Universidad Internacional Del Ecuador

Facultad De Ciencias Técnicas

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA GASOLINA SÚPER Y ECOPAÍS COMERCIALIZADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL AL SER MEZCLADO CON UN ADITIVO

Proyecto de Titulación para la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Pedro Andrés Montero Mosquera

Director: Ing. Oscar Orellana, MsC.

Guayaquil, Julio 2020

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Oscar Orellana, MSc.

CERTIFICA

Que el trabajo titulado "Análisis de las propiedades de la gasolina Súper y Ecopaís comercializada en la ciudad de Guayaquil al ser mezclado con un aditivo", realizado por el estudiante: PEDRO ANDRÉS MONTERO MOSQUERA, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional Del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza el señor: PEDRO ANDRÉS MONTERO MOSQUERA, que lo entregue a biblioteca de la facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, julio 2020

Ing. Oscar Orellana, MSc.

Docente de cátedra

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, PEDRO ANDRÉS MONTERO MOSQUERA, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional Del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

_____

PEDRO ANDRÉS MONTERO MOSQUERA

C.I: 0931295463

DEDICATORIA

Al concluir este proyecto, que es el resultado de un largo proceso de estudio, quiero dedicarlo a Dios ya que Él ha sido fiel y he podido ser testigo de cuán bueno es conmigo.

A mi padre, Pedro Gerardo Montero Bonoso que con quien he podido contar desde el primer momento, por ser un gran ejemplo de esfuerzo, dedicación y compromiso. Cito aquellas palabras que siempre me decía: “Cada sacrificio tiene su recompensa”; ahora puedo ver que son ciertas.

A mi madre, Ana Alexandra Mosquera Peláez por tanto amor, por su desinterés sin igual, por siempre darme lo mejor para salir adelante y estar pendiente que nada me falte, por enseñarme el temor a Dios, por sus consejos, su guía, y por inculcarme un profundo sentimiento de altruismo para con el prójimo.

A mi hermana, Joyce Montero Mosquera quien siempre me ha ayudado en los momentos más difíciles, ya sea con una palabra de aliento o con un gesto que me hacía entender que podía contar con ella.

A mis abuelitos, Gerardo Mosquera, Laura Peláez y Mercedes Bonoso quienes con su ejemplo de vida me inspiran a ser perseverante, trabajar con ahínco y actuar de forma íntegra en todos los aspectos de la vida. Comparto este logro con ellos que siempre me han brindado su amor y protección.

A mis demás familiares que con su apoyo durante todos estos años me han permitido crecer, formarme y desarrollarme como una persona con valores.

Pedro Andrés Montero Mosquera

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios por ser mi guía, por darme salud, sabiduría y porque sin Él no hubiese sido posible este logro tan importante. Sea para Él la gloria y la honra.

A mis padres, a mi hermana y a mis abuelitos por darme todo su apoyo y tiempo ya que gracias a ellos hoy tengo la oportunidad de culminar con éxito mi carrera universitaria.

A la Universidad Internacional Del Ecuador por abrir sus puertas al desarrollo profesional, por dar lo mejor de sí para contribuir a una sociedad que requiere personas capaces y preparadas para afrontar los retos que se avecinan en el futuro. A todos los docentes que tuve la fortuna de conocer, a quienes con sus sabios consejos y enseñanzas durante este tiempo supieron enriquecer en mi formación personal y profesional.

A mis compañeros de la universidad, quienes con su ayuda y amistad hicieron que la etapa universitaria sea una de las más gratificantes.

A quienes de una u otra forma ayudaron a que esta meta sea realidad.

A todos, gracias.

Pedro Andrés Montero Mosquera

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN XVI

ABSTRACT XVII

Introducción XVIII

CAPÍTULO I 1

ANTECEDENTES 1

1.1. Definición del problema 1

1.2. Objetivos de la investigación 3

1.2.1. Objetivo general 3

1.2.2. Objetivos específicos 3

1.3. Alcance 3

1.4. Justificación y delimitación de la investigación 3

1.4.1. Justificación teórica 3

1.4.2. Justificación metodológica 4

1.4.3. Justificación práctica 4

1.5. Marco metodológico 4

1.5.1. Método de investigación 4

1.6. Ubicación geográfica 4

1.7. Hipótesis 5

1.7.1. Variables de hipótesis 5

CAPÍTULO II 6

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN 6

2.1. Definición de combustible 6

2.2. Clases de combustibles 7

2.2.1. Combustibles sólidos 7

2.2.2. Combustibles líquidos 7

2.2.3. Combustibles gaseosos 8

2.3. Las gasolinas 9

2.3.1. Definición 9

2.3.2. Origen de la gasolina 9

2.4. Características de la gasolina 11

2.4.1. Características físicas 11

2.4.1.1. Volatilidad 11

2.4.1.2. Peso Específico 11

2.4.1.3. Densidad 12

2.4.1.4. Contenido de azufre 12

2.4.2. Características químicas 13

2.4.2.1. Índice de octano. Resistencia a la detonación. 13

2.4.2.2. Presión de vapor 13

2.4.2.3. Poder calorífico 14

2.4.2.4. Punto de congelación 15

2.4.2.5. Goma 15

2.5. Tipos de gasolina en la ciudad de Guayaquil....16

2.5.1. Gasolina Ecopaís....16

2.5.2. Gasolina Súper....17

2.6. Aditivos....18

2.6.1. Definición....18

2.6.2. Aditivos para gasolinas....19

2.7. Propiedades de los combustibles comercializados en Guayaquil....24

2.7.1. Características de la gasolina....24

2.7.2. Características de la gasolina Ecopaís....26

2.7.3. Características de la gasolina Súper....27

2.8. Especificaciones técnicas de la gasolina....28

2.9. Efecto de los aditivos en la gasolina....31

2.9.1. Protección contra la corrosión....31

2.9.2. Desactivadores de metales....31

2.9.3. Detergentes....31

2.9.4. Antidetonantes....32

2.9.5. Oxigenadores....32

2.10. Aditivos comercializados en Guayaquil....33

2.10.1. Abro – Elevador de octanaje....33

2.10.2. Liqui Moly – Octane Plus....34

2.10.3. Bardahl – Top Oil Nanox....35

2.10.4. Bardahl – Octane Booster 36

2.10.5. Qualco – R1 Plus 37

2.10.6. Qualco – R1 Eco 38

CAPÍTULO III 41

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICO DE LA GASOLINA ECOPAÍS, SÚPER Y ADITIVOS 41

3.1. Selección de aditivos 41

3.2. Encuesta 43

3.3. Resultados de la encuesta 43

3.4. Descripción de los aditivos seleccionados 48

3.4.1. Descripción Aditivo 1 49

3.4.2. Descripción Aditivo 2 50

3.5. Laboratorio 51

3.5.1. Preparación de las mezclas 52

3.5.2. Materiales y Equipos 52

3.5.3. Descripción de las pruebas 53

3.6. Resultados de la prueba de laboratorio 55

3.6.1. Cuadro de resultados de la prueba de gasolina Súper + Aditivos 55

3.6.2. Cuadro de resultados de la prueba de gasolina Ecopaís + Aditivos 56

3.7. Pruebas de emisiones de gases de escape 56

3.7.1. Normas utilizadas 57

3.7.1.1. Norma NTE INEN 2 204:2002 57

3.7.1.2. Norma NTE INEN 2 203:2000 57

3.7.1.3. Norma RTE INEN 017:2008 57

3.7.2. Equipo analizador de gases de escape utilizado en las pruebas 57

3.7.2.1. Analizador de gases de escape 57

3.7.3. Vehículos utilizados en las pruebas 59

3.7.3.1. Descripción de los vehículos 59

3.8. Acondicionamiento del vehículo 61

3.9. Realización de las pruebas 62

3.9.1. Revisiones generales previas 62

3.9.2. Descripción de las pruebas realizadas con el analizador de gases de escape 62

3.10. Resultados de las pruebas de emisiones de gases de escape 64

3.10.1. Cuadro de resultados de la prueba con gasolina Súper 64

3.10.2. Cuadro de resultados de la prueba con gasolina Ecopaís 65

3.10.3. Cuadro de resultados de la prueba con gasolina Súper + aditivo 65

3.10.4. Cuadro de resultados de la prueba con gasolina Ecopaís + aditivo 66

CAPÍTULO IV 67

ANÁLISIS DE RESULTADOS 67

4.1. Resultados del análisis físico-químico con gasolina Súper 68

4.2. Resultados del análisis físico-químico con gasolina Ecopaís 69

4.3. Resultados del análisis de gases de escape con gasolina Súper 70

4.4. Resultados del análisis de gases de escape con gasolina Ecopaís 72

CAPÍTULO V 75

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 75

5.1. Conclusiones 75

5.2. Recomendaciones 76

Bibliografía 77

Anexos 85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Despachos totales (cifras en barriles) de la abastecedora EP Petroecuador. Fecha de corte: Agosto/2018 1

Figura 2. Despachos totales (cifras en barriles) de la abastecedora EP Petroecuador. Fecha de corte: Agosto/2019 2

Figura 3. Mapa UIDE. Escuela de Ingeniería Automotriz 5

Figura 4. Triangulo de la combustión. 7

Figura 5. Destilación del petróleo 8

Figura 6. Proceso de cracking catalítico 10

Figura 7. Etanol 17

Figura 8. Tetraetilo de Plomo 19

Figura 9. Metil Tert-Butil Éter 22

Figura 10. Refinería La Libertad 25

Figura 11. Principales productos obtenidos de refinería 25

Figura 12. Aditivo Abro – Elevador de octanaje 34

Figura 13. Aditivo Liqui Moly – Octane Plus 35

Figura 14. Aditivo Bardahl – Top Oil Nanox 36

Figura 15. Aditivo Bardahl – Octane Booster 37

Figura 16. Aditivo Qualco – R1 Plus. 37

Figura 17. Aditivo Qualco – R1 Eco. 38

Figura 18. Diagrama de Ishikawa. 39

Figura 19. Tipos de fuentes de información compartida. 40

Figura 20. Puntos de gasolineras donde se realizaron las encuestas. 42

Figura 21. Resultados de la pregunta 1: ¿Qué tipo de combustible utiliza? 43

Figura 22. Resultados de la pregunta 2: ¿Cree usted que el combustible que se comercializa en la ciudad de Guayaquil es de buena calidad?.....44

Figura 23. Resultados de la pregunta 3: ¿Ha utilizado aditivos para combustible? 44

Figura 24. Resultados de la pregunta 4: ¿Cree usted que el uso de aditivos mejora la calidad del combustible? 45

Figura 25. Resultados de la pregunta 5: ¿Cuál es el nombre del aditivo que usa? 45

Figura 26. Resultados de la pregunta 6: ¿Qué principal beneficio busca que le brinde el aditivo? 46

Figura 27. Resultados de la pregunta 7: ¿En qué lugar prefiere adquirir el aditivo?.....47

Figura 28. Resultados de la pregunta 8: ¿Con qué frecuencia utiliza aditivos? 47

Figura 29. Equipo analizador de gases de escape STARGAS 898 ONE.....59

Figura 30. Vehículo 1 – Hyundai Accent. 60

Figura 31. Vehículo 2 – Hyundai Grand I10. 60

Figura 32. Proceso de inspección técnica. 62

Figura 33. Calibración de equipo analizador de gases de escape. 63

Figura 34. Sonda de prueba. 64

Figura 35. Proceso de medición de los gases de escape. 64

Figura 36. Comparación de resultados de gasolina Súper. 69

Figura 37. Comparación de resultados de gasolina Ecopaís. 70

Figura 38. Resultados de monóxidos de carbono. Gasolina Súper. 70

Figura 39. Resultados de dióxidos de carbono. Gasolina Súper. 71

Figura 40. Resultados de hidrocarburos. Gasolina Súper. 71

Figura 41. Resultados del oxígeno. Gasolina Súper. 72

Figura 42. Resultados de monóxidos de carbono. Gasolina Ecopaís. 72

Figura 43. Resultados de dióxidos de carbono. Gasolina Ecopaís. 73

Figura 44. Resultados de hidrocarburos. Gasolina Ecopaís. 73

Figura 45. Resultados del oxígeno. Gasolina Ecopaís. 74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del Etanol....17
Tabla 2 Características del Tetraetilo de Plomo....20
Tabla 3 Características del Metil Tert-Butil Éter....22
Tabla 4 Características del Éter Etil Tertbutílico....23
Tabla 5 Propiedades y mecanismos de acción de los aditivos....24
Tabla 6 Especificaciones de la gasolina Ecopaís....26
Tabla 7 Especificaciones de la gasolina Súper....27
Tabla 8 Comparación de parámetros de la gasolina Súper y Ecopaís....28
Tabla 9 Requisitos de la gasolina de 87 octanos - RON....29
Tabla 10 Requisitos de la gasolina de 92 octanos - RON....30
Tabla 11 Ficha técnica. Abro – Elevador de octanaje....33
Tabla 12 Ficha técnica. Liqui Moly – Octane Plus....34
Tabla 13 Ficha técnica. Bardahl – Top Oil Nanox....35
Tabla 14 Ficha técnica. Bardahl – Octane Booster....36
Tabla 15 Datos técnicos. Aditivo 1....50
Tabla 16 Datos técnicos. Aditivo 2....51
Tabla 17 Resultados de la prueba de gasolina Súper + Aditivos....55
Tabla 18 Resultados de la prueba de gasolina Ecopaís + Aditivos....56
Tabla 19 Especificaciones técnicas - STARGAS 898 ONE....58
Tabla 20 Características del vehículo 1: Hyundai Accent....59
Tabla 21 Características del vehículo 2: Hyundai Grand I10....60
Tabla 22 Resultados de la prueba de gasolina Súper....65
Tabla 23 Resultados de la prueba de gasolina Ecopaís....65

Tabla 24 Resultados de la prueba de gasolina Súper + Aditivo 65

Tabla 25 Resultados de la prueba de gasolina Ecopaís + Aditivo 66

RESUMEN

El presente proyecto de titulación desarrolla un estudio de las principales variaciones en las propiedades de las gasolinas Súper y Ecopaís cuando se mezclan con un aditivo y la incidencia que tiene esta mezcla en el medio ambiente. Mediante una encuesta como método de investigación, se hace la selección de los aditivos que se utilizan en el presente estudio, así como las principales características de las gasolinas que los propietarios de vehículos livianos buscan mejorar.

En el capítulo 1 se describen los antecedentes y fundamentaciones teóricas para plantear los objetivos de la investigación. En el capítulo 2 se desarrolla un proceso de recopilación de información de varias fuentes bibliográficas relacionados con el tema de investigación. En el capítulo 3 se realizan las pruebas químicas de laboratorio de las mezclas del combustible con los aditivos seleccionados mediante una encuesta, adicional, se realizan pruebas de análisis de gases de escape para determinar el nivel de incidencia en el medio ambiente. En el capítulo 4 se analizan los resultados obtenidos de las pruebas químicas de laboratorio y análisis de gases de escape. En el capítulo 5 se indican las conclusiones del proyecto de titulación desarrollado y recomendaciones para futuros proyectos de investigación.

Palabras clave: Aditivo; Gasolina; Investigación; Propiedades; Mezcla de combustible con aditivo.

ABSTRACT

The present degree project develops a research of the principal variations in the properties of Súper and Ecopaís gasolines when those are mixed with an additive. Also, how this mixture, the Súper and Ecopaís gasolines with an additive, can affect the environment. Through a survey, as a research method, I had chosen the additives that are used in this research and the principal characteristics of the gasoline that owners of light vehicles looking for improve.

First, the chapter 1 describes the background and theoretical foundations for setting out the research objectives. In chapter 2, I develop a process of collecting information from different bibliographic sources related to the topic of research. Following chapter 3 in the chemical laboratory I test the mixtures of the fuel with the additives selected by the survey and test the analysis of exhaust gases to determine the level of impact on the environment. Next, in chapter 4 I analyze the results from chemical laboratory tests and analysis of exhaust gases. Finally, in chapter 5 I show the conclusions of the degree project and recommendations for future research projects.

Keywords: Additive; Gasoline; Investigation; Properties; Fuel mixture with additive.

Introducción

Los aditivos se promocionan como la solución para mejorar las características y propiedades del combustible. Los hay de varios tipos, aquellos que promueven la limpieza y protección del sistema de alimentación, los que mitigan y previenen la formación de depósitos, los que reducen las emisiones contaminantes hasta los aditivos que prometen brindar mayor rendimiento del motor y disminuir el consumo de combustible.

Bajo esta premisa, los usuarios de vehículos automotores suelen utilizar aditivos sin ningún tipo de restricción o análisis previo, como por ejemplo considerar el tipo de combustible al que serán añadidos, la composición del aditivo o la cantidad que se debe utilizar para que la mezcla con la gasolina sea la correcta.

El impacto del uso del aditivo se ve reflejado en la parte mecánica del vehículo relacionada a prolongar la vida útil del motor y sus elementos, así como también en la parte química relacionada a disminuir las emisiones de gases contaminantes y con ello a aportar con la preservación del medio ambiente.

Los residuos de la combustión que son expulsados por los vehículos que utilizan este tipo de combustible constituyen en gran parte a la problemática del aire de nuestro entorno. Las políticas implementadas no siempre logran ser lo suficientemente estrictas para el sector automotriz en cuanto a las emisiones de gases contaminantes que estos expulsan, la actividad vehicular se incrementa y esto sigue siendo una de las principales fuentes de contaminación medioambiental.

Por lo expuesto, es relevante determinar mediante un análisis químico si las propiedades de las gasolinas Súper y Ecopaís mejoran cuando son mezcladas con aditivos desarrollando un proceso de investigación basado en la recopilación de información de varias fuentes bibliográficas relacionados con el tema de investigación; realizando pruebas de laboratorio de

las mezclas del combustible con el aditivo; midiendo el nivel de incidencia en el ambiente mediante un análisis de gases de escape y analizando los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Definición del problema

El origen del presente trabajo de investigación nace de una serie de reformas económicas emitidas por el Gobierno Nacional del Ecuador en agosto del 2018 con el principal objetivo de reactivar la producción y reducir el gasto público para afrontar la crisis. En este comunicado se daba a conocer la eliminación del subsidio de la gasolina Súper.

Esta medida supondría un aumento en su precio y como consecuencia tuvo una gran repercusión en su consumo, ya que varios ciudadanos optaron por empezar a utilizar las gasolinas Extra o Ecopaís, como se muestra en las figuras 1 y 2. Para mitigar el impacto que este cambio de combustible supondría en el desempeño de sus vehículos, incrementó el empleo de aditivos por parte de los consumidores.

Sin embargo, aquella práctica ya se venía dando, aunque en menor medida, desde hace un tiempo atrás ya que la calidad del combustible que actualmente se comercializa en Ecuador, no cumple con los estándares internacionales.

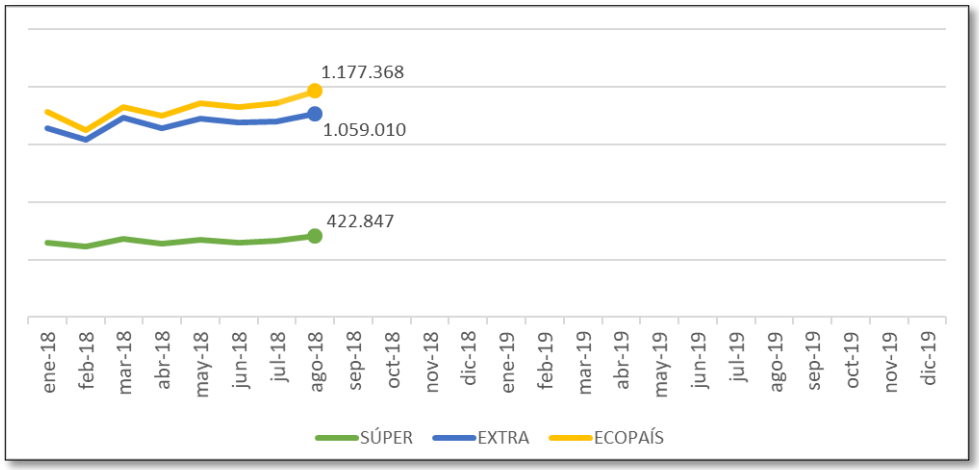

Figura 1. Despachos totales (cifras en barriles) de la abastecedora EP Petroecuador. Fecha de corte: Agosto/2018 (EP Petrocuador, 2018).

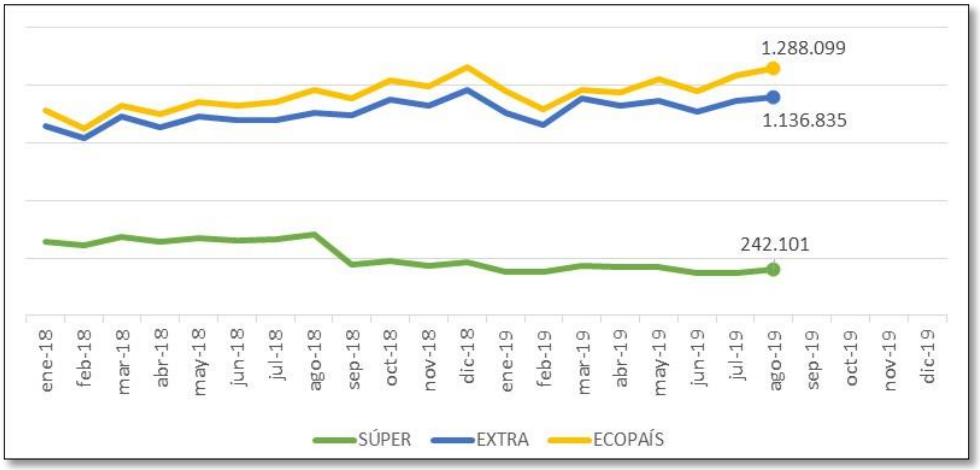

Figura 2. Despachos totales (cifras en barriles) de la abastecedora EP Petroecuador. Fecha de corte: Agosto/2019 (EP Petroecuador, 2019).

