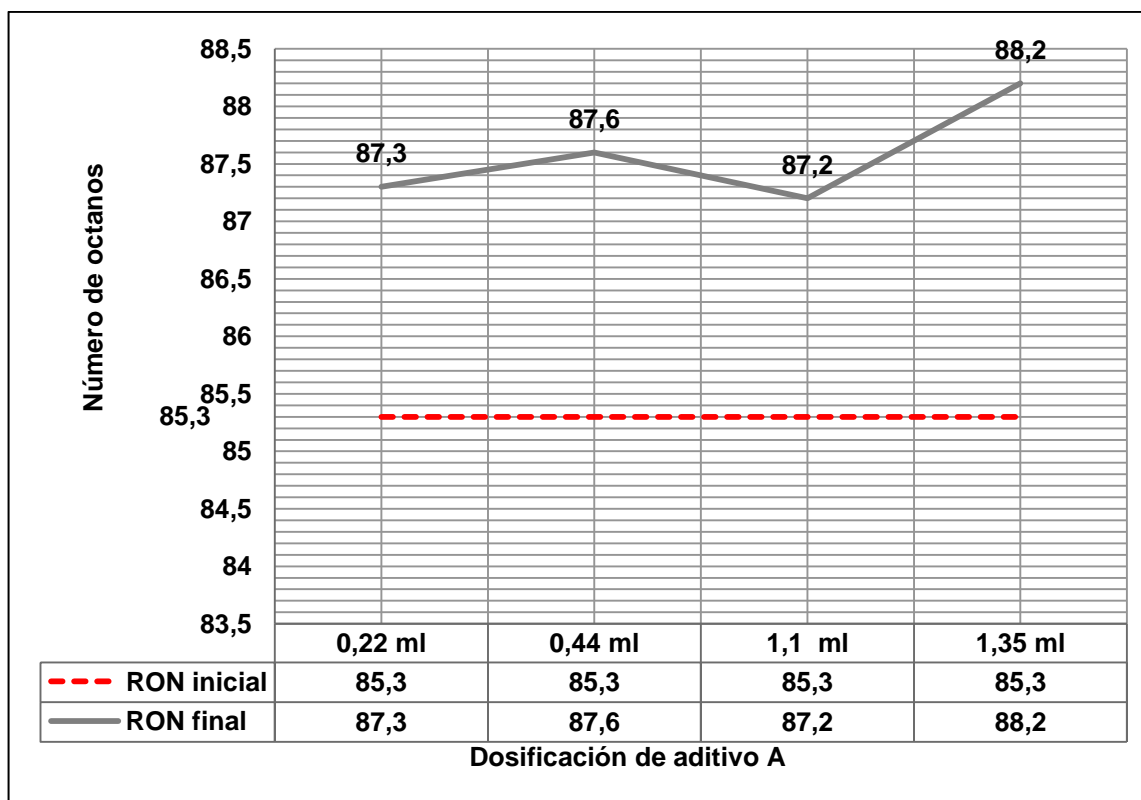


Gráfico 4.12 Gasolina Extra vs Dosificación Aditivo A gris

Elaboración: Druet, Vera

De la gráfica 4.12, se tiene que el Aditivo A Gris, aumenta el octanaje de una forma creciente respecto al aumento de dosis. Llega a elevar el octanaje de 85,3 a 87,3 a la dosis recomendada, y hasta un máximo de 88,2 octanos al aumentar la dosis 6 veces la recomendada. Luego de esto la muestra se saturó de aditivo, por lo que ya no existió mayor aumento.

4.17.2 Gasolina Extra con Aditivo B Azul

Tabla 4.23 Resultados de gasolina Extra con el aditivo B

Fecha	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017
Parámetro	Sin aditivo	Dosis recomendada 0,22 ml	Dosis X 2 0,44ml	Dosis X 3 0,66ml	Dosis X 4 0,88 ml
RON	85.3	88.6	89.1	91.6	95.3
MON	81	81.6	81.4	81.9	83
(R+M)/2	83.1	85.2	85.4	86.8	89.2
T50	102	105	106	105	105
T90	163	164	168	168	167

MeOH	-	-	0.3	0.7	1.2
EtOH	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8
ETBE	-	-	-	-	-
TAME	1.1	1.4	1.1	1.1	1.1
TBA	-	-	-	-	-
Wt%O	0.28	0.3	0.43	0.5	0.8
Tolueno	7.5	7.4	7.4	7.6	7.5
Total Xileno	4.4	4.2	4.3	4.4	4.6
Oleofinas	19	18.8	18.7	18.5	18.8
Saturados	57.8	58.6	58	57.6	56
Aromáticos	21.2	20	21.3	21.4	24.9
Benceno	0.87	0.78	0.84	0.82	0.79

*Fuente: Petrospec
Elaboración: Druet, Vera*

Al igual que con las otras gasolinas, se observa que el Aditivo B es efectivo al momento de elevar el octanaje en la gasolina Extra. Tienes las mismas características que en la adición a la gasolina Super. Pero el RON alcanza un máximo valor de 10 octanos. Como se puede observar hubo aumento en el contenido de oxígeno y el contenido de aromáticos.

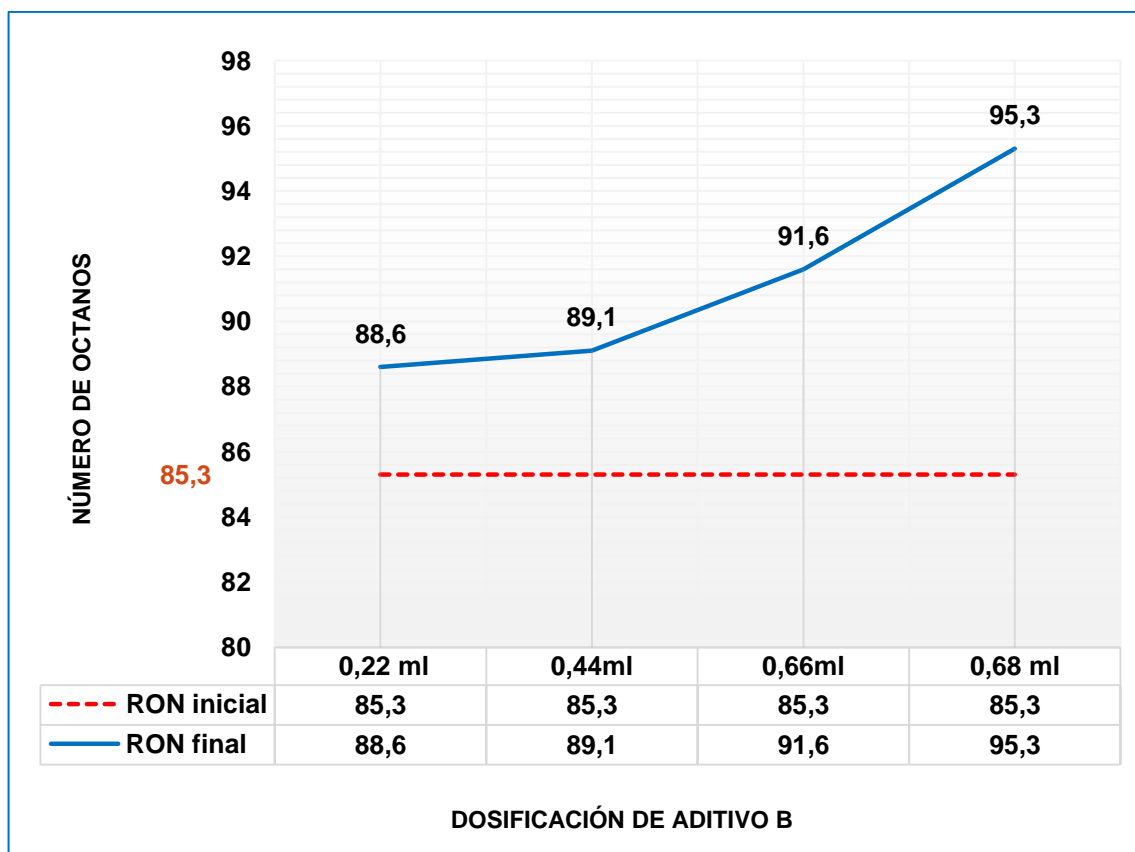


Gráfico 4.13 Gasolina Extra vs Dosificación Aditivo B azul

Elaboración: Druet, Vera

Como se puede observar mediante la gráfica, el octanaje sobre el nivel de la línea gasolina sin aditivo cada vez que se aumenta la dosis. A la dosis recomendada logró aumentar 3 octanos, mientras que a la máxima dosis llegó a elevar 10 octanos. Es el aditivo que mayor eficiencia reflejó.

4.17.3 Gasolina Extra con Aditivo C naranja

Tabla 4.24 Resultados de la gasolina Extra con el aditivo C

Fecha	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017	10-08-2017
Parámetro	Sin aditivo	<i>Dosis recomendada</i> 0,2 ml	Dosis X2 0,4 ml	Dosis X4 0,8 ml
RON	85.3	84.4	84.5	84.6
MON	81	80.5	80.4	80.6
(R+M)/2	83.1	82.5	82.5	82.6
T50	102	101	103	103
T90	163	164	166	166
MeOH	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.7	0.7	0.8
ETBE	-	-	-	-
TAME	1.1	1.1	1.1	1.2
TBA	-	-	-	-
Wt%O	0.28	0.29	0.29	0.30
Tolueno	7.5	7.1	7.4	7.5
Total Xileno	4.4	4.5	4.6	4.67
Oleofinas	19	18	18.3	17.9
Saturados	57.8	58.4	58.4	58.6
Aromáticos	21.2	21.2	21.5	21.5
Benceno	0.87	0.86	0.85	0.84

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

Para este caso se observa que el aditivo se comporta al igual que con la gasolina Super, en lugar de aumentar el octanaje lo hace reducir. Presenta las mismas características, hay un pequeño aumento de saturados y se reduce el contenido de benceno.

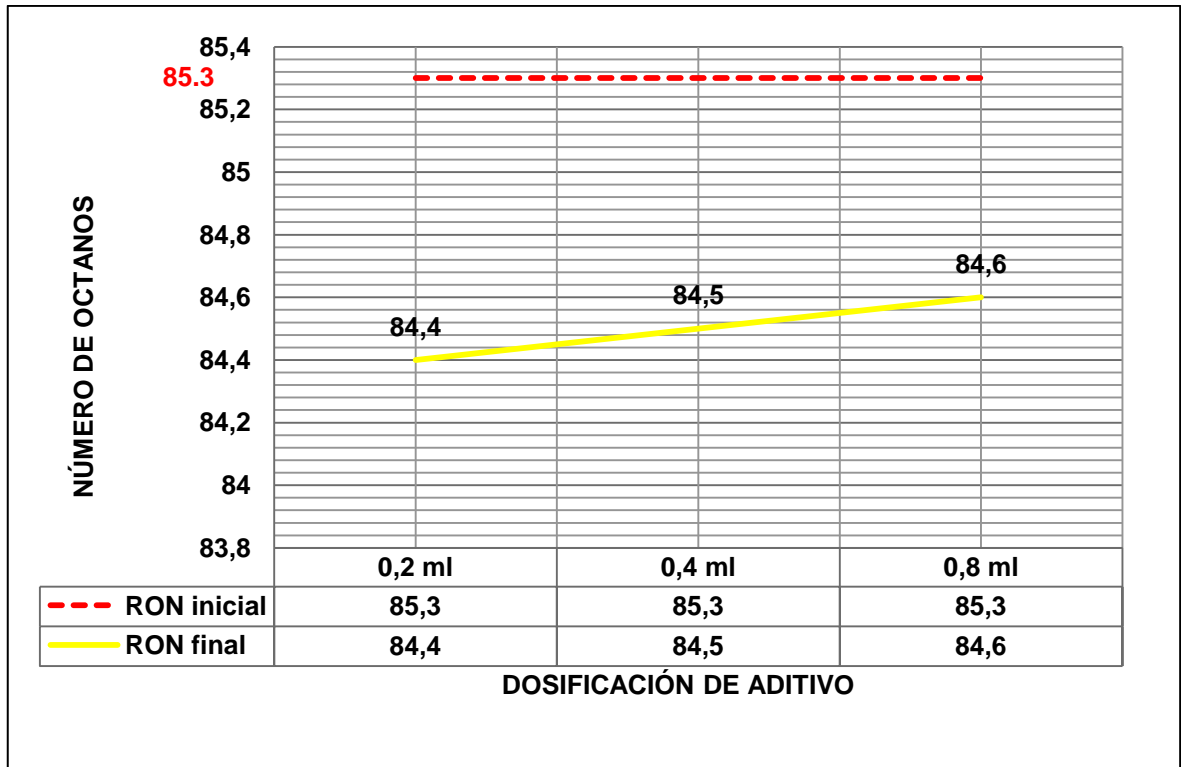


Gráfico 4.14 Gasolina Extra vs Dosificación Aditivo C naranja

Elaboración: Druet, Vera

El efecto que tuvo el Aditivo C en la gasolina fue insignificante, ya que lo máximo que subió fue 0.2 décimas, como se puede observar en la gráfica, a pesar de haber elevado a 4 veces la dosis recomendada.

4.17.4 Gasolina Extra con Aditivo D negro

Tabla 4.25 Resultados de la gasolina Extra con el aditivo D

Fecha	11-08-2017	11-08-2017	11-08-2017	11-08-2017
Parámetro	Sin aditivo	<i>Dosis recomendada 0,25ml</i>	<i>Dosis X2 0,5ml</i>	<i>Dosis X4 1ml</i>
RON	85.3	86.7	86.0	85.6
MON	81	81.3	80.8	80.7
(R+M)/2	83.1	84.0	83.4	83.1
T50	102	100	101	101
T90	163	164	165	165
MeOH	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.7	0.6	0.7
ETBE	-	-	-	-
TAME	1.1	1.1	1.0	1.1
TBA	-	-	-	-
Wt%O	0.28	0.26	0.26	0.25
Tolueno	7.5	7.5	7.3	7.4
Total Xileno	4.4	4.3	4.4	4.3
Oleofinas	19	18.8	18	17.7
Saturados	57.8	58.1	59.3	59.5
Aromáticos	21.2	21.0	20.7	20.8
Benceno	0.87	0.81	0.81	0.81

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

Los resultados muestran que no hubo variación en ninguno de los parámetros, se aumentó 4 veces la dosis que se marcaba en su etiqueta, la cual no mejoró el RON.

