



**Análisis de la incidencia de aditivos de fracción líquida en combustibles en el performance de
motores de combustión interna MEC - MEP.**

Coyago Ulco, Luis Geovanny y Fierro Jaramillo, Alexis Adrian

Departamento de Ciencias de La Energía Y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

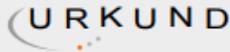
Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Msc. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

30 de agosto del 2021

Latacunga

Reporte de urkund



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Trabajo de Titulacion Coyago Ulco Luis Geovanny Fierro Jaramillo Alexis Adrian (1).pdf (D111755924)
Submitted: 8/27/2021 4:17:00 PM
Submitted By: loretaibarra@yahoo.es
Significance: 10 %

Sources included in the report:

TESIS FINAL POLITECNICA NACIONAL 22 DE ENERO.docx (D13072579)
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18340>
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13204>
<https://castillogrupo.com/blog/composicion-y-caracteristicas-del-gasoleo/>
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/11773>
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf>
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11957/1/Bermeo%20Tene%252c%20Glyder%20Arturo%252c%20C%3%B3rdova%20Balc%3%A1zar%252c%20Byron%20Efra%20C3%ADn.pdf>
<http://ecoplas.org.ar/pdf/38.pdf>
<https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/nt-en-935-9.pdf>
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2202-1.pdf>
<https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/23.2016.06>
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2650/Tesis%20completa%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/detalles/term/aditivos-y-colorantes-de-combustible.html>
<https://ph-technology.net/propiedades-mecanicas-de-plasticos-para-la-industria/>
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/propiedades-electricas.html>
<https://sites.google.com/site/plasticosap/3--propiedad-de-los-plasticos/conductividad-electrica>
<https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2013/07/Manual-de-Productos-2016.pdf>
<https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/quimica/productos/polipropileno/index.cshml>
<https://www.energiaadebate.com/click/87/Doctogasolinav1.2.pdf>
https://www.voulis.com/files/voulis-handbook-fuel-improvers_es.pdf
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/20357/1/9944_1.pdf

Instances where selected sources appear:

54



Firmado electrónicamente por:
**LEONIDAS
ANTONIO QUIROZ
ERAZO**

Ing. Quiroz Erazo Leonidas Antonio MSc.

C.C.: 0502509995



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE ADITIVOS DE FRACCIÓN LÍQUIDA EN COMBUSTIBLES EN EL PERFORMANCE DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA MEP - MEC” fue realizado por el señores: **Coyago Ulco, Luis Geovanny y Fierro Jaramillo, Alexis Adrian** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 30 de agosto del 2021



Firmado electrónicamente por:
**LEONIDAS
ANTONIO QUIROZ
ERAZO**

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio MSc.

C.C.: 0502509995



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Coyago Ulco, Luis Geovanny**, con cedula de ciudadanía 171841050-7 y **Fierro Jaramillo, Alexis Adrian**, con cedula de ciudadanía 110434646-3 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE ADITIVOS DE FRACCIÓN LÍQUIDA EN COMBUSTIBLES EN EL PERFORMANCE DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA MEP - MEC** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE respetando los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Latacunga, 30 de agosto del 2021

Fierro Jaramillo, Alexis Adrian

C.C.:1104346463

Coyago Ulco, Luis Geovanny

C.C.:1718410507



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Coyago Ulco, Luis Geovanny**, con cedula de ciudadanía 171841050-7 y **Fierro Jaramillo, Alexis Adrian**, con cedula de ciudadanía 1104346463, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE ADITIVOS DE FRACCIÓN LÍQUIDA EN COMBUSTIBLES EN EL PERFORMANCE DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA MEP - MEC** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 30 de agosto del 2021

Fierro Jaramillo, Alexis Adrian

C.C.:1104346463

Coyago Ulco, Luis Geovanny

C.C.:1718410507

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación en primer lugar lo dedico a Dios y la Virgen del Quinche por todas sus bendiciones recibidas a lo largo de mi preparación académica y permitirme llegar a cumplir uno de mis objetivos anhelados con humildad, a mi familia que jamás me dejaron solo ya que han estado en todo momento.

A mis amados padres Francisco Coyago y Clara Ulco por todo el apoyo incondicional que me supieron brindar y guiarme para ser un hombre de bien que a pesar de mi tropiezo en mi carrera estudiantil me supieron extenderme la mano y no dejarme caer no me queda más que agradecerles de todo corazón x el amor y apoyo que me brindad día a día.

A mis hermanas, Nathaly, Jacqueline por ser guías y ejemplo de superación por toda la paciencia que me tuvieron en todo este tiempo por siempre estar alentándome a continuar mis estudios y no darme por vencido y este título se los dedico con mucho cariño.

A mi sobrina Melanie por ser la consentida de casa que a pesar de sus pequeños años y su inocencia me daba sus buenos deseos para que termine mi carrera y sea un profesional.

A Mayra mi esposa con mucho amor ya que ha estado en cada momento moralmente aconsejándome y guiándome a que culmine mi carrera, a mi hijo Joaquín Alejandro que desde su llegada a nuestras vidas a echo que cada día sea único y especial y motivo para superarme cada día.

Luis

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Alexis

AGRADECIMIENTO

A mi madre Clara que siempre estuvo en todo momento apoyándome moralmente y económicamente para poder desarrollar mi proyecto de investigación que sin su ayuda no lo hubiera logrado.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga por lo formación académica a mis docentes que desde mis inicios como estudiante me brindaron sus conocimientos en especial al Ing. Leónidas Quiroz por ser una gran persona ya que me ha brindado su amistad, apoyo y colaboración durante todo el desarrollo del proyecto de investigación.

Luis

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial al Ing. Leonidas Quiroz, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Alexis

Tabla de contenido	
Carátula.....	1
Certificación	2
Urkund	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Tabla de contenido	10
Índice de figuras.....	16
Índice de tablas.....	19
Índice de ecuaciones	22
Resumen	23
Abstract.....	24
Generalidades.....	25
Antecedentes	25
Planteamiento del Problema	27
Descripción Resumida del Proyecto	30

Justificación e Importancia	32
Objetivos	33
<i>Objetivo General</i>	33
<i>Objetivos Específicos</i>	33
Meta.....	34
Hipótesis	34
Variables de Investigación.....	34
<i>Variable Independiente</i>	35
<i>Variable Dependiente</i>	36
Marco Teórico.....	38
Aditivos..	38
<i>Estabilizadores</i>	38
<i>Desemulsionante</i>	38
<i>Mejorador de Flujo en frío</i>	39
<i>Mejorador de Lubricidad</i>	39
<i>Mejorador de cetano</i>	39
<i>Mejorador de Octanos</i>	40
Combustible	40
<i>Gasolina Extra</i>	40
<i>Diésel</i>	49

Plásticos	55
<i>Propiedades de los Plásticos</i>	55
<i>Clasificación de los Plásticos</i>	57
Pirolisis	60
<i>Tiempo de residencia</i>	61
<i>Reactores de Pirolisis</i>	61
Opacidad	63
<i>Definición</i>	63
<i>Transmitancia</i>	64
<i>Coefficiente de Absorción de luz</i>	64
<i>Ley de Berr Lambert</i>	65
Emisiones	65
<i>Monóxido de Carbono</i>	66
<i>Óxidos de Nitrógeno</i>	66
<i>Hidrocarburos</i>	66
<i>Dióxido de Carbono</i>	67
<i>Material particulado</i>	67
Motores de Encendido por Compresión (MEC)	67
Motores de Encendido Provocado (MEP)	68
Torque	68

<i>Potencia</i>	69
Caracterización del aditivo de fracción líquida de combustible	70
Volumen de mezcla requerida por prueba	70
<i>Caracterización</i>	70
<i>Emisiones</i>	70
<i>Pruebas de torque y potencia</i>	71
<i>Volumen total de combustible y aditivo</i>	72
Caracterización de la mezcla de gasolina extra con aditivo	73
<i>Octanaje</i>	73
<i>Presión de vapor</i>	74
<i>Densidad Relativa</i>	76
<i>Contenido de Gomas</i>	77
<i>Resultados de la caracterización</i>	78
<i>Comparación con la norma NTE INEN 935:2016</i>	79
Caracterización de la mezcla de Diésel Premium con aditivo	80
<i>Resultados de la Caracterización</i>	80
<i>Comparación con la norma NTE INEN 1489:2016</i>	81
Análisis del rendimiento de MEP Y MEC	84
Pruebas de Torque y Potencia	84
<i>Preparación de los vehículos</i>	84

<i>Normativa para realizar las pruebas</i>	90
<i>Procedimiento de medición</i>	90
Pruebas de Emisiones	91
<i>Medición de emisiones vehículo de prueba 1</i>	91
<i>Medición de opacidad en vehículo de prueba 2</i>	95
Tabulación de datos	98
<i>Emisión de gases vehículo de prueba 1</i>	98
<i>Opacidad Vehículo de prueba 2</i>	104
<i>Torque y potencia</i>	111
Análisis de Resultados	116
<i>Emisiones Vehículo de prueba 1</i>	116
<i>Opacidad Vehículo de prueba 2</i>	134
<i>Potencia</i>	138
<i>Torque</i>	140
Marco Administrativo	143
Factibilidad del proyecto	143
Recursos Humanos	143
Recursos Materiales	144
Recursos Tecnológicos	144
Presupuesto	145

Recursos Financieros.....	145
Análisis costo del proyecto	147
Cronograma.....	148
Conclusiones.....	149
Recomendaciones.....	151
Bibliografía	152
Anexos	157

Índice de figuras

Figura 1 <i>Árbol de problema</i>	28
Figura 2 <i>Proceso de Manufactura de Gasolina</i>	42
Figura 3 <i>Diagrama Octano - Relación de Compresión</i>	46
Figura 4 <i>Curva de Destilación</i>	47
Figura 5 <i>Equilibrio de vapor</i>	48
Figura 6 <i>Vista esquemática de destilación de petróleo crudo</i>	50
Figura 7 <i>Volatilidad</i>	53
Figura 8 <i>Poliestireno de Cristal en gránulos antes de ser procesado</i>	58
Figura 9 <i>Etapas del Poliestireno Expandido hasta su Forma de modelado</i>	59
Figura 10 <i>Gránulos de polipropileno parcialmente cristalino</i>	60
Figura 11 <i>Rendimiento de Fracción líquida de Pirolysis</i>	60
Figura 12 <i>Reactor de tanque aireado</i>	61
Figura 13 <i>Reactor de lecho Fluidizado</i>	62
Figura 14 <i>Horno reactor de Pirolysis</i>	63
Figura 15 <i>Motor C.F.R</i>	73
Figura 16 <i>Equipo de prueba de presión de vapor de tipo Reid</i>	75
Figura 17 <i>Higrómetro</i>	77
Figura 18 <i>Reporte de caracterización gasolina</i>	78
Figura 19 <i>Reporte de caracterización diésel</i>	81
Figura 20 <i>Diagrama de Flujo de mantenimiento</i>	86
Figura 21 <i>Tanque de auxiliar de combustible</i>	87
Figura 22 <i>Tanque auxiliar en vehículo de prueba 1</i>	87
Figura 23 <i>Diagrama de mantenimiento vehículo de prueba 2</i>	89