La normativa europea Euro 3 establece para el combustible un valor de 150 ppm de contenido de azufre, mientras que para el diésel un valor de 350 ppm de contenido de azufre como límites aceptables para la emisión de gases contaminantes (Alianza para Combustibles y Vehículos Limpios, 2016).

El Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 017 “CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES” Modificatoria 1 (2016-12-30) indica un valor de 200 ppm en el contenido de azufre para los vehículos del año 2000 en adelante. Este valor, en comparación con las normativas internacionales, se encuentra por debajo de la Euro 3, la cual entró en vigencia a partir del año 2000.

Dentro de las estrategias para mejorar la calidad del combustible, es necesario tener en cuenta los gases contaminantes que expulsan los vehículos al medio ambiente, ya que la mejoría de la calidad del combustible influirá en la mejora de la calidad del aire urbano (Tipanluisa, Remache, Ayabaca, & Reina, 2017).

Las normativas implementadas en la industria no son lo suficientemente estrictas en cuanto a las emisiones que estos expulsan al medio ambiente. La actividad vehicular aumenta rápidamente y sigue siendo la principal fuente de contaminación del aire.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Determinar mediante un análisis químico si las propiedades de las gasolinas Súper y Ecopaís mejoran cuando son mezcladas con aditivos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Recopilar información de varias fuentes bibliográficas relacionadas con el tema de investigación.
- Realizar las pruebas de laboratorio de las mezclas del combustible con el aditivo.
- Medir el nivel de incidencia en el ambiente mediante un análisis de gases de escape.
- Analizar los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio.

1.3. Alcance

El alcance del proyecto que presenta el análisis de las propiedades del combustible al ser mezclado con un aditivo, es determinar y demostrar con pruebas de laboratorio las variaciones que se presentan en las gasolinas que se toman para nuestro estudio.

1.4. Justificación y delimitación de la investigación

1.4.1. Justificación teórica

El combustible que se comercializa en las gasolineras de la ciudad de Guayaquil contienen partículas de impureza y su nivel de limpieza no es apropiado lo que se traduce en una mala calidad del combustible. Los aditivos ayudan a mejorar las propiedades del combustible. Esta teoría se fundamenta en que, al hacer uso de estos en las gasolinas, se obtiene una mejora en su calidad y por ende sus prestaciones. Entre las mejoras que proponen los aditivos está en la de disminuir el contenido de goma, incremento de la potencia entre otros.

El presente trabajo se realiza con el fin de determinar si las propiedades de los combustibles Súper y Ecopaís mejoran o no al ser mezclado con aditivos.

1.4.2. Justificación metodológica

Para la elaboración de esta investigación se van a realizar pruebas de laboratorio que sigan los procesos establecidos por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), indagaciones y se buscarán trabajos relacionados que ayuden a entender las propiedades del combustible y de los aditivos con lo cual será posible realizar el análisis de los resultados obtenidos.

1.4.3. Justificación práctica

En la elaboración de este estudio se logrará realizar un análisis de las modificaciones que tienen determinadas propiedades de una gasolina al ser mezclado con un aditivo, además que nos permitirá conocer bajo qué circunstancias es recomendable la utilización de estos, teniendo en cuenta el impacto que puede tener en el medio ambiente.

1.5. Marco metodológico

1.5.1. Método de investigación

Se aplicarán los métodos cuantitativo y comparativo. El método cuantitativo será aplicado para analizar y comprobar datos e información concreta mediante la cual se podrá recopilar información de investigaciones similares con datos detallados y principios teóricos que sean de ayuda para realizar tablas y gráficos con el fin de visualizar de forma clara y concisa los resultados obtenidos. El método comparativo va a permitir realizar las comparaciones entre las gasolinas tomadas como muestra y que posean las diferentes formulaciones de los aditivos para sus respectivas evaluaciones con los resultados mostrados en las pruebas de laboratorio.

1.6. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se va a realizar en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional de Ecuador, ubicado en la Av. Raúl Gómez Lince y calle 15 de la

ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas. Diagonal a la gasolinera PRIMAX para su mayor referencia en la ubicación. En la figura 3 se puede observar el croquis de la ubicación geográfica donde se llevará a cabo el trabajo de investigación.

Figura 3. Mapa UIDE. Escuela de Ingeniería Automotriz (Google Maps, 2020).

1.7. Hipótesis

Las propiedades de las gasolinas Súper y Ecopaís que se comercializan en la ciudad de Guayaquil mejoran cuando son mezcladas con aditivos.

1.7.1. Variables de hipótesis

- **Variable independiente:**

  Combustibles Súper y Ecopaís.

- **Variable dependiente:**

  Aditivos.

CAPÍTULO II

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Definición de combustible

Desde hace mucho tiempo, una de las formas más habituales de generar energía ha sido a través de la combustión de sustancias que generalmente conocemos como combustibles.

Se denomina combustible a toda sustancia que desprende energía en forma de calor cuando se oxida (Ucha, 2011).

Esta reacción química llamada combustión se refiere a las reacciones químicas que se establecen entre cualquier compuesto y el oxígeno. El oxidante no es oxígeno necesariamente, sin embargo, es el comburente más utilizado ya que es capaz de combinarse con varios elementos para producir óxidos (Ambientum, 2020).

Este método para conseguir energía puede ser muy eficiente siempre que se disponga de elementos que la dirijan para la funcionalidad escogida (como la cocina o los motores de combustión interna) evitando que se disperse por todos lados.

Para que se produzca la combustión, el combustible y el comburente deben encontrarse en proporciones adecuadas. Adicionalmente, se precisa una fuente de energía (fuente de ignición) que inicie y mantenga esta combustión. El conjunto de estos tres elementos es lo que se denomina triángulo de combustión o triángulo de fuego (Barrera, Betoret, Castelló, & Pérez, 2018, pág. 3).

Los principales gases que resultan de la combustión son monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O) y dióxido de azufre (SO_2) en caso que el combustible utilizado contenga azufre (Noboa, 2013).

En la figura 4 se pueden observar los tres elementos necesarios para generar la mayor parte de la combustión.

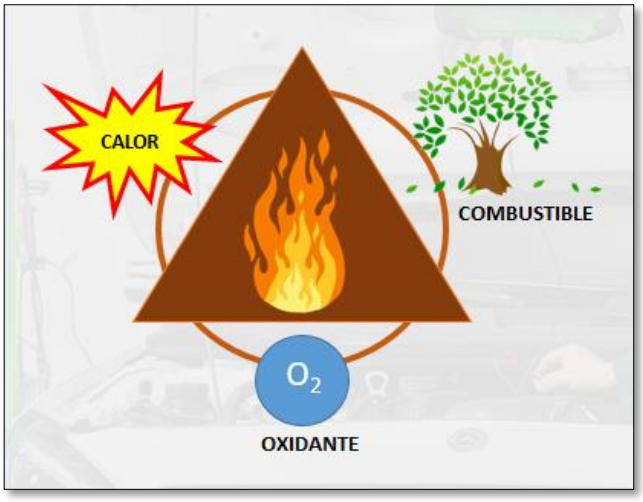

Figura 4. Triangulo de la combustión.

2.2. Clases de combustibles

Los combustibles se pueden clasificar en:

- Combustibles sólidos
- Combustibles líquidos y;
- Combustibles gaseosos

2.2.1. Combustibles sólidos

Estos han sido uno de los combustibles más comunes a través de la historia. Pueden ser de procedencia natural u obtenerse artificialmente mediante técnicas de descomposición térmica o como residuos de otros procesos químicos. En este grupo, el carbón es el mayor emisor de CO_2 (Barrera, Betoret, Castelló, & Pérez, 2018, pág. 5).

2.2.2. Combustibles líquidos

Son aquellos que se encuentran en dicho estado a temperatura ambiente y presión atmosférica. Provienen de los derivados del petróleo (Iriondo, Caballero, & De Blas, 2018).

A este grupo pertenecen las gasolinas, gasóleos y fuelóleos, importantes emisores de óxidos de azufre y nitrógeno (Barrera, Betoret, Castelló, & Pérez, 2018, pág. 5).

Entre los principales combustibles líquidos tenemos las gasolinas, kerosenos, aceites combustibles (fuel oil) y gasóleos, como se observa en la figura 5.

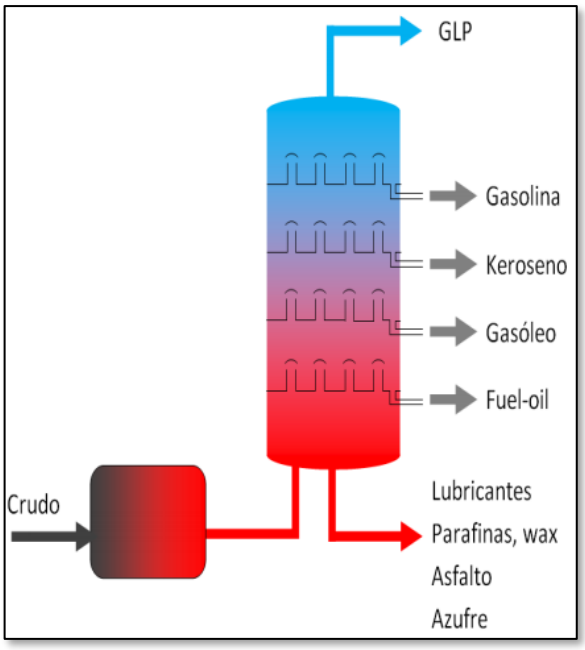

Figura 5. Destilación del petróleo (Legrand, 2015).

2.2.3. Combustibles gaseosos

Se encuentran entre el petróleo y capas de roca impermeables. Se queman con gran eficiencia y escasa contaminación atmosférica.

Se denominan así a los hidrocarburos naturales, a los fabricados exclusivamente para su empleo como combustibles y aquellos que se obtienen como subproducto en ciertos procesos industriales que se pueden aprovechar como combustibles (Textos Científicos, 2006).

En esta clasificación se encuentra el gas natural, uno de los combustibles menos contaminantes. No contiene azufre en su composición y produce un 57% menos de CO_2 que el carbón y un 34% menos que el gasóleo. Por otro lado, el gas natural produce altos niveles de H_2O lo que disminuye considerablemente la cantidad de energía desprendida por unidad de combustible si lo comparamos con el que se obtiene a partir de los gases licuados del petróleo (en los que se encuentran principalmente el propano y butano como dominantes) (Barrera, Betoret, Castelló, & Pérez, 2018, pág. 6).

La composición de los combustibles gaseosos varía según la procedencia de estos.

2.3. Las gasolinas

2.3.1. Definición

Las gasolinas son combinaciones complejas de hidrocarburos cuya composición posee diversos aditivos que optimizan sus prestaciones. La composición química de esta depende del origen del petróleo, del método por el cual se obtienen y las normativas actuales (Boluda, Macías, & González Marrero, 2019).

Es el producto petrolífero más consumido, esto es por la fuerte demanda del sector del transporte, que representa aproximadamente el 80% del consumo final de los derivados del petróleo (Hormaeche, y otros, 2008, pág. 90).

La gasolina obtenida mediante destilación fraccionada contiene impurezas y posee propiedades detonantes no adecuadas. Por esta razón es sometida a diversos tratamientos para eliminar el azufre y sus derivados, estabilizar sustancias susceptibles de formar polimerización y mejorar sus propiedades antidetonantes (Sánchez, 2011, pág. 185).

2.3.2. Origen de la gasolina

El petróleo crudo es la materia prima de la industria de refino, es de naturaleza hidrocarbonada y está constituido por una mezcla compleja de diferentes tipos de hidrocarburos (Lluch, 2012, pág. 20).

Se compone de 84 a 87% de carbono, 11 a 14% de hidrógeno, 0 a 5% de azufre y 0 a 0,2% de nitrógeno (Lluch, 2012, pág. 20).

El petróleo natural no puede emplearse directamente como combustible debido a que contiene hidrocarburos difíciles de combustionar e incluso algunos componentes que no son combustibles. Esta composición varía dependiendo del yacimiento del cual son extraídos (Chow, 2008, págs. 30, 31).

Para obtener productos comerciales de esta materia prima, se emplea el proceso de refinación del petróleo.

La gasolina es un producto que resulta de la refinación y tratamiento del crudo pesado, también conocido como petróleo (Druet & Vera, 2017, pág. 11).

Es una mezcla de hidrocarburos líquidos incoloros, volátiles y fácilmente inflamables, formada por los compuestos obtenidos en la destilación y craqueo del petróleo. Su punto de ebullición comprende entre 60 y 200 °C (Sánchez, 2011).

Como producto que resulta de la destilación del petróleo, contiene moléculas de hidrocarburos que tienen entre 5 y 9 carbonos como el pentano, hexano, heptano y octano ordenados en forma de cadenas (parafinas), cuyo punto de ebullición comprende entre 40 - 150 °C (Haffar, 2019).

Con el proceso de destilación fraccionada se obtiene un 25% de gasolina del total del petróleo crudo destilado. Esta cantidad es insuficiente para cubrir las demandas mundiales del petróleo por lo que en las refinerías se opta por aplicar un procedimiento térmico y termocatalítico para que la producción aumente (Alonso, 2009, pág. 238).

El craqueo es un proceso químico por el cual un compuesto se descompone o fracciona en compuestos más simples mediante altas presiones y temperaturas (Sánchez, 2011, pág. 185).

En la figura 6 se observar el esquema del proceso de craqueo catalítico.

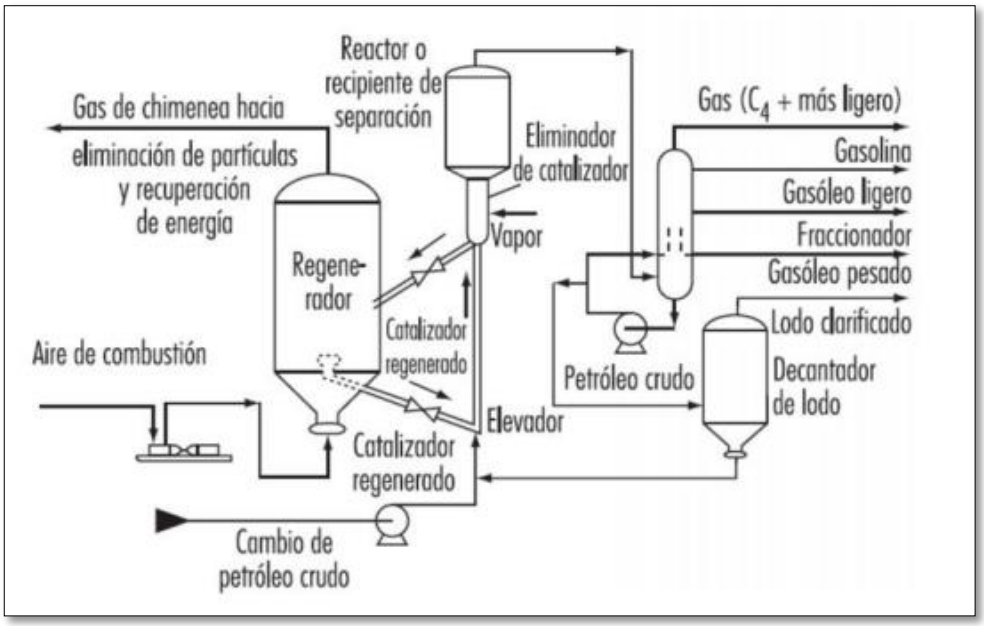

Figura 6. Proceso de cracking catalítico (Ricardo, 2011).

Las fracciones con punto de ebullición medias como el gasóleo pasan por un proceso de cracking catalítico (Ricardo, 2011, pág. 36).

La gasolina obtenida de esta manera resulta de muy buena calidad con excelentes propiedades antidetonantes y, si adicionalmente la mezclamos con la gasolina obtenida en la destilación directa, mejora notablemente (Alonso, 2009, pág. 238).

2.4. Características de la gasolina

2.4.1. Características físicas

2.4.1.1. Volatilidad

La volatilidad es la facultad que tienen los líquidos para disiparse en el aire.

Si este se evapora a una temperatura relativamente baja se dice que es altamente volátil, pero, si, por el contrario, este se evapora en un punto de ebullición alto, se dice que es poco volátil (Alonso, 2009, pág. 240).

Una elevada volatilidad favorecerá la formación de la mezcla, sobre todo a temperaturas bajas. Si se tiene una capacidad de volatilización muy alta pueden producirse bolsas de vapor en los conductos de admisión de aire dificultando el llenado del motor (González, 2015, pág. 323).

2.4.1.2. Peso Específico

Es útil para denotar los diversos tipos de combustibles o elementos que lo componen, lo que permite medir datos de peso y volumen.

Un peso específico bajo aumenta el consumo de combustible, ya que este se mide en volúmenes en los automóviles (litros por cada 100 km). Los límites superiores de los combustibles empleados en motores de automóviles son respectivamente 0,77 y 0,89 kg/dm^3 para la gasolina (Alonso, 2009, pág. 241).

2.4.1.3. Densidad

La densidad se define como la masa por unidad de volumen a una temperatura específica. El índice de la densidad permite diferenciar los diversos tipos de combustible que existen (Sánchez, 2011, pág. 187).

Esta propiedad no constituye un criterio de calidad, es un indicador del tipo de hidrocarburo que predomina en la sustancia (Bonet, 2010, pág. 21).

Los combustibles son comercializados en función del volumen y no de la masa, por los que resulta importante conocer la densidad que estos tienen a una temperatura ambiente (Textos Científicos, 2006).

La densidad media de la gasolina está comprendida entre 720 y 775 kg/m^3 a 15 °C (González, 2015, pág. 323).

2.4.1.4. Contenido de azufre

Expresado comúnmente en partes por millón (ppm). Indica la posibilidad de formación de óxidos de azufre durante la combustión y posterior a ello, de ácido sulfúrico (H_2SO_4) que ataca a los elementos con los que entra en contacto. Además, el azufre es muy dañino para aquellos elemento utilizados en los tratamiento de gases de escape de los motores de combustión interna como los catalizadores (Lluch, 2012, págs. 110, 111).

El azufre sólido no es peligroso, pero cuando se encuentra en estado de gas causa daños importantes. Las gasolinas que lo contienen desprenden al aire partículas nocivas para la salud. El azufre en estado gaseoso cuando se mezcla con agua produce ácido sulfúrico, ocasionando lluvias y neblinas ácidas, afectando al sector de la agricultura, deteriora edificios, monumentos, vehículos; y, sobre todo, perjudica a la salud de los habitantes (Wiesner, 2012).

2.4.2. Características químicas

2.4.2.1. Índice de octano. Resistencia a la detonación.

Es la capacidad que tiene la gasolina para ser comprimida antes de que se autoinflame. Como en los motores de combustión interna es requerido que la mezcla se inflame en el momento en que salte la chispa y no antes, la gasolina ha de tener una resistencia a la detonación elevado. Esta resistencia se mide por el número de octanos RON (González, 2015, pág. 322).

Se establecen dos índices de octano:

- MON (Motor Octane Number) - Número de octano de motor

  Octanaje probado en un motor estático diseñado específicamente para este tipo de pruebas que emula condiciones de funcionamiento similares en carretera como la alta velocidad y temperatura de admisión (Lluch, 2012, pág. 99).
- RON (Research Octane Number) - Número de octano de investigación

  Octanaje medido en un laboratorio. Emula el comportamiento que tendría por varias aceleraciones, similar a las condiciones que se dan en ciudad (Lluch, 2012, pág. 99).

Los estándares que se utilizan para determinar los índices de octanaje son las Normas de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ASTM D-2699 (Método de prueba para la investigación de número de octanos de combustible del motor de encendido por chispa) para el RON y la ASTM D-2700 (Método de prueba para el número de octanos del motor del combustible del motor de encendido por chispa) para el MON. Las condiciones de ensayo varían en cada caso (Lluch, 2012, pág. 99).

2.4.2.2. Presión de vapor

Se refiere a la volatilidad o tendencia de un producto de petróleo a evaporarse. Entre más bajo sea el número, más estable será el producto (OPIS, 2017).

Este valor permite conocer la estabilidad de los compuestos considerando su volatilidad y determinar si un combustible se evaporará o no en cantidades apreciables cuando su temperatura se eleve a 37,8 °C. Si un combustible tiene cantidades significativas de componentes volátiles estos pueden vaporizarse dando como resultado una pérdida de producto y un peligro latente debido a que se crea una atmósfera (Aguirre & Vaca, 2017, pág. 4).

2.4.2.3. Poder calorífico

El poder calorífico, o también conocido como energía calorífica, se relaciona con la potencia del motor. El valor de esta energía depende de la calidad de combustible que se utilice.

Es la cantidad de energía o calor que es capaz de generar el combustible tras su combustión completa. Este calor se puede transformar en trabajo, que es el objetivo del motor (González, 2015, pág. 322).

Como consecuencia de esta reacción química de combustión completa, lleva a la formación de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) (Wauquier, 2007, pág. 178).

Habitualmente esta cantidad de calor se mide en kilocalorías que se generan en un kilogramo (kg) de combustible.

A mayor sea la cantidad de hidrógeno, mayor será su poder calorífico y por consecuencia su consumo de combustible será menor. La gasolina posee aproximadamente entre 10.500 y 11.000 Kcal/kg (Alonso, 2009, pág. 241).