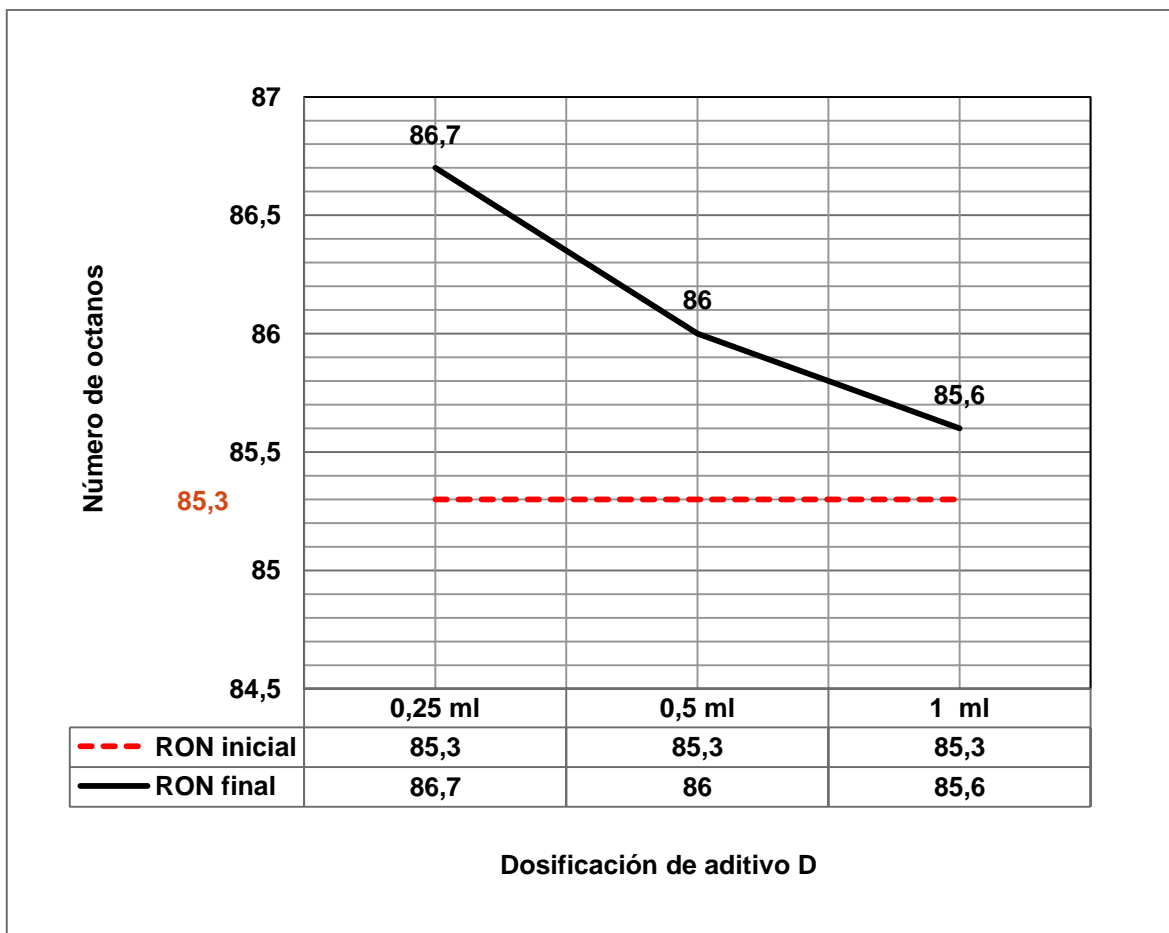


Gráfico 4.15 Gasolina Extra vs Dosificación Aditivo D negro

Elaboración: Druet, Vera

En la gráfica 4.15, se observa que el octanaje logró subir hasta 1 octano más, a la dosis recomendada, a medida que se aumenta la dosis, experimenta una reducción del octanaje. El Octanaje se mantiene por encima de la línea del RON de la gasolina inicial hasta 4 veces la dosis recomendada.

4.17.5 Extra con Aditivo E amarillo

Tabla 4.26 Resultados de la gasolina Extra con el aditivo E

Fecha	11-08-2017	11-08-2017	11-08-2017	11-08-2017	Fecha
Parámetro	Sin aditivo	Dosis recomendada 0,45 ml	Dosis X 2 0,9 ml	Dosis X 3 1,35 ml	Dosis X 4 1,8 ml
RON	85.3	85.4	85.9	86.2	85.4
MON	81	80.8	80.8	80.9	80.7
(R+M)/2	83.1	83.4	83.3	83.6	81.6
T50	102	104	105	104	106
T90	163	168	167	169	168
MeOH	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	0.3	0.3
MTBE	-	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7
ETBE	-	-	-	-	-
TAME	1.1	1.0	1.1	1.1	1.3
TBA	-	-	-	-	-
Wt%O	0.28	0.26	0.27	0.38	0.3
Tolueno	7.5	7.2	7.3	7.1	7.3
Total Xileno	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Oleofinas	19	18.2	18.8	18.5	18.5
Saturados	57.8	59.4	58.4	58.9	58.2
Aromáticos	21.2	20.7	21.2	21.3	21.1
Benceno	0.87	0.84	0.84	0.8	0.84

Fuente: Petrospec

Elaboración: Druet, Vera

Mediante los resultados obtenidos, se puede observar que los parámetros no reflejaron cambios significativos, apenas se ve un aumento en el contenido de saturados, y en el contenido de etanol que subió de 0 a 0.3 en la tercera y cuarta dosis.

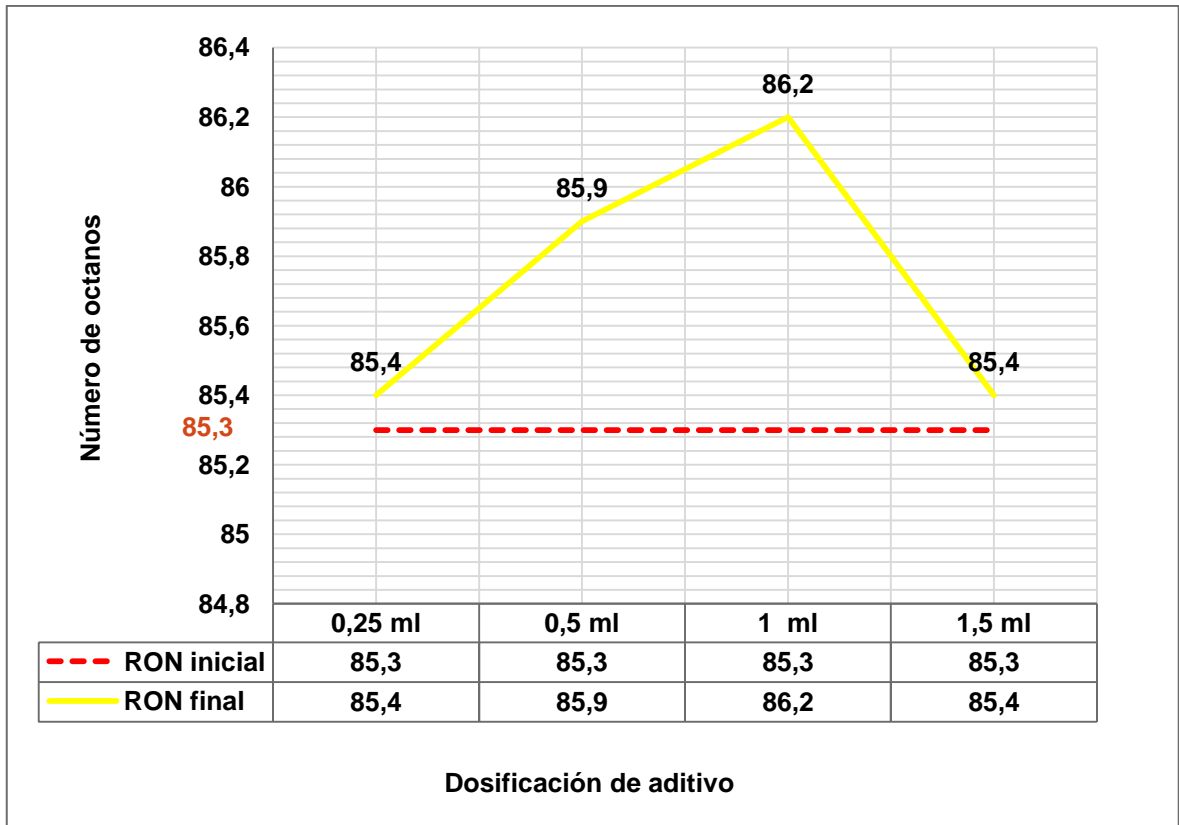


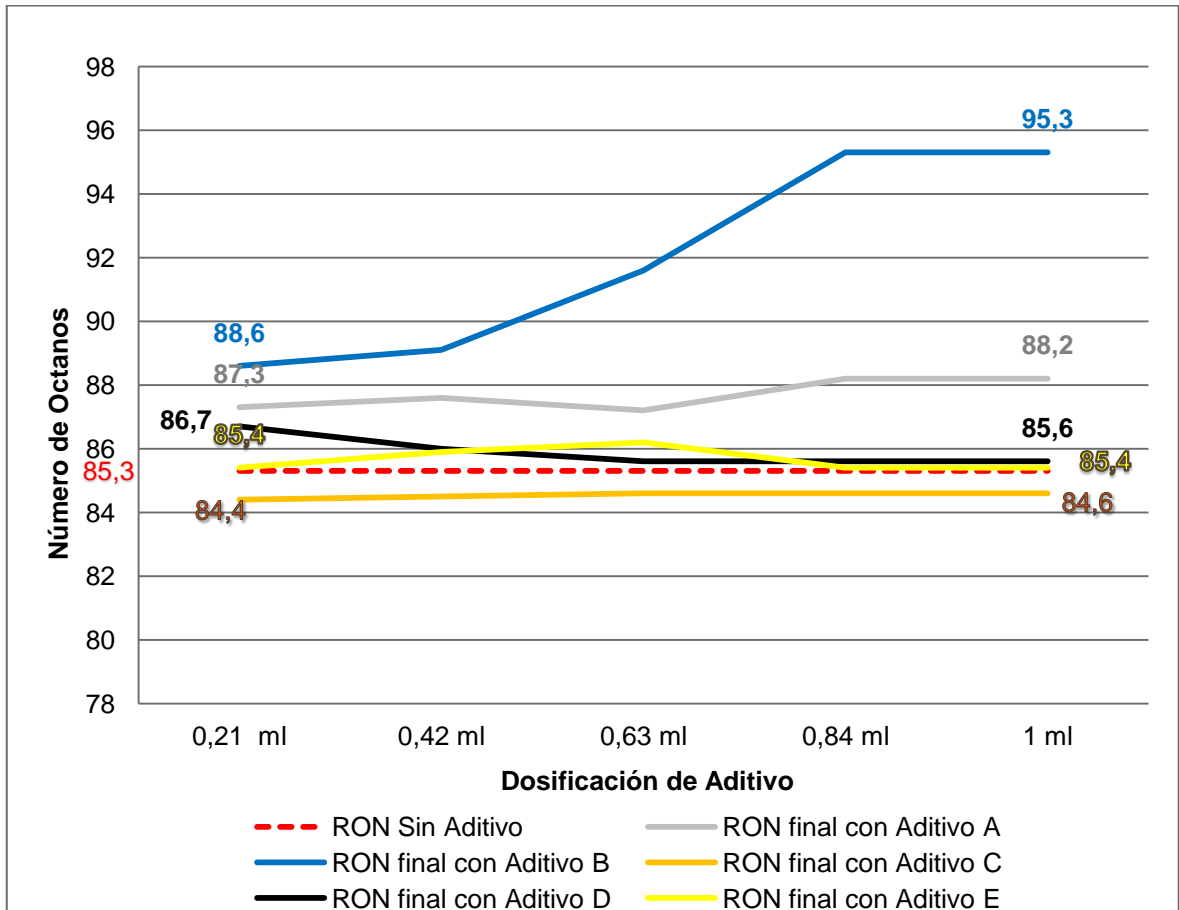
Gráfico 4.16 Gasolina Extra vs Dosificación Aditivo E amarillo

Elaboración: Druet, Vera

Con respecto a la gasolina Extra y el aditivo amarillo, según la dosis que marca en su etiqueta elevó apenas 0,2 puntos en el RON con respecto a la gasolina sin aditivo, se dosifico hasta llegar a 4 veces la dosis recomendada y se observó que no aumentó el RON y por lo contrario comenzó a disminuir.

4.18 Comparación de los aditivos evaluados en la gasolina Extra

Mediante la gráfica se observa que este aditivo logró elevar en 3 octanos al añadir la cantidad recomendada en la etiqueta. Así mismo elevar la dosis se observó que tuvo un aumento de hasta 10 octanos, aumentó su contenido de oxígeno 0,6 unidades.



Gráfica 4.17 Comparación de las curvas de octanaje con los aditivos

Elaboración: Druet, Vera

Como se puede observar, dos aditivos logran aumentar el octanaje a la gasolina Extra, con las dosificaciones recomendadas en sus etiquetas, el octanaje se incrementa de 85.3 a 87.3 octanos con el Aditivo A de color Gris y de 85.3 a 88.6 con el Aditivo B que es el Azul. Entonces, se podría decir que, con respecto a las dosificaciones recomendadas en las etiquetas, que los dos aditivos evaluados son efectivos en la gasolina Extra, ya que elevan alrededor de 3 octanos que es un valor significativo. Mientras se aumentan las dosificaciones de aditivo se puede observar que tienen tendencia

creciente, esto quiere decir que al aumentar la dosis aumenta el número de octanos. El Aditivo A de color gris es capaz de elevar hasta máximo 2,9 octanos con una dosificación de 4 veces la recomendada, pasando de 85,3 octanos a 88,2 mientras que el Aditivo B de color Azul puede aumentar hasta 10 octanos con un volumen máximo de 4 veces el recomendado, es decir sube de 85,3 a 95,3.

4.19 Contenido de Azufre gasolina Extra

Tabla 4.27 Resultados de Contenido de azufre para la gasolina Extra

				Especificación Norma INEN	
Muestra	Sin Aditivo ppm	Dosis Recomendada ppm	Dosis Optimizada ppm	Mín ppm	Máx ppm
Aditivo A	88,4	89,1	129,2	-	650
Aditivo B		92,3	94,8		
Aditivo C		93,5	120,1		
Aditivo D		96,3	129,5		
Aditivo E		96,3	129,5		

Elaboración: Druet, Vera

Como se puede observar en la tabla todos los aditivos evaluados en la gasolina Extra están dentro del rango especificado en la Norma INEN 935 para el contenido de azufre. Se puede apreciar que los aditivos A, C, D y E, experimentan un aumento significativo en el contenido de azufre al aumentar la dosificación de aditivo, aunque no sobrepasan el límite máximo. Mientras que el Aditivo B, no presenta cambio significativo.