Figura 24 <i>Deposito auxiliar de combustible vehículo de prueba 2</i>	90
Figura 25 <i>Vehículo de prueba 2 en banco dinamométrico</i>	91
Figura 26 <i>Conexión de equipo MGT-300</i>	92
Figura 27 <i>Conexión de la sonda en la entrada de la bayoneta de aceite</i>	93
Figura 28 <i>Reporte de emisiones Test Oficial</i>	94
Figura 29 <i>Reporte de emisiones Test Continuo</i>	95
Figura 30 <i>Equipo 57-5000</i>	96
Figura 31 <i>Obstrucción de la cámara de medición</i>	96
Figura 32 <i>Sonda en el tubo de escape del vehículo</i>	97
Figura 33 <i>Reporte de opacidad</i>	98
Figura 34 <i>Promedio CO test oficial en ralentí</i>	116
Figura 35 <i>Promedio CO2 Test Oficial Ralentí</i>	117
Figura 36 <i>Promedio O2 Test Oficial Ralentí</i>	118
Figura 37 <i>Promedio HC Test Oficial Ralentí</i>	119
Figura 38 <i>Promedio Factor Lambda Test oficial ralentí</i>	120
Figura 39 <i>CO test oficial aceleración</i>	121
Figura 40 <i>CO2 test oficial aceleración</i>	122
Figura 41 <i>O2 test oficial aceleración</i>	123
Figura 42 <i>HC test oficial aceleración</i>	124
Figura 43 <i>Factor Lambda test oficial aceleración</i>	125
Figura 44 <i>Promedio HC test continuo</i>	126
Figura 45 <i>Promedio CO test continuo</i>	127
Figura 46 <i>Promedio CO2 test continuo</i>	128
Figura 47 <i>Promedio O2 test continuo</i>	129

Figura 48 <i>Promedio NO test continuo</i>	130
Figura 49 <i>Promedio CO Corr test continuo</i>	131
Figura 50 <i>Promedio Factor Lambda test continuo</i>	132
Figura 51 <i>Valores de opacidad para primer grupo de pruebas</i>	135
Figura 52 <i>Valores de opacidad para segundo grupo de pruebas</i>	136
Figura 53 <i>Valores de opacidad para ensayo con accesorios encendidos</i>	137
Figura 54 <i>Comparación de potencia vehículo de prueba 1</i>	138
Figura 55 <i>Comparación de potencia vehículo de prueba 2</i>	139
Figura 56 <i>Comparación de resultados de torque vehículo de prueba 1</i>	140
Figura 57 <i>Comparación de resultados de torque vehículo de prueba 2</i>	141

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Variable independiente</i>	35
Tabla 2 <i>Variable dependiente</i>	36
Tabla 3 <i>Porcentajes de Mezcla para la formulación de gasolina</i>	43
Tabla 4 <i>Requisitos de Gasolina Extra</i>	44
Tabla 5 <i>Características Diésel</i>	51
Tabla 6 <i>Propiedades físicas del plástico</i>	56
Tabla 7 <i>Volumen muestras caracterización</i>	70
Tabla 8 <i>Volumen de muestras emisiones</i>	71
Tabla 9 <i>Volúmenes de Mezcla</i>	72
Tabla 10 <i>Volumen total de gasolina, diésel y aditivo</i>	72
Tabla 11 <i>Dimensiones de aparato de presión de vapor</i>	75
Tabla 12 <i>Especificaciones Hidrómetro</i>	76
Tabla 13 <i>Comparación de resultados con la Norma NTE INEN 935:2016</i>	79
Tabla 14 <i>Cálculo de Índice Antidetonante</i>	79
Tabla 15 <i>Comparación de resultados de laboratorio con Norma NTE INEN 1489:2016</i>	81
Tabla 16 <i>Ficha Técnica Vehículo de prueba 1</i>	85
Tabla 17 <i>Ficha técnica vehículo de prueba 2</i>	88
Tabla 18 <i>Resultados de emisión de HC, CO y CO₂ en test continuo</i>	99
Tabla 19 <i>Resultados de emisión de O₂, NO y CO Corr en test continuo</i>	100
Tabla 20 <i>Resultados de Factor Lambda en test continuo</i>	101
Tabla 21 <i>Emisiones Test oficial gasolina extra y mezcla aditivo 20% y 15%</i>	102
Tabla 22 <i>Emisiones Test oficial gasolina extra y mezcla aditivo 10% y 5%</i>	103
Tabla 23 <i>Opacidad 1 aditivo 20%, 15% y sin aditivo condiciones optimas</i>	105

Tabla 24 <i>Opacidad 1 aditivo 10% y 5% en condiciones optimas</i>	106
Tabla 25 <i>Opacidad 2 aditivo 20%, 15% y sin aditivo condiciones optimas</i>	107
Tabla 26 <i>Opacidad 2 aditivo 10% y 5% en condiciones optimas</i>	108
Tabla 27 <i>Opacidad accesorios activados aditivo 20%, 15% y sin aditivo</i>	109
Tabla 28 <i>Opacidad accesorios activados aditivo 10%, 5%</i>	110
Tabla 29 <i>Resultados torque y potencia vehículo de prueba 1 sin aditivos</i>	112
Tabla 30 <i>Resultados torque y potencia vehículo de prueba 1 con aditivo 20%</i>	113
Tabla 31 <i>Resultados torque y potencia vehículo de prueba 2 sin aditivos</i>	114
Tabla 32 <i>Resultados torque y potencia vehículo de prueba 2 con aditivo 20%</i>	115
Tabla 33 <i>Monóxido de carbono Test Oficial en Ralentí</i>	116
Tabla 34 <i>CO2 Test Oficial en Ralentí</i>	117
Tabla 35 <i>O2 Test Oficial en Ralentí</i>	118
Tabla 36 <i>HC Test Oficial en Ralentí</i>	118
Tabla 37 <i>Factor Lambda Test Oficial en Ralentí</i>	119
Tabla 38 <i>Promedio CO test oficial aceleración</i>	120
Tabla 39 <i>Promedio CO2 test oficial aceleración</i>	121
Tabla 40 <i>Promedio O2 test oficial aceleración</i>	122
Tabla 41 <i>Promedio HC test oficial aceleración</i>	123
Tabla 42 <i>Promedio Factor Lambda test oficial aceleración</i>	124
Tabla 43 <i>Promedio HC test continuo</i>	125
Tabla 44 <i>Promedio CO test continuo</i>	126
Tabla 45 <i>Promedio CO2 test continuo</i>	127
Tabla 46 <i>Promedio O2 test continuo</i>	128
Tabla 47 <i>Promedio NO test continuo</i>	129

Tabla 48 <i>Promedio CO Corr test continuo</i>	130
Tabla 49 <i>Promedio Factor Lambda test continuo</i>	131
Tabla 50 <i>Opacidad primer grupo de pruebas</i>	134
Tabla 51 <i>Opacidad Segundo grupo de pruebas</i>	135
Tabla 52 <i>Opacidad accesorios encendidos</i>	136
Tabla 53 <i>Valores promedio de potencia vehículo de prueba 1</i>	138
Tabla 54 <i>Valores promedio de potencia vehículo de prueba 2</i>	139
Tabla 55 <i>Valores promedio de torque vehículo de prueba 1</i>	140
Tabla 56 <i>Valores promedio de torque vehículo de prueba 2</i>	141
Tabla 57 <i>Recursos Humanos</i>	143
Tabla 58 <i>Recursos Materiales</i>	144
Tabla 59 <i>Recursos Tecnológicos</i>	144
Tabla 60 <i>Materiales y equipos utilizados en el desarrollo del proyecto</i>	145
Tabla 61 <i>Costo de Pruebas Realizadas</i>	146
Tabla 62 <i>Gastos Imprevistos</i>	147
Tabla 63 <i>Análisis de Costos</i>	147

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 <i>Sensibilidad al Octanaje</i>	45
Ecuación 2 <i>Índice de Octano</i>	45
Ecuación 3 <i>Índice Antidetonante</i>	45
Ecuación 4 <i>Opacidad</i>	63
Ecuación 5 <i>Transmitancia</i>	64
Ecuación 6 <i>Coefficiente de absorción de luz</i>	64
Ecuación 7 <i>Transmitancia</i>	65
Ecuación 8 <i>Opacidad</i>	65
Ecuación 9 <i>Torque</i>	69
Ecuación 10 <i>Potencia</i>	69

Resumen

El presente trabajo de titulación investigó la incidencia del uso de combustible obtenido como fracción líquida durante pirolisis de desechos plásticos de polipropileno y poliestireno como aditivo a gasolina extra y diésel Premium en proporciones de 5% a 20% en los parámetros característicos de torque, potencia, emisiones y opacidad de los vehículos de prueba. Se realizó las caracterizaciones de las mezclas de combustible con el aditivo en LACBAL y se comparó los resultados con las normas INEN NTE 935 e INEN 1489. Se llevó a cabo pruebas de emisiones mediante el uso de del equipo AGS 688 con ensayos de prueba continua y test oficial, se comparó los resultados obtenidos con los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204. Se llevó a cabo pruebas para la determinación de la opacidad, estas pruebas se las realizo en base a la norma NTE INEN 2202. Se realizó pruebas de torque y potencia en base a la norma SAE J1349 en un dinamómetro de tipo inercial. A partir de los datos obtenidos se analizó y comparo los resultados de las pruebas con el aditivo y los resultados de las pruebas sin aditivo. El uso del aditivo en una proporción del 20% con diésel Premium mostro un incremento del 19,55% en el torque y del 9,74% en la potencia en el vehículo de prueba. Para la misma proporción, pero en mezcla con gasolina extra el vehículo de prueba presento una disminución del 6,03% al torque y del 3,22% en su potencia.

Palabras Clave:

- **COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**
- **GASES CONTAMINANTES**
- **TORQUE**
- **POTENCIA**

Abstract

The present work investigated the incidence of the use of fuel obtained as a liquid fraction during pyrolysis of polypropylene and polystyrene plastic waste as an additive to extra gasoline and premium diesel in proportions of 5% to 20% in the characteristic parameters of torque, power, emissions and opacity of the test vehicles. The fuel blends were characterized with the additive in LACBAL and the results were compared with INEN NTE 935 and INEN 1489 standards. Emissions tests were carried out using AGS 688 equipment with continuous and official tests, and the results obtained were compared with the limits established by NTE INEN 2204. Tests were carried out to determine opacity, based on NTE INEN 2202. Torque and power tests were performed following the SAE J1349 standard in an inertial dynamometer. Based on the data obtained, the results of the tests with the additive and the results of the tests without additive were analyzed and compared. The use of the additive in a proportion of 20% with Premium diesel showed an increase of 19.55% in torque and 9.74% in power in the test vehicle. For the same ratio, but mixed with extra gasoline, the test vehicle showed a 6.03% decrease in torque and 3.22% decrease in power.