El agua aparece en la combustión por la oxidación del hidrógeno. Según la forma en la que se manifieste, se diferencian dos tipos de poder calorífico. El poder calorífico inferior (PCI) se refiere al vapor resultante, producto de la combustión completa de la unidad de combustible, que no pudo condensarse. Una parte del calor que se genera en las oxidaciones se emplea para condensar el agua, por lo que esta porción del calor no se aprovecha. El poder calorífico superior (PCS) es la cantidad de calor que se produce por la oxidación de todos los elementos

del combustible debido a que el vapor de agua que se genera en este proceso se manifiesta en forma líquida (condensado) (Lluch, 2012, pág. 102).

2.4.2.4. Punto de congelación

El punto de congelación es la capacidad que tiene el combustible para soportar las bajas temperaturas, es decir, la temperatura a la que aparecen por primera vez los cristales. Los combustibles comunes no tienen problemas en invierno ya que, habitualmente, este valor se está por debajo de los -20 °C (Alonso, 2009, pág. 242).

La importancia de esta propiedad radica en que el combustible debe fluir libremente a la temperatura más baja posible.

2.4.2.5. Goma

Es la tendencia del carburante a crear depósitos, principalmente en los sistemas de alimentación de los combustibles (Lluch, 2012, pág. 110).

La formación de gomas es una característica indeseable en las gasolinas, ya que un nivel elevado de las mismas en el combustible puede dañar seriamente el motor de un vehículo (Castillo, Mendoza, & Caballero, 2012, pág. 11).

Las gomas pueden estar ya presentes en la muestra de gasolina producida en el mismo proceso de fabricación. El valor especificado es de 5 mg/100 ml como máximo. Desde el punto de vista de la formulación de la gasolina, no cabe más acción que la de inhibir los componentes que potencialmente pueden dar lugar a la formación de gomas; estos componentes son principalmente los hidrocarburos olefínicos que, por otra parte, no se puede prescindir de ellos, ya que se producen en momentos importantes del proceso de refino y contribuyen con un alto nivel de octano (Avilés, 2018, pág. 17).

Se determinan mediante la Norma D-381 (Método de prueba estándar para contenido de goma en combustibles por evaporación por chorro).

2.5. Tipos de gasolina en la ciudad de Guayaquil

En la ciudad de Guayaquil se distribuye principalmente dos tipos de gasolinas para uso en motores de encendido por chispa:

- Ecopaís (87 octanos)
- Súper (92 octanos)

Estos combustibles se producen para la aplicación en motores de encendido por chispa, cuya relación de compresión oscile de 6 a 10 (Rafael & Hernández, 2014).

2.5.1. Gasolina Ecopaís

La disposición general del Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC) y el Ministerio de Coordinación de los Sectores Estratégicos (MCSE), publicado en el Decreto No. 675, indica que la composición de la gasolina ECOPAÍS será de hasta el 10% de bioetanol (proveniente de la caña de azúcar) y la diferencia por naftas (90%) necesarios para conseguir el índice de octanos dispuesto en la norma INEN correspondiente (MCPEC & MCSE, 2015).

El plan piloto de la gasolina Ecopaís se implementó en el año 2010 en la ciudad de Guayaquil con una composición de mezcla inicial de 95% Nafta de Alto Octano (NAO) y 5% de etanol.

Las emanaciones de gases tóxicos al medio ambiente, como el dióxido de carbono (CO_2), se reducen con el consumo de gasolina Ecopaís y favorecen al sector productor de caña de azúcar y etanol. Adicionalmente, el uso de este combustible aporta con la reducción en la salida de divisas, ya que decrecen las importaciones de nafta de alto octanaje (NAO) que se usan para producir gasolinas. Cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 935, la cual vela por la calidad de las gasolinas, es decir, certifica que esta alcance los estándares de calidad de la Gasolina Extra, con la ventaja que la gasolina Ecopaís posee componentes renovables en su formulación (EP Petroecuador, 2017).

El etanol es un químico que resulta de la descomposición de los azúcares que se hayan en los productos vegetales. Las plantas se desarrollan gracias a la fotosíntesis, en este proceso intervienen factores como la luz solar, dióxido de carbono (CO_2), agua y nutrientes terrestres que forman moléculas orgánicas como el azúcar y carbohidratos que se concentran en la fibra de la planta (García, 2015).

En la figura 7 se muestra la estructura molecular del etanol.

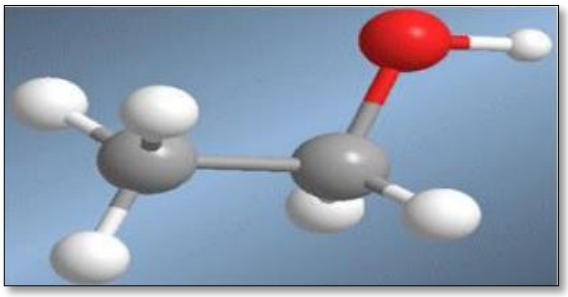

Figura 7. Etanol (Medina, 2016).

En la tabla 1 se muestran las características del Etanol.

Tabla 1

Características del Etanol

Propiedades	Cantidad
Fórmula	C_2H_6O, CH_3CH_2OH
Peso molecular	46.07 g/mol
Composición	C: 52.24%; H: 13.13% y O: 34.73%.
Identificación CAS	64-17-5
Estado de agregación	Líquido
Punto de ebullición	78.3 °C
Presión de vapor	59 mm de Hg a 20°C
Temp. de ignición	363 °C
Punto de fusión	-130 °C
Densidad	0.7893 a 20 °C
Temp. de autoignición	793 °C
Punto de congelación	-114.1 °C

Fuente: (Química UNAM, 2016).

2.5.2. Gasolina Súper

La Gasolina Súper es el combustible de más alta calidad que encontramos en la ciudad de Guayaquil para el uso en vehículos de altas prestaciones.

Se usa en motores que poseen una relación de compresión elevada. Principalmente los hidrocarburos isoparafínicos y aromáticos (cadenas de bencénicos que elevan el índice de octano) que se encuentran en la gasolina súper resisten presiones y temperaturas elevadas (Yepez, 2013, pág. 29).

Cuando se elimina el tetraetilo de plomo como parte de la composición de las gasolinas, las empresas petroleras optan por usar de compuestos oxigenados e hidrocarburos aromáticos. El problema de este compuesto se da cuando no combustionan completamente, ocasionando problemas al momento de ser expulsados al medio ambiente por medio del tubo de escape, llegando a provocar una contaminación aún mayor que la provocada por el tetraetilo de plomo. A partir de ello se convierte en necesario el uso de convertidores catalíticos en vehículos que utilizan este combustible (Yepez, 2013, pág. 29).

Los automotores que no poseen dispositivos que mitiguen el material dañino que se produce como resultado de la combustión incompleta del tetraetilo de plomo, se expulsan al ambiente como hidrocarburos no quemados.

2.6. Aditivos

2.6.1. Definición

Un aditivo es un componente químico, de características estables y homogéneas, que se añade a un producto para eliminar ciertas propiedades no deseadas y por consiguiente optimizar características determinantes.

Se pueden agregar con el fin de mejorar las cualidades del combustible, al mismo tiempo que optimizan su reacción durante la combustión, al igual que la marcha y la estructura de los gases de escape mientras el automotor se encuentra en funcionamiento. La concentración del aditivo debe estar acreditado, apto, revisado de forma minuciosa sin llegar a producir efectos secundarios negativos (Bosch, 2005, pág. 320).

2.6.2. Aditivos para gasolinas

Son aquellos compuestos químicos que mejoran la calidad del combustible y disminuyen la composición de gases contaminantes con el fin de obtener un resultado positivo en el funcionamiento del motor. Optimizan las propiedades naturales de un combustible y les proporciona características tanto químicas como físicas que carecían.

Aproximadamente a partir de los años 20, los motores de combustión interna eran cada vez más y más solicitados. Debido al aumento de compresión en su funcionamiento, para optimizar el rendimiento del motor, supuso que se empieza a usar compuestos antidetonantes en las gasolinas basados en plomo (Pb) y manganeso (Mn) (Satán Villa, 2015, pág. 16).

Se descubre que cuando se añade un químico de nombre tetraetilo de plomo (TEP), esta mejora significativamente el octanaje de la gasolina. De esta manera era posible hacer uso de gasolinas más económicas al añadir este compuesto. A este tipo de gasolinas se las llegó a denominar “gasolinas con plomo”. A pesar de su toxicidad y de formar depósitos, favorecía a la conservación y mantenimiento de los asientos de válvulas, este permitía alargar su vida útil (Satán Villa, 2015, pág. 16).

En la figura 8 se muestra la estructura química del tetraetilo de plomo.

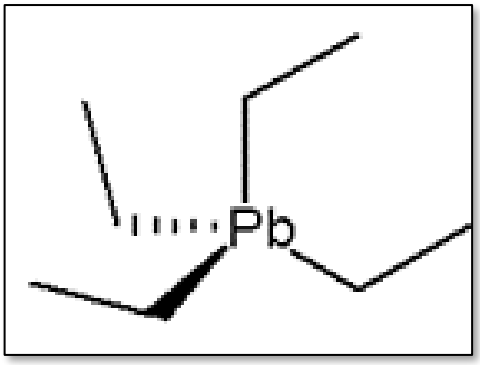

Figura 8. Tetraetilo de Plomo (ISQCH, 2014).

La denominación octanaje está relacionado con el poder anti detonante de la gasolina, sin embargo, guarda mayor relación con el contenido de tetraetilo de plomo que posee la gasolina.

No obstante, las gasolinas que contienen tetraetilo de plomo tienen desventajas:

1. Se expulsan altos niveles de gases contaminantes al ambiente ya que se ve afectado el correcto funcionamiento del dispositivo catalizador.
2. Es un compuesto volátil. Es perjudicial para el ser humano cuando se respira y es altamente dañino para el ambiente.
3. Al estar expuestos, el cuerpo los absorbe y una vez dentro, no se pueden eliminar.

En la tabla 2 se muestran las características del Tetraetilo de Plomo.

Tabla 2

Características del Tetraetilo de Plomo

Propiedad	**Cantidad**
Se descompone a	>110 °C
Punto de fusión	-136,8 °C
Densidad relativa (agua=1)	1,7
Presión de vapor, kPa a 20 °C	0,027
Punto de inflamación	93 °C c.c.
Temperatura de autoignición	~110 °C

Fuente: (International Labour Organization, 2003).

El plomo es un metal tóxico que se encuentra en la superficie de la tierra. Los canales de contaminación ambiental más habituales son la minería, actividades de producción, reciclaje, fabricación de pinturas y gasolinas con plomo. El sector del transporte es otro de los medios que mayor impacto tienen al momento de introducir el plomo a la atmósfera. La exposición al plomo causa daños tanto en niños como en los adultos. Una vez en el organismo, se distribuye hasta llegar al cerebro, hígado, riñones y se sitúa en dientes y huesos; este se va almacenando a lo largo del tiempo. Medir la concentración de plomo en la sangre es un procedimiento muy común para determinar el grado de exposición de una persona (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2019).

Diferentes estudios indican que el plomo producido en las gasolinas es uno de los mayores causantes de la emanación de óxidos de plomo al medio ambiente por lo que países productores de petróleo optaron por mitigar su contenido en la producción de la gasolina.

Países con mayor desarrollo empezaron a promover leyes para la conservación del medio ambiente, impidiendo la utilización de plomo en las gasolinas.

Como solución a esta problemática se introdujo el Metil Tert-Butil Éter (MTBE). Una molécula creada en base a un alcohol denominado metanol, que se agrega a las gasolinas por las siguientes razones:

1. Optimiza el octanaje.
2. Mejora el rendimiento de la gasolina.
3. Se adapta fácilmente a las fórmulas de las refinerías.
4. Disminuye la presencia de aromáticos y contenido de azufre en la gasolina.
5. Disminuye las emisiones de gases de escape al optimizar la combustión.
6. Se comporta como un agente oxidante, ya que este añade oxígeno a la reacción química del combustible. Cuando la mezcla aire-combustible es combustionada se minimiza la cantidad de gases e hidrocarburos no quemados. Convierte al CO en CO_2 haciéndolo inofensivo para la salud, aunque con el paso del tiempo se ha descubierto que el CO_2 en grandes cantidades ha sido el principal factor del efecto invernadero (Satán Villa, 2015, pág. 17).

El MTBE comenzó a ser utilizado masivamente en los EE. UU una vez que entró en vigor la Ley de Aire Limpio (EPA) en los años 90. El contenido de MTBE que se les añadía a las gasolinas era entre 10 y 15% (Colin, 2001).

El MTBE es un líquido inflamable que se produce a partir del isobutileno y metanol. Su olor irrita la nariz y suele ser desagradable. Se usó como aditivo en las gasolinas sin plomo con el objetivo de optimizar el octanaje. Gran parte de la producción del MTBE se añade a la

fórmula de la gasolina lo que conlleva a que las personas tengan una constante exposición con esta sustancia como por ejemplo los vapores de gasolina o gases de escape (United States Environmental Protection Agency, 2009).

En la tabla 3 se muestran las características del Metil Tert-Butil Éter.

Tabla 3

Características del Metil Tert-Butil Éter

Propiedad	**Cantidad**
Estado físico	Líquido
Color	Incoloro
Olor	Terpentenos
Masa molecular	88,15 g/mol
Punto de solidificación	-109 °C
Punto de ebullición	55,2 °C
Punto de inflamación	-28 °C (recipiente cerrado)
Temperatura de autoignición	224 °C
Presión Vapor	201 mmHg @ 20°C
Densidad	0,741 g/ml @ 20 °C
Densidad relativa de vapor	3,1 @ 20 °C
Solubilidad	Agua: mediano

Fuente: (Braskem, 2017).

En la figura 9 se muestra la estructura química del Metil Tert-Butil Éter.

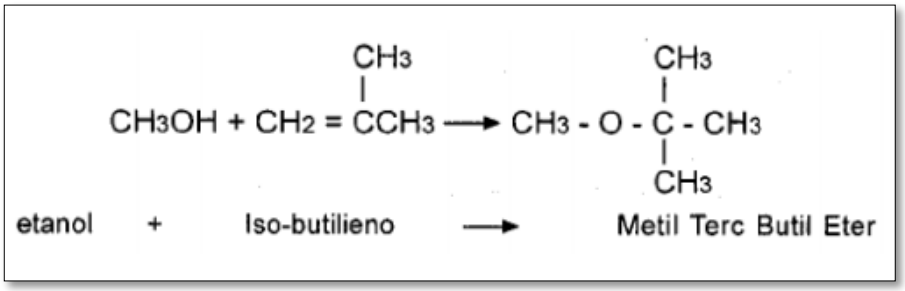

Figura 9. Metil Tert-Butil Éter (Carrasco & Guevara, 2001).

El Éter Etil Tertbutílico (ETBE) se incorporó como otra alternativa, incluso más amigable con el medio ambiente ya que su producción suele tener origen vegetal. Se obtiene a partir del bioetanol e isobutileno. Como resultado de su combustión, en los gases de escape tenemos:

a. Hidrocarburos (HC) no combustionados que ocasionan problemas respiratorios.
b. El monóxido de carbono (CO), una vez en el sistema circulatorio impide que la sangre absorba el oxígeno.
c. Evitan la formación de óxido nitroso (NOx) debido a que no posee azufre. Estos gases son los principales causantes de las lluvias ácidas, las cuales son una gran amenaza para los seres vivos.

En la tabla 4 se muestran las características del Éter Etil Tertbutílico.

Tabla 4

Características del Éter Etil Tertbutílico

Propiedad	**Cantidad**
Estado físico	Líquido
Color	Incoloro
Olor	Similar a terpentenos
Punto de fusión	-94 °C
Punto de ebullición	˜ 66,9 °C
Punto de inflamación	~ -25 °C
Temperatura de autoignición	~ 310 °C
Presión Vapor	~ 158 mmHg @ 20°C
Densidad relativa	0,743 @ 20 °C
Densidad relativa de vapor	~ 3,5 @ (15-20 °C)
Solubilidad	Soluble en: Etanol Agua: 2,3 g/l @ 20 °C

Fuente: (Braskem, 2017).

El alcohol es excelente para incrementar el índice de octano en la gasolina, sin embargo, contiene agua en su composición, lo que propicia la separación de la gasolina y oxidación de componentes internos del motor.

Como compendio de lo descrito, con el uso de aditivos se pretende optimizar determinadas características de su composición, mejorar la calidad de la combustión y en consecuencia mitigar los gases contaminantes que son expulsados.

Estos se añaden con el fin de obtener las siguientes mejoras:

- Modificar la composición del combustible logrando una mejora en la calidad.

- Optimizar la función lubricadora.
- Evitar que exista presencia de humedad en el tanque de combustible.
- Potenciar las características anticorrosivas y antioxidantes para la protección de metales.
- Prevenir la formación de sedimentos en el depósito de combustible y posterior sistema de alimentación.

Tabla 5

Propiedades y mecanismos de acción de los aditivos

TIPO	PROPIEDADES	MECANISMOS DE ACCIÓN
Sulfonatos y alquilfenoles	Dispersantes Estabilizadores	Dispersión y estabilización de contaminantes que no se disuelven en el aceite.
Alquilsalicilatos	Detergentes	Elimina suciedades.
Succinimidas	Dispersantes	Ayuda a la disolución de gomas. Previene la solidificación de residuos de la combustión en el aceite.

Fuente: (Satán Villa, 2015).

2.7. Propiedades de los combustibles comercializados en Guayaquil

2.7.1. Características de la gasolina

La gasolina que se comercializa en la ciudad de Guayaquil proviene de la refinería de La Libertad. Esta refinería produce alrededor de 45,000 barriles diarios de derivados con una carga anual promedio de 14,850,000 barriles (EP Petroecuador, 2015).

En la figura 10 se observa la refinería La Libertad.

Figura 10. Refinería La Libertad (EP Petroecuador, 2020).

Lo principales productos obtenidos de la refinería La Libertad son:

- GLP
- Gasolina de 87 octanos
- Gasolina de 92 octanos
- Combustible para motores de dos tiempos
- Diesel 1
- Diesel 2
- Fuel oil 4

En la figura 11 se muestran los principales productos obtenidos de la refinería.

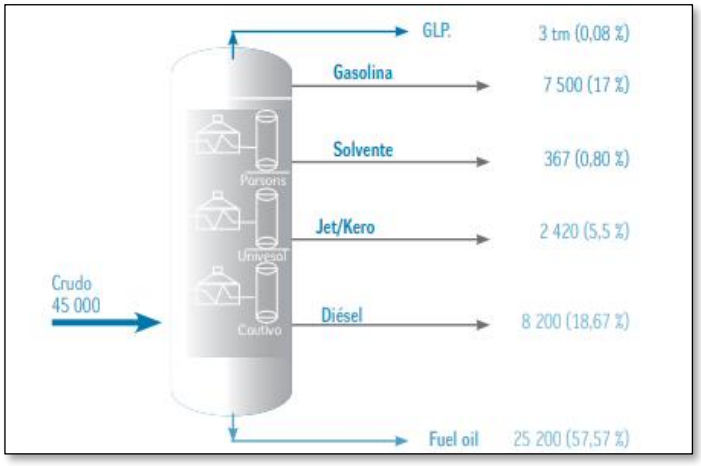

Figura 11. Principales productos obtenidos de refinería (EP Petroecuador, 2015).

Refinería La Libertad procesa un crudo de 28,5º API (Instituto Americano de Petróleo), del que se obtienen varios productos, los cuales, exceptuando la gasolina Ecopaís, cubren la mayor parte de la demanda de las provincias de Guayas, El Oro, Manabí, Cañar, Morona Santiago, Cañar, Azuay, Galápagos y Loja (EP Petroecuador, 2015).

La gasolina denominada Súper es de 92 octanos y la ordinaria denominada Ecopaís es de 87 octanos.

2.7.2. Características de la gasolina Ecopaís

En la tabla 6 se presentan las características de la gasolina Ecopaís.

Tabla 6

Especificaciones de la gasolina Ecopaís

ECOPAÍS			
REQUISITOS	**MÉTODO DE ENSAYO**	**Mín.**	**Max.**
Número de octano Research (RON)	NTE INEN 2102	87	-
Contenido de plomo (mg/L)	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185	-	No detectable
Presión de vapor Reid (Kpa)	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191	-	60
Ensayo de destilación: 10% (°C)	ASTM D86	-	70
50% (°C)	ASTM D86	77	121
90% (°C)	ASTM D86	-	189
Punto final de evaporación (°C)	ASTM D86	-	220
Residuo de destilación (% vol)	ASTM D86	-	2
Contenido de azufre (% peso)	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453	-	0,065
Corrosión lámina de cobre	ASTM D130	-	1
Contenido de gomas (mg/100 mL)	ASTM D381	-	3
Contenido de aromáticos (% vol)	ASTM D1319	-	30

Tabla 6

Especificaciones de la gasolina Ecopaís (Continuación)

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	Mín.	Max.
Contenido de benceno (% vol)	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730	-	1
Contenido de olefinas (% vol)	ASTM D1319	-	18
Estabilidad a la oxidación (min)	ASTM D525 ASTM D7525	240	-
Relación vapor/líquido a 60ºC	ASTM D5188	-	20

Fuente: (NTE INEN 935: 2016-02, 2020).

2.7.3. Características de la gasolina Súper

En la tabla 7 se presentan las características de la gasolina Súper.

Tabla 7

Especificaciones de la gasolina Súper

SUPER			
REQUISITOS	**MÉTODO DE ENSAYO**	**Mín.**	**Max.**
Número de octano Research (RON)	NTE INEN 2102	92	-
Contenido de plomo (mg/L)	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185	-	No detectable
Presión de vapor Reid (Kpa)	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191	-	60
Ensayo de destilación: 10% (°C)	ASTM D86	-	70
50% (°C)	ASTM D86	77	121
90% (°C)	ASTM D86	-	190
Punto final de evaporación (°C)	ASTM D86	-	220
Residuo de destilación (% vol)	ASTM D86	-	2
Contenido de azufre (% peso)	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453	-	0,065
Corrosión lámina de cobre	ASTM D130	-	1

Tabla 7

Especificaciones de la gasolina Súper (Continuación)

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	Mín.	Max.
Contenido de gomas (mg/100 mL)	ASTM D381	-	4
Contenido de aromáticos (% vol)	ASTM D1319	-	35
Contenido de benceno (% vol)	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277	-	2
Contenido de olefinas (% vol)	ASTM D1319	-	18
Estabilidad a la oxidación (min)	ASTM D525 ASTM D7525	240	-
Relación vapor/líquido a 60ºC	ASTM D5188	-	20

Fuente: (NTE INEN 935: 2016-02, 2020).