4.20 Presión de Vapor gasolina Extra

Tabla 4.28 Resultados de Presión de vapor para la Gasolina Extra

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo kPa	Dosis Recomendada kpa	Dosis Optimizada kpa	Mín ppm	Máx ppm
A	54,2	54,1	52,2	-	60
B		53,7	51,7		

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo kPa	Dosis Recomendada kpa	Dosis Optimizada kpa	Mín ppm	Máx ppm
C		52,4	50,3		
D		54,1	52,2		
E		52,7	50,8		

Elaboración: Druet, Vera

Como se puede observar en la tabla todos los aditivos evaluados en la gasolina Extra cumplen con la especificación de la Norma INEN 935 para los niveles de presión de vapor. Se puede apreciar que, para todos los aditivos, se produce una reducción de presión al aumentar la dosificación, aunque los cambios son mínimos.

4.21 Destilación Gasolina Extra

Se presentan los resultados de la destilación de la gasolina Extra aditivada con los aditivos A y B.

Tabla 4.29 Resultados de destilación para la gasolina Extra

Gasolina Extra sin aditivo	TEMPERATURA (°C)	Especificación Norma INEN	
		Mín (°C)	Máx (°C)
10%	54	-	70
50%	98	77	121
90%	140	-	189
Punto final	155	-	220
Residuo	2	-	2
Gasolina Extra con aditivo A	TEMPERATURA (°C)	Mín (°C)	Máx (°C)
10%	54	-	70
50%	96	77	121
90%	135	-	189
Punto final	154	-	220
Residuo	2	-	2
Gasolina Extra con aditivo B	TEMPERATURA (°C)	Mín (°C)	Máx (°C)
10%	58	-	70
50%	98	77	121
90%	141	-	189
Punto final	157	-	220
Residuo	2	-	2

Elaboración: Druet, Vera

Se observa que la gasolina Extra con el Aditivo A, no cumple con el valor máximo especificado en la INEN 935 para el residuo de destilación.

4.22 Corrosión a la lámina de cobre gasolina Extra

Tabla 4.30 Resultados Corrosión a la lámina de cobre gasolina Extra

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo	Dosis Recomendada	Dosis Optimizada	Mín ppm	Máx ppm
A	1	1	1	-	1
B	1	1	1		
C	1	1	1		
D	1	1	1		
E	1	1	1		

Elaboración: Druet, Vera

Como se observar los valores de corrosión se mantuvieron en el valor máximo especificado en la norma, por lo que los 5 aditivos en mezcla con la gasolina Extra, si cumplen con el valor de calidad.

4.23 Contenido de goma de la gasolina Extra

Se ensayó el contenido de gomas de la gasolina Extra, solo con el aditivo B, debido a que fue el aditivo que mostró más efectividad.

Tabla 4.31 Resultados del Contenido de goma para gasolina Extra

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo	Dosis Recomendada	Dosis Optimizada	Mín	Máx
B	0,7	-	1,4	-	3

Elaboración: Druet, Vera

Como se puede observar la dosis optimizada no cumple con el límite máximo especificado en la norma Inen 935.

4.24 Relación vapor -líquido de la gasolina Extra

Se calculó la relación vapor líquido tan solo a la gasolina aditivada con los aditivos de mayor eficiencia.

Tabla 4.32 Resultados de Relación vapor –líquido para la gasolina Extra

				Especificación Norma INEN	
Aditivos	Sin Aditivo	Dosis Recomendada	Dosis Optimizada	Mín	Máx
A	18,3	-	17,1	-	20
B	18,3	-	17,3		

Elaboración: Druet, Vera

Los resultados están por debajo del límite máximo, por lo que la aditivación de estos aditivos en la gasolina Extra, cumplen con el nivel de calidad.

4.25 Ensayo Complementario en el Octanómetro

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de los otros parámetros exigidos por la Norma INEN 935. Se ha elegido a las mezclas aditivadas que presentaron mayor interés para realizar la medición en el Octanómetro, ya que sería un gasto innecesario de tiempo y material, el analizar muestras que no cumplen con el aumento del parámetro principal de esta investigación o sea el octanaje. Se realiza una comparación entre los valores obtenidos en el PetroSpec y el Octanómetro.

Tabla 4.33 Resultados obtenidos en el Octanómetro

	RON PETROSPEC	RON INEN 2 102	Δ RON	INCREMENTO DEL RON
Gasolina Ecopaís				
Sin Aditivo	87,1	86,4	0,8	-
Dosis Recomendada	88,7	88,1	0,6	1,7
Dosis de Optimización	92,5	91,7	0,8	5,3
Gasolina Super				
Sin Aditivo	91,3	90,5	0,8	-
Dosis Recomendada	93,2	92,6	0,6	2,1
Dosis de Optimización	98,3	97,7	0,6	7,2
Gasolina Extra				
Sin Aditivo	85,3	84,8	0,5	-

	RON PETROSPEC	RON INEN 2 102	Δ RON	INCREMENTO DEL RON
Dosis Recomendada	88,6	87,9	0,7	3,1
Dosis de Optimización	95,3	94,6	0,7	9,8

Fuente: Octanómetro-Terminal de Hidrocarburos Pascuales

Elaboración: Druet, Vera

- a) Para el ensayo en el Octanómetro, de la gasolina ECOPAÍS con el Aditivo que reflejó más efectividad, el aditivo B azul, se puede observar que se obtuvo un aumento de 1,7 en el número de Ron a la dosis de la etiqueta, con la dosis optimizada fue de 5,3 octanos, valor cercano al medido en el Petrospec que fue de 5,4.
- b) Para el ensayo en el Octanómetro, de la gasolina Super con el Aditivo B de color azul, se puede observar, que elevó el octanaje en 2,1 octanos, a la dosis marcada en su etiqueta, optimizando la dosis se incrementó 7,2 octanos en comparación a la gasolina sin aditivar.
- c) Para el ensayo en el Octanómetro, de la gasolina EXTRA con el Aditivo que reflejó un aumento del octanaje más significativo o sea el aditivo B azul, se pueden observar que se obtuvo un aumento en el RON de 3,1 octanos a la dosis de la etiqueta, se midió el RON con 5 veces la dosis recomendada y se consiguió un RON de 94,6.

4.26 Ensayo -Gravedad API

Se realizó la medición de la gravedad Api para las tres gasolinas sin aditivos, ya que los aditivos no tienen influencia en la gravedad API de las gasolinas.

A continuación, los valores obtenidos:

Tabla 4.34 Gravedad API (60⁰F)

	Gasolina Base
Ecopaís	57,8
Super	61,6
Extra	56,4

Elaborado: Druet, Vera

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con los resultados obtenidos se obtuvo el sustento técnico para realizar la evaluación de la efectividad que mostraron los aditivos comerciales en las gasolinas.

Mediante los resultados presentados se ha comprobado que 3 de los 5 aditivos evaluados, no cumplieron con lo indicado en sus etiquetas e incurrieron en la reducción del octanaje. Coincidentemente estos 3 aditivos son de marca extranjera, por lo que seguramente su mala eficiencia, se deba a que los productos fueron probados en otro tipo de gasolinas, ya que las propiedades de estas no son iguales en todos los países y dependen de las especificaciones para su comercialización.

Se realiza un análisis por cada aditivo, por la eficiencia de los aditivos y por los parámetros que se midieron.

5.1 Análisis por aditivo

A continuación, se muestra el análisis de la eficiencia de cada aditivo.

5.1.1 Aditivo A

Se observó efectividad de este aditivo en la gasolina Ecopaís y Extra, a la dosis recomendada aumentó aproximadamente 1 octano. Y reflejó aumento hasta en 3 octanos con 3 veces la dosis recomendada. En la gasolina Super no reflejó aumento, pero si aumentó hasta casi 3 octanos con la dosis óptima.

El aumento del octanaje se debe a que en su composición presenta compuestos oxigenados, como el etil ter butil éter y unas trazas de etanol, lo que provoca que el punto de ebullición sea menor en las gasolinas. Así mismo la adición de este aditivo en las gasolinas presentó aumento en el contenido de azufre, por lo que provoca que la gasolina se haga más contaminante. El aditivo A en la gasolina Super logró reducir la T10%, la cual es la temperatura de arranque en frío del vehículo, por lo que el vehículo se encenderá más rápido.

En el caso de que se quisiera tener una gasolina con octanaje de 90 octanos, partiendo de la gasolina base con 87,1, se necesitaría adicionar 6

frascos de aditivo A color gris, a un vehículo con tanque de capacidad 15 galones o 56,775 litros. Como está indicado en la tabla 3.1., el valor de cada frasco de aditivo es de \$4,50, por lo que significaría invertir \$27 para aumentar 3 octanos en la gasolina y mejorar la combustión en el vehículo.

A pesar de que este aditivo haya podido aumentar el octanaje en las gasolinas Super y Extra, no cumple con las especificaciones INEN 935, ya que se estaría cambiando las características de las mismas.

5.1.2 Aditivo B

Este aditivo fue el que presentó mayor efectividad. En la Ecopaís logró aumentar hasta 5 octanos, en la gasolina Super aumentó hasta 5 octanos sin presentar precipitados y en la gasolina Extra aumentó hasta casi 10 octanos. Estos aumentos se deben a que aumentó el contenido de metanol y el contenido de aromáticos. El aditivo B en la gasolina Super logró reducir la T10%, la cual es la temperatura de arranque en frío del vehículo, por lo que el vehículo se encenderá más rápido.

En comparación con el aditivo A, si se quisiera tener una gasolina de 90 octanos partiendo de la gasolina base con 87,1 octanos, se necesitaría aproximadamente 3 veces la dosis recomendada del Aditivo B de color azul, es decir 3 frascos de Aditivo para un tanque de capacidad 16 galones o 60.56 litros, cada frasco tiene un valor de \$4,50 al igual que el aditivo A, lo que equivale a \$13,50.

Aunque este aditivo es el más efectivo, como se pudo observar en los resultados, no cumple con los valores del parámetro de destilación que indica la norma para las gasolinas Ecopaís y Super.

5.1.3 Aditivos C, D, E

Se ha observado que estos aditivos no cumplen con lo indicado en sus etiquetas, y al contrario están perjudicando al comprador, ya que, a más de no elevar el octanaje, hacen que se reduzca, lo que generará que el motor tenga un mal funcionamiento.

El aditivo C en las gasolinas, presentó una reducción del octanaje y se observó una reducción en el contenido de benceno y aumento en el contenido de saturados.

El aditivo D, en su etiqueta indica que en su composición tiene compuestos organometálicos, lo que muy probablemente es la causa del efecto rebote que tiene en las gasolinas. Tiende a hacer que disminuya el contenido de aromáticos y el contenido de alcohol. Se reduce también la presión de vapor. El Aditivo E, refleja las mismas características que los aditivos C y D, reducción el octanaje debido a que se reduce el contenido de oxígeno y contenido de aromáticos.

5.1.4 Naftalina

Se ha comprobado, que este producto si es capaz de elevar el octanaje, sin embargo, causa afectaciones al motor, debido a los precipitados que se forman al mezclarse con la gasolina, ya que causa obstrucciones y se necesitará de aditivos limpiadores, para que el carburador pueda funcionar de una manera correcta, lo que genera mayor gasto económico.

Como se pudo observar en los resultados, no cumple con los valores del parámetro de destilación que indica la norma Inen 935, ya que tiene compuestos que no combustionan por completo.

5.2 Análisis por efectividad

De los aditivos usados para los ensayos junto con la naftalina, se observó que los que incrementaron octanaje fueron el Aditivo A, B y la naftalina. Los aditivos C, D y E, definitivamente no presentaron eficiencia en la mezcla con las gasolinas del Ecuador.

El aditivo A de color gris presentó menor aumento del octanaje en las gasolinas, ya que en la Ecopaís elevó hasta 3,2 octanos mientras que el aditivo B, logró aumentar 5,4 octanos. En la gasolina Super incrementó 2,4 octanos, mientras que el Aditivo B logró un aumento de 5,4 con una menor dosis. En la gasolina Extra aumentó hasta 2,9 mientras que el aditivo B logró aumentar 9,8 octanos.

Esto fue posible debido a los compuestos oxigenados de la composición del aditivo y al aumento de compuestos aromáticos. Pese a que los aditivos están formulados para gasolinas con alcohol, los aditivos A y B, presentaron mayor efectividad en las gasolinas sin alcohol, por tal motivo se puede decir que el alcohol de las gasolinas oxigenadas hace interferencia y no permite la reacción efectiva entre los componentes de las gasolinas oxigenadas y de los componentes de los aditivos.

Si bien la adición de compuestos oxigenados a la gasolina logra aumentar el octanaje, su uso comenzó con el propósito de reducir las emisiones, aunque no las reduce todas. Añadir oxigenados a los automóviles sin un buen control de la relación carburante/aire, hace que se muevan hacia la región de mezcla "pobre", donde el efecto puede ser contrario o sea puede incrementar las emisiones nocivas.

También a medida que se agrega alcohol a la gasolina, el agua se acumula en el tanque debido al agua que se encuentra en las más altas calidades de etanol. Periódicamente, se tendrá que utilizar un aditivo de secado en el tanque para eliminar el agua

La naftalina se analizó con las gasolinas Super y Ecopaís, en donde no demostró influencia para la gasolina Ecopaís, a ninguna dosis logró aumentar el RON.

En la gasolina Super llegó a incrementar 3 octanos con respecto a la gasolina sin aditivar y se observó en los análisis realizados que no cumple una de las especificaciones INEN, que ese el residuo de la destilación ya que la norma exige 2% de residuo y se obtuvo 6% por lo que no cumple.

5.3 Análisis por parámetro

5.3.1 Número de octano

Mediante los resultados obtenidos se observó que los valores de octanaje medidos en el PetroSpec, son muy cercanos a los reales medidos en el Octanómetro. Ya que la diferencia no es mayor que 1, como se puede observar en la tabla 4.32.

Si bien el PetroSpec es un equipo que no está normalizado por la norma INEN, se lo ha usado de referencia por refinerías, centros de investigaciones y universidades para medir el octanaje en todas las muestras y se ha demostrado mediante lecturas en el Octanómetro que los datos que refleja son muy parecidos a los reales. Por lo que se comprueba que todos los resultados obtenidos son acertados y sirven para sustentar este estudio.

5.3.2 Contenido de azufre

En el análisis del Aditivo B de color azul se comprobó que no hay mayor influencia en el contenido de azufre y se encuentra en el rango permitido para las gasolinas analizadas.