Key words:

- **LIQUID FUELS**
- **CONTAMINANT GASES**
- **TORQUE**
- **POWER**

Capítulo I

1. Generalidades

1.1. Antecedentes

Se ha realizado varios estudios acerca de la viabilidad de la obtención de combustibles utilizando materiales plásticos como los P.E.B.D (Polietilenos de Baja Densidad), polipropileno y los polietilenos. Estos materiales al ser sometidos a procesos de pirolisis generan fracciones de combustible líquido de los cuales es necesario realizar una investigación para conocer su comportamiento en motores de combustión interna (M.C.I).

“Todo motor de combustión interna funciona transformando energía química (combustible) a energía de calor (potencia) a energía mecánica (movimiento) utilizada para proveer potencia a una maquina o equipo.” (Rocha, y otros, 2018)

“Debido a los cambios que ocurren durante el proceso de combustión, es difícil lograr obtener una combustión perfecta, por esto se generan otros componentes como monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, los cuales reaccionan de forma dañina con nuestra atmosfera”. (Rocha, y otros, 2018)

“Los niveles de bióxido de carbón y oxígeno en el escape son excelentes indicadores de como el motor está operando, estos cinco gases son la base para el sistema de prueba y diagnóstico de emisiones.” (Rocha, y otros, 2018)

“Mediante un proceso de pirolisis de PEBD (Polietileno de Baja Densidad) se puede obtener un crudo mediado con una densidad de 0.88 y API de 22.76, teniendo en cuenta estas características se puede lo puede comparar con combustibles comercializados a nivel nacional con Diésel tipo 2.” (Arce & Suarez, 2017)

“El rendimiento en la producción de hidrocarburos, al utilizar polipropileno y poliestireno, está alrededor del 70 %, mientras que para polietileno de alta o baja densidad está alrededor del 20 %.” (Rejas, Carreón, Ortiz, Llanes, & Copa, 2015)

“El poliestireno es el residuo plástico que mediante el proceso de pirólisis a 400 °C, presión constante y tiempo de residencia de 30 minutos, presenta mayor rendimiento de fracción líquida con el 68.55%” (Mancheno, y otros, 2016)

Durante muchos años se han realizado diversas investigaciones buscando combustibles, mezclas de combustibles o aditivos combustibles que permitan maximizar las prestaciones de los MCI mientras se mantienen o reducen los niveles de consumo y emisiones contaminantes.

“Se evaluó el rendimiento del motor gasolina Volkswagen, serie Saveiro con la gasolina extra y los aditivos, entonces de acuerdo al desempeño aumento la potencia entre el 1% y 2%, cuando trabaja con las mezclas de aditivo líquido y sólido respectivamente. Mientras que el par motor evaluado desciende al utilizar la mezcla de aditivo líquido en un 4%; mientras que para la mezcla con aditivo sólido reduce el 2%.” (Rocha & Zambrano, 2015)

El uso de aditivos en combustibles comerciales para motores gasolina indican que, aunque se obtiene un incremento del octanaje, poder calorífico y potencia su uso no es recomendable ya que de igual manera el análisis de gases reprobó por condiciones ambientales. (Barreno & Cruz, 2017)

“En el vehículo Mazda BT-50 con la muestra B40 se tiene un mayor desempeño en torque y potencia en relación a muestras de menor concentración obteniendo un incremento de 5,42%, con la muestra B70 se observó un incremento del consumo de combustible hasta en 0,51 galones y que con el uso del biodiesel proveniente del sebo de res se consiguió reducir los niveles de opacidad hasta en un 62%.” (Llumitasig & Soledispa, 2017)

“Todas las mezclas presentan una disminución de su potencial energético de hasta 0.597%, debido a que tanto el etanol (29258.828 KJ/Kg), como el metanol (22692.305 KJ/Kg) poseen un poder calorífico superior mucho menor al de la gasolina extra (45610.533 KJ/Kg). El consumo de combustible aumenta debido a que el potencial energético de todas las mezclas es menor que el de la gasolina extra, necesitando consumir una mayor cantidad de combustible para que el motor logre generar una potencia considerable, teniendo incrementos de 28.87% al trabajar con E10M5, 25.7% con M15 y 21.84% cuando se utiliza E5M10.” (Chiliquinga & Ruiz, 2016)

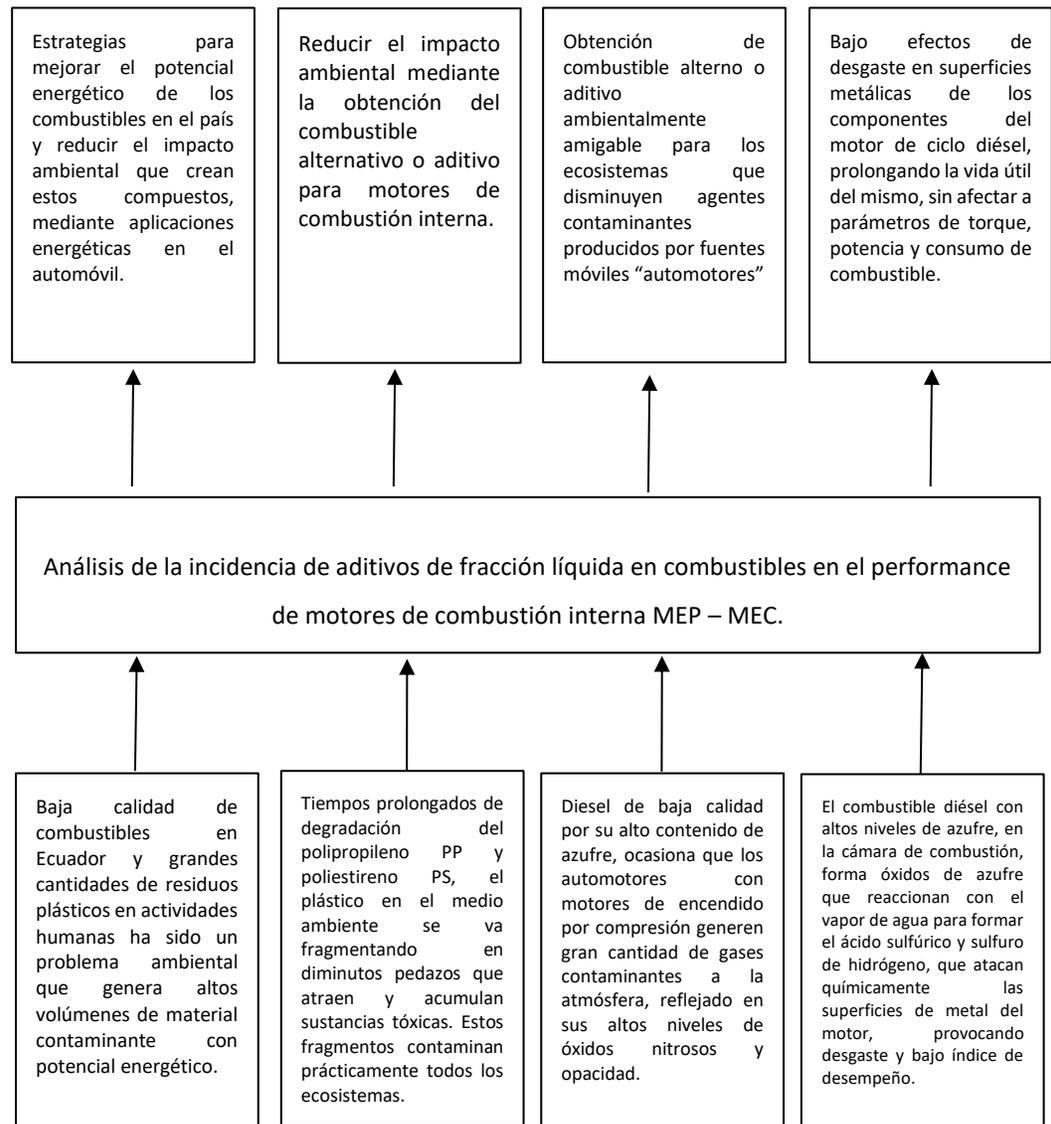
“El porcentaje de opacidad es la unidad de medición que determina el grado de opacidad de las emisiones de escape de una fuente móvil a diésel, en el Ecuador esta unidad aporta el Instituto Ecuatoriano de Normalización en la Norma Técnica NTE INEN 2202:2000, donde manifiesta que los límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor diésel son: A partir del año 2000 en adelante es el 50% de opacidad y los modelos posteriores al año 2000 es el 60% de opacidad”. (Mafla, Imbaquingo, Melo, Benavides, & Hernández, 2018)

1.2. Planteamiento del Problema

Los estándares de calidad de los combustibles utilizados en motores de combustión interna con ciclo otto y diésel en Ecuador genera pérdidas de parámetros de desempeño y prestaciones de vehículos, así como también, el agotamiento de las reservas petroleras mundiales, lleva a la búsqueda incansable de aditivos mejoradores de las características físico – químicas de los carburantes para optimizar sus potenciales energéticos de tal manera que sean aprovechados por las diferentes industrias a nivel nacional y mundial.

Figura 1

Árbol de problema



Nota. En la figura se muestran las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en el análisis de la investigación.

En las últimas décadas el per capital de generación de residuos plásticos a nivel urbano ha crecido en cantidades considerables, generando un conflicto difícil de resolver por el

volumen ocupado para su disposición final y en especial debido a su tiempo de degradación. En Ecuador según datos, la caracterización de residuos generados en el 2017 presenta un 10,7 % de plásticos de 12988 toneladas diarias de residuos generados, es decir 1389 toneladas de plástico diarias para ser reciclados o reutilizados. Dentro de las alternativas de solución, el reciclado químico se ha desarrollado en los últimos años como una tecnología eficiente que da un valor agregado al generar combustibles alternos a partir de plásticos.

El manejo inadecuado de los residuos plásticos ha sido un problema ambiental desde la fabricación de los mismos, es por eso que se ha de implementar nuevas estrategias para reducir el impacto ambiental que crean estos compuestos. Los plásticos crean altos niveles de contaminación pues la degradación de estos combinados toma años, es por eso que la reutilización de los plásticos provenientes del polipropileno y poliestireno mediante el proceso de pirolisis para obtener combustible alternativo de los mismos ayudara a reducir el impacto ambiental, pues se crea un manejo adecuado de dichos desechos.

Para este tipo de reciclaje se tiene varias tecnologías de las cuales la pirolisis tanto térmica como catalítica, el uso de residuos sólidos plásticos como materia prima para la obtención de combustibles alternos determinando variables de proceso y su caracterización tanto química como físico - química para su aplicación en motores de combustión interna, como combustible o como aditivo, con el fin de dar un valor agregado a un residuo que podrá generar productos de beneficio energético y evitar o disminuir el consumo de combustibles fósiles o su utilización parcial.

El parque automotor es uno de los factores que inciden en la contaminación del medio ambiente dado por los gases de escape que son liberados a la atmósfera después de cumplir con el proceso de combustión, para el problema se ha planteado minimizar los niveles de contaminación empleando combustibles a base de polipropileno y poliestireno.

Los motores de combustión interna (MCI) que funcionan a partir de derivados del petróleo como el diésel, debido a su alto costo y progresivo agotamiento de las reservas de petróleo define una problemática mundial por los millones de automotores que requieren este carburante como fuente de energía y de ahí contar con combustibles que optimicen el consumo de combustible gracias a sus propiedades físico – químicas.