En la tabla 8 se muestra una comparación de los parámetros principales de las gasolinas Súper y Ecopaís.

Tabla 8

Comparación de parámetros de la gasolina Súper y Ecopaís

PARAMETROS	SÚPER	ECOPAÍS
Numero octano Research (RON)	92	87
Presión de vapor reíd (kpa)	Max 60	Max. 60
Residuo (% vol)	Max.2	Max.2
Cont. gomas (mg/100ml)	Max. 4	Max.3
Cont. De aromáticos (% vol)	Max. 35	Max. 30
Cont. Benceno (% vol)	Max. 2	Max 1
Cont. De olefinas (% vol)	Max. 18	Max. 18
Estabilidad a la oxidación (min)	Min. 240	Min.>240

2.8. Especificaciones técnicas de la gasolina

Se encuentra vigente la norma NTE INEN 935:2016-02, que indica los requisitos de las gasolinas de 87 y 92 octanos.

En la tabla 9 se muestran los requisitos que debe tener una gasolina de 87 octanos en pruebas de laboratorio.

Tabla 9

Requisitos de la gasolina de 87 octanos - RON

REQUISITOS		UNIDAD	Mín.	Max.	MÉTODO DE ENSAYO
Número de octano Research (RON)*		-	87	-	NTE INEN 2102
Ensayo de 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		%**	-	2	ASTM D86
Relación vapor - líquido a 60ºC		-	-	20	ASTM D5188
Presión de vapor		Kpa	-	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50ºC)		-	-	1	ASTM D130
Contenido de gomas		mg/100 mL	-	3	ASTM D381
Contenido de azufre		%***	-	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294
Contenido de aromáticos		%**	-	30	ASTM D5453 ASTM D1319
Contenido de benceno		%**	-	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas		%**	-	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación		min	240	-	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno		%***	-	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

NOTA: En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

* Para determinar el número de octano RON en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

** % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

*** % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Fuente: (NTE INEN 935: 2016-02, 2020).

En la tabla 10 se muestran los requisitos de una gasolina de 92 octanos:

Tabla 10

Requisitos de la gasolina de 92 octanos - RON

REQUISITOS		UNIDAD	Mín.	Max.	MÉTODO DE ENSAYO
Número de octano Research (RON)*		-	92	-	NTE INEN 2102
Ensayo de 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		%**	-	2	ASTM D86
Relación vapor - líquido a 60ºC		-	-	20	ASTM D5188
Presión de vapor		Kpa	-	60	ASTM D323 ASTM D4953
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50ºC)		-	-	1	ASTM D130
Contenido de gomas		mg/100 mL	-	4	ASTM D381
Contenido de azufre		%***	-	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos		%**	-	35	ASTM D1319
Contenido de benceno		%**	-	2	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277
Contenido de olefinas		%**	-	25	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación		min	240	-	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno		%***	-	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo		mg/L	-	No detec.	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso		mg/L	-	No detec.	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro		mg/L	-	No detec.	ASTM D5185

NOTA: En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

* Para determinar el número de octano RON en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

** % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

*** % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Fuente: (NTE INEN 935: 2016-02, 2020).

2.9. Efecto de los aditivos en la gasolina

A continuación, se mencionan algunos parámetros que se modifican con los aditivos:

2.9.1. Protección contra la corrosión

Las gasolinas originarias del proceso del cracking son las más propensas a la oxidación (Carreras, y otros, 2005, pág. 315).

Los compuestos más habituales para evitar la degradación oxidante de los radicales libres en la gasolina son el fenol y fenilendiamina (PDA) impedidos. Es mejor aplicarlos antes que la gasolina entre en contacto con el aire (Ecolab, 2020).

Este aditivo contrarresta los ácidos que aparecen debido al contenido de azufre presente en combustible y previene la oxidación de los elementos metálicos (González, 2015, pág. 323).

Forman una película inerte en las superficies metálicas que evitan que las sustancias corrosivas que se encuentran en el combustible ocasionen daños producto de la condensación del agua en el tanque de gasolina o conductos de alimentación.

2.9.2. Desactivadores de metales

Impide la oxidación ocasionada por un activo catalizador como el cobre, el cual se encuentra presente en los conductos de alimentación de combustible, lo que ocasionaría una gasolina espesa.

El 1,2-Diaminopropano y compuestos aromáticos como el Benzotriazol (BTA) son utilizados como desactivadores de metales.

2.9.3. Detergentes

Destinado a la protección de la acumulación de depósitos y en ocasiones se llega a eliminarlos. Los depósitos que se forman son acumulaciones de gomas de partículas de carbón y otros compuestos resultantes de los componentes de la gasolina y del aceite (Carreras, y otros, 2005, pág. 316).

Las partes del motor se mantienen limpias debido a que la acción detergente del aditivo recubre las superficies metálicas con una película protectora. Dependiendo de la cantidad dosificada se mantiene la limpieza del motor y se previene la formación de depósitos (Afton Chemical, 2018).

Las zonas de acumulación son el inyector, colectores, válvulas y cámara de combustión. Las consecuencias de estos depósitos pueden ser varias: estrangulación del paso de mezcla, deficiencia en el suministro de combustible, aumento del consumo, aumento de las emisiones contaminantes y posibilidad de detonación, entre otras. Los sistemas de inyección presentan problemas en el inyector a consecuencia de la oxidación de los hidrocarburos no saturados, principalmente las olefinas. Los aditivos empleados suelen ser las succinimidas de polibuteno o aminas de poliéter (Carreras, y otros, 2005, pág. 316).

2.9.4. Antidetonantes

Los aditivos antidetonantes son aquellos que limitan o evitan la detonación prematura o auto ignición durante la combustión.

Formulados a base de tetraetilplomo y tetrametilplomo. Debido a las presiones y al calor que se someten durante el proceso de combustión, estos compuestos metalorgánicos se desintegran. Funcionan como catalizador inhibidor de la combustión, sin llegar a variar el nivel de poder calorífico (Alonso, 2009, pág. 243).

Gran variedad de procesos es usada en las refinerías para obtener componentes de la gasolina que tengan la gama de volatilidad y la de números de octano necesarios para un buen funcionamiento del motor (Carreras, y otros, 2005, pág. 316).

2.9.5. Oxigenadores

Optimizan el proceso de combustión de la gasolina, previenen la aparición de depósitos e hidrocarburos no quemados como resultado de una combustión incompleta. Propician la mejora del consumo y potencia.

Los aditivos oxigenadores, en gran parte son alcoholes que contienen de 1 a 6 átomos de carbono como el metanol, etanol y MTBE (Palencia, 2013).

2.10. Aditivos comercializados en Guayaquil

2.10.1. Abro – Elevador de octanaje

Contiene compuestos antidetonantes, que al ser añadidos al combustible, mejoran el rendimiento del vehículo (ABRO, 2019).

A continuación, se indican sus principales características y la ficha técnica del producto:

- Evita el cascabeleo.
- Restaura la pérdida de potencia
- Disminuye las emisiones de agentes contaminantes.

Tabla 11

Ficha técnica. Abro – Elevador de octanaje

Apariencia	Ámbar claro/ Líquido rojizo
Olor	Aromático
Gravedad Específica (H2O=1)	0,86
Rango de ebullición	71.1°C a 148.9°C
Presión de Vapor	@25°C < 2 mm Hg %
Punto de inflamabilidad	100°F / 37.8°C
Punto de Fusión	-30°F / -34.4°C
Solubilidad en agua	Insoluble
% Volátiles por Volumen	99+%
Límites inflamables	Inferior 0.6; Superior 0.7
Temperatura de ignición	205°C

Fuente: (ABRO, 2019).

En la figura 12 se muestra el aditivo Compensador de octanaje.

Figura 12. Aditivo Abro – Elevador de octanaje (ABRO, 2019).

2.10.2. Liqui Moly – Octane Plus

Octane Plus es una mezcla de sustancias activas. Su uso se extiende de forma general y en función de número de octano RON, permite incrementar su valor de 2 a 4 puntos. Este incremento en el valor RON ayuda a prevenir averías en el motor producto de combustiones detonantes (Liqui Moly, 2019).

A continuación, se indican sus principales características y ficha técnica del producto:

- Mejora el rendimiento.
- Aumenta el índice de octano.
- Evita daños del motor causados por combustiones detonantes.

Tabla 12

Ficha técnica. Liqui Moly – Octane Plus

Base	Naphta y aditivos
Color	Marrón
Densidad a 15 °C	0,81 g/ml
Punto de inflamación	60°C
Punto de escurrimiento	-45 °C
Viscosidad a 40 °C	< 7,0 mm2/s

Fuente: (Liqui Moly, 2019)

En la figura 13 se muestra el aditivo Octane Plus.

Figura 13. Aditivo Liqui Moly – Octane Plus (Liqui Moly, 2019).

2.10.3. Bardahl – Top Oil Nanox

Incrementa la potencia del motor. Posee una fórmula que contiene nanotubos de carbono que cumplen la función de agentes detergentes en la gasolina. Ayuda a eliminar el nivel de goma presente en las gasolinas, propicia el ahorro de consumo de gasolina y disminuye las emisiones de gases nocivos (Bardahl, 2019).

A continuación, se indican sus principales características y ficha técnica del producto:

- Aumenta de 3 a 5 puntos el índice de octano.
- Optimiza la limpieza del sistema de alimentación.
- Incrementa la potencia del motor.
- Optimiza el consumo de combustible.
- Mitiga las emisiones de gases nocivos.

Tabla 13

Ficha técnica. Bardahl – Top Oil Nanox

Apariencia	Rojo
Olor	Característico
Punto inicial e intervalo de ebullición	166/288 °C
Punto de inflamación	68 °C
Velocidad de evaporación	Insignificante
Densidad relativa	0,816
Solubilidad	Insoluble

Fuente: (Bardhal, 2018).

En la figura 14 se muestra el aditivo Top Oil Nanox.

Figura 14. Aditivo Bardahl – Top Oil Nanox (Bardhal, 2018).

2.10.4. Bardahl – Octane Booster

Aumenta el índice de octanos en la gasolina que poseen plomo al igual que las que no poseen plomo. Está formulado en base a metales dispersos en solventes fácilmente inflamables que favorecen el uso del producto y la adición con carburantes (Bardhal, 2019).

A continuación, se indican sus principales características y ficha técnica del producto:

- Aumenta hasta 3 puntos el índice de octanos.
- Reestablece los valores originales de potencia del motor.
- Incrementa el desempeño del motor.

Tabla 14

Ficha técnica. Bardahl – Octane Booster

Estado físico a 20 °C	Líquido
Color	Amarillo
Olor	Característico
pH	Inaplicable
Punto de inflamación [°C]	> 61
Densidad relativa	0,785 - 0,795
Solubilidad	En el agua, el producto es insoluble
Temperatura de auto-inflamación	> 200

Fuente: (Bardhal, 2015).

En la figura 15 se muestra el aditivo Octane Booster.

Figura 15. Aditivo Bardahl – Octane Booster (Bardhal, 2015).

2.10.5. Qualco – R1 Plus

Optimiza el proceso de combustión mediante una fórmula especial que interviene desde el depósito de combustible hasta que aparecen los gases producto de la combustión (Ecoenergy, 2019).

No se cuenta con información técnica del producto, sin embargo, es importante mencionarlo ya que se comercializa en las gasolineras y centros de servicio automotriz en la ciudad de Guayaquil. En la figura 16 se muestra el aditivo R-1 Plus. A continuación, se indican sus principales características:

- Mantiene limpio los inyectores y el tanque de combustible.
- Disminuye las emisiones contaminantes.
- Evita la corrosión.
- Incrementa la potencia.

Figura 16. Aditivo Qualco – R1 Plus (Ecoenergy, 2019).

2.10.6. Qualco – R1 Eco

Su fórmula posee agentes estabilizadores que conservan la mezcla de gasolina y alcohol uniforme, disminuyendo los inconvenientes causados por la presencia de agua, optimiza el proceso de combustión, eleva el octanaje e incremente la potencia del motor (Ecoenergy, 2020)

No se cuenta con información técnica del producto, sin embargo, es importante mencionarlo ya que se comercializa en las gasolineras y centros de servicio automotriz en la ciudad de Guayaquil. En la figura 17 se muestra el aditivo R-1 Eco. A continuación, se indican sus principales características:

- Mantiene estable la mezcla alcohol gasolina.
- Disminuye emisiones.
- Mantiene limpio los inyectores.
- Incrementa la potencia.
- Evita problemas por presencia de agua.

Figura 17. Aditivo Qualco – R1 Eco (Ecoenergy, 2020).

Debido a que son varias las propiedades de la gasolina, así como, varios los aditivos que se comercializan en la ciudad de Guayaquil, es necesario establecer un proceso que permita conocer cuál es la tendencia en el consumo de los usuarios.

A través de un diagrama de causa y efecto, también conocido como Diagrama de Ishikawa, permite visualizar los diferentes componentes (causas) que tenemos al momento de seleccionar las propiedades del combustible a evaluar.

En la figura 18 se muestra el diagrama de Ishikawa.

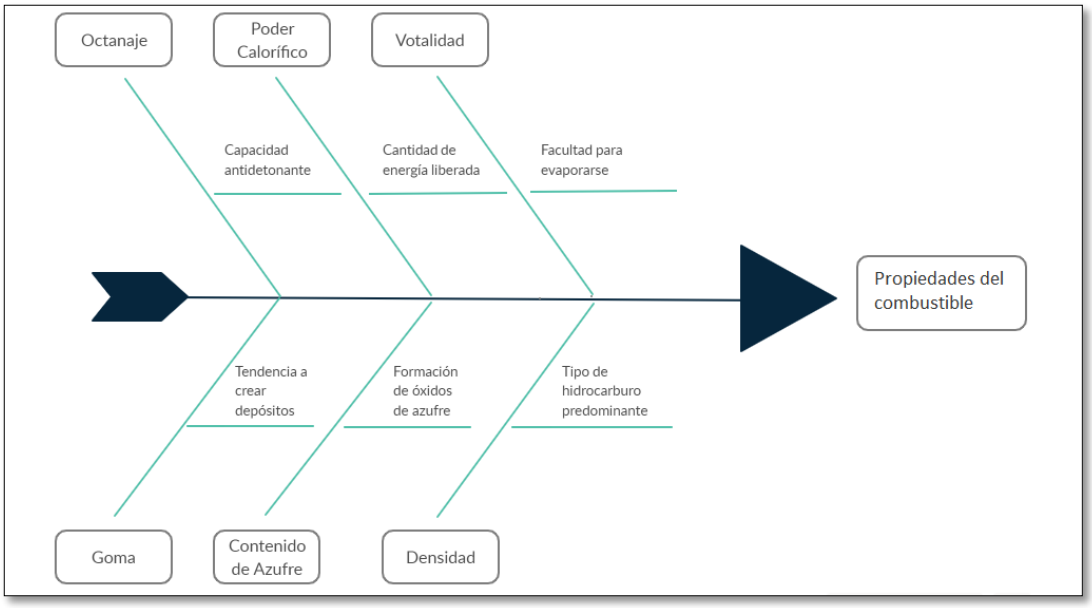

Figura 18. Diagrama de Ishikawa.

Para efectos de esta investigación, se realiza una encuesta con el fin de conocer los combustibles y aditivos que mayor frecuencia tienen en su consumo y cuáles son los principales beneficios que los usuarios buscan que un aditivo les proporciones.

La información que se recopila de las fuentes bibliográficas establece conceptos fundamentales para comprender como actúan los diferentes elementos en el proceso de combustión. Es importante conocer el origen de la gasolina, así como el proceso que se utiliza para su elaboración con el fin de identificar sus componentes principales y conocer cómo estos influyen en el proceso de la combustión. Conocer sobre la evolución que han tenido los aditivos en su composición aporta una comprensión más clara de los motivos principales por el que se utiliza. Estos se han adaptado con el objetivo de optimizar ciertas propiedades del combustible,

evitando que su utilización ocasione daños al medio ambiente, de acuerdo a las regulaciones emitidas por los organismos internacionales.

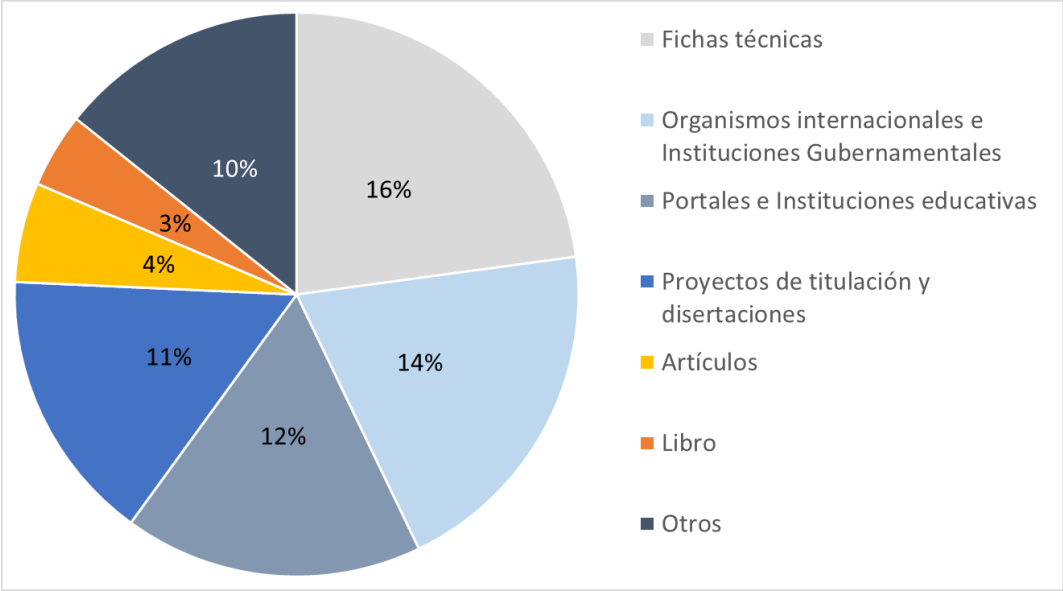

Figura 19. Tipos de fuentes de información compartida.

CAPÍTULO III

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICO DE LA GASOLINA ECOPAÍS, SÚPER Y ADITIVOS

3.1. Selección de aditivos

Para elegir los aditivos de la presente investigación se toma como base de estudio a propietarios de vehículos livianos que utilizan gasolina Súper y Ecopaís.

Se realiza una encuesta con un total de 8 preguntas en 6 gasolineras de Guayaquil ubicadas en la zona centro-norte de la ciudad. Estas gasolineras se seleccionan por estar ubicadas en sectores de gran afluencia de vehículos.

De acuerdo a la información publicada por Sheila Núñez y Blanca Chang en su trabajo de titulación en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se tiene que en la ciudad de Guayaquil existe un flujo promedio de 56 vehículos por hora que ingresan a una gasolinera para abastecerse. Esto nos permitirá conocer cuáles son los aditivos que mayor demanda poseen en cada punto (Núñez & Chang, 2018).

El tamaño de la muestra se lo determina a través de la siguiente fórmula:

Ecuación 1. Cálculo de muestra.

$$\boldsymbol{n = \frac{Z^2 * p * q * N}{NE^2 + Z^2 p * q}}$$

Donde:

$n =$ Tamaño de muestra

$Z =$ Nivel de confianza, 95%

$N =$ Tamaño de la población, promedio de atención de 56 vehículos por hora

$E =$ Margen de error máximo permitido, 5%

$p =$ Probabilidad a favor, 50%

$q =$ Probabilidad en contra, 50%

Datos:

$n = ?$

$Z = 0.95$

$N = 56$

$p = 0.5$

$q = 0.5$

$E = 0.05$

Cálculo de muestra:

$$\boldsymbol{n = \frac{(0.95)^2 * (0.5) * (0.5) * (56)}{(56)(0.05)^2 + (0.95)^2 * (0.5) * (0.5)} = 35}$$

Con los datos ingresados en la fórmula, el tamaño de la muestra da como resultado 35 personas.

En la figura 20 se muestran los puntos de gasolineras donde se realizan las encuestas.

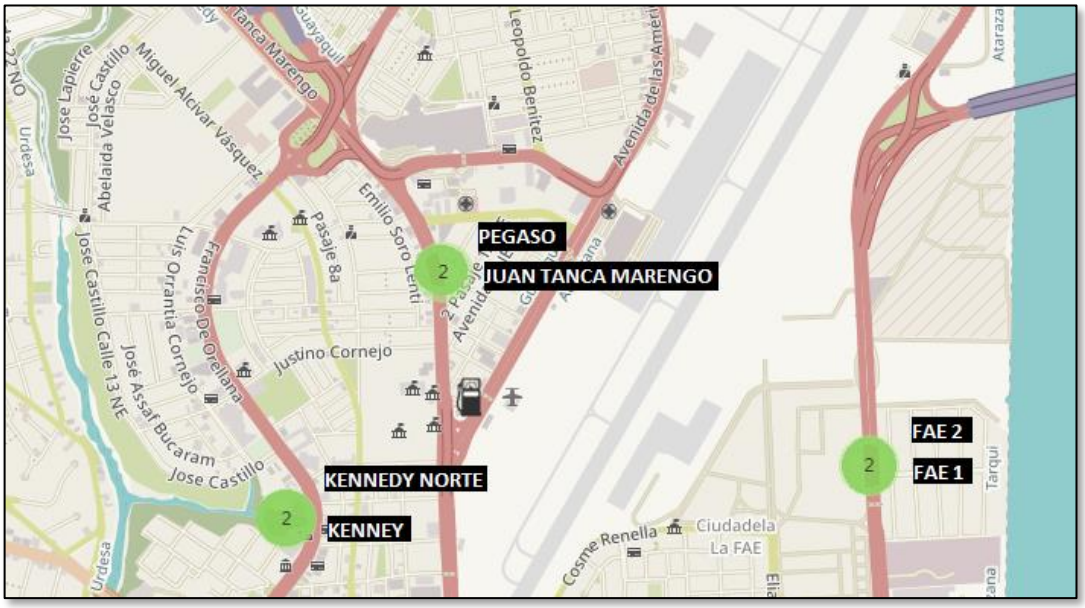

Figura 20. Puntos de gasolineras donde se realizaron las encuestas.