Los aditivos, C, D, E y Naftalina en las gasolinas, no reflejaron mayor influencia en el contenido de Azufre, sin embargo, al aumentar la cantidad de aditivo se observa que aumenta el contenido de azufre, aunque no sobrepasan el rango permitido de la norma INEN 935.

5.3.3 Presión de Vapor Reid

Se verificó que todas las gasolinas aditivadas cumplieron con las especificaciones para la presión de vapor de la norma INEN 935.

Se observó que a medida que se aumentaba la dosificación de aditivo en la gasolina la presión de vapor disminuía. Aunque no hay límite mínimo especificado, es importante tener presiones de vapor altas, ya que estas aseguran un fácil arranque del motor.

5.3.4 Destilación ASTM

Se destilaron las gasolinas aditivadas que reflejaron mayor aumento del octanaje, que fueron el aditivo A de color gris, aditivo B de color azul y la Naftalina.

Por el método de destilación ASTM D-86, se determinaron los parámetros descritos en las normas INEN 935, el punto final de ebullición, residuo de la destilación, T10, T50 Y T90.

El aditivo A, el Aditivo B y la naftalina, no cumplen con el valor del residuo de destilación, ya que la norma INEN 935 exige hasta el 2% y el aditivo A y B

tuvieron 3% y la naftalina 6% de residuo, por este motivo, estos aditivos en las gasolinas afectan a la calidad de las mismas.

5.3.5 Corrosión a la lámina de cobre

Se observó que todas las muestras analizadas en el aparato de corrosión a lámina de cobre, no sobrepasan el límite establecido en la norma, que es el valor de 1, ni presentan algún tipo de corrosión al ser aditivadas con los distintos aditivos.

5.3.6 Contenido de Gomas

Se observó que la dosis optimizada de la gasolina aditivada Ecopaís con el Aditivo B, no cumple con las especificaciones, aun cuando el aditivo eleva el octanaje en esta gasolina este valor va a perjudicar a la calidad del combustible y del carburador.

Así mismo se observa que la gasolina Super aditivada con naftalina, no cumple el valor de la especificación de la Norma Inen 935.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Mediante los resultados obtenidos se ha comprobado que, de los 5 aditivos evaluados en las gasolinas, sólo uno incrementa el octanaje, tal como lo indica su etiqueta, aun cuando el aumento no es significativo.
- Existen en el mercado automotriz, productos para elevar el octanaje que contienen metilciclo-pentadienyl manganeso tricarbonyl, que, en lugar de aumentar el octanaje, reaccionan de forma inversa haciendo que bajen los octanos de la gasolina aditivada.
- Hay aditivos con compuestos oxigenados que son efectivos para el aumento de octanaje, sin embargo, los alcoholes elevan la volatilidad y se pueden generar algunos problemas.
- Mediante la evaluación de los Aditivos A y B en las gasolinas Super y Extra, que, según su literatura técnica, están formulados para gasolinas con alcohol, se evidenció que al ser probados en las gasolinas que NO contienen alcohol, reflejaron un comportamiento muchísimo más efectivo que con las gasolinas para los cuales han sido destinados.
- El aditivo B mediante su evaluación en la gasolina super llegó a un punto que ya el aditivo no se mezclaba con la gasolina, por consecuencia de eso no cumplió con algunos parámetros especificados en la norma INEN que fue en el análisis del contenido de goma y en la destilación ASTM.
- El Aditivo B aunque fue el más efectivo no cumplió con algunos parámetros de calidad de la INEN 935, presenta un valor alto de gomas con la dosis optimizada, por lo que el uso de este en la gasolina puede causar afectaciones al motor, cuando se evapora el combustible.
- Se concluye que más del 60% de los aditivos que fueron evaluados en este proyecto no funcionan en las gasolinas, a ninguna dosis, y por el contrario hacen que el combustible pierda octanaje, lo cual es perjudicial tanto para el combustible, ya que no cumple con los requisitos de calidad, como para el consumidor.

- Se midieron los parámetros a las gasolinas aditivadas seleccionadas y se concluye que no todas cumplen con las especificaciones de calidad de la norma INEN 935. El Aditivo B que fue el más efectivo y la naftalina, no cumplen con los límites de destilación.
- Se comprobó que la naftalina si eleva el octanaje, pero solo en la gasolina Súper por sus componentes aromáticos, y debido a eso, se eleva también el contenido de tolueno, xileno y benceno.
- La Naftalina presenta precipitación al estar en mezcla con las gasolinas, por lo que causa obstrucciones afectando al carburador.
- Se concluye finalmente que la mayoría de este tipo de aditivos, no cumplen con la efectividad según las especificaciones de su etiqueta, por lo que su expendio debería ser controlado por los entes reguladores pertinentes, para evitar el abuso de publicidad engañosa, que perjudica a quienes la creen.

6.2 Recomendaciones

- Difundir este trabajo investigativo en la comunidad ingenieril, para que pueda ser usado como medio de control por las autoridades pertinentes como al ARCH o el Programa de Protección de Defensa del Consumidor del Ministerio de Industria y Productividad.
- Con respecto al aditivo B se recomienda utilizar máximo hasta 3 veces la dosis recomendada de su etiqueta, teniendo en cuenta que no cumple con los parámetros de calidad y que puede causar afectaciones a otras partes del motor.
- Implementar nuevas tecnologías para producir productos que logren realmente elevar el octanaje de las gasolinas en el Ecuador, sin modificar los estándares de calidad.
- Se recomienda a las autoridades encargadas del control de comercio de este tipo de aditivos, exponer este proyecto a la comunidad nacional e internacional para evitar que los consumidores sean engañados con falsa publicidad.

- Es recomendable que la Espol adquiriera los equipos necesarios para poder realizar cualquier tipo de estudio como en este caso, para brindar mayor facilidad y aprendizaje de los alumnos de la carrera de Ingeniería Química.
- Se recomienda no usar este tipo de aditivos, ya que si bien, a dosis diferentes a las especificadas dos de ellos lograron aumentar el octanaje, no son factibles económicamente.
- No usar naftalina como aditivo para elevar el octanaje, ya que aún cuando si logró elevar los octanos, se precipita y deja residuos que obstruyen el motor y obligarán al usuario a realizar más reparaciones de las debidas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. **A. Caamaño-D. Obach - E.Pérez-Rendón.** (1998). *Ciencias de la naturaleza, física y química.* Editorial Teide, Barcelona.
- [2]. **Barberii, E. E.** (1989). *La Industria venezolana de los hidrocarburos, Volume 2.* reprint.
- [3]. **Claudio, P.** (18 de Noviembre de 2014). *El Índice de Octanos de la Gasolina Importancia y Factores.*
Obtenido de <https://historiaybiografias.com/octanos/>
- [4]. **Chow Dieter; Corsa Opel.** (1993). *Gasolina y diesel. Tipos de gasolinas y sus características.* Ediciones Ceac, Barcelona, 1996.
- [5]. **Daganzo, Juan Manuel.** (2012). Blog de Tecnología REPSOL. Obtenido de: <http://blogs.repsol.com/innovacion/asi-se-desvela-el-octanaje-de-lagasolina/>
- [6]. **Diario El Telégrafo.** (26 de abril de 2015). El uso de metanol en la gasolina ahorraría \$ 380 millones en 2016.
- [7]. **Dosnet Consultores de Internet,** (Agosto,2017). Coches y concesionarios. S.L. CIF B-95/276580. Obtenido de: <http://www.cochesyconcesionarios.com>
- [8]. **Enrique Parra Iglesias.** Petróleo y gas natural: Industria, Mercados y Precios. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=XHwqSWKseOoC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [9]. **Encalada Cajisaca Franklin Rafael, Ñauta Uzhca Pablo Gustavo,** (2013). *“Incidencia del tipo de gasolinas, aditivos y equipos optimizadores de combustible comercializados en la ciudad de cuenca, sobre las emisiones contaminantes emitidas al aire”.* Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6115/1/UPSC001690.pdf>
- [10]. **Editores Ecuatorianos.** (2012). *“El nuevo Octanaje de la Gasolina en el Ecuador”.* Disponible en: <http://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/>
- [11]. **Encalada Franklin, Ñauta Pablo,** (2012), *“Incidencia del tipo de gasolinas, aditivos y equipos optimizadores de combustibles comercializados en la*

- ciudad de Cuenca, sobre las emisiones contaminantes emitidas al aire”.
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.
- [12]. **Hernández, P. C. (2008)**. Estudio de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel . mexico.
- [13]. **Himmelblau, D. M. (1997)**. Principios básicos y cálculos en ingeniería química. mexico.
- [14]. **Murillo Mayra Gallegos, (2010)**, “Análisis Termoquímico De Los Motores De Combustión Interna A Gasolina Mediante El Antidetonante Metil Terbutil Eter (MTBE)”. Escuela Politécnica Del Ejército Espe – Latacunga, Ecuador, 2005
- [15]. **NTE INEN 2 102:1998**. *Derivados Del Petróleo. Gasolina. Determinación de Las Características Antidetonantes*.
- [16]. **NTE INEN 2 935** Productos Derivados Del Petróleo. Gasolina. Requisitos
- [17]. **Pangtay, S. C. (2014)**. Petroquímica y sociedad. Mexico.
- [18]. **Quiroz, G., Araujo, A., & Guerra, G. (2015)**. Gasolineras para tanquear en Ecuador. Diario El Comercio.
- [19]. **Schifter, S. I., & E. L. (1998)**. *Usos y Abusos de la gasolina. Biblioteca Digital*. Obtenido de: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen/ciencia3/159/htm/gasolina.htm>
- [20]. **SRI Reforma tributaria - Diciembre 2011**. Ley de fomento ambiental y optimización de los ingresos del estado. Obtenido de: <http://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/pdf/resumenreforma noviembre2011.pdf>
- [21]. **Textos Científicos**. (7 de Mayo de 2006). Gasolinas. Composición y Clasificación. Obtenido de: <https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/gasolinas>
- [22]. **Urpi, J. L. (2012)**. *Tecnología y margen de refino del petróleo*. Madrid: Diaz de Santos.
- [23]. **Vargas Juan Carlos. (2000)**, Diario El Tiempo, “*Los aditivos no sirven*”, <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1283256>
- [24]. **Wauquier, J. P. (2004)**. El Refino del Petróleo. Madrid. Obtenido de <http://gustato.com/petroleo/analisiscrudos.html>

GLOSARIO

- **Aditivos comerciales.** Sustancias utilizadas para mejorar las características del combustible.
- **Aditivos oxigenados.** Sustancias que se emplean generalmente como aditivos de gasolina para reducir el monóxido de carbono y el hollín que se crea durante la combustión del combustible.
- **Aromáticos.** Son hidrocarburos cíclicos, llamados así debido al fuerte aroma que caracteriza a la mayoría de ellos, se consideran compuestos derivados del benceno, pues la estructura cíclica del benceno se encuentra presente en todos los compuestos aromáticos.
- **Calidad.** Se refiere a la capacidad que posee un objeto para satisfacer necesidades implícitas o explícitas según un parámetro, un cumplimiento de requisitos de cualidad.
- **Composición.** Sustancias que están presentes en una determinada muestra y cierta cantidad.
- **Contenido de Azufre.** Cantidad de azufre que se encuentra con cierto porcentaje en la composición de alguna sustancia, como en los compuestos hidrocarburíferos. Presenta un olor característico parecido a un huevo podrido
- **Corrosión.** Es el deterioro observado en un objeto metálico a causa de un alto impacto electroquímico de carácter oxidativo y la velocidad degenerativa de dicho material dependerá de la exposición al agente oxidante.
- **Craqueo catalítico.** Es un proceso de la refinación del petróleo que consiste en la descomposición termal de los componentes del petróleo en presencia de un catalizador.
- **Destilación** Es un método de ensayo básico para determinar el intervalo de ebullición de un producto petrolífero mediante la realización de una destilación simple en lotes y las fracciones petroleras
- **DIPE.** Es un líquido incoloro que es ligeramente soluble en agua, pero miscible con disolventes orgánicos.
- **ETBE.** son pertenecientes a los hidrocarburos aromáticos que están naturalmente en los crudos de los cuales provienen la gasolina y el diésel.

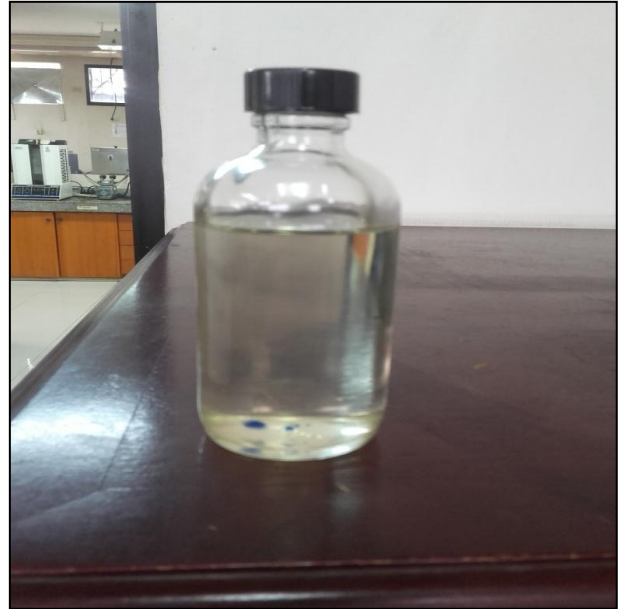
- **Etilbenceno.** Es un componente que se evapora a temperatura ambiente y se incendia fácilmente.
- **Gasolina.** Es una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos, con intervalos de ebullición típicos de 38 a 205 °C (100 a 400 °F), Se obtiene como producto a través de la refinación y tratamiento del crudo pesado.
- **Gomas.** Es la tendencia a la combinación entre compuestos insaturados con otros compuestos como el oxígeno del aire y el nitrógeno
- **MON.** Es un parámetro que describe el comportamiento del combustible en el motor a altas temperaturas y velocidades en un rango de aceleración completa, comparable a la conducción rápida en una carretera.
- **Motor.** Es la parte sistemática de una máquina capaz de hacer funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía, en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.
- **Naftenos.** Hidrocarburos saturados constituidos por uno o más anillos de átomos de carbono. También se denominan cicloparafinas o parafinas de cadena cerrada.
- **Presión de Vapor.** Presión ejercida por un vapor en equilibrio termodinámico con sus fases condensadas a una temperatura dada en un sistema cerrado.
- **RON.** Este parámetro determina la calidad de la gasolina "anti-golpe" o la resistencia a la pre-ignición y es utilizado para combustibles de hasta 100 octanos.
- **TAME.** se utiliza principalmente como un oxigenado de gasolina. Se añade para aumentar octanaje, también se lo añade para sustituir al plomo.