Entonces el problema a investigar es el “Análisis de la incidencia de aditivos de fracción líquida en combustibles en el performance de motores de combustión interna MEP - MEC”.

1.3. Descripción Resumida del Proyecto

La investigación del “Análisis de la incidencia de aditivos de fracción líquida en combustibles en el performance de motores de combustión interna MEP - MEC”. Considero lo siguiente:

Se fundamentó teórica y científicamente mediante fuentes bibliográficas confiables como bases de datos digitales, libros, manuales, normativas y artículos científicos referentes a mezclas de aditivos denominados petróleo ligero con hidrocarburos como el diésel y gasolina para determinar su incidencia en prestaciones físicas y químicas, que luego puede ser utilizado como fuente de energía en motores de combustión interna para optimizar prestaciones de torque, potencia, opacidad y emisiones.

Se utilizó como aditivo, combustible líquido obtenido de la pirolisis de residuos plásticos de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) en mezclas de gasolina extra y diésel Premium, para caracterizarlo físico-químicamente en proporción del 20%, de tal manera verificar el estándar acorde a la normativa NTE INEN 935:2016 y sus métodos de ensayo de acuerdo a los requisitos respecto a la gasolina de 87 octanos en relación a Numero de Octano por la norma ASTM D2699, Presión de Vapor por la norma ASTM D323, Densidad Relativa por la norma ASTM D1298 y Contenido de Gomas por la norma ASTM D381 y NTE INEN 1489:2016 y sus métodos de

ensayo de acuerdo a los requisitos respecto al diésel Premium en relación a Punto de Inflamación por la norma ASTM D93, Contenido de Ceniza por la norma ASTM D482, Viscosidad Cinemática a 40°C por la norma ASTM D445, Contenido de Azufre por la norma ASTM 4294, Índice de Cetano Calculado por la norma ASTM D976, Temperatura de Destilación del 90% por la norma ASTM D86 y Contenido de residuo carbonoso sobre 10% de residuo destilado por la norma ASTM D4530 en el LACBAL, Laboratorio de Combustibles, Biocombustibles y Aceites Lubricantes de la Escuela Politécnica Nacional.

Se realizó pruebas de torque y potencia utilizando combustible convencional y el combustible con la mezcla de aditivo en proporción del 20% en un dinamómetro de tipo rodillos inercial marca en la empresa “Marcelo Redin Automotriz”, a los vehículos Pregio 2013 (Motor JTA 4 cilindros y 2957cc) que cuenta con un MEC (Motor de encendido por compresión) y a la camioneta Luv D-Max 4x2 2017 misma que cuenta con un MEP (Motor de encendido provocado) (Motor 2.4i, 4 cilindros y 2400cc).

Se ejecutó análisis de medición de opacidad al vehículo Pregio 2013 en los Laboratorios de Autotrónica y Mecánica de Patio del Departamento de Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga con el equipo de medición de opacidad bajo las normas NTE INEN 2202:2013

Se ejecutó análisis de emisiones al vehículo de prueba Luv D-Max en los Laboratorios de Autotrónica y Mecánica de Patio del Departamento de Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga con el equipo de medición AGS-688 bajo la norma NTE INEN 2203:2017

Se tabularon los datos obtenidos de caracterización de combustible, desempeño de los motores durante las pruebas de rendimiento mecánico, opacidad y emisiones.

1.4. Justificación e Importancia

A medida que la población del Ecuador crece también lo hace el parque automotor, según datos del INEC en su Anuario de Estadísticas de Transporte 2019, el número de vehículos matriculados en el año 2009 fue de 872.388 y paso a ser de 2.311.960 en el año 2019 lo cual significa un incremento de 1.439.572 vehículos circulando en el país, ante estas circunstancias también se produce un aumento del consumo de combustibles de origen fósil el cual es un recurso no renovable a corto plazo, ante tal situación es necesario investigar acerca de fuentes de combustible alternativos que permitan dar solución a esta problemática, por lo que se está dando cabida a la utilización de biocombustibles como fuente de energía.

En varias investigaciones se ha demostrado que el uso de mezclas parciales de biodiesel obtenido de fuentes orgánicas genera menos emisiones contaminantes manteniendo los parámetros de potencia y torque en valores similares a los obtenidos utilizando combustible regular.

Esta investigación propone analizar el biocombustible obtenido de la pirolisis de residuos plásticos como aditivo de gasolina extra y del diésel Premium a diferentes concentraciones.

En teoría el uso estos aditivos pueden mejorar el rendimiento del motor de combustión interna, el motivo de esta investigación es identificar si se produce un cambio significativo los parámetros característicos de un motor de encendido provocado, así como en uno de encendido no provocado.

Es necesario investigar de qué manera reaccionaran los motores de combustión interna a la mezcla de combustible, a partir de los resultados obtenidos se podrá determinar la factibilidad de su uso.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Analizar el potencial de residuos sólidos plásticos urbanos como materia prima para la obtención de combustibles alternos y su uso en motores de combustión interna.

1.5.2. Objetivos Específicos

Fundamentar teórica y científicamente mezclas de aditivos denominados petróleo ligero con hidrocarburos como el diésel y gasolina para mejorar sus prestaciones físicas y químicas.

Fundamentar teórica y científicamente el uso de aditivos para optimizar prestaciones de torque y potencia en MEP y MEC.

Utilizar como aditivo combustible obtenido de pirolisis de residuos sólidos plásticos de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) en mezclas con gasolina regular y diésel premium, para caracterizarlo físico – químicamente en proporciones del 5% al 20%.

Verificar el cumplimiento del estándar de las mezclas de combustible – aditivo acorde a la normativa NTE INEN 935:2016 y NTE INEN 1489:2016 en el Laboratorio de Combustibles, Biocombustibles y Aceites Lubricantes de la Escuela Politécnica Nacional.

Utilizar el combustible líquido obtenido de la pirolisis de residuos sólidos plásticos de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) como aditivo en mezclas con gasolina regular y diésel premium, en proporciones del 5% al 20%, en MEP – MEC.

Determinar los niveles de opacidad en MEC fundamentado mediante prueba estática y método de aceleración libre de acuerdo a la norma NTE INEN 2202:2013.

Aplicar ensayos de emisiones en MEP acorde a la normativa nacional vigente aplicada de acuerdo a NTE INEN 2203:2000, con mediciones por test oficial y regímenes de giro del motor en rangos de 1000 rpm hasta los 5000 rpm.

Realizar pruebas de torque y potencia en un dinamómetro considerando un método de certificación de la potencia de los motores según SAE J1349 y certificado según SAE J2723.

Tabular los datos obtenidos de la caracterización de las mezclas de combustible y comparar los resultados con los límites impuestos por las normativas nacionales NTE INEN 935:2016 y NTE INEN 1489:2016.

Tabular los datos obtenidos de los ensayos de emisiones y comparar los resultados con los límites impuestos por la normativa NTE INEN 2204:2017

Tabular los datos obtenidos de las mediciones de opacidad y comparar los resultados con los límites impuestos por la normativa NTE INEN 2207:2017

Tabular los datos obtenidos de las pruebas de desempeño de los motores y comparar los resultados.

1.6. Meta

Determinar el potencial de a las mezclas de combustible líquido obtenido de pirolisis de desechos plásticos con gasolina regular y diésel premium en proporciones del 5% al 20%, en motores de combustión interna MEP – MEC en parámetros de torque, potencia, emisiones y opacidad.

1.7. Hipótesis

¿Las mezclas de gasolina regular y diésel premium en proporciones del 5% al 20% con aditivos de fracción líquida controlará los límites de emisiones de hidrocarburos no combustionados y opacidad en motores de encendido provocado y motores de encendido por compresión respectivamente?

1.8. Variables de Investigación

Para el proyecto de investigación se aplicará las variables como son: variables dependientes y variables independientes.

1.8.1. Variable Independiente

Aditivo de fracción líquida

Tabla 1

Variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Sustancia que se añade a otra para aumentar o mejorar cualidades	Pirolisis	Presión	Bar	Medición	Ensayo de laboratorio
		Temperatura	K	Medición Cálculos	Ensayo de laboratorio
		Masa	kg	Medición Cálculos	Ensayo de laboratorio
		Volumen	Litros	Medición Cálculos	Ensayo de laboratorio
		Inyección Gases	Gal/h Lts/min cm^3/seg	Medición Cálculos	Ensayo de laboratorio
		Flujo másico	Gal/h Lts/min cm^3/seg	Medición Cálculos Simulación	Prueba de laboratorio
	Caracterización de la fracción de combustible líquido	Punto de inflamación	°C	Medición Cálculos	Ensayo de laboratorio
		Contenido de agua y sedimento	%	Medición Cálculos Simulación	Ensayo de laboratorio
		Contenido de residuo carbonoso	%	Medición Cálculos Simulación	Ensayo de laboratorio

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
		Temperatura de destilación	°C	Medición Cálculos Simulación	Ensayo de laboratorio
		Viscosidad cinemática	mm ² /s	Medición Cálculos Simulación	Ensayo de laboratorio
		Contenido de azufre	%	Medición Cálculos Simulación	Ensayo de laboratorio
		Índice de cetano calculado	---	Medición Cálculos Simulación	Ensayo de laboratorio

Nota. Muestra los parámetros con los que se analizó la variable independiente

1.8.2. Variable Dependiente

Parámetros de desempeño en MEP – MEC

Tabla 2

Variable dependiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Indicador de rendimiento de un motor de combustión interna.	Curvas características	Torque	N/m	Medición	Protocolo de pruebas Ensayo de laboratorio
		Potencia	HP W	Medición	Protocolo de pruebas Ensayo de laboratorio

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
		Consumo volumétrico	l/h	Medición	Protocolo de pruebas Ensayo de laboratorio
		NOx	%	Medición	Protocolo de pruebas
		Hc	ppm	Medición	Protocolo de pruebas
		Transmitancia	d	Medición	Protocolo de pruebas
	Emisiones	Opacidad	%	Medición	Protocolo de pruebas
		Longitud efectiva del camino óptico	mm	Medición	Protocolo de pruebas
		Densidad del humo	m ⁻¹	Medición	Protocolo de pruebas
		Reflexión de la opacidad	%	Medición	Protocolo de pruebas

Nota. Muestra los parámetros bajo los que analizo la variable dependiente

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1. Aditivos

Las demandas cada vez mayores sobre el diseño de un motor más moderno, así como también los desarrollos en los procesos de refinería, tienen como efecto el aumento continuo en el uso de aditivos de combustible.

Los aditivos son agentes aditivos o sustancias activas solubles en petróleo que se añaden a los combustibles de propulsión, combustibles de calefacción y lubricantes con el objetivo de conseguir u optimizar ciertas propiedades o suprimir características no deseadas. (Oiltanking, 2021)

2.1.1. *Estabilizadores.*

De acuerdo con (Voulis chemical, 2018, pág. 7) los combustibles (especialmente el diésel) se pueden almacenar durante períodos prolongados, y es de primordial importancia que el combustible siga siendo apropiado y potente de utilizar durante este tiempo. El combustible (principalmente el diésel) es potencialmente susceptible a la peroxidación. El almacenamiento prolongado crea además del envejecimiento del combustible, y sedimentos que pueden causar la oxidación, bloqueo del filtro y afectar la funcionalidad del vehículo.