3.2. Encuesta

Se realiza un cuestionario de 8 preguntas orientadas a conocer las propiedades que los usuarios propietarios de vehículos livianos buscan que en un aditivo les brinde, que tipo de combustibles utilizan con mayor frecuencia entre otras preguntas que permiten identificar el parámetro a investigar. El formato de la encuesta se detalla en el anexo 2.

3.3. Resultados de la encuesta

El 61% de las personas encuestadas utilizan gasolina Ecopaís. El 31% indica que utiliza gasolina Súper y el 8% utiliza Diésel.

La gasolina Ecopaís se toma como la principal opción de los consumidores debido a que su precio es más económico en comparación con el resto de gasolinas. Más de la mitad de las personas encuestadas optan por utilizar este tipo de combustible. La gasolina Súper, a pesar de ser de mejor calidad, su elevado costo conlleva a que los consumidores no lo consideren como su principal opción.

En la figura 21 se detallan los resultados de forma gráfica.

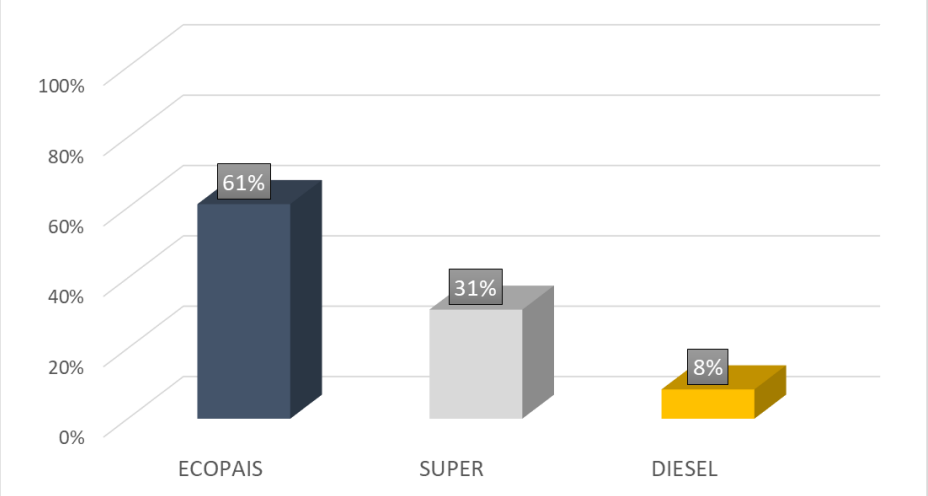

Figura 21. Resultados de la pregunta 1: ¿Qué tipo de combustible utiliza?

De acuerdo a la percepción general de las personas encuestadas, el 69% de indican que el combustible que utilizan en sus vehículos no es de buena calidad mientras que el 31% indica

que el combustible que consumen si es de buena calidad. En la figura 22 se detallan los resultados de forma gráfica.

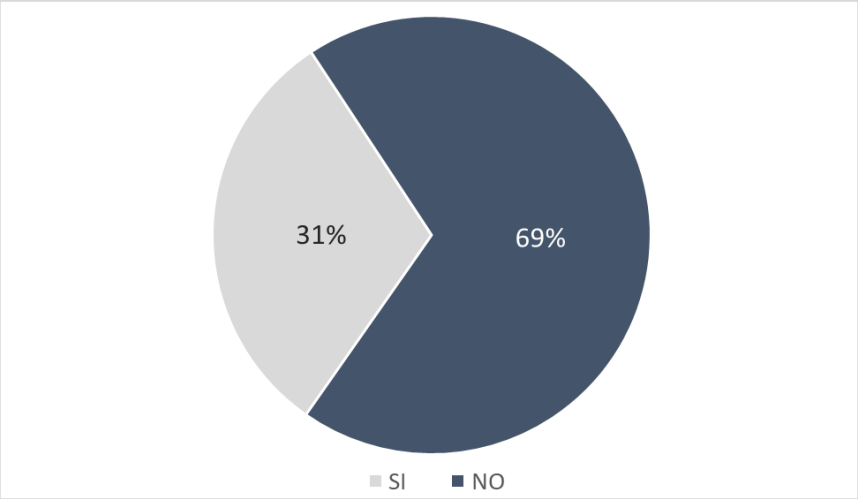

Figura 22. Resultados de la pregunta 2: ¿Cree usted que el combustible que se comercializa en la ciudad de Guayaquil es de buena calidad?

Esta percepción con lleva a que, al momento de ser encuestadas sobre el uso de aditivos en sus vehículos, el 78% indican que si han hecho uso del aditivo al menos una vez mientras que el 22% indican que no. En la figura 23 se detallan los resultados de forma gráfica.

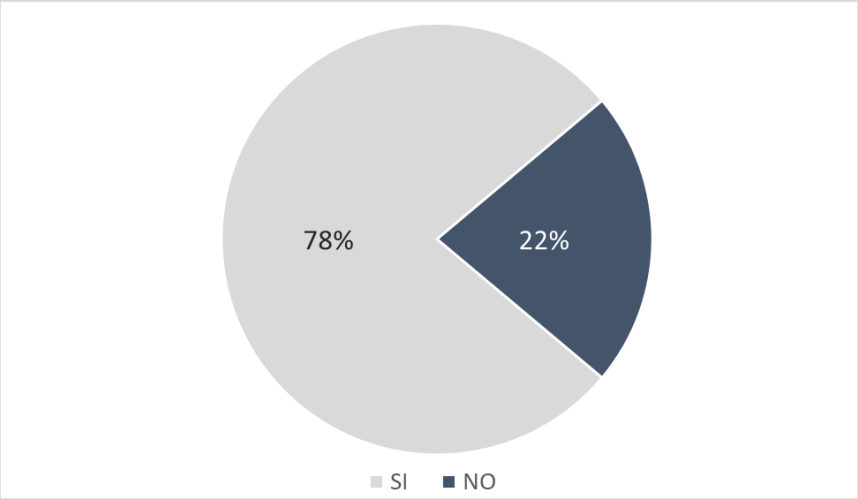

Figura 23. Resultados de la pregunta 3: ¿Ha utilizado aditivos para combustible?

De estas personas encuestadas, el 83% respondieron afirmativamente cuando fueron consultadas sobre de la idea de que los aditivos mejoran la calidad del combustible. El otro

17% indica que no creen que los aditivos mejoren significativamente la calidad del combustible.

En la figura 24 se detallan los resultados de forma gráfica.

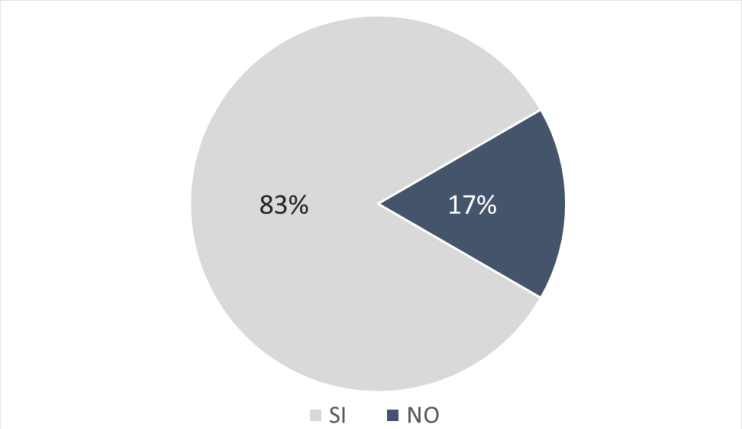

Figura 24. Resultados de la pregunta 4: ¿Cree usted que el uso de aditivos mejora la calidad del combustible?

Al momento de ser encuestadas sobre el aditivo de uso más frecuente, el 44% de las personas indican que utilizan el aditivo R1-Plus. También se puede visualizar que el 31% de las personas encuestadas consumen el aditivo R1-Eco.

Los aditivos de menor frecuencia de consumo en esta encuesta fueron el aditivo Bardhal Octane Booster con un 17% y el aditivo Motorex Octane Booster con un 8%.

En la figura 25 se detallan los resultados de forma gráfica.

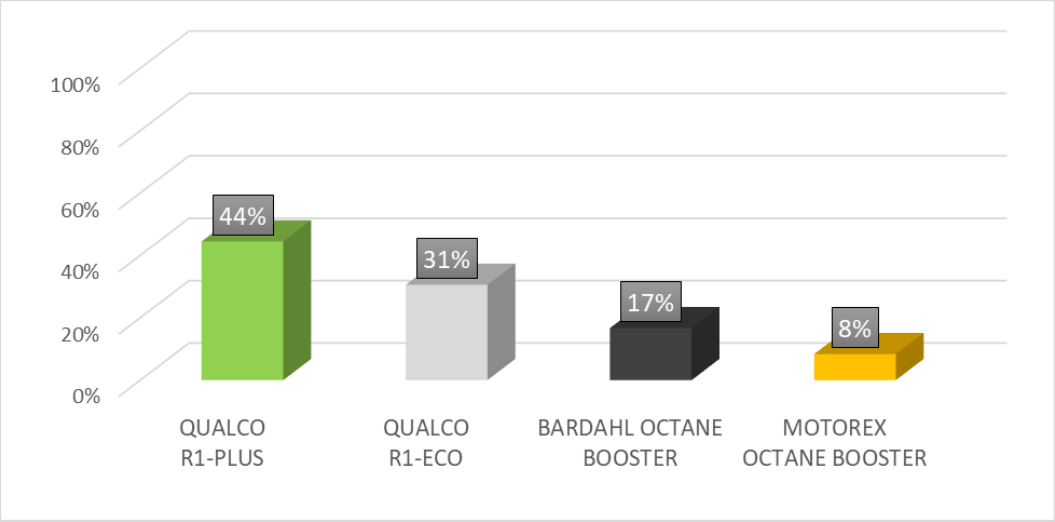

Figura 25. Resultados de la pregunta 5: ¿Cuál es el nombre del aditivo que usa?

Al ser encuestadas sobre el beneficio principal que espera del aditivo, el 61% de las personas buscan principalmente mayor potencia en el desempeño del motor al momento de adquirir un aditivo. El 22% de las personas encuestadas comprarían un aditivo por el beneficio de eliminar las impurezas del combustible. El 8% lo compraría para ahorrar combustible y el 6% para limpiar los inyectores.

El 3% de las personas encuestadas mencionaron otros tipos de beneficios relacionados a mejorar la combustión.

En la figura 26 se detallan los resultados de forma gráfica.

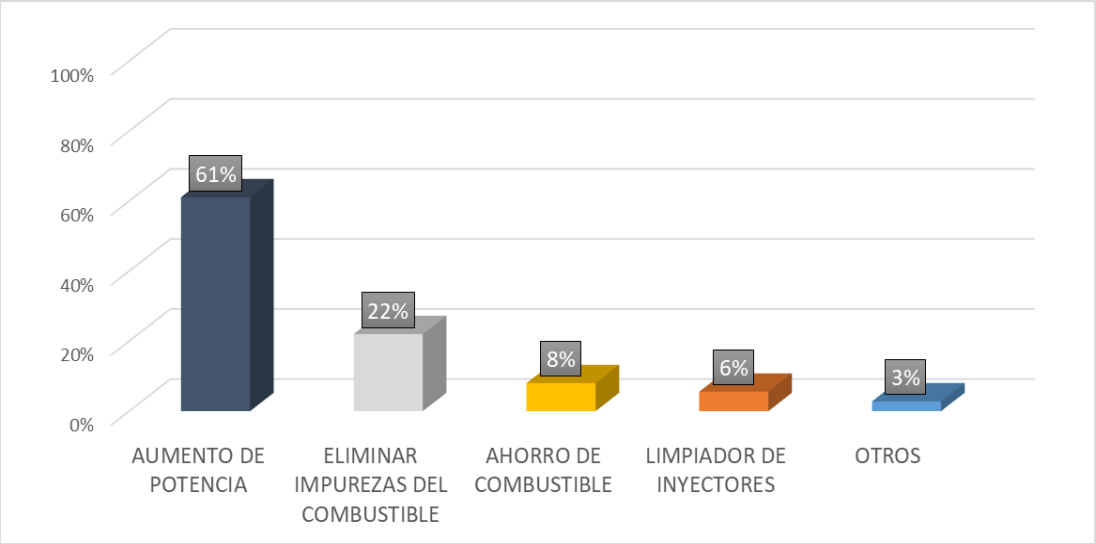

Figura 26. Resultados de la pregunta 6: ¿Qué principal beneficio busca que le brinde el aditivo?

El 31% de personas encuestadas prefieren adquirir el aditivo en gasolineras por practicidad y ahorro de tiempo, el 6% en centros de servicios automotrices. Adicionalmente se observa que el 64% de las personas encuestadas, siendo estos la gran mayoría, prefieren adquirir el producto en los autoservicios, esto debido a que resulta más económico adquirirlo en dicho lugar y porque se encuentra mayor variedad para su elección.

En la figura 27 se detallan los resultados de forma gráfica.

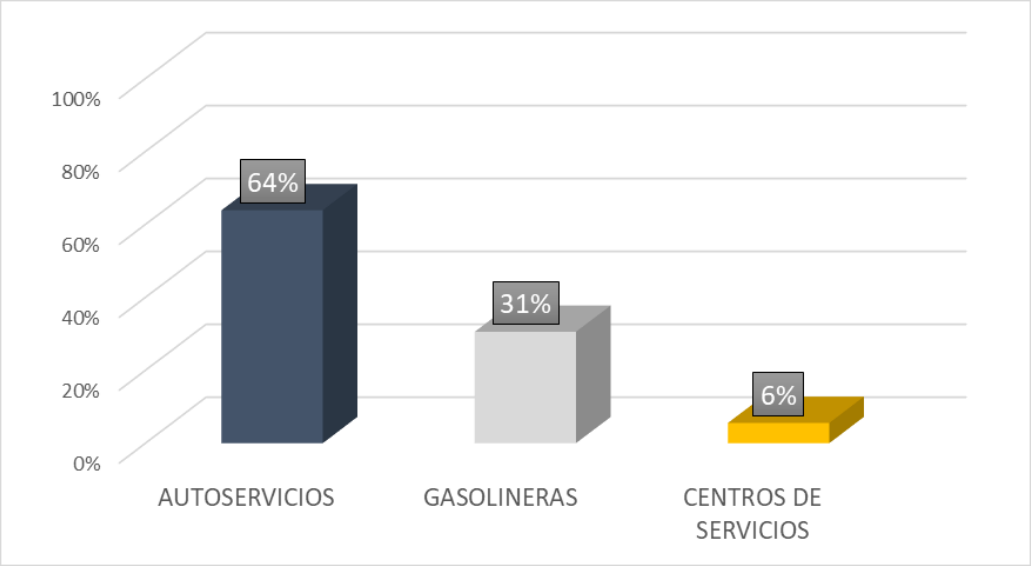

Figura 27. Resultados de la pregunta 7: ¿En qué lugar prefiere adquirir el aditivo?

En cuanto a la frecuencia del uso de estos aditivos, los resultados indican que el 58% lo realiza en cada mantenimiento, 31% lo realiza cada mes y solo el 11% de las personas utilizan aditivo cada vez que tanquean su vehículo de combustible. En la figura 28 se detallan los resultados de forma gráfica.

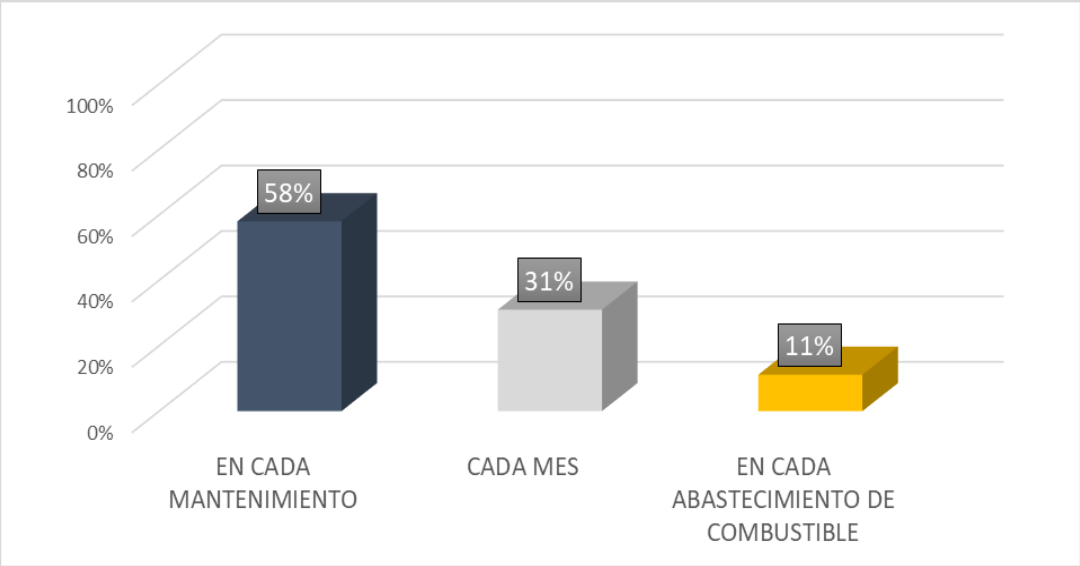

Figura 28. Resultados de la pregunta 8: ¿Con qué frecuencia utiliza aditivos?

Análisis general de la encuesta

Los resultados estadísticos muestran que el 61% de las personas encuestadas utilizan principalmente gasolina Ecopaís, siendo este el combustible de mayor consumo para vehículos de encendido por chispa debido a su bajo precio. Se detecta que la mayoría de las personas tienen la percepción que este combustible no es de buena calidad y como resultado tenemos que el 78% ha hecho uso de aditivos al menos una vez con la idea que este compuesto mejorará la calidad del combustible. El motivo principal por el que las personas utilizan aditivos es para optimizar el rendimiento del motor y disminuir los depósitos en el combustible, de esta forma buscan compensar las cualidades que otorga la gasolina Súper además de mejorar las condiciones de funcionamiento.

3.4. Descripción de los aditivos seleccionados

La encuesta como herramienta de investigación, nos permite conocer cuál es la inclinación de los usuarios al momento de seleccionar un aditivo.

Se procederán a seleccionar aditivos cuyas características del producto ofrezcan mejorías a dos de los principales beneficios que las personas encuestadas han indicado en nuestro estudio.

El primero de ellos es el aumento de potencia. El índice de octano indica la capacidad antidetonante de la gasolina cuando se comprime y es erróneo pensar que de este valor depende directamente el aumento de potencia del motor. Durante el proceso de combustión, la mezcla aire-combustible se enciende liberando energía. Esta energía también se conoce como poder calorífico, el cual es un factor a tener presente cuando se trata de la potencia que el motor puede proporcionar.

El poder calorífico, aunque poco se habla de esta propiedad del combustible, es un parámetro muy importante para una mejor combustión. El poder calorífico es la cantidad de energía relacionada con la unidad de masa que se desprende al producirse la combustión, es

decir, el calor que se desprende al generarse la combustión; a mayor calor existirá una mejor combustión y por ende un mejor desempeño del motor.

Los compuestos oxigenantes de un aditivo optimizan el poder calorífico del combustible. Oxigenantes como el MTBE, agregan oxígeno al proceso de combustión de la gasolina, disminuyen los gases contaminantes e hidrocarburos no quemados.

Cuanto mayor sea el contenido de humedad de un combustible mayor será la diferencia entre el Poder Calorífico Superior y el Poder Calorífico Inferior y menor será la energía total disponible.

El segundo parámetro es el contenido de goma, relacionado con las impurezas en el combustible.

Debido a la presencia de oxígeno del ambiente, los hidrocarburos se oxidan ocasionando la formación de partículas gelatinosas, los cuales se denominan goma. Son de grandes dimensiones llegando a ocasionar la obstrucción de filtros y del circuito de alimentación. Habitualmente, la formación de gomas se da en los depósitos de almacenamiento de las gasolineras.

Al añadir aditivos con compuestos detergentes y antioxidantes se logra mitigar la presencia de goma en la gasolina.

Evaluados los resultados, procedemos a seleccionar los aditivos. Por motivos legales se omiten los nombres, estos se identifican como Aditivo 1 y Aditivo 2 y los nombres con los que se comercializan son de acceso restringido en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional De Ecuador.

3.4.1. Descripción Aditivo 1

Contiene estabilizadores para gasolinas con alcohol. Se emplea para aumentar el octanaje de las gasolinas, minimizar las separaciones causadas por la presencia de agua en la

gasolina, mejora la combustión, aumenta potencia del motor y disminuye las emisiones de gases contaminantes.

En la tabla 15 se muestran los datos técnicos del aditivo 1.