ANEXOS

Anexo A: Registro Fotográfico



Fotografía 1 Se observa un cambio de coloración en la gasolina Ecopaís aditivada con el Aditivo A.



Fotografía 2 Se puede observar la formación de coágulos azules en la mezcla de gasolina Super con 3 veces la dosis recomendada del Aditivo B.



Fotografía 3 Ensayo de medición de la presión de vapor de la gasolina Super aditivada.



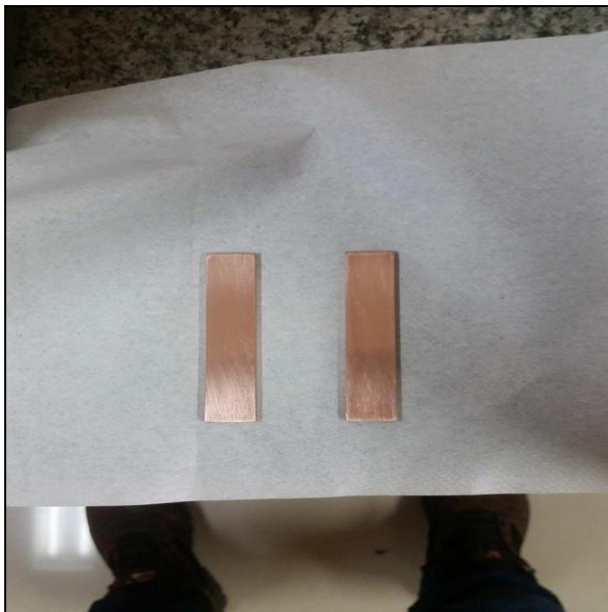
Fotografía 4 Medición de la gravedad API en la gasolina Ecopaís



Fotografía 5 Destilación de la gasolina Super con naftalina



Fotografía 6 Se observa el Residuo de destilación de la gasolina Super aditivada con naftalina.



Fotografía 7 Se observa en el lado izquierdo, la lámina de cobre pulida y en el lado derecho, la lámina de cobre oscurecida, aunque cumple con las especificaciones Inen 935.



Fotografía 8 Ensayo de la corrosión a la lámina de cobre de la gasolina extra aditivada con el Aditivo B.



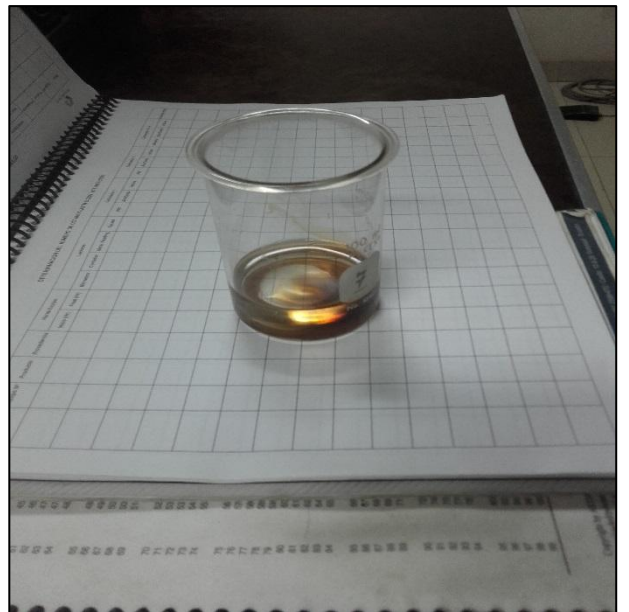
Fotografía 9 Medición del contenido de azufre de las gasolinas con y sin aditivo



Fotografía 10 Ensayo de Medición del octanaje por el método Research RON



Fotografía 11 Se observa el oscurecimiento de las Muestras luego de la medición del contenido de gomas.



Fotografía 12 Se observa la disolución de la parte oscura al añadir heptano, lo que demuestra que se trata del color del aditivo y no de gomas.

ANEXO B: RESULTADOS

a) RESULTADOS OBTENIDOS DEL PETROSPEC

Tabla A-1. Resultados de gasolina ECOPAÍS con el aditivo A

Fecha	28-07-2017			28-07-2017			28-07-2017			28-07-2017			28-07-2017			28-07-2017		
	Sin aditivo			<i>Dosis recomendada</i> <i>0,21 ml</i>			<i>0,42 ml</i>			<i>0,84 ml</i>			<i>1,26ml</i>			<i>1,47 ml</i>		
Parámetro	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	87.1	87.2	87.1	88.3	88.4	88.2	89.3	89	89.1	89.5	89.3	89.3	90	90.3	90.2	90.3	90.2	90.3
MON	81.2	81.2	81.4	81.2	81.2	81.2	81.4	81.3	81.4	81.6	86.1	81.5	81.1	81.9	81.7	81.8	81.2	82
(R+M)/2	86.1	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2
T50	99	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	99	100	100	100	100
T90	171	172	170	171	172	172	172	172	172	172	172	172	172	173	173	174	173	173
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.4
EtOH	3.5	3.6	3.6	3.5	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8	3.6	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.9	0.9	0.9	0.9	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
ETBE	0.6	0.6	0.7	0.6	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.4	1.5	1.6	1.4	1.5
TAME	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	1.62	1.63	1.62	1.62	1.72	1.72	1.77	1.76	1.76	1.81	1.79	1.83	1.86	1.87	1.88	1.9	1.87	1.89
Tolueno	4.2	4.2	4.3	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.7	4.7	4.7
Total Xileno	15.9	16.1	16.0	15.9	2.9	2.9	3.0	3.0	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	3.3	3.1	3.0
Oleofinas	19.8	20.1	19.9	19.8	18.0	18.1	17.2	17.1	17.6	17.1	17.1	17.3	17.9	17.4	17.4	18	18	18.2
Saturados	57.8	57.1	57.9	56.8	56.0	56.1	56.2	57.1	57.6	56.1	56.1	56.3	56.9	56.4	56.4	56	56	56.2
Aromáticos	20.0	20.2	20.1	20.2	20.1	20.0	20.2	30.1	30.2	30.0	30.1	29.9	30.0	29.9	29.9	30.5	30.7	30.9
Benceno	0.68	0.68	0.69	0.68	0.68	0.69	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.68	0.69	0.69	0.68	0.68	0.69	0.68

Tabla A-2. Resultados de gasolina Ecopaís con el aditivo B

Fecha	29-07-2017			29-07-2017			29-07-2017			29-07-2017			29-07-2017		
Parámetro	Gasolina ECOPAIS sin aditivo			<i>Dosis recomendada</i> <i>0,22 ml</i>			<i>0,44 ml</i>			<i>1,32 ml</i>			<i>1,54 ml</i>		
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	87.1	87.2	87.1	88.4	88.1	88.7	89.4	89.2	89.4	92.5	92.7	92.6	92,7	92.7	92.5
MON	82.2	82.5	82.5	81.7	81.7	82.2	82.5	82.5	82.5	82.7	82.8	82.8	82.9	82.9	82.9
(R+M)/2	86.1	86.2	86.2	86.9	86.7	87.3	87.8	87.8	87.8	88.2	88.2	88.2	88.4	88.5	87.2
T50	99	98	98	99	98	98	99	98	98	99	98	98	101	103	101
T90	171	172	170	172	172	172	171	173	173	173	172	172	174	173	173
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	1.2	1.2	1.2
EtOH	3.5	3.6	3.6	3.5	3.6	3.6	4	4.1	4.1	4.1	4.0	4.4	4.5	4.4	4.4
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.9	0.9	0.9	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7
ETBE	0.6	0.6	0.7	1.4	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.1	1.0	1.0
TAME	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	1.62	1.63	1.62	1.9	1.9	1.9	2.3	2.3	2.6	2.6	2.8	2.6	2.6	2.84	2.83
Tolueno	5.5	5.6	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.4	5.6	5.5	5.7
Total Xileno	4.2	4.2	4.3	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.8	4.7	4.7	4.7
Oleofinas	19.8	20.1	19.9	18.3	17.6	18.3	17.2	17.3	17.1	17.4	18.2	18.1	18.2	18.2	18
Saturados	57.8	57.1	57.9	58	58.6	56.5	56.7	56.5	56.8	56	56.2	55.7	55.8	56	56
Aromáticos	20.0	20.2	20.1	19.8	19.8	19.7	19.2	19.4	20.3	20.5	20.5	20.4	20.5	20.5	20.4
Benceno	0.68	0.68	0.69	0.67	0.68	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.68	0.67

Tabla A-3. Resultados de gasolina ECOPAÍS con el aditivo Naftalina

Fecha	29-07-2017			29-07-2017			29-07-2017			29-07-2017		
Parámetro	Sin aditivo			0,6 gr			3 gr			9 gr		
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	87.1	87.2	87.1	87.4	87.5	87.4	88.1	88.2	88.1	88.6	88.5	88.5
MON	86.1	86.2	86.2	81.5	81.5	81.4	82	82.1	82.1	82.4	82.7	82.6
(R+M)/2	99	98	98	86.4	86.5	86.4	87.1	87.1	87.2	87.5	87.6	87.6
T50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	3.5	3.6	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.9	0.9	0.9	1.3	1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1	1.2
ETBE	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.9	0.9	1	0.7	0.8	0.9
TAME	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.9	0.9	1	1	0.9	1
TBA	-	-	-	-	-	-						
Wt%O	1.62	1.63	1.62	1.7	1.73	1.72	1.68	1.69	1.7	1.31	1.33	1.36
Tolueno	5.5	5.6	5.5	5.4	5.3	5.3	5.2	5.3	5.4	5	5.2	5.4
Total Xileno	4.2	4.2	4.3	4	4.1	4.1	4	4.1	4.1	4.5	5.5	5.4
Oleofinas	19.8	20.1	19.9	17.2	17.2	18.1	17.1	17.6	18.6	18.4	18.2	18.2
Saturados	57.8	57.1	57.9	57.6	57.6	57.6	55.5	55.5	55.6	55.3	54	54.1
Aromáticos	20.0	20.2	20.1	20.7	20.7	20.7	22	22.5	22.5	22.9	24.8	24.8
Benceno	0.68	0.68	0.69	0.69	0.69	0.61	0.61	0.63	0.69	0.67	0.61	0.64

Resultados de gasolina SUPER con el aditivo C

Fecha	07-08-2017			07-08-2017			07-08-2017			07-08-2017			07-08-2017			07-08-2017		
Parámetro	Sin aditivo			<i>Dosis recomendada</i> 0,2 ml			0,4 ml			0,6 ml			1 ml			1,2 ml		
Corrida	1	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	90.1	91.1	91.3	91.9	91.4	91.1	90.7	91	91.0	90.8	90.4	90.8	92.8	91.5	91.1	91	91.2	91,1
MON	83.0	83.3	33.6	83.5	83.2	83.5	83.4	83.2	83.5	83.1	83.1	83.2	83.4	83.3	83.3	83.3	83.1	83.2
(R+M)/2	86.6	87.2	87.4	88.2	88	87	87.1	87.1	87.2	87.7	86.7	86.6	88.1	87.4	87.1	87.1	87.1	86.9
T50	104	104	104	102	103	103	104	105	105	105	104	105	102	104	103	106	105	104
T90	167	167	168	166	163	166	168	168	165	168	168	165	167	168	167	171	168	168
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.50	0.4	0.5	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5
ETBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAME	1	0.8	0.9	0.9	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	1	0.8	0.5	0.9	0.9	0.9	0.7	0.8
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.26	0.19	0.22	0.27	0.26	0.22	0.22	0.19	0.25	0.19	0.26	0.21	0.19	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21
Tolueno	8.0	8.2	7.7	8.6	8.1	8.1	8.2	8.2	8.2	8.2	8.3	8.2	7.7	7.8	7.8	7.1	8.4	8.0
Total Xileno	5.0	4.9	5.2	4.1	4.1	5.1	5.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	4.4	5.0	4.9	5.2	4.9	5.0
Olefinas	19.3	19.6	20.0	19.9	20.9	19.8	19.3	19.2	19.2	18.6	19.1	19.0	19.4	19.6	20.1	18.4	19.3	19.3
Saturados	53.9	54.8	53.9	54.7	51.8	54.5	54.8	54.1	55	55.9	53,9	55.2	56.4	54.6	55.1	56.9	55	55.3
Aromáticos	25.2	24.4	24.7	23.6	25.7	24.3	24.5	24.5	24.4	24.3	24,4	24.5	22.8	24.3	23.5	23.3	24.3	24.1
Benceno	0.86	0.83	0.84	0.89	0.88	0.83	0.81	0.80	0.83	0.83	0.82	0.83	0.88	0.76	0.82	0.77	0,79	0.79

Tabla A-4. Resultados de gasolina SUPER con el aditivo D

Fecha	08-08-2017			08-08-2017			08-08-2017			08-08-2017			08-08-2017			08-08-2017		
Parámetro	Sin aditivo			<i>Dosis recomendada</i> 0,25ml			0,5ml			1 ml			1,5ml			2ml		
Corrida	1	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	90.1	91.1	91.3	90.4	91.4	91.0	91.4	91.4	91.3	91.1	91.1	91.1	90.8	90.5	90.5	90.5	90.5	90.4
MON	83.0	83.3	33.6	83.5	83.4	83.3	83.3	82.3	83.3	83.3	83.3	83.1	83.2	83.1	83.1	83	82.0	82.8
(R+M)/2	86.6	87.2	87.4	87.2	87.4	87.2	87.3	87.3	87.3	87.2	87	87.1	87	86.8	86.8	86.8	86.7	86.7
T50	104	104	104	103	102	103	102	102	103	102	102	103	103	103	103	103	104	104
T90	167	167	168	166	166	167	167	166	167	166	167	167	167	167	167	167	168	168
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4
ETBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAME	1	0.8	0.9	1	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.90	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.26	0.19	0.22	0.24	0.19	0.22	0.19	0.19	0.21	0.21	0.19	0.19	0.21	0.22	0.19	0.22	0.21	0.22
Tolueno	8.0	8.2	7.7	8	8	7.9	7.9	7.9	7.8	7.9	7.8	8	7.8	7.9	7.9	7.9	7.9	7.8
Total Xileno	5.0	4.9	5.2	4.8	4.6	4.8	4.7	4.8	4.8	4.7	4.6	4.7	4.8	4.7	4.7	4.7	4.6	4.6
Oleofinas	19.3	19.6	20.0	20.3	20.1	20	20.3	20.1	19.3	19.9	19.8	20.3	20.1	20.0	19.9	19.8	19.8	19.6
Saturados	53.9	54.8	53.9	54.8	55.3	55.3	55.1	55.4	55.4	55.5	55.7	55.2	55.6	55.3	55.5	55.4	55.9	55.9
Aromáticos	25.2	24.4	24.7	23.4	23.4	23.4	23.5	23.3	23.4	23.3	23.3	24.3	23.1	23.3	23.4	23.4	23.1	23.1
Benceno	0.86	0.83	0.84	0.82	0.82	0.81	0.80	0.83	0.83	0.83	0.82	0.81	0.82	0.83	0.81	0.82	0.82	0.82