Estabilizadores específicos estabilizan cualitativamente el combustible durante mucho tiempo para evitar el llamado envejecimiento (debilitamiento gradual), previenen la formación de sedimentos y garantizan un combustible seguro y potente después de un largo período. Un estabilizador es particularmente útil para los tanques de almacenamiento a largo plazo.

2.1.2. *Desemulsionante*

(Voulis chemical, 2018, pág. 11) Manifiesta que la desemulsión es una mezcla compleja con propiedades que lo permiten penetrar las moléculas ligeras de combustible y de agua en

donde actúa como separador. El agua se libera del diésel, y como pesa más, se sitúa debajo (es muy difícil de distinguir porque la cantidad de agua es pequeña y la molécula de diésel, ya que es higroscópica, la retiene como una emulsión). El agua debe separarse químicamente por completo, acumularse hasta una capa completamente separada, y luego es fácil de eliminarla mecánicamente del tanque. En la gasolina, el procedimiento anterior es más fácil porque su molécula más liviana retiene humedad, pero se necesita menos intervención para empujarla rápidamente hacia la separación y la formación de la capa inferior de agua que es más pesada.

2.1.3. Mejorador de Flujo en frío

Según (Voulis chemical, 2018, pág. 10) para usar a bajas temperaturas. Los combustibles de destilación media contienen típicamente 20-40% de n-parafinas que tienen muchas propiedades deseables en un combustible diésel. En climas fríos, sin embargo, las n-parafinas tienden a producir cantidades significativas de cristales de cera.

La incontrolada cristalización de la cera en el combustible diésel puede causar problemas funcionales en el vehículo, bloqueo del filtro de combustible y en todo el sistema de alimentación, lo que eventualmente puede provocar la pérdida de potencia y la posible pausa del motor.

2.1.4. Mejorador de Lubricidad

Se utiliza en los combustibles con el fin de reducir la pérdida de energía debido a la fricción en los motores de combustión interna, proporcionando una lubricación satisfactoria al combustible para mejorar los valores de fricción. (Voulis chemical, 2018)

2.1.5. Mejorador de cetano

Acorde con (Voulis chemical, 2018, pág. 6) los mejoradores de cetano intervienen decisivamente en el diésel ofreciendo estabilización en el tiempo óptimo del encendido e

impidiendo la inflamación inadecuada y los golpes en las válvulas. Funcionalmente, un motor diésel con combustibles de bajo índice de cetano lleva a:

Un arranque débil, especialmente en climas fríos

- Emisiones de humo significativas
- Mayores niveles de ruido
- Mayor consumo de combustible
- Mayores emisiones de escape

2.1.6. *Mejorador de Octanos.*

Según (Voulis chemical, 2018, pág. 8) los mejoradores de octanaje intervienen de manera decisiva en la gasolina cancelando las tendencias de una auto-ignición inoportuna y estabilizando en el punto óptimo la ignición - explosión. Mejoran drásticamente el rendimiento (evitando el retroceso del motor y los golpes en las válvulas) y contribuyen al ahorro de combustible. Junto con sus propiedades antioxidantes y anticorrosivas que contienen, proporcionan una protección adicional.

2.2. Combustible

Por combustible puede entenderse toda aquella sustancia que al combinarse con oxígeno desprende calor y con frecuencia luz. Otra definición para combustible se puede dar a cualquier sustancia capaz de arder o que arde con facilidad.

2.2.1. *Gasolina Extra.*

La gasolina es una combinación de varios hidrocarburos líquidos, volátiles e inflamables, es decir, compuestos orgánicos formados solo por carbono e hidrógeno, obtenida por destilación fraccionada del petróleo a la que se le añaden aditivos para mejorar sus propiedades, es utilizada ampliamente como combustible en motores de combustión interna.

De acuerdo con (Rodríguez, Martínez Nicolás, 2019) las gasolinas son una mezcla de hidrocarburos provenientes de diferentes corrientes de proceso obtenidas de la refinación del petróleo. Se requiere de un sinnúmero de actividades para que lleguen como producto terminado al consumidor final, a través de las estaciones de servicio.

2.2.1.1. Manufactura en las refinerías

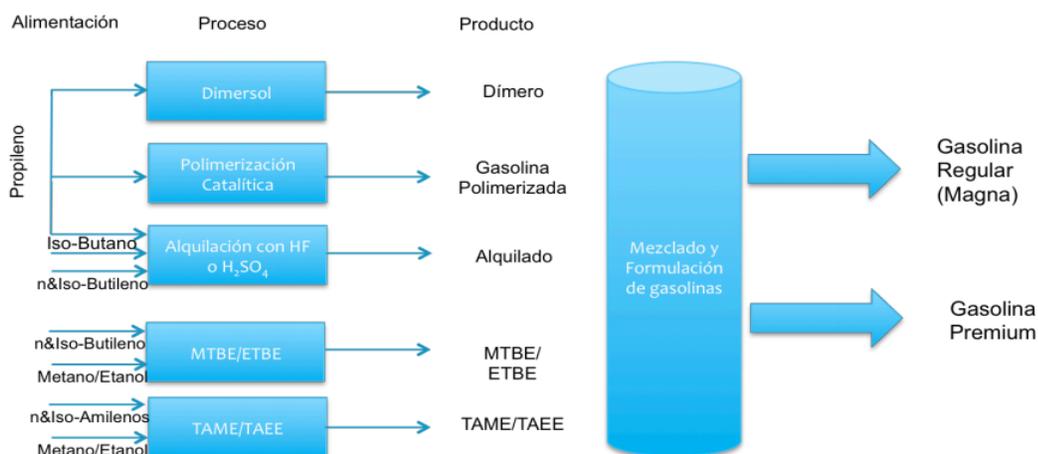
Según (Rodríguez, Martínez Nicolás, 2019) las gasolinas se producen en las refinerías a partir del formulación y mezclado de varias corrientes obtenidas en diferentes unidades y/o plantas de proceso.

El volumen y la calidad de gasolinas que se producen en una refinería es función de su esquema de proceso, conocido coloquialmente en la industria petrolera como “la configuración” y ésta, debe de estar acorde al tipo de crudo que se alimenta a la refinería.

En la figura 2 se muestra de forma gráfica y simplificada el proceso de preparación de la gasolina en las refinerías, es muestra la alimentación que recibe la refinería además de los procesos de inclusión de esteres que sirven para incrementar el contenido de oxígeno mismo que sirve para aumentar el octanaje.

Figura 2

Proceso de Manufactura de Gasolina



Nota. Representación simplificada del proceso de destilación de productos de petróleo.

Adaptada de (Rodríguez, Martínez Nicolás, 2019)

2.2.1.2. Formulación.

Se establece en 5 los componentes principales de la gasolina mismos que se pueden clasificar en:

Parafinas: se pueden definir como sólidos formados por una combinación de hidrocarburos se corresponden con la fórmula general C_nH_{2n+2} entre las cuales la más sencilla es el metano (CH_4)

Iso Parafinas: Similares a las parafinas, pero su estructura presenta una ramificación, las parafinas normales son de cadena lineal

Aromáticos: Poseen propiedades especiales asociadas al benceno (C_6H_6), en el cual hay seis grupos de carbono-hidrogeno su fórmula general es C_nH_n

Naftenos: También llamados ciclo parafinas con formula general C_nH_{2n} , la más simple de estas moléculas es el ciclo propano C_3H_6 . Son parafinas de ciclo cerrado donde cada átomo de carbono está unida a 2 átomos de hidrogeno.

Olefinas: El etileno (C_2H_4) es la más simple de estas moléculas presentan la formula general C_nH_{2n} , en estas moléculas la característica principal es que los átomos de carbono están unidos por un doble enlace.

En la tabla 3 se presenta la composición aproximada de la gasolina en porcentajes de volumen

Tabla 3

Porcentajes de Mezcla para la formulación de gasolina

Porcentaje en Volumen	Descripción
15%	Parafinas
25 a 40%	Iso Parafinas
10%	Naftenos
< 25%	Aromáticos
10	Olefinas

Nota. Volúmenes para mezcla de gasolina

2.2.1.3. Características Físicoquímicas

En el Ecuador las características que debe cumplir la gasolina para motores de combustión interna de encendido por chispa están dados por la norma INEN NTE 935:2016. En la tabla 4 se pueden observar los requisitos para la para la gasolina de 87 octanos o gasolina extra.

Tabla 4*Requisitos de Gasolina Extra*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de Ensayo
Numero de octano Research (RON)	RON	87	----	NTE INEN 2102
Relación Vapor-Líquido a 60°C	----	----	20	ASTM D5188
Presión de vapor	KPa	----	60	ASTM D323
Contenido de Gomas	mg/100mL	----	3	ASTM D381

Nota. Requisitos de las características físico-químicas que debe cumplir la gasolina extra en el Ecuador (INEN NTE 935, 2016)

2.2.1.4. Octanaje.

Este valor determina la resistencia a la detonación o autoencendido de la gasolina en un motor. Existen 2 maneras de realizar la medición del octanaje de las gasolinas:

Método RON (Research Octane Number): Para el cálculo de este parámetro se utiliza un motor mono cilindro de relación de compresión variable en condiciones de 600 RPM que utiliza la mezcla de 2 de tipos de combustible de octanaje conocido, el primero es el n-heptano con número de octano 0 y el Iso octano con número de octano 100.

El método RON trata de reproducir el comportamiento de un motor en ciudad.

Método MON (Motor Octane Number): De la misma manera que en caso del RON se utiliza un motor mono cilindro de relación de compresión variable que trabaja con los mismos

tipos de combustible que en el caso anterior, pero en este caso se realiza el ensayo en condiciones de 900 RPM.

El método MON reproduce el comportamiento del motor en carretera

Para los 2 métodos la gasolina a la que se está analizando se compara con la mezcla de los combustibles de referencia y se trata de reproducir una detonación similar en el motor de prueba.