Tabla 15

Datos técnicos. Aditivo 1

Estado físico	Líquido
Color	Vino rojo oscuro
Olor	Característico
Ph con indicación de concentración	7
Punto de inflamación copa abierta	47° C
Punto de ignición o de llama	48° C
Densidad a 20° C	0.820 gr/cm^3
Solubilidad en agua	Insoluble
Viscosidad a 40° C	1.6316 cSt

Características que indica el producto:

- Mantiene estable la mezcla alcohol gasolina.
- Ahorra de combustible.
- Elimina impurezas.
- Disminución de emisión de gases contaminantes.
- Previene problemas por la presencia de agua.
- Minimiza el autoencendido.

3.4.2. Descripción Aditivo 2

Contiene activadores, catalizadores y homogeneizadores que actúan durante el proceso de combustión propiciando que sea más completa, limpia y menos contaminante. Aumenta la potencia, el rendimiento y propicia el ahorro de combustible. Posee propiedades detergentes que mantiene limpio los inyectores y líneas de combustibles, disminuye emisiones y evita el autoencendido.

En la tabla 16 se muestran los datos técnicos del aditivo 2.

Tabla 16

Datos técnicos. Aditivo 2

Estado físico	Líquido
Color	Vino rojo oscuro
Olor	Característico
Ph con indicación de concentración	7
Punto de inflamación copa abierta	47° C
Punto de ignición o de llama	48° C
Densidad a 20° C	0.825 gr/cm^3
Solubilidad en agua	Insoluble
Viscosidad a 40° C	1.6316 cSt

Características que indica el producto:

- Mejora la combustión.
- Compensa el octanaje.
- Mantiene limpio los inyectores.
- Disminuye las emisiones.
- Previene el autoencendido.

3.5. Laboratorio

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta realizada, dos de los beneficios que más se valoran a la hora de seleccionar un aditivo son aumento de potencia y eliminación de impurezas del combustible ya que muchos de los usuarios buscan que los elementos que forman parte de la línea de alimentación permanezcan limpios optimizando así el combustible. Basado en dichos resultados se proceden a realizar los respectivos análisis de laboratorio.

Para las pruebas de los análisis físico-químicos, se procede a realizar el análisis tanto en la gasolina Súper como en la gasolina Ecopaís, para observar, a través de los resultados, las variaciones que el mismo aditivo puede ocasionar en gasolinas de diferente composición.

Se emplean las normas de la Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM D-240 (Método de prueba estándar para determinación del calor de combustión de hidrocarburos combustibles líquidos mediante calorímetro de bomba) para determinar el poder calorífico y ASTM D-381 (Método de prueba estándar para contenido de goma en combustibles por evaporación por chorro) para determinar el contenido de goma.

3.5.1. Preparación de las mezclas

La preparación de las mezclas para la parte experimental se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) siguiendo las recomendaciones de formulación especificadas por el fabricante.

Las sustancias utilizadas fueron las siguientes:

- Gasolina Súper.
- Gasolina Ecopaís.
- Aditivo 1.
- Aditivo 2.

Los aditivos empleados en la formulación se pueden encontrar fácilmente en el mercado local. Estos no tienen restricciones de uso y tienen la ventaja que pueden ser utilizados en gasolinas Súper y Ecopaís.

Las mezclas de gasolinas son colocadas en recipientes de vidrio ámbar, etiquetados y puestos a refrigeración para conservar sus propiedades, ya que es la base para comparar los resultados.

3.5.2. Materiales y Equipos

Norma ASTM D-240:

- Pipeta de 5 ml
- Vaso de precipitación de 600 ml
- Alambre de platino

- Termómetro con un rango= 23,9 a 30,1 ºC y termómetro ASTM 7 C con un rango = 2 a 300 ºC
- Bureta de 50 ml
- Agitador magnético
- Balanza
- Bomba de Park
- Equipo de manipulación: pinzas para crisol y bureta
- Calorímetro adiabático
- Probeta de 110 ml

Norma ASTM D-381:

- Balanza de 0,1mg de precisión
- Vasos de 100ml de capacidad
- Recipiente de enfriamiento
- Baño de evaporación
- Medidor de caudal
- Embudo con placa filtrante de vidrio sinterizado
- Suministro de vapor
- Sensor de temperatura
- Probetas graduadas
- Equipo de manipulación: pinzas y tenazas

3.5.3. Descripción de las pruebas

Norma ASTM D-240:

- Se verifica que los equipos estén en óptimas condiciones antes de realizar las pruebas. Los mismos deben estar en una superficie firme y nivelada.
- Se preparan las muestras que serán utilizadas en las pruebas.

- Se pesa 1g de fondo de destilación y se coloca en el crisol de la bomba calorimétrica, esta se coloca en el soporte. Se añade 10 cm de alambre de tal forma que un poco de alambre quede dentro de la muestra.
- Se coloca al interior del recipiente el soporte con el crisol donde tiene lugar la reacción.
- Se introduce 2 ml de agua destilada en la bomba. Se cierra herméticamente y se verifica que la válvula de purga esté cerrada.
- Se ingresa oxígeno del cilindro durante 5 minutos y se cierra la válvula cuando la presión se encuentre en 30 PSI.
- Se coloca la bomba en un recipiente metálico con agua hasta que sobrepase el recipiente. El recipiente metálico con la bomba se introduce en el calorímetro adiabático.
- El calorímetro se equilibra con el baño del recipiente metálico con la adición manual de agua caliente o fría hasta una temperatura de 24,1 a 24,2 °C. Una vez nivelada la temperatura, se conecta el circuito de ignición y se observa que se prenda la luz del equipo.
- Observar el ascenso gradual de la temperatura a causa de la ignición hasta que este valor permanezca constante. Se registra como dato la temperatura más alta que se ha alcanzado.

Norma ASTM D-381:

- Se verifica que los equipos estén en óptimas condiciones antes de realizar las pruebas. Los mismos deben estar en una superficie firme y nivelada.
- Preparan las muestras que serán utilizadas en las pruebas.
- Pesar el vaso de tara y los vasos de ensayo con una precisión de 0,1 mg. Registrar los pesos.

- Filtrar una cantidad de muestra a presión atmosférica.
- Medir 50 ml de muestra en una probeta graduada y transferirla a un vaso previamente pesado.
- Utilizar un vaso para cada muestra a ensayar y llenar cada uno de ellos. Colocar los vasos llenos junto con el de tara en el baño de evaporación. Centrar los adaptadores cónicos sobre la superficie del líquido. Mantener la temperatura y el caudal y dejar evaporar las muestras durante 30 minutos.
- Luego del calentamiento, retirar los adaptadores cónicos y trasladar los vasos del baño al recipiente de enfriamiento. Dejar este recipiente cerca de la balanza durante dos horas por lo menos. Pesar los vasos y registrar el peso.
- La evidencia cuantitativa de la contaminación de la se obtenerse pesando el residuo.

3.6. Resultados de la prueba de laboratorio

3.6.1. Cuadro de resultados de la prueba de gasolina Súper + Aditivos

En la tabla 17 se muestran los resultados de las pruebas de gasolina Súper más aditivos.

Tabla 17

Resultados de la prueba de gasolina Súper + Aditivos.

Parámetros	**Unidades**	**RESULTADOS**			**METODO DE ANÁLISIS**
		M1	**M2**	**M3**	
Poder Calorífico	J/g	41928 ± 1	41796 ± 1	42448 ± 1	ASTM D240
Contenidos de goma	mg/100ml	5,06 ± 0,01	4,98 ± 0,01	2,37 ± 0,01	ASTM D381

Fuente: Informe de análisis ESPOL.

Observaciones:

- Humedad / Temperatura promedio del laboratorio: 64% / 27 °C
- M1 = Gasolina Súper
- M2 = Gasolina Súper + Aditivo 1

- M3 = Gasolina Súper + Aditivo 2

3.6.2. Cuadro de resultados de la prueba de gasolina Ecopaís + Aditivos

En la tabla 18 se muestran los resultados de las pruebas de gasolina Ecopaís más aditivos.

Tabla 18

Resultados de la prueba de gasolina Ecopaís + Aditivos

Parámetros	**Unidades**	**RESULTADOS**			**METODO DE ANÁLISIS**
		M4	**M5**	**M6**	
Poder Calorífico	J/g	42031 ± 1	41931 ± 1	41917 ± 1	ASTM D240
Contenidos de goma	mg/100ml	3,72 ± 0,01	3,40 ± 0,01	7,22 ± 0,01	ASTM D381

Fuente: Informe de análisis ESPOL

Observaciones:

- Humedad / Temperatura promedio del laboratorio: 64% / 27 °C
- M4 = Gasolina Ecopaís
- M5 = Gasolina Ecopaís + Aditivo 1
- M6 = Gasolina Ecopaís + Aditivo 2

3.7. Pruebas de emisiones de gases de escape

Se realiza un análisis de gases de escape para medir el nivel de incidencia que los productos resultantes de la combustión de la gasolina con aditivo ocasionan al ambiente. Se mantiene el criterio de selección del aditivo para las pruebas de emisiones de gases de escape, tanto en gasolina Súper como en gasolina Ecopaís de acuerdo a los resultados de la encuesta.

Las pruebas de emisiones de gases de escape se realizan bajos las Normas Técnicas Ecuatorianas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

3.7.1. Normas utilizadas

3.7.1.1. Norma NTE INEN 2 204:2002

Norma de Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos De Emisiones Producidas Por Fuentes Móviles Terrestres De Gasolina. Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina.

3.7.1.2. Norma NTE INEN 2 203:2000

Norma de Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Determinación de la Concentración de Emisiones de Escape en Condiciones de Marcha Mínima o “Ralentí”. Prueba estática. Establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o “ralentí”.

3.7.1.3. Norma RTE INEN 017:2008

Control de Emisiones Contaminantes de Fuentes Móviles Terrestres. Modificatoria 1:2016. Establece los procedimientos para el control de las emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres.

3.7.2. Equipo analizador de gases de escape utilizado en las pruebas

3.7.2.1. Analizador de gases de escape

El analizador de gases de escape utilizado en esta prueba fue el STARGAS 898 ONE. Funciona como una unidad de cálculo, medición y como un equipo de múltiples funciones que no necesita conectarse a una PC. Posee una pantalla LCD TFT de 256 colores.

Su unidad central de procesamiento puede efectuar pruebas de los gases de escape que corresponden a mediciones de CO (Monóxido de Carbono), CO_2 (Dióxido de Carbono), HC (Hidrocarburo), O2 (Oxígeno), NOx (Óxido Nitroso), Lambda y temperatura motor. El

opacímetro posee un sensor que capta la temperatura de los gases. No se puede realizar el proceso de medición si los gases de escape tienen una temperatura inadecuada.

Este equipo de medición tiene un software que indica cuando hay errores en la lectura de los gases de escape como resultado de las aceleraciones irregulares, lo que puede ocasionar resultados poco confiables con dispersiones mayores a los autorizados por ley.

En la tabla 19 se muestran las especificaciones técnicas.

Tabla 19

Especificaciones técnicas - STARGAS 898 ONE

STARGAS 898 ONE	
Fuente de alimentación de red	Red 90 - 270 V, batería 10 - 16 V
Intervalo de medición	CO 0 - 15,000 % Vol (res. 0,001) CO2 0 - 20,00 % Vol (res. 0,01) HC 0 - 30000 ppm Vol (res.1) O2 0 - 25,00 % Vol (res. 0,01) NO 0 - 5000 % Vol (res. 1 - opcional) Lambda 0,5 - 2,000 (res. 0,001)
Contador de RPM de inducción	0 - 10000 rpm (res. 10) -conector de batería 0 - 20000 rpm (res. 10) -abrazadera de inducción 0 - 15000 rpm (res. 10) -sistema de antena
Prueba lambda electrónica	No
Temperatura de funcionamiento	5 °C - 40 °C
Medición de inducción de gas	10 l/m (aprox.)
Tiempo de respuesta	<10 seg. (longitud de sonda 3 m)
Configuración cero	Electrónico y automático
Condensación del desagüe	Continuo y automático
Tiempo de calentamiento	40 segundos como máximo
Salida en serie	Medidor de humo RS232/PC - RS485 USB
Impresora	Opcional
Dimensiones	400 x 180 x 450 mm
Peso	8,6 kg (aprox.)

Fuente: (Tecno Test Stargas, 2020).

En la figura 29 se muestra el analizador de gases de escape utilizado en las pruebas.

Figura 29. Equipo analizador de gases de escape STARGAS 898 ONE.

3.7.3. Vehículos utilizados en las pruebas

3.7.3.1. Descripción de los vehículos

Para determinar el nivel de incidencia de cada tipo de gasolina con el aditivo seleccionado, se procede a seleccionar dos vehículos que utilicen tanto gasolina Súper como gasolina Ecopaís. Los vehículos utilizados en las pruebas de emisiones de gases de escape, son vehículos relativamente nuevos, con menos de 10.000 km de recorrido, esto para garantizar que dispositivos externos como el catalizador se encuentren en óptimo estado y no ocasione una lectura errónea de los resultados en el equipo analizador de gases de escape.

En las tablas 20 y 21 se describen los vehículos.

Tabla 20

Características del vehículo 1: Hyundai Accent

Marca	Hyundai
Modelo	Accent
Año de fabricación	2019
Kilometraje	9500 km
Cilindraje	1600 cc
Tipo de combustible	Súper

En la figura 30 se muestra el vehículo Hyundai Accent utilizado en las pruebas.

Figura 30. Vehículo 1 – Hyundai Accent.

Tabla 21

Características del vehículo 2: Hyundai Grand I10

Marca	Hyundai
Modelo	Grand I10
Año de fabricación	2019
Kilometraje	8300 km
Cilindraje	1200 cc
Tipo de combustible	Ecopaís

En la figura 31 se muestra el vehículo Hyundai Grand I10 utilizado en las pruebas.

Figura 31. Vehículo 2 – Hyundai Grand I10.

3.8. Acondicionamiento del vehículo

Se realiza una inspección técnica y visual al vehículo. Se verifica que todos los sistemas se encuentren en óptimas condiciones y funcionen correctamente, tratando de controlar al máximo las variables que pudieran presentarse durante las pruebas. Los elementos inspeccionados son los siguientes:

- Filtro de aire: se procede a realizar el cambio del filtro de aire.
- Filtro de aceite: se procede a realizar el cambio del filtro de aceite.
- Aceite: se procede a realizar el cambio del aceite motor.
- Filtro de combustible: debido a que el vehículo aún no llega al kilometraje indicado por el fabricante para que este elemente sea cambiado, se procede a verificar que el filtro de combustible se encuentre en buen estado.
- Líquido refrigerante: se verifica que se encuentre en óptimas condiciones y en el nivel correcto.
- Inyectores: debido a que el vehículo aún no llega al kilometraje indicado por el fabricante para que este elemento sea cambiado, se procede a verificar que los inyectores funcionen correctamente.
- Batería: se verifica que tenga el voltaje adecuado de funcionamiento y que el líquido de batería se encuentre en óptimas condiciones.
- Cables de bujía: se verifica que los cables de bujía se encuentren en óptimas condiciones.
- Bujías: se procede a realizar el cambio de bujías.

En la figura 32 se observa el vehículo Hyundai Grand I10 en proceso de acondicionamiento.

Figura 32. Proceso de inspección técnica.

3.9. Realización de las pruebas

3.9.1. Revisiones generales previas

1. Comprobar que no existan fugas en el sistema de escape. Esto se puede evaluar obturando la salida del escape y evaluando la presión de los gases de escape.
2. Si no existen fugas continuar con la prueba. De existir fugas, el analizador de gases igual realizará la medición, sin embargo, estos datos pueden ser erróneos.
3. Llevar a temperatura de funcionamiento de motor. Esto se puede evaluar mediante la ayuda del escáner, aunque un parámetro de funcionamiento que nos indica esta temperatura es la activación del electro ventilador del radiador.
4. Validar que no exista consumo de aceite ya que esto podría acelerar el desgaste de la sonda de oxígeno del analizador de gases (humo azul).

3.9.2. Descripción de las pruebas realizadas con el analizador de gases de escape

1. Encender el analizador de gases e iniciar el período de calentamiento y estabilización según indica las especificaciones del fabricante, como se muestra en la figura 33.

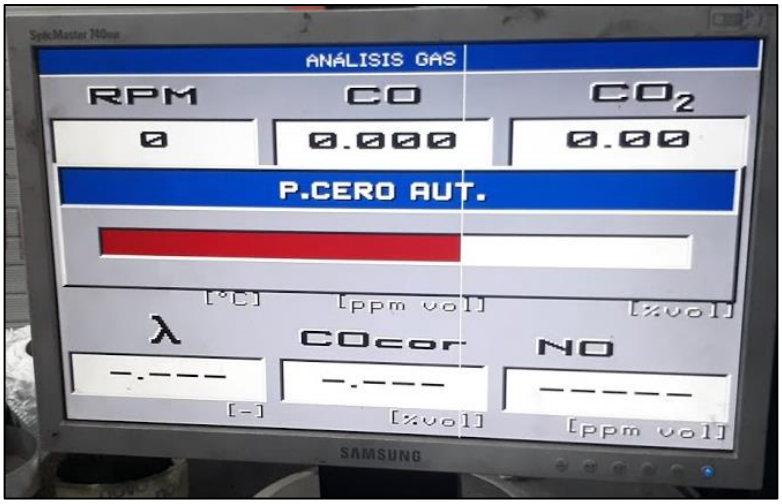

Figura 33. Calibración de equipo analizador de gases de escape.

2. Eliminar el material en forma de partículas y toda substancia extraña que se hayan acumulado en la sonda y que puedan alterar las lecturas de la muestra para tener un análisis de los gases correcto.
3. Verificar que la transmisión del vehículo se encuentre en neutro cuando es de transmisión manual o en parqueo cuando es de transmisión automática.
4. Revisar que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado) se encuentren apagados.
5. Revisar que el sistema de escape del vehículo se encuentre en un estado óptimo de funcionamiento, sin ninguna fuga que provoque dilución de los gases de escape.
6. Con el motor apagado y en posición horizontal, revisar que el nivel de aceite se encuentre entre el nivel mínimo y máximo recomendado por el fabricante.
7. Encender el motor del vehículo y esperar a que alcance la temperatura nominal de funcionamiento.
8. Una vez que el motor se encuentre en la temperatura ideal de funcionamiento, proceder a introducir la sonda del analizador de gases en el tubo de escape asegurándose que permanezca fijo durante toda la prueba, como se muestra en la figura 34.

Figura 34. Sonda de prueba.

9. Realizar las pruebas y registrar las lecturas mostradas de las emisiones. En la figura 35 se muestra el proceso de medición de los gases de escape.
10. De tener doble salidas en el sistema de escape, medir por separado cada salida. Se toma el valor de la mayor lectura registrada.

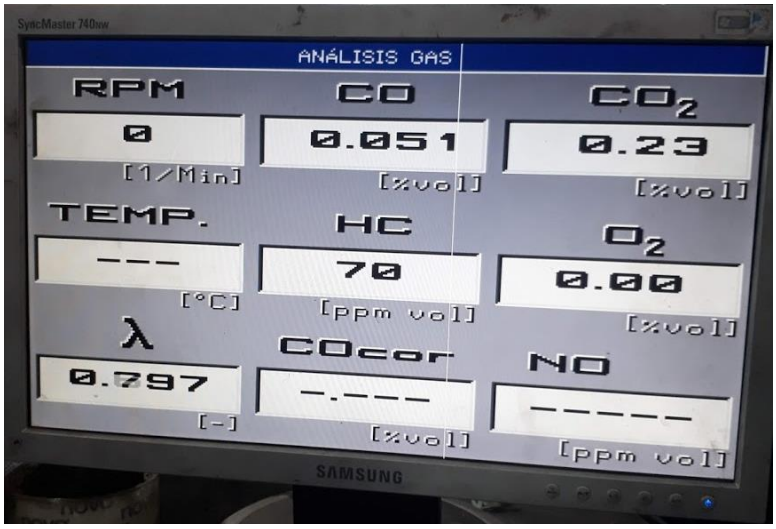

Figura 35. Proceso de medición de los gases de escape.

3.10. Resultados de las pruebas de emisiones de gases de escape

3.10.1. Cuadro de resultados de la prueba con gasolina Súper

En la tabla 22 se muestran los resultados de las pruebas con gasolina Súper realizadas en el vehículo 1.

Tabla 22

Resultados de la prueba de gasolina Súper

GAS	UNIDAD	Medición a 850 rpm	Medición a 2500 (±50) rpm
CO	(% vol)	0,086	1,3690
CO_2	(% vol)	10,02	16,49
HC	(ppm vol)	149	73
O_2	(% vol)	0	0,14
Λ / NOx	(ppm vol)	---	---

3.10.2. Cuadro de resultados de la prueba con gasolina Ecopaís

En la tabla 23 se muestran los resultados de las pruebas con gasolina Ecopaís realizadas en el vehículo 2.

Tabla 23

Resultados de la prueba de gasolina Ecopaís

GAS	UNIDAD	Medición a 850 rpm	Medición a 2500 (±50) rpm
CO	(% vol)	0,178	0
CO_2	(% vol)	0,52	8,93
HC	(ppm vol)	101	82
O_2	(% vol)	0	0
Λ / NOx	(ppm vol)	---	---

3.10.3. Cuadro de resultados de la prueba con gasolina Súper + aditivo

En la tabla 24 se muestran los resultados de las pruebas con gasolina Súper + aditivo realizadas en e1 vehículo 1.

Tabla 24

Resultados de la prueba de gasolina Súper + Aditivo

GAS	UNIDAD	Medición a 850 rpm	Medición a 2500 (±50) rpm
CO	(% vol)	0,024	1,038
CO_2	(% vol)	11,08	16,9
HC	(ppm vol)	66	96
O_2	(% vol)	0	0
Λ / NOx	(ppm vol)	---	---

3.10.4. Cuadro de resultados de la prueba con gasolina Ecopaís + aditivo

En la tabla 25 se muestran los resultados de pruebas con gasolina Ecopaís + aditivo realizadas en el vehículo 2.