Tabla A-5. Resultados de la gasolina Super con el aditivo E

Fecha	10-08-2017			10-08-2017			10-08-2017			10-08-2017			10-08-2017			10-08-2017		
Parámetro	Sin aditivo			<i>Dosis recomendada</i> 0,45 ml			0,9 ml			1,35 ml			1,8 ml			2,7 ml		
Corrida	1	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	90.1	91.1	91.3	89.9	90.6	90.3	90.3	88.8	90.8	89.7	89.4	89.8	90	89.2	89.5	88.5	89.6	89.4
MON	83.0	83.3	33.6	82.8	83.2	83.0	83.0	82.5	83.9	82.8	82.8	82.8	82.8	82.5	82.6	82.3	82.5	82.7
(R+M)/2	86.6	87.2	87.4	86.3	86.9	86.7	86.6	85.7	87.4	86.3	86.1	86.3	86.4	85.9	86	85.4	86.1	86
T50	104	104	104	108	109	108	108	107	107	107	107	107	107	107	107	109	109	105
T90	167	167	168	170	171	171	171	172	171	171	179	170	171	170	170	172	173	171
171MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.6	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.9	1.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ETBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAME	1	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.26	0.19	0.22	0.19	0.19	0.18	0.16	0.19	0.21	0.19	0.21	0.19	0.26	0.22	0.22	0.21	0.19	0.19
Tolueno	8.0	8.2	7.7	8.2	8	8	8.1	8.4	8.5	8	8	8.1	8.1	8	8.1	7.9	8	8.5
Total Xileno	5.0	4.9	5.2	5.4	5.2	5.3	5.3	5.1	4.9	5.5	5.4	5.5	5.4	5.5	5.4	5.5	5.4	4.9
Oleofinas	19.3	19.6	20.0	17.9	19	18.6	18.2	21.1	21.3	18.1	18	18.2	18.2	17.8	17.6	17.5	19.3	17.9
Saturados	53.9	54.8	53.9	55.7	55.2	55.7	56	50.7	50.8	56	56.2	56	55.5	56.9	56.4	56.8	55.2	57
Aromáticos	25.2	24.4	24.7	24.8	24.5	24.4	24.5	25,4	25.1	24.6	24.5	24.6	24.7	24.3	24.6	24.4	24.3	23.9
Benceno	0.86	0.83	0.84	8	0.82	0.82	0.81	0.80	0.81	0.81	0.80	0.81	0.80	0.80	0.78	0.78	0.8	0.78

Tabla A-6. Resultados de la gasolina SUPER con el aditivo naftalina

Fecha	15-08-2017			15-08-2017			15-08-2017		
Parámetro	Sin aditivo			3,2 gr			4,2 gr		
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	90.1	91.1	91.3	94.3	93.7	94	93.1	93.1	93.4
MON	83.0	83.3	33.6	84.5	84.4	84.3	84	84.1	84
(R+M)/2	86.6	87.2	87.4	88.9	88.8	88.7	88.1	88	88
T50	104	104	104	99	99	99	99	99	97
T90	167	167	168	162	163	162	163	162	161
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.6	0.4	0.5	0.9	1	1	1.6	1.6	1.6
ETBE	-	-	-	-	-	-	0.3	0.4	0.4
TAME	1	0.8	0.9	1	1	0.9	0.6	0.6	0.6
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.26	0.19	0.22	0.63	0.66	0.65	0.89	0.9	0.94
Tolueno	8.0	8.2	7.7	8.1	8.2	8.2	8.3	8.3	8.4
Total Xileno	5.0	4.9	5.2	5.9	5.8	6	6.4	6.4	6.4
Oleofinas	19.3	19.6	20.0	20.6	20.8	20.8	19.2	19.1	19.6
Saturados	53.9	54.8	53.9	49.9	49.6	49.3	49.4	49.4	48.9
Aromáticos	25.2	24.4	24.7	26.9	26.8	27.1	28	27.9	28
Benceno	0.86	0.83	0.84	0.76	0.76	0.78	0.73	0.71	0.72

Tabla A-7. Resultados de la gasolina Extra con el aditivo A

Fecha	10-08-2017			10-08-2017			10-08-2017		10-08-2017		10-08-2017	
Parámetro	Sin aditivo			<i>Dosis recomendada</i> 0,22 ml			0,44 ml		1,1ml		1,35 ml	
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2
RON	85.1	85.3	85.3	86,8	87,6	87,3	86,1	87,6	87,6	87,2	88,2	88,2
MON	80.9	80.8	81	81,0	81,2	81	80,5	81,2	81,2	81,1	81,2	81,1
(R+M)/2	83.0	83.1	83.1	83,9	84,3	84,2	83,1	84,4	84,4	85,1	84,7	84,6
T50	101	101	102	105	104	105	105	104	104	107	103	103
T90	164	163	163	168	167	168	167	166	167	169	167	169
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,3	0,4
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.7	0.7	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7	0,6
ETBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAME	1.1	1.1	1.1	1	1,1	1	1,1	1	0,9	1	1.1	1.1
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.29	0.27	0.28	0,24	0,24	0,24	0,27	0,3	0,40	0,43	0,40	0,37
Tolueno	8	7.9	7.5	7,1	7,6	7,1	7,3	7,3	7,2	7,1	7,3	7,3
Total Xileno	3.8	4.2	4.4	4,3	4,0	4,3	4,3	4,5	4,5	4,5	4,3	4,3
Olefinas	18.6	18.8	19	18,5	18,7	18,5	18,5	18,2	18,9	18,6	19,1	18,4
Saturados	58.7	58.5	57.8	59,2	59,0	58,7	59,0	59,3	57,2	58,6	58	58,8
Aromáticos	21	21.3	21.2	20,8	20,8	21	20,8	21	20,0	20,9	20,9	20,9
Benceno	0.83	0.85	0.87	0,83	0,81	0,82	0,82	0,84	0,81	0,80	0,83	0,81

Tabla A-8. Resultados de la muestra de gasolina Extra con el aditivo B

Fecha	10-08-2017			10-08-2017			10-08-2017		10-08-2017		10-08-2017	
Parámetro	Sin aditivo			<i>Dosis recomendada 0,22 ml</i>			<i>0,44 ml</i>		<i>0,66 ml</i>		<i>0,88 ml</i>	
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2
RON	85.1	85.3	85.3	87.8	88.2	88.6	89.7	89.1	90.4	91.6	94	95.3
MON	80.9	80.8	81	81.3	81.6	81.6	81.4	81.4	81.5	81.9	85.1	83
(R+M)/2	83.0	83.1	83.1	84.5	85.1	85.2	85.5	85.4	85.1	86.8	84	89.2
T50	101	101	102	105	105	105	106	106	106	105	107	105
T90	164	163	163	166	168	164	168	168	167	168	168	167
MeOH	-	-	-	-	-	-	0.4	0.3	0.5	0.7	0.8	1.2
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.9	0.8
ETBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAME	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.0	1.1	1.0	1.1	1.2	1.1
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.29	0.27	0.28	0.29	0.3	0.3	0.49	0.43	0.5	0.5	0.6	0.8
Tolueno	8	7.9	7.5	7.4	7.5	7.4	7.4	7.4	7.5	7.6	7.6	7.5
Total Xileno	3.8	4.2	4.4	4.2	4.3	4.2	4.3	4.3	4.2	4.4	4.4	4.6
Olefinas	18.6	18.8	19	19	18.9	18.8	18.7	18.7	18.7	18.5	18.5	18.8
Saturados	58.7	58.5	57.8	58.3	58.5	58.6	58.2	58	57	57.6	58	56
Aromáticos	21	21.3	21.2	21.1	19.9	20	21.3	21.3	19.1	21.4	21	24.9
Benceno	0.83	0.85	0.87	0.85	0.85	0.78	0.74	0.84	0.81	0.82	0.8	0.79

Tabla A-9. Resultados de la gasolina Extra con el aditivo C

Fecha	10-08-2017			10-08-2017			10-08-2017			10-08-2017		
Parámetro	Sin aditivo			<i>Dosis recomendada 0,2 ml</i>			0,4 ml			0,8 ml		
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	85.1	85.3	85.3	84.6	87.5	84.4	84.4	84.4	84.5	84.3	84.3	84.6
MON	80.9	80.8	81	80.6	80.6	80.5	80.5	80.7	80.4	80.5	80.6	80.6
(R+M)/2	83.0	83.1	83.1	82.8	82.6	82.5	82.5	82.6	82.5	82.3	82.4	82.6
T50	101	101	102	102	102	101	103	102	103	102	103	103
T90	164	163	163	166	165	164	165	166	166	165	166	166
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MTBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8
ETBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAME	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.29	0.27	0.28	0.27	0.29	0.29	0.29	0.32	0.29	0.29	0.32	0.30
Tolueno	8	7.9	7.5	6.8	7.3	7.1	7.4	7.4	7.4	7.5	7.4	7.5
Total Xileno	3.8	4.2	4.4	4.4	4.4	4.5	4.5	4.5	4.6	4.5	4.6	4.67
Olefinas	18.6	18.8	19	18.4	18.6	18	18	18.2	18.3	17.8	17.5	17.9
Saturados	58.7	58.5	57.8	59.5	58.7	58.4	58.9	58.4	58.4	59.1	59.1	58.6
Aromáticos	21	21.3	21.2	20.8	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.4	21.5	21.5
Benceno	0.83	0.85	0.87	0.90	0.84	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84

Tabla A-10. Resultados de la gasolina Extra con el aditivo D

Fecha	11-08-2017			11-08-2017			11-08-2017			11-08-2017		
Parámetro	Sin aditivo			Dosis recomendada 0,25ml			0,5ml			1 ml		
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RON	85.1	85.3	85.3	86.3	86.5	86.7	85.8	85.8	86.0	85.5	86.8	85.6
MON	80.9	80.8	81	81.1	81.1	81.3	80.8	80.9	80.8	80.8	80.7	80.7
(R+M)/2	83.0	83.1	83.1	83.7	83.8	84.0	83.3	83.3	83.4	85.1	83.2	83.1
T50	101	101	102	100	100	100	100	100	101	101	101	101
T90	164	163	163	164	164	164	164	165	165	164	165	165
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7
ETBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAME	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2	1.0	1.1
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.29	0.27	0.28	0.38	0.35	0.36	0.26	0.29	0.26	0.30	0.26	0.29
Tolueno	8	7.9	7.5	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.3	7.3	7.3	7.4
Total Xileno	3.8	4.2	4.4	4.2	4.2	4.3	4.2	4.2	4.4	4.4	4.4	4.3
Olefinas	18.6	18.8	19	18.4	18.4	18.8	18.2	18.2	18	18	17.7	17.7
Saturados	58.7	58.5	57.8	58.8	58.9	58.1	59.1	59.5	59.3	59.3	59.8	59.5
Aromáticos	21	21.3	21.2	21.1	20.8	21.0	20.7	20.8	20.7	20.8	20.9	20.8
Benceno	0.83	0.85	0.87	0.82	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.81

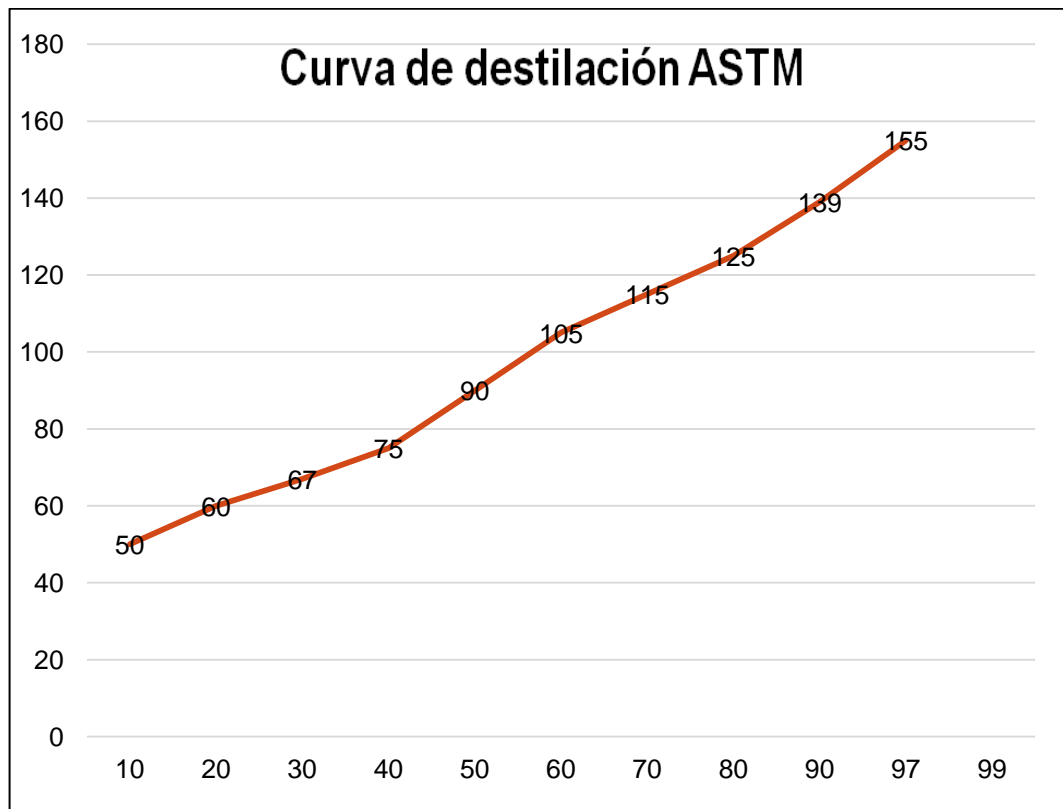
Tabla A-11. Resultados de la gasolina Extra con el aditivo E