Se denomina sensibilidad al octanaje a la diferencia que existe entre los valores de RON y MON, nos permite conocer la resistencia al golpeteo del motor que se puede llegar a producir por auto ignición del combustible durante el ciclo de compresión. (Rodríguez, Martínez Nicolás, 2019)

El valor típico de sensibilidad que se puede encontrar en las gasolinas comerciales a nivel mundial se encuentra entre los 7 a 12 puntos.

$$\text{Sensibilidad al Octanaje} = \text{RON} - \text{MON}$$

Ecuación 1 Sensibilidad al Octanaje

Donde:

RON= Números de Octanos de Investigación

MON= Numero de Octanaje del Motor

$$\text{Indice de Octano} = 0,5 * \text{RON} + 0,5 * \text{MON}$$

Ecuación 2 Índice de Octano

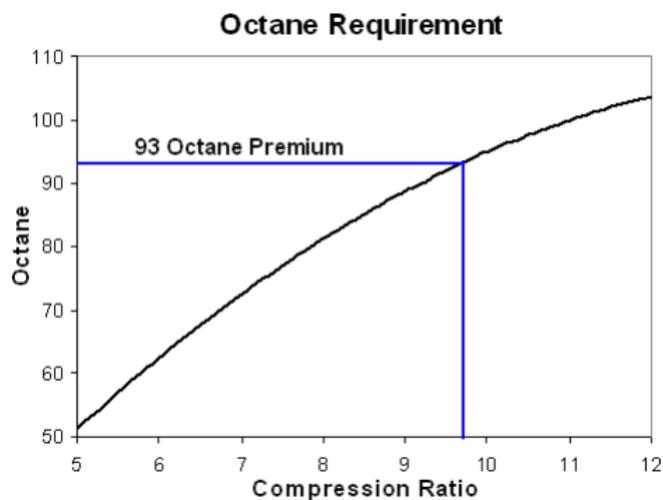
$$\text{Indice Antidetonante} = \frac{\text{RON} + \text{MON}}{2}$$

Ecuación 3 Índice Antidetonante

El valor de octanaje de la gasolina que utiliza un vehículo está ligado a la relación de compresión de su motor como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Diagrama Octano - Relación de Compresión

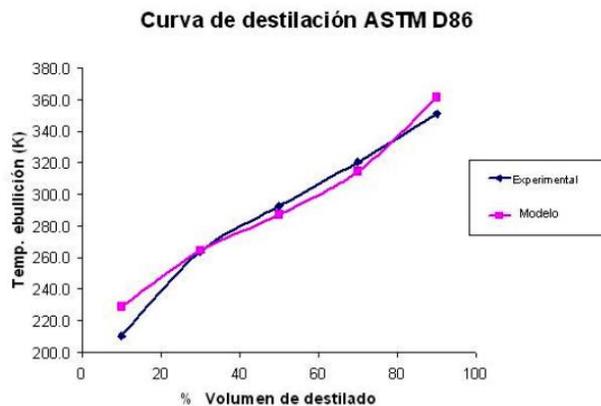


Nota. Expresa la relación que existe entre la relación de compresión de un motor y el número de octano ideal para su funcionamiento. Adaptado de (Rodríguez, Martínez Nicolás, 2019)

2.2.1.5. Rango de Destilación

Determina el rango de temperatura inicial y final de ebullición de la gasolina, el rango en el Ecuador va desde los 70°C a los 220°C y está relacionado con la presión de vapor de Reid.

Este valor es importante ya que la vaporización de la gasolina puede producirse debido al calentamiento del vehículo debido a condiciones climatológicas en conjunción con aumento de temperatura debido a las condiciones de trabajo del motor, un bajo punto de ebullición a elevadas temperaturas.

Figura 4*Curva de Destilación*

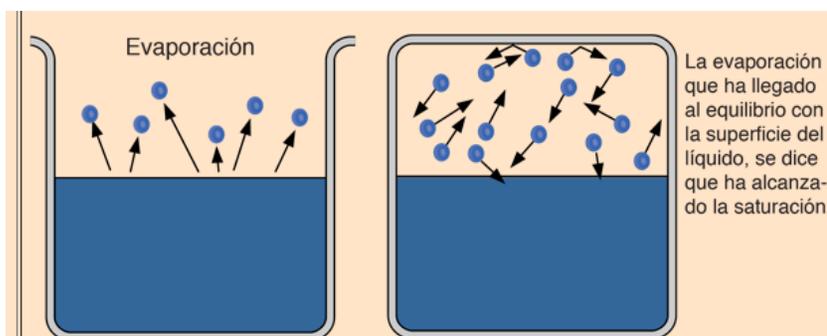
Nota. Grafica que muestra cómo se produce la evaporación de volumen de gasolina conforme se incrementa la temperatura. Adaptado de (Rodríguez, Martínez Nicolás, 2019)

2.2.1.6. Presión de Vapor de Reid

En un sistema cerrado la presión de un líquido está a cualquier temperatura en equilibrio con la presión de su propio vapor la única manera de romper este equilibrio es aportar más energía (temperatura) al líquido para que este comience la ebullición.

El valor de presión de vapor de la gasolina es importante ya que teniendo en cuenta este se evita el fenómeno conocido como sello de vapor que ocurre cuando el combustible líquido cambia su estado a gas mientras permanece en el sistema de alimentación del vehículo.

En esta condición se origina una falla de la bomba de combustible ya que al presentarse estas 2 fases (líquido y vapor de forma simultánea) se produce un sello entre ambas fases dando como resultado la pérdida de potencia temporal o falla del motor.

Figura 5*Equilibrio de vapor*

Nota. Muestra el sello de vapor que se genera al producirse el equilibrio entre las fases líquida y gaseosa de un fluido. Adaptado de (RECOPE Seguridad Energetica, 2016)

2.2.1.7. Contenido de Azufre

De acuerdo con (Rodríguez, Martínez Nicolás, 2019) el azufre que contienen las gasolinas, proviene del tipo de crudo del cual se obtienen. El azufre contenido en la gasolina, deteriora la vida útil de los convertidores catalíticos de tres vías y con ello, impide la consecución de la garantía de vida útil exigida por las autoridades ambientales a nivel internacional.

2.2.1.8. Contenido de Oxígeno

A partir de la reducción y posterior eliminación del TEP (Tetraetilo de Plomo) en la formulación y preparación de gasolinas, la industria de la refinación trabajó para encontrar una manera económica y sencilla de sustituir los octanos perdidos por prescindir del TEP.

Se desarrollaron dos procesos para ser incorporados en las refinerías y a través de ellos resarcir la pérdida de octano. (Rodríguez, Martínez Nicolás, 2019)

A raíz de esto se establecieron 3 calidades de gasolinas:

- Gasolinas Oxigenadas
- Gasolinas Reformuladas
- Gasolinas Convencionales

2.2.2. Diésel

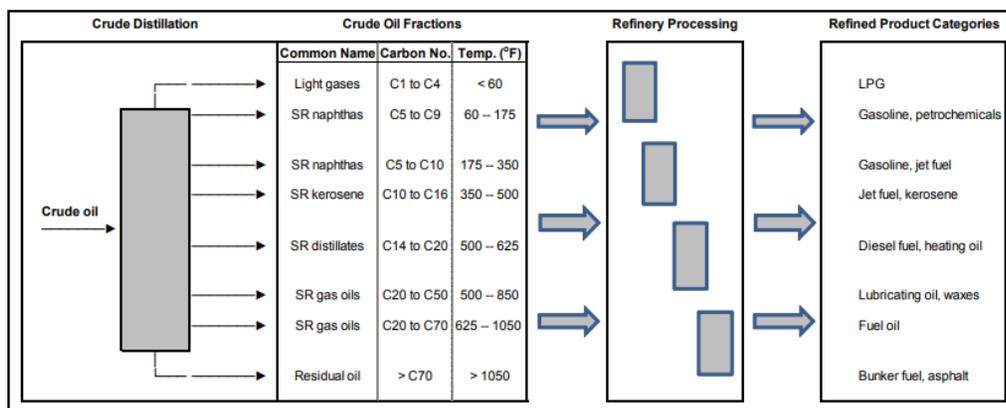
Es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene de la destilación fraccionada del petróleo a una temperatura entre 250°C y 350°C a presión atmosférica. Es más sencillo de refinar que la Gasolina y tiene mayores cantidades de componentes minerales y de azufre. (RECOPE Seguridad Energetica, 2016)

2.2.2.1. Manufactura en las refinerías

Cada refinería produce uno o dos grados de diésel (que se distinguen principalmente por sus contenidos de azufre, al igual que por su cantidad de cetano, densidad y otras propiedades físicas). Por lo general, cada grado es una mezcla de tres a cinco componentes de mezcla producidos en la refinería (y, en algunos lugares, biodiésel comprado y (en unos pocos casos) diésel FischerTropsch). Como sucede con la gasolina, todos los grados de diésel se mezclan a partir del mismo conjunto de componentes de mezcla, pero con diferentes fórmulas. (International Council on Clean Transportation, 2011)

Figura 6

Vista esquemática de destilación de petróleo crudo



Nota. Esquema simplificado que representa el proceso de destilación de petróleo crudo a diferentes rangos de temperatura. Adaptado de (RECOPE Seguridad Energetica, 2016)

2.2.2.2. Formulación

El diésel es un hidrocarburo en estado líquido y está compuesto casi en su totalidad por parafinas. Su poder calorífico inferior está en torno a los 35,86 MJ/l, aunque este depende en gran medida de su composición. Esta sustancia no se mezcla con etanol, aunque sí contiene otros aditivos que mejoran sus prestaciones. Al ser más denso que la gasolina, tiene un mejor ciclo de Otto. (Castillo, 2019)

2.2.2.3. Características Físicoquímicas

La norma INEN NTE 1489:2016 rige las características físicoquímicas que tienen que cumplir el diésel como requisito en el Ecuador como se observa en la tabla 5.

Tabla 5*Características Diésel*

Requisito	Unidad	Diésel No. 1		Diésel No. 2		Diésel Premium		Método de ensayo
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Punto de Inflamación	°C	40	---	51	---	51	---	ASTM D93
contenido de ceniza	%	---	0,01	---	0,01	---	0,01	ASTM D482
								ASTM D2622
Contenido de azufre	%	---	0,3	---	0,7	---	0,05	ASTM D4294
								ASTM D5453
Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% de residuo destilado	%	---	0,1	---	0,1	---	0,1	ASTM D4530

Requisito	Unidad	Diésel No. 1		Diésel No. 2		Diésel Premium		Método de ensayo
Viscosidad								
cinemática a 40 °C	mm ² /s	1,3	2,4	2	5	2	5	ASTM D445
Índice de cetano calculado								
	---	No aplica		45	---	45	---	ASTM D976

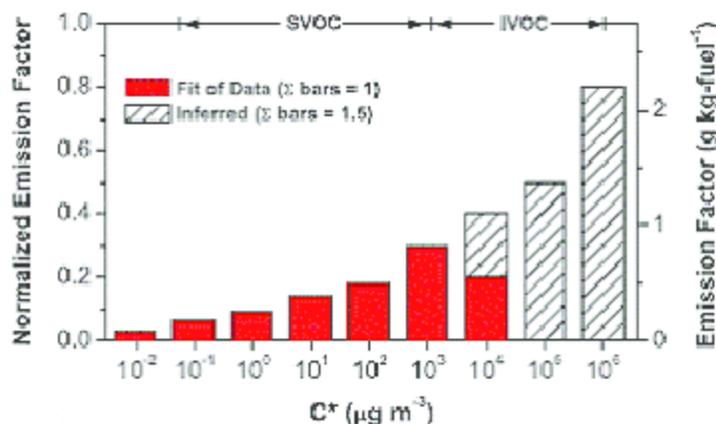
Nota. Requisitos que deben cumplir las diferentes designaciones de Diésel en el Ecuador (NORMA INEN NTE 1489, 2016)

2.2.2.4. Volatilidad

La volatilidad de un combustible diésel tiene poca influencia en la operación del motor, excepto que afecta la tendencia de humo en el escape. El rango de destilación de un combustible diésel no permite mucha flexibilidad en esta consideración porque la interrelación e independencia con otros factores de especificaciones. Como los diésels son considerados como no flaméales para propósitos de carga, se imponen restricciones mínimas del punto de inflamación. (Salom, 2007)