Tabla 25

Resultados de la prueba de gasolina Ecopaís + Aditivo

GAS	UNIDAD	Medición a 850 rpm	Medición a 2500 (±50) rpm
CO	(% vol)	0,033	0
CO_2	(% vol)	11,73	11,31
HC	(ppm vol)	25	88
O_2	(% vol)	0	0
Λ / NOx	(ppm vol)	---	---

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas de laboratorio se realizaron bajo los métodos de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) y las pruebas de emisiones de gases de escape se realizaron bajos las Normas Técnicas Ecuatorianas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Los resultados se encuentran acreditados y por esta razón los resultados que aquí se presentan son confiables.

Se realiza la comparación de los análisis de las muestras de gasolinas con aditivos y sin aditivos para verificar de qué manera ha influenciado en el poder calorífico y el contenido de goma.

El método ASTM D-240 cubre la determinación del calor de la combustión de combustibles hidrocarburos líquidos con niveles de volatilidad que van desde los destilados ligeros hasta los combustibles residuales, por lo tanto, es aplicable para combustible en general.

El calor de combustión es una medida de la energía disponible para un combustible. Un conocimiento de estos valores es esencial cuando se considera la eficiencia térmica de equipos para producir cualquiera de los dos, potencia y calor. El calor de combustión determinado por el método ASTM D-240 es proyectado como uno de los requerimientos físicos y químicos para combustibles comerciales. El calor de combustión por unidad de masa de combustibles, es una propiedad crítica de combustibles.

El método ASTM D-381 establece el método para la determinación del contenido de gomas en gasolinas por el método de evaporación.

Un alto contenido de gomas puede causar depósitos en sistemas de inducción y la obstrucción de las válvulas de admisión y, en la mayoría de casos, puede asumirse que un bajo contenido de gomas asegura la ausencia de problemas en dichos sistemas. El usuario, sin

embargo, debe considerar que el método de ensayo no se correlaciona por sí mismo con los depósitos en el sistema de inducción.

El propósito de este método, es la medición de los productos de oxidación que se forman en la muestra, antes o durante el procedimiento de ensayo, bajo condiciones comparativamente leves. Debido a que varias gasolinas de automoción son deliberadamente mezcladas con compuestos o aditivos no volátiles, la etapa de extracción con heptano es necesaria para retirarlos del residuo de evaporación, de modo que el material perjudicial (gomas) pueda ser determinado.

Debido a las características de la gasolina Súper y Ecopaís y su volatilidad, las muestras fueron preparadas y almacenadas en refrigeración para así evitar que se pudieran alterar sus propiedades, asegurando la calidad de cada una de las muestras.

4.1. Resultados del análisis físico-químico con gasolina Súper

En la figura 36 se presentan los resultados de los análisis de la gasolina Súper + aditivos que se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental:

- El poder calorífico aumenta considerablemente con el aditivo 2.
- El poder calorífico se manifiesta con una leve disminución del 0,31% al ser mezclado con el aditivo 1.
- El contenido de goma se reduce en más de 50% con el aditivo 2. Se observa una gran disminución de las impurezas en el combustible.
- El aditivo 1, al igual que el aditivo 2, ayuda a reducir el contenido de goma de la gasolina Súper, pero en menor proporción.
- El aditivo 2 generó un mayor impacto en la mejora de las propiedades de la gasolina Súper en relación a las propiedades analizadas.

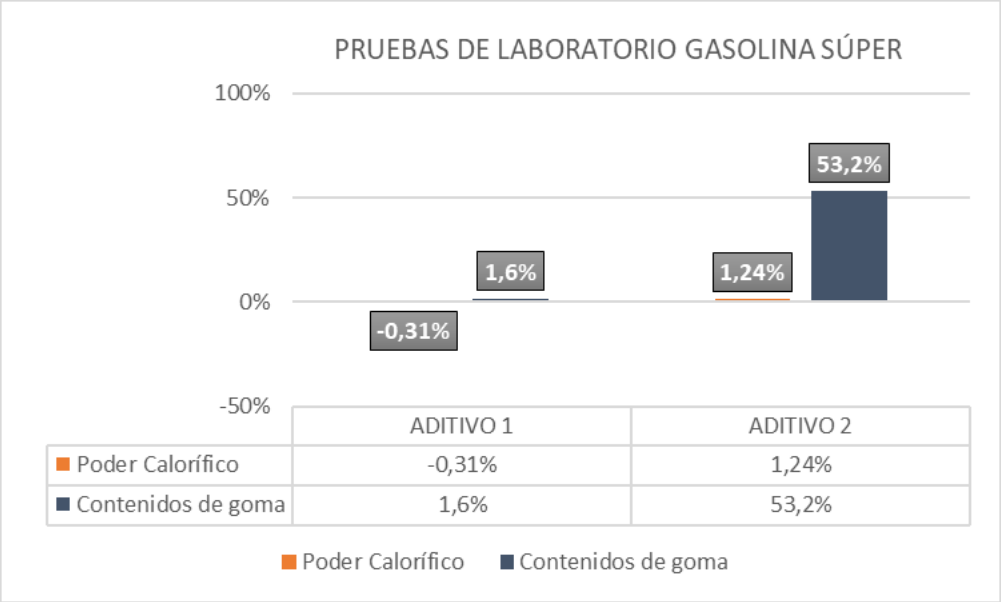

Figura 36. Comparación de resultados de gasolina Súper.

4.2. Resultados del análisis físico-químico con gasolina Ecopaís

En la figura 37 se presentan los resultados de los análisis de la gasolina Ecopaís + aditivos que se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental:

- Para la gasolina Ecopaís, el aditivo no tuvo efecto de mejora en el análisis. El poder calorífico disminuye levemente (-0,27%) con el aditivo 2. Esto debido a la presencia de agua en la mezcla con alcohol que posee la gasolina. Si el aditivo utilizado no influye directamente en esta condición de la gasolina, no propiciará mejora alguna en su composición.
- El poder calorífico se manifiesta de una forma similar con la adición del aditivo 1 (-0,24%).
- Se observa un aumento considerable en el contenido de goma de la gasolina Ecopaís con la presencia del aditivo 2. Esto se debe a la oxidación que puede causar el agua contenida en la mezcla de alcohol.
- En lo que se refiere al porcentaje de contendido de goma, se presenta con una mejora de 8,60% con el aditivo 1.

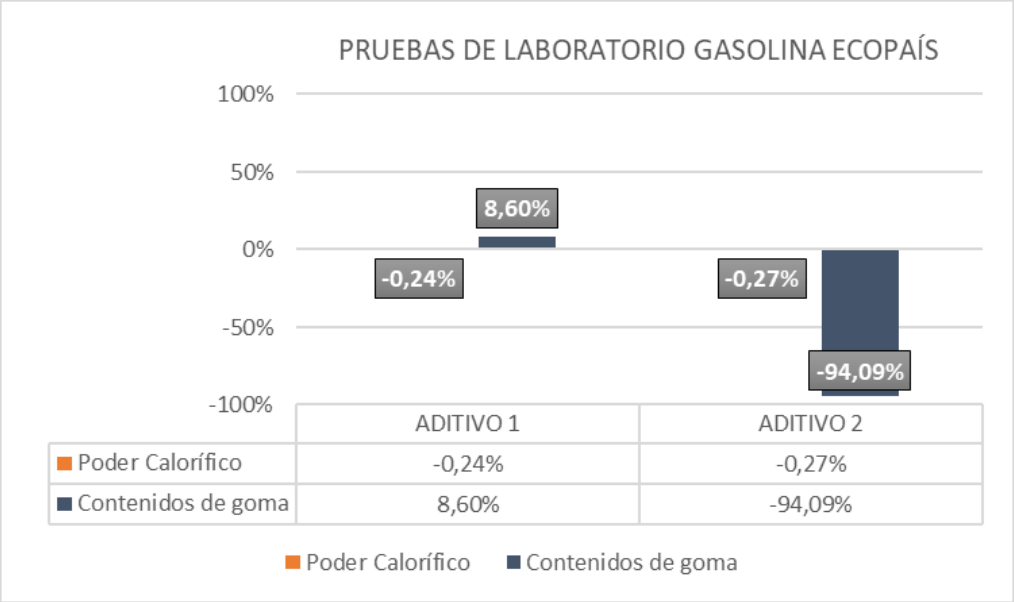

Figura 37. Comparación de resultados de gasolina Ecopaís.

4.3. Resultados del análisis de gases de escape con gasolina Súper

El analizador de gases de escape STARGAS 898 ONE nos permitió obtener los valores de esta prueba.

En la figura 38 se puede observar la comparación de los niveles de monóxido de carbono entre la gasolina Súper sin aditivo y con aditivo. El aditivo utilizado propicia una combustión más completa lo que ocasiona una disminución de los niveles de monóxido de carbono expulsados.

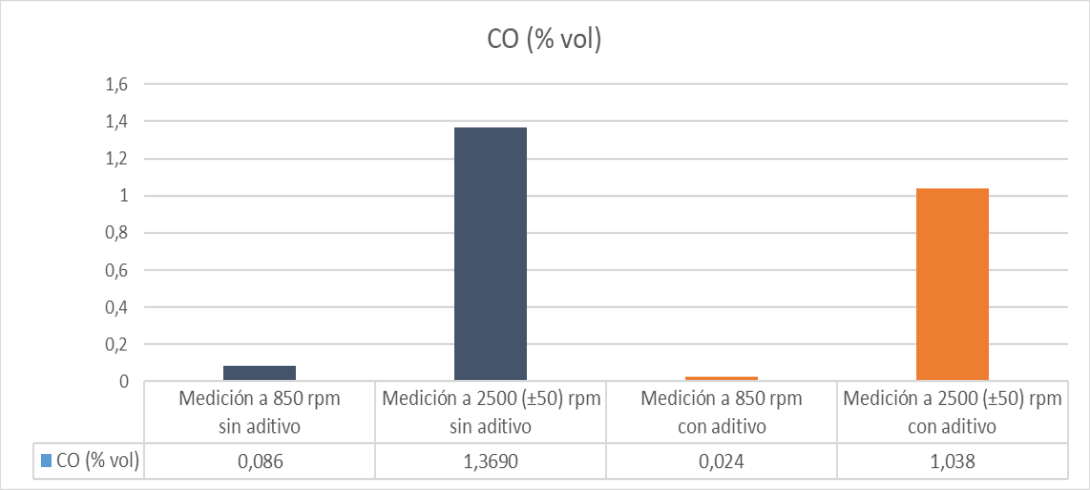

Figura 38. Resultados de monóxidos de carbono. Gasolina Súper.

En la figura 39 se puede observar la comparación de los niveles de dióxido de carbono entre la gasolina Súper sin aditivo y con aditivo. En ralentí como en altas revoluciones los niveles tienden a aumentar lo que se traduce como una mejora en la combustión.

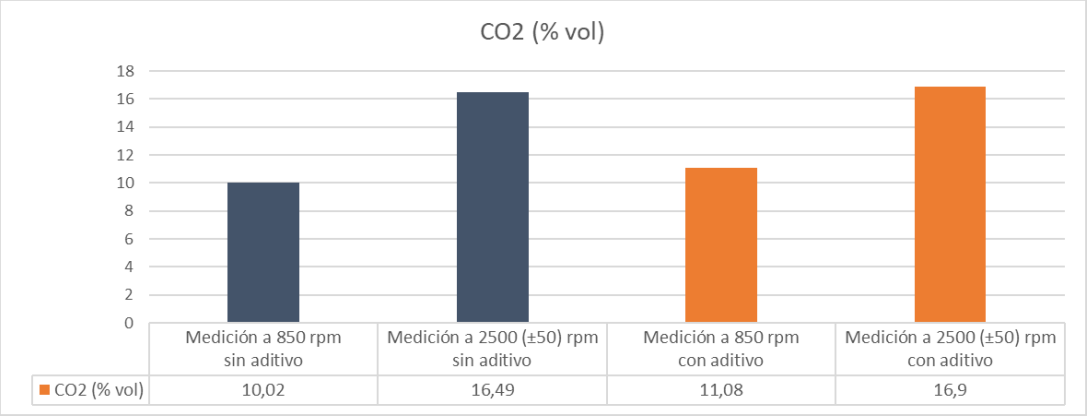

Figura 39. Resultados de dióxidos de carbono. Gasolina Súper.

En la figura 40 se puede observar la comparación de los niveles de hidrocarburos entre la gasolina súper sin aditivo y con aditivo. En ralentí el nivel de hidrocarburos disminuye con el aditivo debido a la presencia de agentes oxigenantes, sin embargo, debido a la mayor cantidad de inyección de combustible en altas revoluciones, la acción del aditivo no puede mitigar los niveles de hidrocarburos resultantes de la combustión.

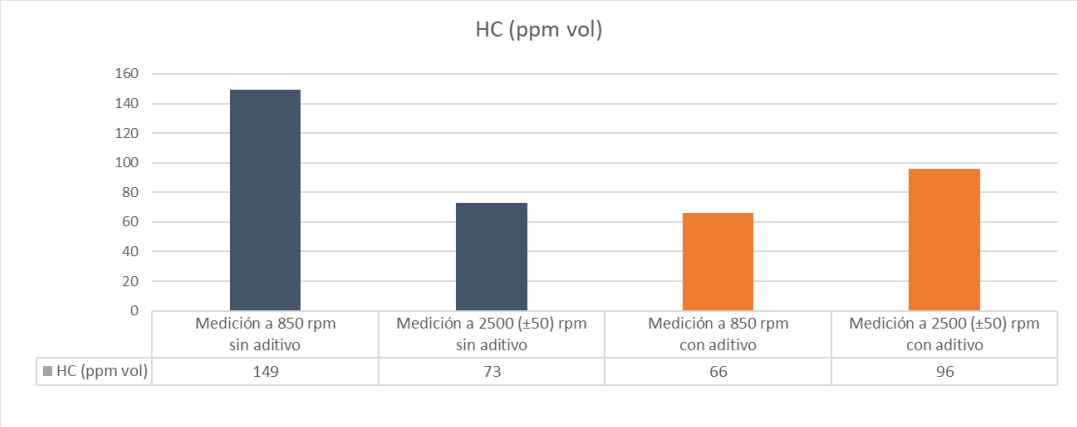

Figura 40. Resultados de hidrocarburos. Gasolina Súper.

En la figura 41 se puede observar la comparación de los niveles de oxígeno entre la gasolina súper sin aditivo y con aditivo. Se presentan residuos de Oxígeno en altas revoluciones en la gasolina sin aditivo. Esto se debe a una combustión incompleta de la gasolina.

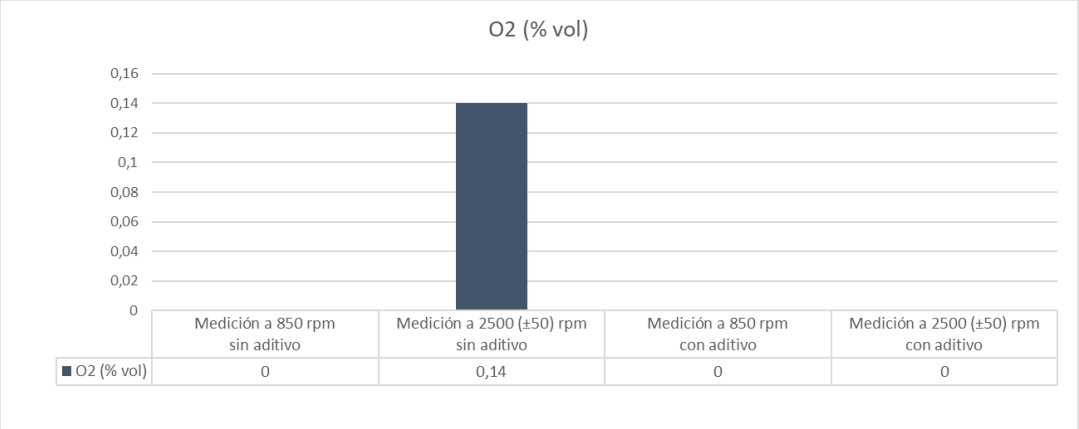

Figura 41. Resultados del oxígeno. Gasolina Súper.

4.4. Resultados del análisis de gases de escape con gasolina Ecopaís

En la figura 42 se puede observar la comparación de los niveles de monóxido de carbono entre la gasolina Ecopaís sin aditivo y con aditivo. La gasolina Ecopaís posee componentes de agua debido a la mezcla con alcohol en su composición. Esto ocasiona que una parte del oxígeno destinado a la combustión se mezcle con el agua presente lo que ocasiona una disminución en los niveles de monóxido de carbono expulsados. Similar a lo que ocurre en la gasolina Súper, el aditivo propicia una combustión más completa (disminución de CO en la gasolina con aditivo a bajas revoluciones).

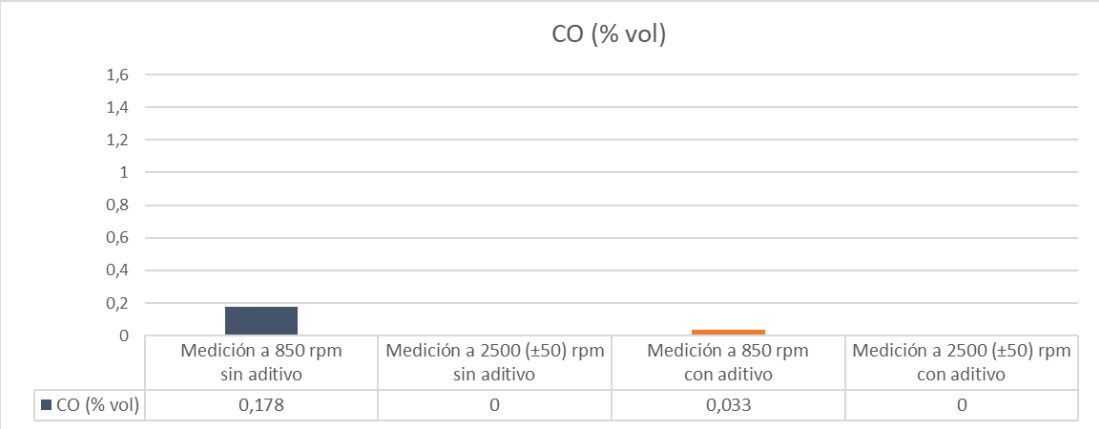

Figura 42. Resultados de monóxidos de carbono. Gasolina Ecopaís.

En la figura 43 se puede observar la comparación de los niveles de dióxido de carbono entre la gasolina Ecopaís sin aditivo y con aditivo. En ralentí como en altas revoluciones, los niveles de dióxido de carbono aumentan en la gasolina con aditivo lo que se traduce como una mejora en la combustión. Sin embargo, comparando los niveles de dióxido de carbono en las gasolinas con aditivos, el valor tiende a disminuir en altas revoluciones.

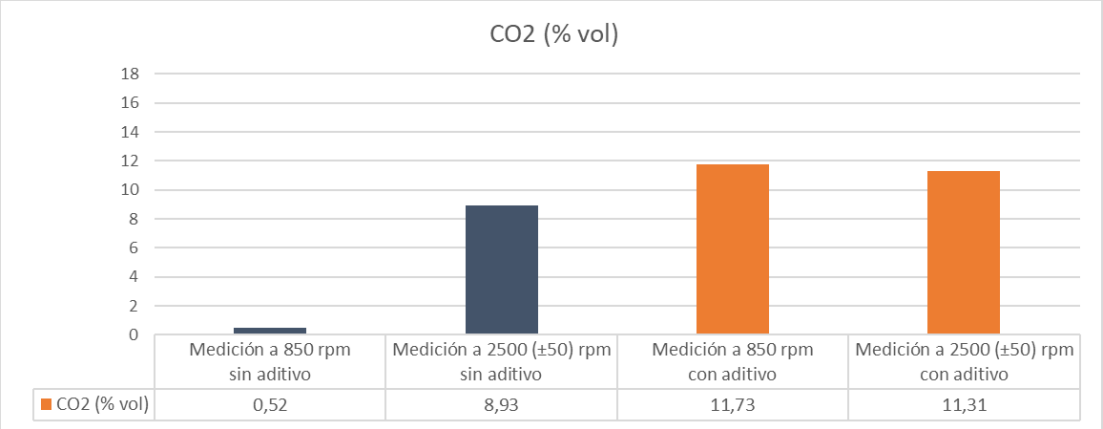

Figura 43. Resultados de dióxidos de carbono. Gasolina Ecopaís.

En la figura 44 se puede observar la comparación de los niveles de hidrocarburos entre la gasolina Ecopaís sin aditivo y con aditivo. En ralentí los niveles de hidrocarburos disminuyen con el aditivo mientras que en altas revoluciones los niveles en la gasolina con aditivo tienden a elevarse en mayores cantidades que en la gasolina sin aditivo. La acción del aditivo no puede mitigar los niveles de hidrocarburos resultantes de la combustión.