Fecha	11-08-2017			11-08-2017			11-08-2017			11-08-2017		Fecha	
Parámetro	Sin aditivo			<i>Dosis recomendada 0,45 ml</i>			0,9 ml			1,35 ml		1,8 ml	
Corrida	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2
RON	85.1	85.3	85.3	86.1	85.6	85.4	85.8	85.8	85.9	86.2	86.2	85.5	85.4
MON	80.9	80.8	81	80.8	80.9	80.8	80.9	80.8	80.8	80.9	80.9	80.6	80.7
(R+M)/2	83.0	83.1	83.1	83.5	83.2	83.4	83.4	83.4	83.3	83.5	83.6	82.6	81.6
T50	101	101	102	105	104	104	105	105	105	104	104	105	106
T90	164	163	163	168	167	168	168	167	167	168	169	167	168
MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.3	0.3	0.3
MTBE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPE	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7
ETBE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAME	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3
TBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wt%O	0.29	0.27	0.28	0.26	0.27	0.26	0.29	0.27	0.27	0.37	0.38	0.3	0.3
Tolueno	8	7.9	7.5	7.3	7.3	7.2	7.3	7.2	7.3	7.2	7.1	7.1	7.3
Total Xileno	3.8	4.2	4.4	4.2	4.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Olefinas	18.6	18.8	19	18.8	18.8	18.2	18.7	18.6	18.8	18.4	18.5	18.7	18.5
Saturados	58.7	58.5	57.8	58.7	58.6	59.4	58.3	58.2	58.4	58.7	58.9	58.4	58.2
Aromáticos	21	21.3	21.2	20.9	20.8	20.7	21.1	21.5	21.2	21.0	21.3	21.1	21.1
Benceno	0.83	0.85	0.87	0.85	0.84	0.84	0.85	0.84	0.84	0.81	0.8	0.82	0.84

b) Destilación ASTM

Tabla A-12. Destilación de la gasolina Ecopaís sin aditivo

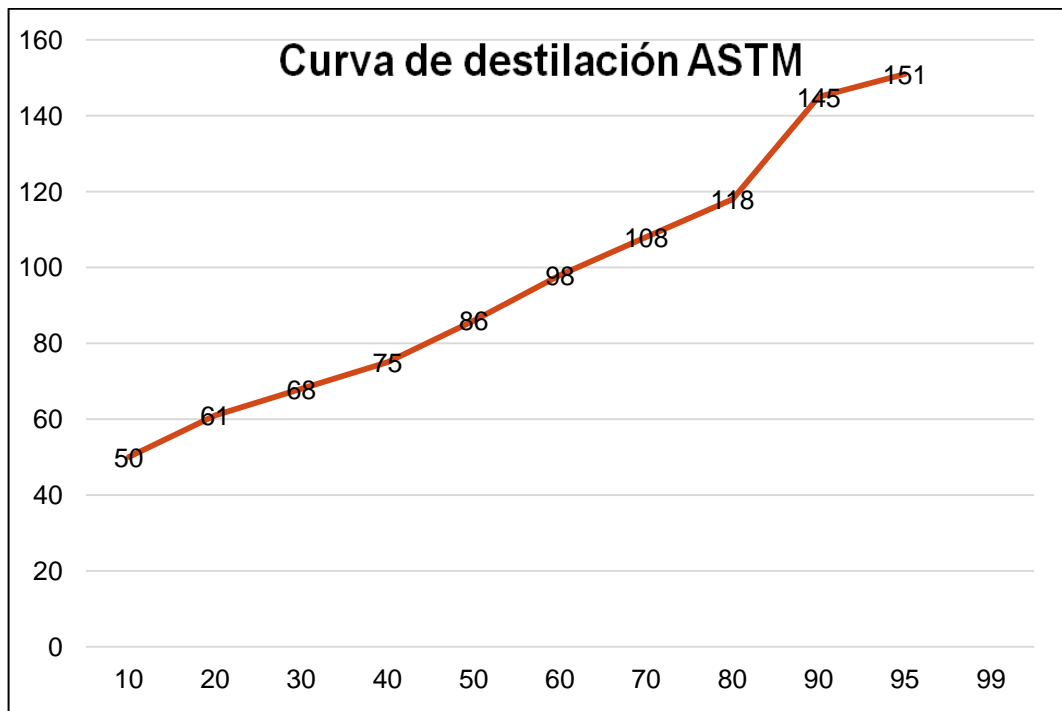
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		41	
1	10	50	2,10
2	20	60	4,21
3	30	67	7,20
4	40	75	9,21
5	50	90	11,40
6	60	105	13,26
7	70	115	15,51
8	80	125	17,55
9	90	139	22,23
P.F.E	97	155	29,53
Residuo	2		
Total	99		



Gráfica de curva de destilación ASTM sin aditivo

Tabla A-13. Destilación de la gasolina Ecopaís aditivo A

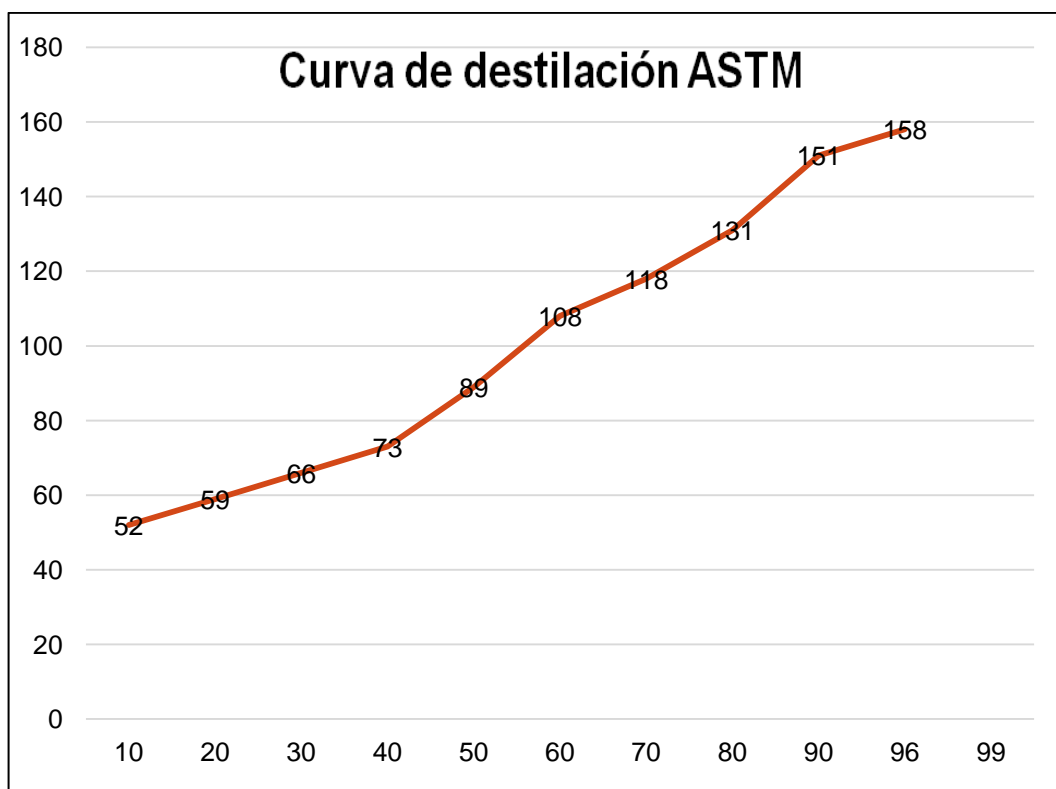
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		41	
1	10	50	2,12
2	20	61	4,50
3	30	68	7,10
4	40	75	8,70
5	50	86	12,10
6	60	98	14,32
7	70	108	17,21
8	80	118	20,27
9	90	145	26,59
P.F.E	95	151	31,45
Residuo	3		
Total	899		



Gráfica de curva de destilación ASTM Ecopaís con aditivo A

Tabla A-14. Destilación de la gasolina Ecopaís aditivo B

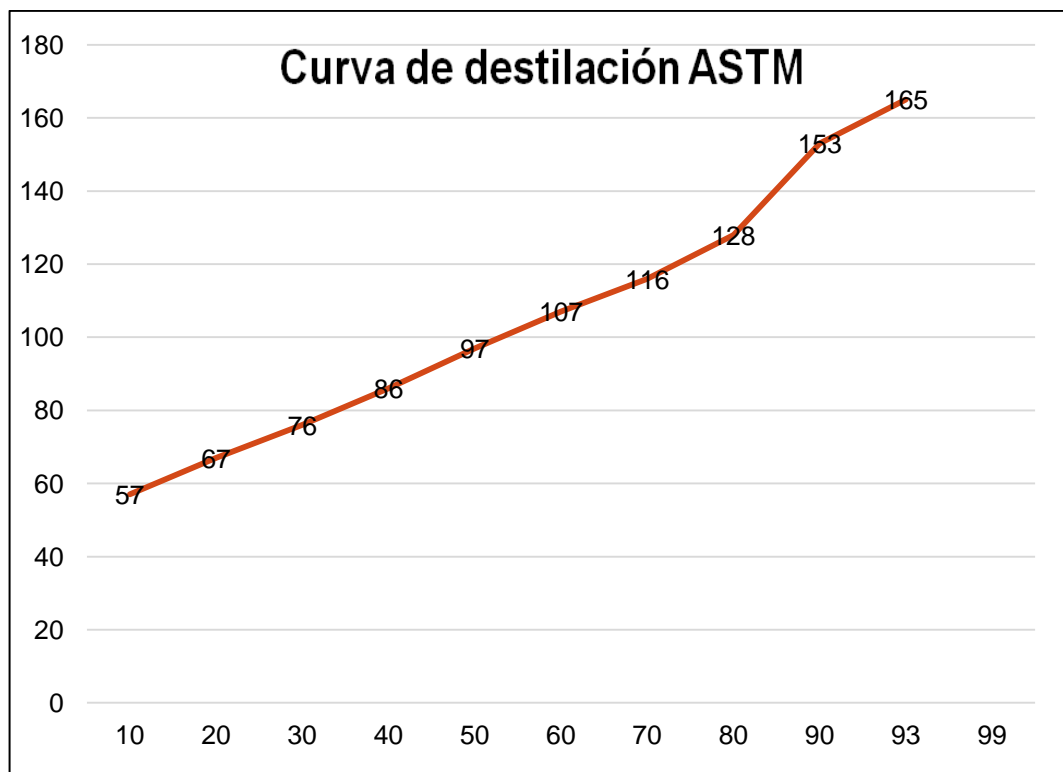
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		41	
1	10	52	2,32
2	20	59	5,01
3	30	66	7,26
4	40	73	8,50
5	50	89	11,29
6	60	108	13,45
7	70	118	16,35
8	80	131	19,25
9	90	151	25,27
P.F.E	96	158	32,61
Residuo	3		
Total	99		



Gráfica de curva de destilación ASTM Ecopaís con aditivo B

Tabla A-15. Destilación de la gasolina Súper sin aditivo

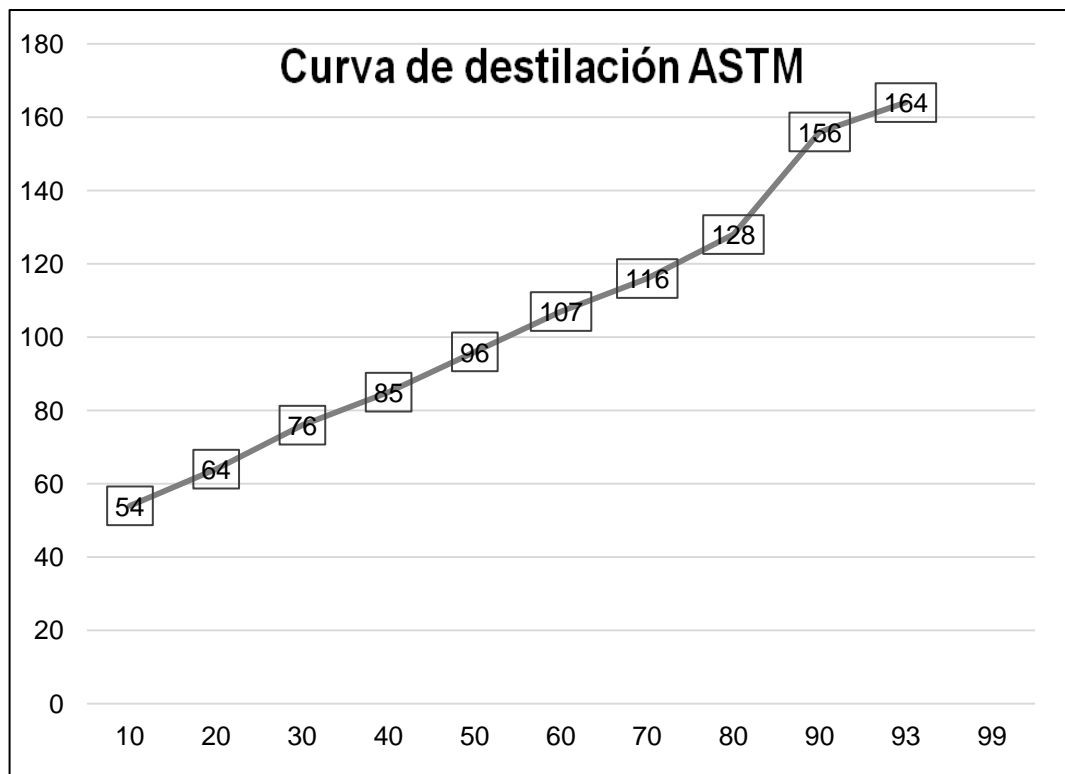
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		38	
1	10	57	2,0,3
2	20	67	4,04
3	30	76	5,55
4	40	86	7,56
5	50	97	9,55
6	60	107	12,12
7	70	116	17,35
8	80	128	20,31
9	90	153	23,42
P.F.E	93	165	31.1
Residuo	2		
Total	100		