Figura 7

Volatilidad



Nota. Rango volatilidad en función de los factores de emisión. Adaptado de (Salom, 2007)

2.2.2.5. Numero de Cetano

Este parámetro está relacionado con el tiempo que tarda el Diésel en hacer la auto ignición, midiéndolo a partir del momento que se inicia la inyección del combustible en el cilindro del motor. Cuanto mayor es el valor del índice de cetano, menor será este tiempo de retardo. Esto implica que la combustión inicie antes, lo que su vez mejora el desempeño del motor en aspectos tales como: arranque en frío, combustión adecuada, aceleración estable, menor formación de depósitos y la densidad de gases de emisión. El requerimiento de este parámetro en un motor depende de su diseño, tamaño, condición mecánica y las condiciones de operación, tales como la temperatura ambiente y la altitud con respecto al nivel del mar. El valor promedio de 48,86 unidades asegura un uso adecuado en la mayoría de las unidades que lo utilizan, siendo el límite de especificación 45 unidades como mínimo. (RECOPE Seguridad Energetica, 2016)

2.2.2.6. Viscosidad

La viscosidad influye en la inyección atomizada del combustible en el cilindro. Mínimos límites de viscosidad son impuestos para prevenir que el combustible cause recubrimientos en la bomba de inyección del combustible. (Salom, 2007)

2.2.2.7. Fluidez a bajas temperaturas

A diferencia de las gasolinas, las cuales tienen puntos de congelación bajos hasta en el más severo ambiente de invierno, los diésels tienen puntos pobres y altos entre los rangos de temperaturas a los que son usados. (Salom, 2007)

2.2.2.8. Agua y sedimento

El agua y sedimento pueden causar obstrucciones en los filtros y desgaste de los inyectores del motor, así como promover la corrosión, lo que requiere un control adecuado y constante. El Diesel distribuido por RECOPE cumple con la norma nacional que establece un 0,05% v/v como máximo. Las mediciones realizadas durante el 2015 indicaron que no se detectó presencia de agua y sedimentos en el Diesel (RECOPE Seguridad Energetica, 2016)

2.2.2.9. Contenido de Azufre

El Diesel es el combustible que mayormente se utiliza para la flotilla de transporte público, así como el transporte de carga y algunos vehículos particulares. Cuando los combustibles son quemados, el azufre se emite como dióxido de azufre (SO₂) que se convierte en ácido sulfuroso y sulfúrico. Por lo tanto, al reducir el contenido de azufre en los combustibles, se logra una disminución significativa en las emisiones de estos compuestos al ambiente y se reduce la corrosión y el desgaste de las diferentes partes del motor, pues se tiene menor

cantidad de ácidos y partículas presentes. 15 la introducción del Diesel de 50 partes por millón de azufre en sustitución del Diesel de 500 partes, trae consigo una disminución en las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) por consumo de Diesel vehicular del 90%. Asimismo, los combustibles con contenidos bajos de azufre permiten la importación de autobuses, camiones y automóviles con tecnologías más avanzadas, más eficientes y con normas de emisión más estrictas. Por ende, ayudan a bajar aún más los niveles de otros contaminantes que se emiten. Los niveles de azufre en los combustibles se han ido reduciendo rápidamente en todo el mundo, lo que demuestra el reconocimiento de los beneficios de esta medida (RECOPE Seguridad Energetica, 2016)

2.3. Plásticos

Según la Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos. (2018) los plásticos son materiales sintéticos obtenidos mediante reacciones de polimerización a partir de derivados de petróleo. Son materiales orgánicos, igual que la madera, el papel o la lana. Las materias primas que se utilizan para producir plástico son productos naturales como el carbón, el gas natural, la celulosa, la sal y, por supuesto, el petróleo.

El término «plástico» proviene del griego «plastikos» que significa que se puede moldear. Los plásticos poseen distintas propiedades que permiten moldearlos y adaptarlos a diferentes formas y aplicaciones.

2.3.1. Propiedades de los Plásticos

2.3.1.1. Conductividad Eléctrica Nula

El comportamiento eléctrico de los polímeros depende predominantemente de los enlaces predominantemente covalentes que limitan su conductividad eléctrica. Por esta razón la mayoría de los polímeros son aislantes. (PROPIEDADES ELECTRICAS, 2011)

De acuerdo con (Pura, 2013) ya que los plásticos no disponen de electrones libres móviles, tienen un buen comportamiento como aislantes, es frecuente utilizarlos en la industria eléctrica y electrónica, por ejemplo, para carcasas, aislantes; enchufes, recubrimiento de cable y alambre, entre otros.

2.3.1.2. Conductividad Térmica Baja

Son malos conductores del calor y del frío por lo que funcionan muy bien como aislantes térmicos, su valor de conductividad térmica es muy pequeño, los metales poseen valores de conductividad hasta 2000 veces mayores que los plásticos, al igual que con su poca capacidad de conductividad eléctrica esto se debe a la ausencia de electrones libres en el material

Tabla 6

Propiedades físicas del plástico

Material	Densidad (g/cm³)	Cond Term. (W/mK)	Cond Elec. (S)
Plásticos	0.9 – 2.3	0.15 – 0.5	----
PE	0.9 – 1.0	0.32 – 0.4	----
PC	1.0 – 1.2	----	

Nota. Propiedades físicas de diferentes materiales. Adaptado de (PROPIEDADES ELECTRICAS, 2011)

2.3.1.3. Resistencia Mecánica

Las propiedades mecánicas se relacionan con el comportamiento de un polímero frente a diferentes procesos mecánicos. Son las que describen el comportamiento de un material ante las fuerzas que se le aplican. De ahí que sea muy importante tenerlas en cuenta la hora de elegir el material más adecuado para cada proyecto. (PH, 2021)

Las principales propiedades mecánicas de los plásticos son:

- Resistencia
- Rigidez
- Dureza
- Tenacidad

2.3.1.4. Combustibilidad

La mayor parte de los plásticos se consumen con el fuego con gran facilidad, ya que sus moléculas están constituidas de carbono e hidrógeno, por lo que lo hace muy característico para el uso de su combustibilidad, además es muy sencillo en su fabricación y tienen una facilidad de combinarse con otros materiales.

2.3.2. Clasificación de los Plásticos

2.3.2.1. Poliestireno

El poliestireno es un polímero termoplástico que lleva de la obtención de la polimerización del estireno monómero, existen cuatro tipos de poliestireno:

2.3.2.1.1. Poliestireno de Cristal

Según (ECOPLAS, 2011) “El producto de la polimerización del estireno puro se denomina poliestireno cristal o poliestireno de uso general. Es un sólido transparente, duro y frágil. Es vítreo por debajo de 100 °C”.

Figura 8

Poliestireno de Cristal en gránulos antes de ser procesado



Nota. En el grafico se pueden observar al poliestireno antes de su proceso. (Baires, 2016)

2.3.2.1.2. Poliestireno de Alto Impacto

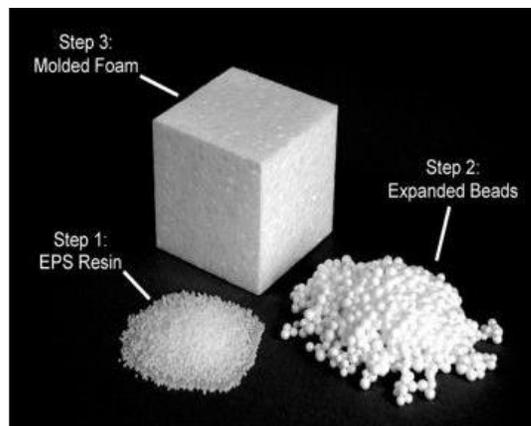
Para mejorar la resistencia mecánica del material, se puede añadir en la polimerización hasta un 14% de caucho. El producto resultante se llama poliestireno de alto impacto (HIPS, High Impact Polystyrene, siglas en inglés). Es más fuerte, no quebradizo y capaz de soportar impactos sin romperse. (ECOPLAS, 2011)

2.3.2.1.3. Poliestireno Expandido

Según (ECOPLAS, 2011) “Consiste en 95% de poliestireno y 5% de un gas, generalmente pentano que forma burbujas que reducen la densidad del material. Su aplicación principal es como aislante en construcción y para el embalaje de productos frágiles, muy ligero.”

Figura 9

Etapas del Poliestireno Expandido hasta su Forma de modelado



Nota. Poliestireno expandido en su forma original antes del moldeado (EPS, 2020)

2.3.2.2. Polipropileno

El Polipropileno fue sintetizado por primera vez en 1954 por Giulio Natta, en el cual llega a utilizar catalizadores estéreos específicos quedando un resultado de material isostático altamente cristalino, desde ese momento el polipropileno se convirtió en una de las poliolefinas más ampliamente utilizadas a nivel mundial llegando a tener una gran demanda de 55.1 megatoneladas en el año de 2013.

Según (Merchán, 2016) “La rápida expansión del mercado de PP y su continuo aumento radica en el bajo costo de producción y la combinación de buenas propiedades físicas, mecánicas y térmicas, tales como alto punto de fusión, baja densidad, adecuada resistencia química, alta rigidez, alta resistencia a la fatiga, buena capacidad para reciclaje y como aislante eléctrico, etc.”

Figura 10

Gránulos de polipropileno parcialmente cristalino



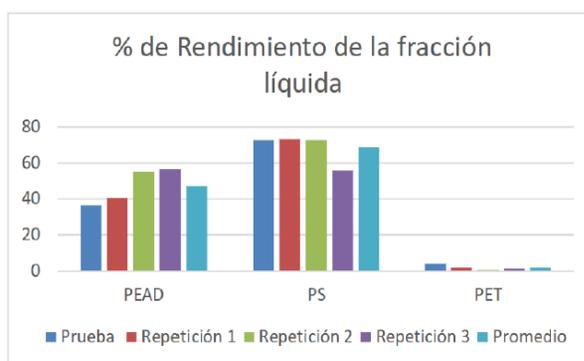
Nota. El polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno. (Repsol, 2019)

2.4. Pirolisis

De acuerdo con la investigación de Mancheno et al. (2016) existe una diferencia significativa en el volumen de fracción líquida obtenida mediante la pirolisis de PEAD (Polietileno de alta densidad), PS (Poliestireno) y PET (Tereftalato de Polietileno) los resultados se observan en la figura 11.