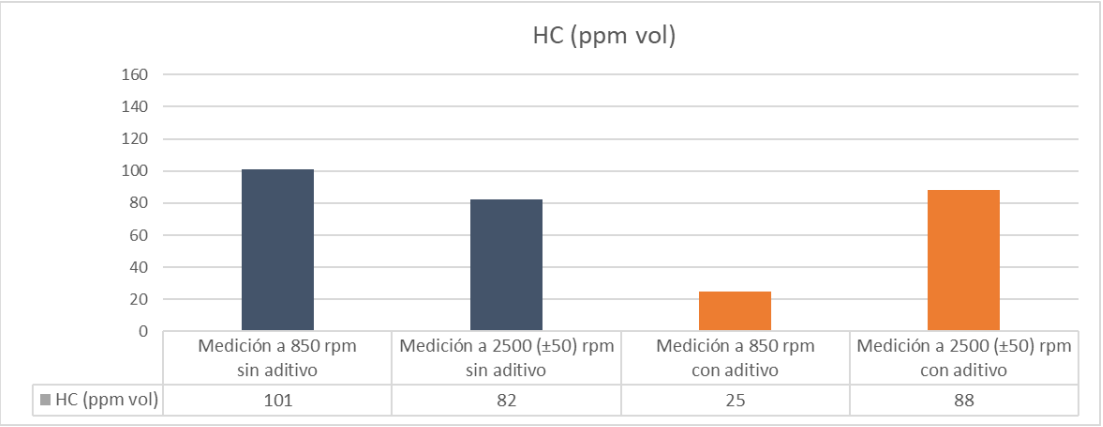

Figura 44. Resultados de hidrocarburos. Gasolina Ecopaís.

En la figura 45 se puede observar la comparación de los niveles de oxígeno entre la gasolina súper sin aditivo y con aditivo, los cuales se mantienen sin variación alguna.

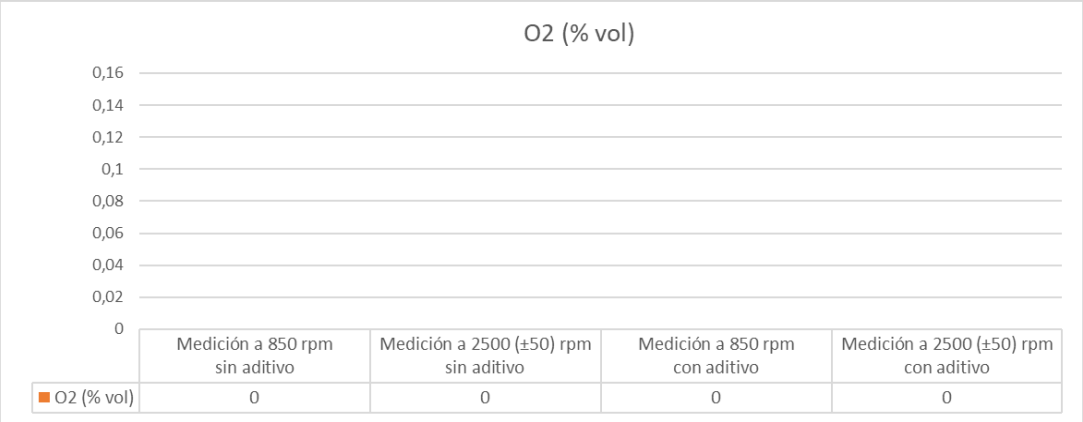

Figura 45. Resultados del oxígeno. Gasolina Ecopaís.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El 70% de la información recopilada corresponde a documentos de investigación menores a 6 años de publicación, por lo que los conceptos que se muestran en el presente proyecto corresponden a información actualizada. Se considera información de proporcionada en libros, artículos, proyectos de titulación, disertaciones, fichas técnicas, organismos internacionales, instituciones gubernamentales, portales e instituciones educativas.
- El 83% de las personas que participaron en la encuesta respondieron afirmativamente cuando fueron consultadas sobre de la idea de que los aditivos mejoran la calidad del combustible. El otro 17% indica que no creen que los aditivos mejoren significativamente la calidad del combustible. Los parámetros de estudio definidos fueron poder calorífico y contenido de goma.
- Mediante las pruebas de laboratorio se pudo evidenciar que uno de los aditivos incrementó en 1,24% el poder calorífico sobre el combustible Súper, sin embargo, sobre la gasolina Eco país no se tuvo incremento alguno. Por otro lado, respecto a la reducción de gomas, un aditivo tuvo una respuesta positiva en la reducción de gomas sobre la gasolina Ecopaís con el 94,09% de reducción. No se puede indicar con certeza la efectividad de los aditivos debido a que en las fichas técnicas no se tiene un detalle de los compuestos usados en la fórmula con lo cual se podría tener mayor soporte de su propiedad principal como aditivo.
- Mediante las pruebas con el analizador de gases de escape se pudo observar que las concentraciones de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC)

disminuyen con el uso de aditivos mientras que el dióxido de carbono (CO_2) incrementó, con lo cual se puede considerar una mejor combustión de la gasolina con la aplicación del aditivo.

5.2. Recomendaciones

- Es habitual encontrar conceptos como el origen, características y composición de combustibles y aditivos en documentos de hace varios años de edición, sin embargo, es importante promover la publicación de nuevos estudios relacionados con el combustible y aditivos con el fin de crear una conciencia social de lo que ocasiona su uso y consumo, y, por consiguiente, promover la mejora de la calidad del aire para futuras generaciones.
- Realizar las pruebas de laboratorio bajo normas establecidas en cuanto a la forma en que se debe tomar la muestra, el recipiente en el que debe ser almacenado y la cantidad de aditivo que se debe añadir en función de la cantidad de combustible que se analizará con el objetivo que los resultados obtenidos sean confiables. Calibrar previamente los equipos a utilizar. Estos deben estar homologados, lo que permite obtener resultados confiables, así como también regirse bajo estándares de normas internacionales para establecer una secuencia de pasos que permitan replicar las pruebas lo más exacto posible y que las variables presentes no afecten los resultados.
- Se debe tener presente el tipo de gasolina al momento de seleccionar un aditivo. En el caso de la gasolina Ecopaís, este es necesario tener en cuenta la presencia de alcohol (etanol) en la mezcla para realizar una correcta selección del aditivo.

Bibliografía

ABRO. (Junio de 2019). *Ficha técnica: Octane Booster*. Obtenido de ABRO: http://cellux.co/wp-content/uploads/2019/06/5.-FICHA-TECNICA.-OB-506-ELEVADOR-DE-OCTANAJE.pdf

Afton Chemical. (Julio de 2018). *Aditivos para combustibles.* Obtenido de Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395705/3._Combustibles.pdf

Aguirre, G., & Vaca, L. (2017). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas de la gasolina extra aditivada con alcoholes en la refinería Esmeraldas.* Quito.

Alianza para Combustibles y Vehículos Limpios. (2016). *Normas de emisiones vehiculares Euro 3.* Obtenido de Alianza para Combustibles y Vehículos Limpios (PCFV): http://www.airqualityandmobility.org/regulatorytoolkit/spanish.html

Alonso, J. M. (2009). *Técnicas del automóvil.* Madrid: Paraninfo.

Ambientum. (2020). *La combustión como proceso de transformación energética*. Obtenido de Ambientum. El portar profesional del medio ambiente: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/la_combustion.asp

Avilés, J. (2018). *Análisis comparativo de la cinética de formación de gomas de las gasolinas Extra y Súper que produce la refinería Esmeraldas en reactores experimentales de vidrio y acero.* Quito.

Bardahl. (Septiembre de 2019). *Propiedades: Top Oil Nanox*. Obtenido de Bardahl: https://www.bardahl.com.mx/pdf/ficha-tecnica/FT-Bardahl-Top-Oil-Nanox-Aumenta-la-Potencia.pdf

Bardhal. (Abril de 2015). *Ficha técnica: Octane Booster*. Obtenido de Bardhal: http://www.bardahl.es/images/stories/Fichas%20Seguridad/SPOCTANEBOOSTER2303MSDSREACH_20150421.pdf

Bardhal. (Febrero de 2018). *Ficha técnica: Top Oil Nanox*. Obtenido de Bardhal: https://www.bardahl.com.mx/pdf/hoja-de-seguridad/HDS-018-15-TOP-OIL-AUMENTA-LA-POTENCIA-NANOX.pdf

Bardhal. (2019). *Propiedades: Octane Booster*. Obtenido de Bardhal: http://www.bardahl.es/index.php/productos/auto/tratamiento-de-combustible/gasolina/incrementador-de-octanos-octane-booster-detail

Barrera, C., Betoret, N., Castelló, M., & Pérez, E. (2018). *Principios básicos de la combustión.* Valéncia: Universitat Politécnica de Valéncia. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/103833/Barrera%3BCastell%C3%B3%3BBetoret%20-%20Principios%20B%C3%A1sicos%20de%20la%20Combusti%C3%B3n.pdf?sequence=1

Boluda, C. J., Macías, M., & González Marrero, J. (2019). La complejidad química de las gasolinas de automoción. Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones, 2(2), 51-79. Doi: https://doi.org/10.22206/cyap.2019.v2i2.pp51-79.

Bonet, C. (Marzo de 2010). *Combustible y lubricante en el transporte.* Obtenido de Revista de la Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría: http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/public/descargas/Combustible_Lubricantes_Transporte

Bosch. (2005). *Manual de la técnica del automóvil.* Alemania: Reverte.

Braskem. (2017). *Fichas de datos de seguridad - ETBE.* Brasil.

Braskem. (2017). *Hoja de datos de seguridad - MTBE.* Brasil.

Carrasco, M., & Guevara, E. (2001). *Efectos ambientales del uso del Metil Tert Butil Eter (MTBE) como oxigenante en la formulación de gasolinas*. Obtenido de Universidad de Carabobo: Ingeniería UC: https://www.redalyc.org/pdf/707/70780102.pdf

Carreras, R., Álvarez (Ed.), J., Callejón (Ed.), I., Forns, S., Balsells, D., Casanova, J., . . . Villa, J. (2005). *Motores alternativos de combustión interna.* España: Universitat Politècnica de Catalunya.

Castillo, P., Mendoza, A., & Caballero, P. (2012). *Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicanos reformulados con Etanol.* Nuevo León.

Chow, S. (2008). *Petroquímica y sociedad.* México: FCE - Fondo de Cultura Económica.

Colin, B. (2001). *Química Ambiental.* Reverté: Madrid.

Druet, F., & Vera, P. (2017). *Evaluación técnica y optimización del uso de aditivos comerciales para elevar el octanaje de las gasolinas en el Ecuador.* Guayaquil.

Ecoenergy. (2019). *Propiedades: Qualco R1 Plus*. Obtenido de Ecoenergy: https://www.qualco.com.ec/productos-destacados/Qualco-R1

Ecoenergy. (2020). *Propiedades: Qualco R1 Eco.* Obtenido de Ecoenergy: https://www.qualco.com.ec/productos-destacados/Qualco-R1-ECO-Automotriz

Ecolab. (2020). *Soluciones de calidad para combustibles*. Obtenido de Ecolab: https://es-la.ecolab.com/solutions/more-fuel-quality-solutions#f:@websolutions=[M%C3%A1s%20soluciones%20de%20calidad%20para%20combustible]&f:@webapplications=[Otras%20soluciones%20de%20calidad%20para%20combustible]

EP Petrocuador. (2018). *EP Petroecuador. Cifras institucionales.* Obtenido de https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/INFORME-ESTAD%C3%8DSTICO-2018.pdf

EP Petroecuador. (marzo de 2015). *El petróleo en el Ecuador. La nueva era*. Obtenido de https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/El-Petr%C3%B3leo-en-el-Ecuador-La-Nueva-Era.pdf

EP Petroecuador. (Marzo de 2017). *Convenio de producción de alcohol*. Obtenido de EP Petroecuador: https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Boletin-20-2017.pdf

EP Petroecuador. (2019). *EP Petroecuador. Cifras institucionales.* Obtenido de https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/01/INFORME-ESTADISTICO-DICIEMBRE-2019.pdf

EP Petroecuador. (Febrero de 2020). *Refinería*. Obtenido de EP Petroecuador: https://www.eppetroecuador.ec/?p=6388

García, S. (2015). *Centrales termoeléctricas de Biomasa.* Madrid.

González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares.* Madrid: Paraninfo.

Google Maps. (2020). *Ubicación geográfica UIDE Escuela de Ingeniería Automotriz*. Obtenido de Google: https://www.google.com/maps/place/UIDE+Universidad+Internacional+Del+Ecuador+-+Facultad+de+Ingenier%C3%ADa+Automotriz/@-2.1565204,-79.9133871,18.36z/data=!4m8!1m2!2m1!1sgoogle+maps+uide+guayaquil!3m4!1s0x902d6d8416465387:0xaaf52874b0092005!8m2!3d-2.156531

Haffar, N. (Enero de 2019). *Fórmula química de la gasolina*. Obtenido de Quora: https://es.quora.com/Cu%C3%A1l-es-la-f%C3%B3rmula-qu%C3%ADmica-de-la-gasolina

Hormaeche, J., Pérez de Laborda, Á., Sáenz de Ormijana, T., Antón, F., Beristain, I., Jaca, J., & Olalde, A. (2008). *El petróleo y la energía en la economía.* Vitoria-Gasteiz: Grafo.

International Labour Organization. (Noviembre de 2003). *Características del Tetraetilo de Plomo.* Obtenido de International Labour Organization: https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=8&p_edit=&p_version=2&p_lang=es

Iriondo, A., Caballero, B., & De Blas, M. (2018). Obtenido de https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/16692/mod_resource/content/6/Tema2-Materiales%20de%20Estudio.pdf

ISQCH. (Febrero de 2014). *Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea.* Obtenido de https://isqch.wordpress.com/2014/02/14/quimica-y-patentes-ii-el-tetraetilplomo/

Legrand, M. (2015). Fuentes de energía. Capítulo 4: Petróleo. Combustibles líquidos y gaseosos. Leganés, España.

Liqui Moly. (2019). *Ficha técnica: Octane Plus*. Obtenido de Liqui Moly: https://liqui-moly.cl/pdfs/2529_ft.pdf

Liqui Moly. (2019). *Propiedades: Octane Plus*. Obtenido de Liqui Moly: https://liqui-moly.cl/archivos/fichas_tecnicas/8355_FT.pdf

Lluch, J. (2012). *Tecnología y margen de refino del petróleo.* Madrid: Díaz de Santos.

MCPEC, & MCSE. (2015). *Modificatoria de composición de la gasolina Ecopaís.* Obtenido de Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad y Ministerio de Coordinación de los Sectores Estratégicos: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento%20COMPOSICI%C3%93N%2C%20DISTRIBUCI%C3%93N%20Y%20COMERCIALIZACI%C3%93N%20DE%20GASOLINA%20ECOPA%C3%8DS%20%28FIEL%29.pdf

Medina, A. (2016). *Alcoholes, Fenoles y Éteres*. Obtenido de Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería Industrial: https://fdocumento.com/document/alcohol-es-5697dbff1e9fe.html

Noboa, G. (Dirección). (2013). *Introducción a los procesos de combustión* [Película].

NTE INEN 935: 2016-02. (2020). *Productos derivados del petróleo. Gasolina. Requisitos.* Obtenido de INEN: Servicio Ecuatoriano de Normalización: https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/nte-inen-935-9.pdf

Núñez, S., & Chang, B. (2018). *Generación de viajes ajustados a las circunstancias de gasolineras con tiendas de conveniencia de la ciudad de Guayaquil.* Guayaquil.

OPIS. (2017). *Presión de vapor Reid*. Obtenido de Oil Price Information Service: https://www.opisnet.com/es/glossary-term/reid-vapor-pressure-rvp/

Organización Mundial de la Salud (OMS). (Agosto de 2019). *Intoxicación por plomo y salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud (OMS): https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health

Palencia, F. (2013). *Influencia de los aditivos oxigenados sobre las propiedades de las gasolinas.* Oviedo.

Química UNAM. (Diciembre de 2016). *química.unam.mx*. Obtenido de https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/12etanol.pdf

Rafael, M., & Hernández, A. (2014). *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible.* Querétaro. Obtenido de https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf

Ricardo, R. (Diciembre de 2011). *Proceso de cracking catalítico*. Obtenido de Atlantic International University:

https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Rodrigo%20Ricardo%20Paredes.pdf

Sánchez, E. (2011). *Sistemas auxiliares del motor.* Madrid: Macmillan Iberia, S.A.

Satán Villa, L. (Septiembre de 2015). Plan de implementación de producción más limpia en la empresa Ecoenergy CIA. Ltda. Quito, Pichincha, Ecuador.

Tecno Test Stargas. (2020). *Especificaciones técnicas: Stargas 898 One*. Obtenido de Tecno Test Stargas: http://delpozoautomocion.com/librerias/ver_pdf.php?tab=documentos&nc_cod=codigo&cod=41&nc_pdf=archivo

Textos Científicos. (Mayo de 2006). *Combustibles gaseosos*. Obtenido de Textos científicos: https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/gaseosos

Textos Científicos. (Mayo de 2006). *Combustibles Líquidos*. Obtenido de Textos Científicos: https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/liquidos

Tipanluisa, L., Remache, A., Ayabaca, C., & Reina, S. (Febrero de 2017). *Emisiones contaminantes de un motor de gasolina funcionando a dos cotas con combustibles de dos calidades.* Obtenido de Scientific Electronic Library Online: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100002

Ucha, F. (Julio de 2011). *Definición de combustible*. Obtenido de Definición ABC: https://www.definicionabc.com/general/combustible.php

United States Environmental Protection Agency. (Noviembre de 2009). *Acute Exposure Guideline Levels for Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE).*

Wauquier, J. (2007). *El refino del petróleo: petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación.* Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Wiesner, W. (Enero de 2012). *Azufre en combustibles*. Obtenido de El Universo: https://www.eluniverso.com/2012/01/10/1/1366/azufre-combustibles.html

Yepez, R. (2013). *Estudio de factibilidad para la creación y operación de una estación de servicio en la vía Aloag - Tandapi, parroquia Manuel Cornejo Astorja* . Sangolquí.

Anexos

Anexo 1 – Informe de análisis químico instrumental

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Laboratorio de Análisis Químico Instrumental

INFORME DE ANÁLISIS

Informe de Análisis Nº:	061 – 2019
Cliente:	**Andrés Montero M.**
Solicitado por:	Andrés Montero M.
Fecha de recepción de muestra(s):	2019-09-25
Fecha de realización y finalización de ensayo:	2019-09-25 / 2019-10-16
Analizado por:	Ing. Tyrone Alcívar R.
Fecha de emisión del informe:	16 de octubre de 2019

Parámetros	Unidades	Resultados			Método de Análisis
		M1	M2	M3	
Poder calorífico	J/g	41928 ± 1	41796 ± 1	42448 ± 1	ASTM D240
Contenidos de gomas	mg/100ml	5.06±0.01	4.98±0.01	2.37± 0.01	ASTM D381

Observaciones:
Humedad / Temperatura promedio del Laboratorio: 64 % / 27°C
Muestra(s) entregada(s) e ingresada(s) por el cliente como:
M1 = Gasolina "SUPER"
M2 = Gasolina "SUPER + Aditivo 1
M3 = Gasolina "SUPER + Aditivo 2
Nota aclaratoria – Estos parámetros no forman parte del alcance de Acreditación ante el SAE

Parámetros	Unidades	Resultados			Método de Análisis
		M4	M5	M6	
Poder calorífico	J/g	42031 ± 1	41931 ± 1	41917 ± 1	ASTM D240
Contenidos de gomas	mg/100ml	3.72±0.01	3.40±0.01	7.22±0.01	ASTM D381

Observaciones:
Humedad / Temperatura promedio del Laboratorio: 64 % / 27°C
Muestra(s) entregada(s) e ingresada(s) por el cliente como:
M4 = Gasolina "ECO"
M5 = Gasolina "ECO + Aditivo 1
M6 = Gasolina "ECO + Aditivo 2
Nota aclaratoria – Estos parámetros no forman parte del alcance de Acreditación ante el SAE

PhD. Joan Vera Villalobos
Coordinador de Laboratorios

LCC/.

Notas: El informe original es válido solo con el sello seco de seguridad de alto relieve ubicado en la parte inferior derecha de la hoja y no debe ser reproducido de forma parcial o total, excepto por su emisor como copia autorizada.
Las incertidumbres calculadas están a disposición del cliente (Aplica para Métodos Acreditados)
Los resultados obtenidos corresponden solo a la muestra analizada.
Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales.
Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

Ecuador - Guayaquil – Campus Gustavo Galindo, km 30.5 vía Perimetral, Código Postal 090903
Teléfonos: 2269559

LESPEC-MC2303-01

Página 1 de 1

Anexo 2 – Formato de la encuesta

UÍDE Universidad Internacional del Ecuador | ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Estimado señor usuario,

La presente encuesta tiene como objetivo indagar sobre los aditivos para combustibles que más demanda tienen en la ciudad de Guayaquil para la elaboración del proyecto de investigación "Análisis de las propiedades de la gasolina Súper y Ecopaís comercializada en la ciudad de Guayaquil al ser mezclado con un aditivo" por lo que solicitamos de su amable ayuda contestando las siguientes preguntas:

1. **¿Qué tipo de combustible utiliza?**
   - ☐ Súper
   - ☐ Ecopaís
   - ☐ Diésel
2. **¿Cree usted que el combustible que se comercializa en la ciudad de Guayaquil es de buena calidad?**
   - ☐ Si
   - ☐ No
3. **¿Ha utilizado aditivos para combustible?**
   - ☐ Si
   - ☐ No

4. **¿Cree usted que el uso de aditivos mejora la calidad del combustible?**

   ☐ Si

   ☐ No

5. **En caso de haber respondido afirmativamente la pregunta anterior: ¿Cuál es el nombre del aditivo que usa?**

   - _____

6. **¿Qué principal beneficio busca que le brinde el aditivo?**

   ☐ Aumento de potencia del motor

   ☐ Ahorro de combustible

   ☐ Eliminar impurezas del combustible

   ☐ Limpiador de inyectores (Detergente)

   - Otro: _____.

7. **¿En qué lugar prefiere adquirir el aditivo?**

   ☐ Gasolinera

   ☐ Centros de servicio

   ☐ Autoservicios

8. **¿Con qué frecuencia utiliza aditivos?**

   ☐ Cada mes

   ☐ En cada mantenimiento

   ☐ En cada abastecimiento de combustible

Gracias por su colaboración