Gráfica de curva de destilación ASTM con respecto a la Super sin aditivo

Tabla A-16. Destilación de la Gasolina Super con Aditivo A

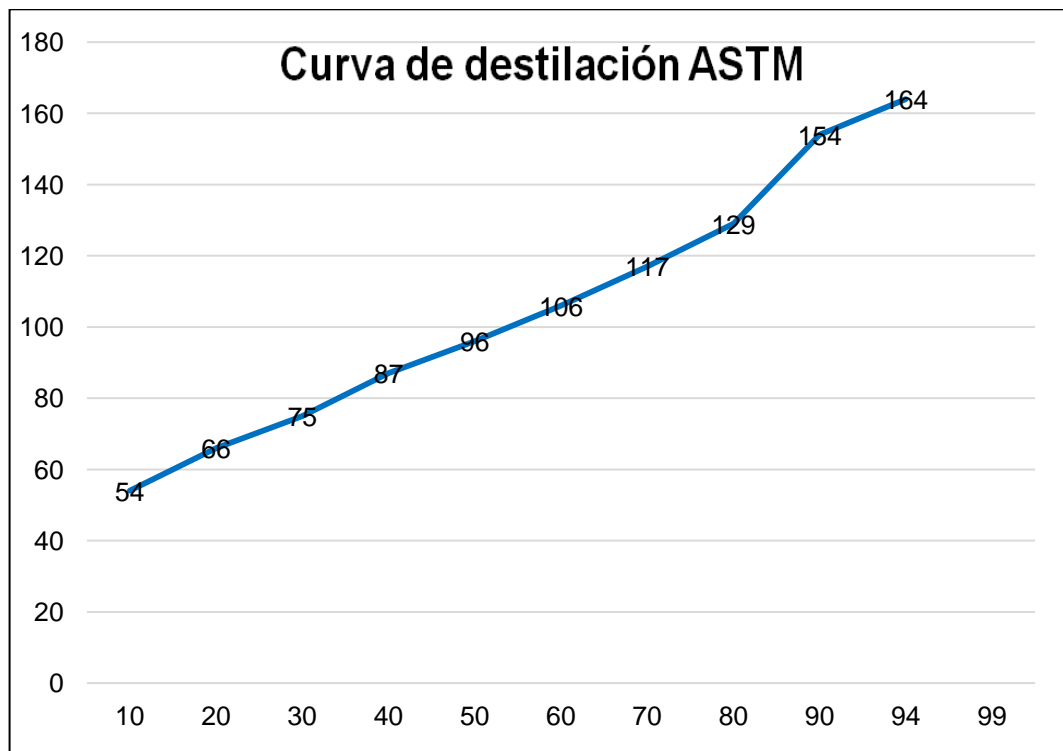
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		37	
1	10	54	2,21
2	20	64	4,53
3	30	76	6,30
4	40	85	8,31
5	50	96	10,42
6	60	107	12,51
7	70	116	14,59
8	80	128	17,55
9	90	156	25,01
P.F.E	93	164	3.11
Residuo	4		



Gráfica de curva de destilación ASTM Super con aditivo A

Tabla A-17. Destilación de la gasolina Super con el aditivo B

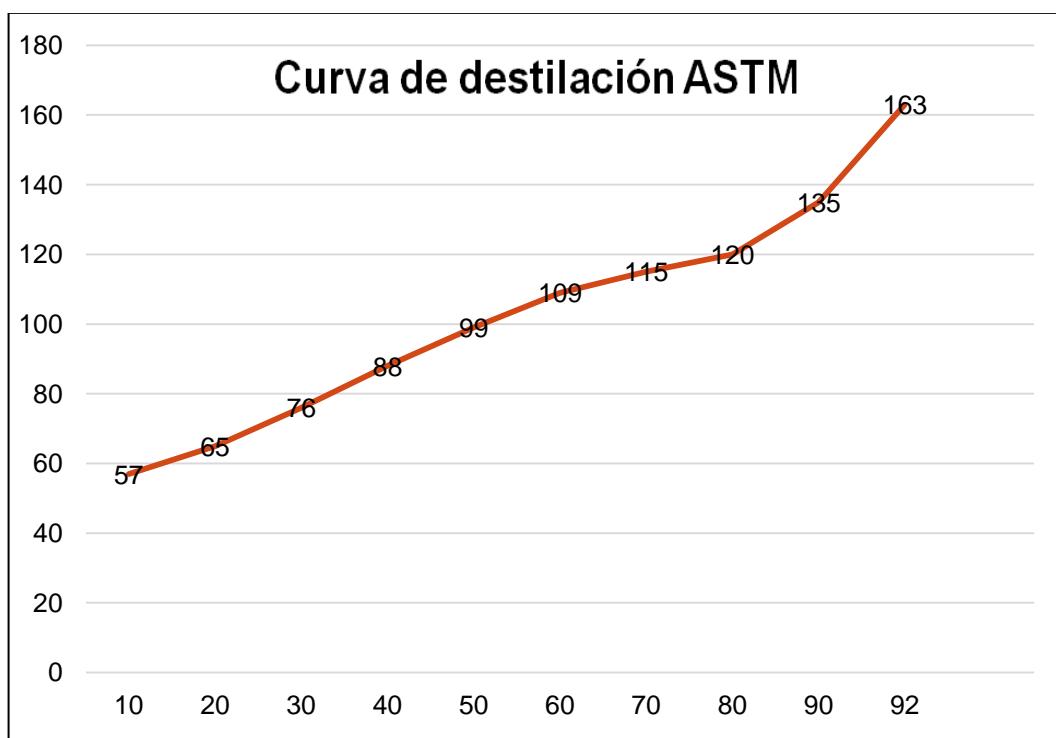
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		38	
1	10	54	2,31
2	20	66	4.34
3	30	75	6,42
4	40	87	8,29
5	50	96	10,32
6	60	106	12,42
7	70	117	14,49
8	80	129	17,43
9	90	154	23,06
P.F.E	94	164	31.21
Residuo	5		
Total	99		



Gráfica de curva de destilación ASTM Super con aditivo B

Tabla A-18. Destilación de la gasolina Super con Naftalina

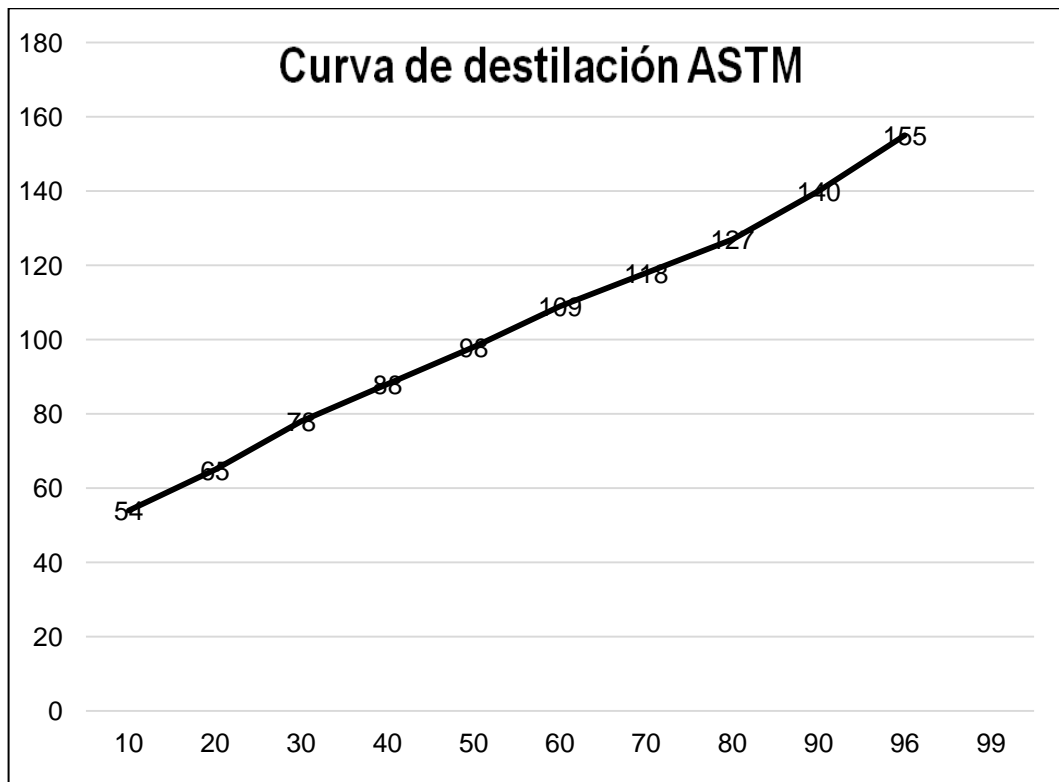
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		37	
1	10	57	2,55
2	20	65	5,37
3	30	76	8,39
4	40	88	10,39
5	50	99	13,58
6	60	109	16,86
7	70	115	18,53
8	80	120	20,31
9	90	135	24,83
P.F.E	92	171	42,5
Residuo	6		
Total	98		



Gráfica de curva de destilación ASTM Super con naftalina

Tabla A-19. Destilación de la gasolina Extra sin aditivo

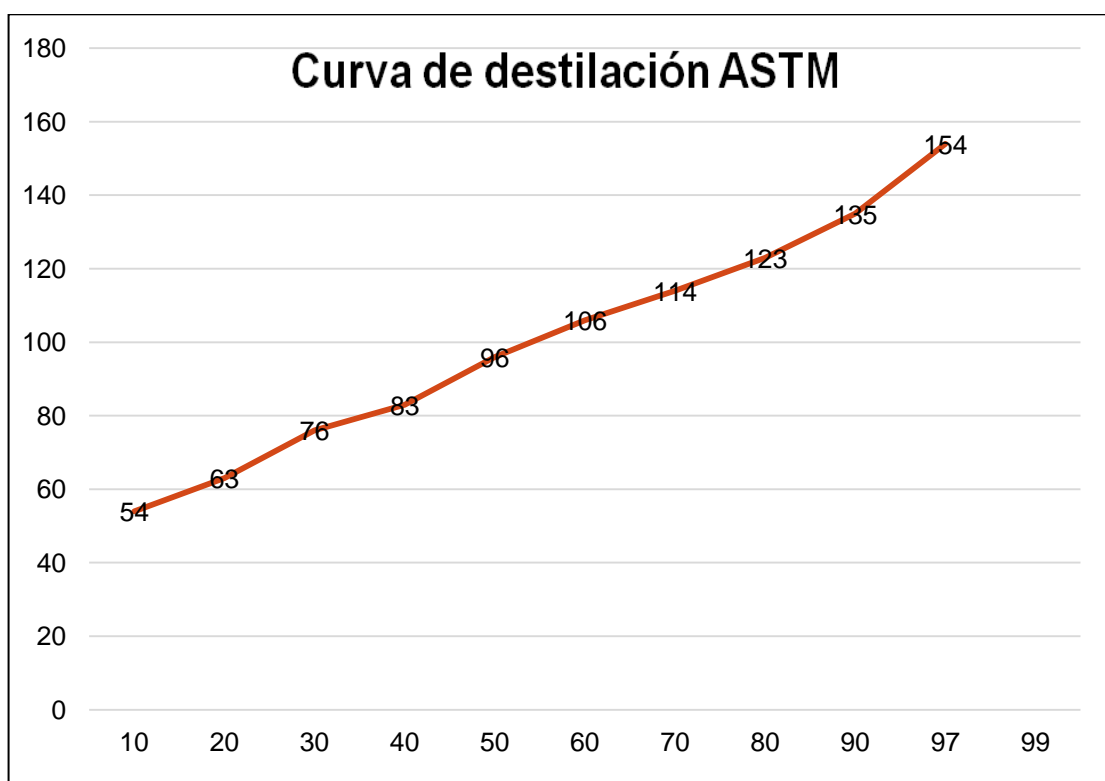
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		41	
1	10	54	2,45
2	20	65	4,55
3	30	78	7,12
4	40	88	9,31
5	50	98	12,15
6	60	109	14,23
7	70	118	16,49
8	80	127	19,13
9	90	140	23,31
P.F.E	96	155	28,25
Residuo	2		
Total	99		



Gráfica de curva de destilación ASTM Extra sin Aditivo

Tabla A-20. Destilación de la gasolina Extra aditivo gris

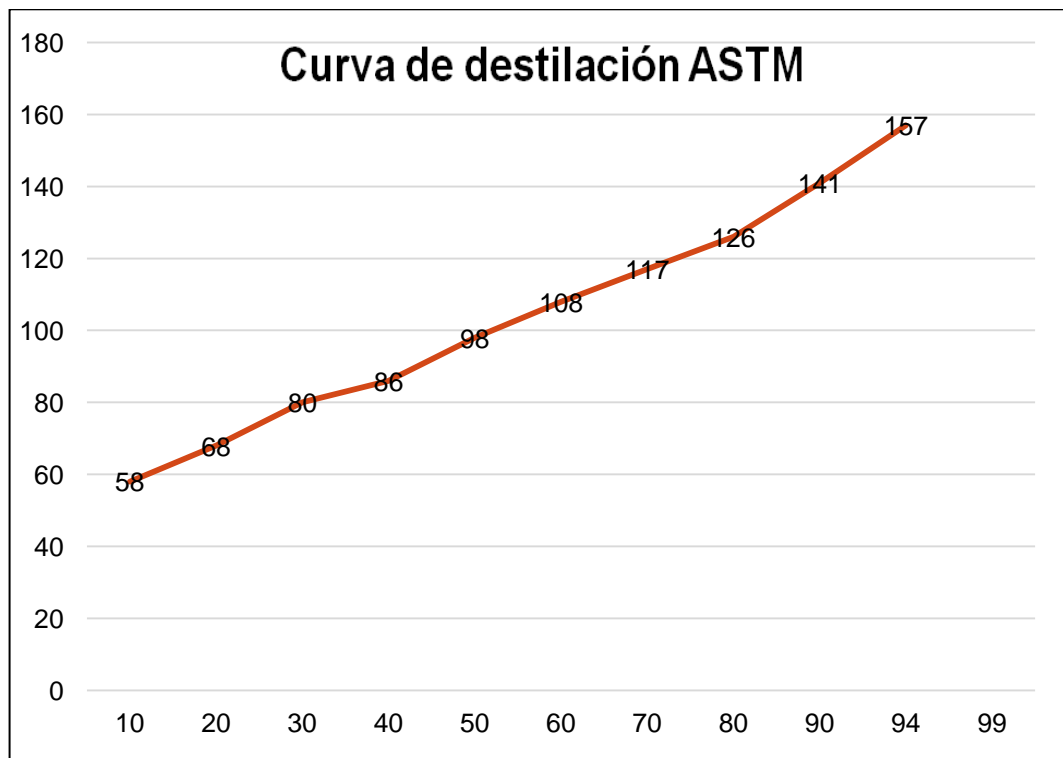
Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		42	
1	10	54	2,20
2	20	63	4,36
3	30	76	7,10
4	40	83	8,22
5	50	96	11,10
6	60	106	13,14
7	70	114	15,06
8	80	123	17,31
9	90	135	20,17
P.F.E	97	154	31.21
Residuo	2		
Total	99		



Gráfica de curva de destilación ASTM Extra con aditivo A

Tabla A-21. Destilación de la gasolina Extra aditivo B

Fracción	VOLUMEN (ml)	TEMPERATURA (°C)	Tiempo(min)
P.I.E.		43	
1	10	58	3,10
2	20	68	5,01
3	30	80	7,20
4	40	86	9,21
5	50	98	11,40
6	60	108	13,42
7	70	117	15,59
8	80	126	18,35
9	90	141	22,23
P.F.E	94	157	27,03
Residuo	5		
Total	99		



Gráfica de curva de destilación ASTM Extra con aditivo B