Figura 11

Rendimiento de Fracción líquida de Pirolisis



Nota. Tipo de plástico y fracción líquida de combustible recuperada. Adaptado de (Mancheno M. A., 2016)

2.4.1. Tiempo de residencia

En el análisis estadístico de la fracción líquida de pirolisis a 30, 60 y 120 minutos de tiempo de residencia, se obtiene un valor de p mayor a 0.05, demostrando que no existe diferencia significativa entre ellos, con lo que se confirma que la variable tiempo no produce resultados diferentes (Mancheno M. A., 2016)

2.4.2. Reactores de Pirolisis

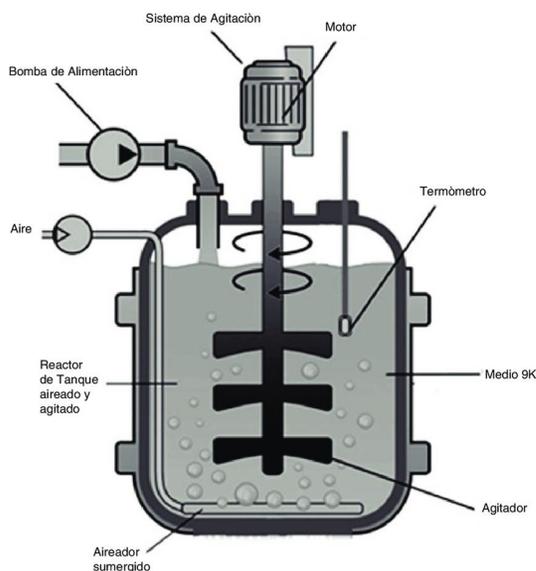
En los procesos de pirolisis se emplean una gran variedad de reactores, la selección del tipo de reactor a utilizar depende de factores como el tiempo de residencia, y el tipo de contacto entre la muestra a degradar y el catalizador, etc. (Cordova, 2014)

2.4.2.1. Reactor de tanque agitado

Está provisto de un sistema de agitación en el interior, cuyo objetivo es conseguir un craqueo uniforme del material introducido. Este tipo de reactor es utilizado para la degradación térmica de polietileno de alta y baja densidad. (Cordova, 2014)

Figura 12

Reactor de tanque aireado



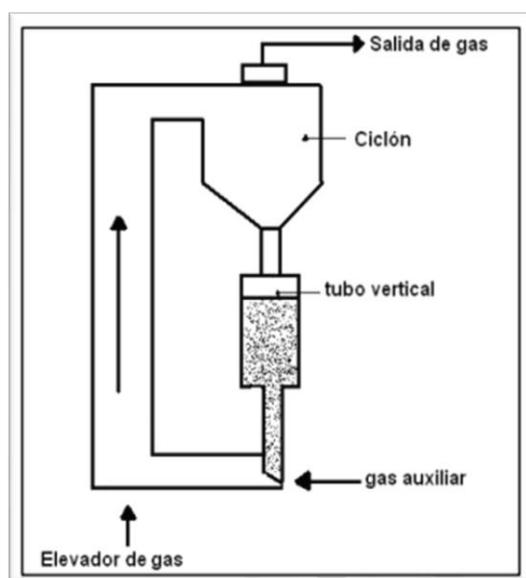
Nota. Representación esquemática de un reactor de tanque aireado para pirolisis. Adaptado de (Cordova, 2014)

2.4.2.2. Reactor de lecho fluidizado

Este tipo de reactor es muy utilizado en los procesos de degradación, debido a sus buenas características de transferencia de calor y de materia, que provocan una aceleración de la reacción involucrada en el proceso. (Cordova, 2014)

Figura 13

Reactor de lecho Fluidizado



Nota. Representación esquemática de un reactor de lecho fluidizado para pirolisis. Adaptado de (Cordova, 2014)

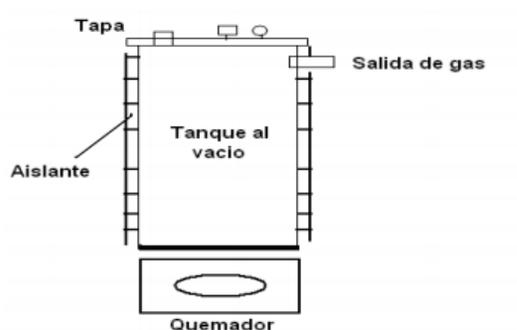
2.4.2.3. Horno reactor

La materia prima utilizada en el horno reactor se aprovecha mejor que con el empleo de métodos tanto técnicos como artesanales, obteniéndose así productos de alto grado de carbono

fijo y poca humedad. Además, con este tipo de horno el control del proceso es más sencillo. Este sistema se basa en el calentamiento de la materia prima a pirolizar a través de una recámara, que por lo general son cilíndricas y de metal, teniendo como principio la transferencia de calor por parte de un agente externo (quemador).

Figura 14

Horno reactor de Pirolisis



Nota. Representación esquemática de un horno reactor para pirolisis. Adaptado (Cordova, 2014)

2.5. Opacidad

2.5.1. Definición

Fracción de la luz expresada en porcentaje (%), que al ser enviada desde una fuente se le impide llegar al receptor del instrumento observador y que se expresa en función de la transmitancia. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2013)

$$N = 100(1 - \text{Transmitancia})$$

Ecuación 4 Opacidad

2.5.2. *Transmitancia*

Es la fracción de luz, expresada en porcentaje (%), que, al ser transmitida desde una fuente, a través de una trayectoria oscurecida por humo, llega al receptor del instrumento observador. (INEN, 2013)

$$T = 1 - \frac{\text{opacidad}}{100}$$

Ecuación 5 Transmitancia

2.5.3. *Coefficiente de Absorción de luz*

Medio fundamental para cuantificar la capacidad de una corriente de humo o del humo de una muestra para oscurecer la luz. Por convención, la densidad del humo se expresa en metros elevado a menos uno (m⁻¹). La densidad del humo es una función del número de partículas de humo por unidad de volumen de gas, la distribución por tamaño de las partículas de humo, y las propiedades de absorción y dispersión de las partículas. Sin la presencia de humos azules o blancos, la distribución de tamaño y las propiedades de absorción / dispersión son similares para todas las muestras de gases de escape diésel y la densidad de humo es principalmente una función de la densidad de las partículas de humo. (INEN, 2013)

$$K = -1(1/L)\ln (1 - N/100)$$

Ecuación 6 Coeficiente de absorción de luz

En donde:

K = densidad del humo m⁻¹

L = Longitud de trayectoria óptica efectiva en m

N = Opacidad en porcentaje

2.5.4. Ley de Berr Lambert

Para propósitos de medición del humo diésel, se puede utilizar una ecuación que expresa la relación entre la opacidad de una corriente de humo, la longitud de trayectoria óptica efectiva a través de la corriente, y la opacidad del humo por unidad de longitud de trayectoria.

(INEN, 2013)

$$T = \frac{\text{Luz transmitida}}{\text{Luz Incidente}} = e^{-KL}$$

Ecuación 7 Transmitancia

$$N = 100(1 - e^{-KL})$$

Ecuación 8 Opacidad

En donde:

T = Transmitancia

K = densidad del humo

N = opacidad

L = longitud de trayectoria óptica efectiva

2.6. Emisiones

La gasolina y el diésel son mezclas, principalmente, de hidrocarburos, compuestos que contienen átomos de hidrógeno y carbono. Si la combustión en 28 Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares un motor fuera perfecta, el oxígeno en el aire convertiría todo el hidrógeno del combustible en agua y todo el carbono en dióxido de carbono. En la realidad, el proceso de combustión no es perfecto y, en consecuencia, los motores de los automóviles emiten varios tipos de contaminantes. (Climático, Instituto Nacional de Ecología y Cambio, 2015)

2.6.1. Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono es un producto de la combustión incompleta y ocurre cuando el carbono en el combustible se oxida sólo parcialmente. El monóxido de carbono se adhiere con facilidad a la hemoglobina de la sangre y reduce el flujo de oxígeno en el torrente sanguíneo ocasionando alteraciones en los sistemas nervioso y cardiovascular. (Climático, Instituto Nacional de Ecología y Cambio, 2015)

2.6.2. Óxidos de Nitrógeno

Bajo las condiciones de alta temperatura y presión que imperan en el motor, los átomos de nitrógeno y oxígeno del aire reaccionan para formar monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y otros óxidos de nitrógeno menos comunes, que se conocen de manera colectiva como NO_x. Los óxidos de nitrógeno, al igual que los vehículos automotores como fuente de emisión de hidrocarburos, son precursores de ozono. Así mismo, con la presencia de humedad en la atmósfera se convierten en ácido nítrico, contribuyendo de esta forma al fenómeno conocido como lluvia ácida. La exposición aguda al NO₂ puede incrementar las enfermedades respiratorias, especialmente en niños y personas asmáticas. La exposición crónica a este contaminante puede disminuir las defensas contra infecciones respiratorias. (Climático, Instituto Nacional de Ecología y Cambio, 2015)

2.6.3. Hidrocarburos

Las emisiones de hidrocarburos resultan cuando no se quema completamente el combustible en el motor. Existe una gran variedad de hidrocarburos emitidos a la atmósfera y de ellos los de mayor interés, por sus impactos en la salud y el ambiente, son los compuestos orgánicos volátiles (COV). Estos compuestos son precursores del ozono y algunos de ellos, como el benceno, formaldehído y acetaldehído, tienen una alta toxicidad para el ser humano (Climático, Instituto Nacional de Ecología y Cambio, 2015)

2.6.4. Dióxido de Carbono

El dióxido de carbono no atenta contra la salud, pero es un gas con importante efecto invernadero que atrapa el calor de la tierra y contribuye seriamente al calentamiento global.

(Climático, Instituto Nacional de Ecología y Cambio, 2015)

2.6.5. Material particulado

Las partículas también son producto de los procesos de combustión en el motor de los vehículos. Este contaminante es uno de los que tiene mayores impactos en la salud humana; ha sido asociado con un aumento de síntomas de enfermedades respiratorias, reducción de la función pulmonar, agravamiento del asma, y muertes prematuras por afecciones respiratorias y cardiovasculares. (Climático, Instituto Nacional de Ecología y Cambio, 2015)

2.7. Motores de Encendido por Compresión (MEC)

(Benajes, J. y Navarro, E., 2013) nos dice que en estos motores la combustión se inicia mediante un proceso de autoencendido de la mezcla de combustible al alcanzarse temperaturas elevadas en la cámara de combustión, al momento de realizarse la fase de compresión, para controlar el proceso de encendido, durante la admisión se introduce solo aire y el combustible se inyecta hacia el final de la carrera de compresión, cuando el aire alcanza niveles altos de temperatura para poder producir el autoencendido.

Según Benajes J. y Navarro E. a diferencia de los MEP, en estos motores la mezcla de aire combustible es especialmente heterogénea y la combustión se produce en aquellas zonas en las que las condiciones de la mezcla aire combustible son las adecuadas, con preferencia donde el dosado local es cercano al estequiométrico, El proceso de combustión depende del proceso de inyección y está controlada por los procesos físicos que se dan en el seno de chorro de combustible como es la penetración, atomización, evaporación y mezcla con el aire.

2.8. Motores de Encendido Provocado (MEP)

(Benajes, J. y Navarro, E., 2013) enuncian que la principal característica de este tipo de motor es que el inicio de la combustión se da por medio de un aporte de energía externo al ciclo termodinámico, en motores modernos se obtiene, al hacer saltar una chispa entre los dos electrodos de una bujía. El instante en el que se debe hacer saltar la chipa deberá ser el adecuado para obtener el proceso de combustión más eficiente.

(Benajes, J. y Navarro, E., 2013) la mezcla aire combustible en este tipo de motores, se la puede realizar fuera del cilindro durante el proceso de admisión (motores de mezcla homogénea), o puede introducirse únicamente aire durante el proceso de admisión y el combustible se introduce posteriormente durante la compresión directamente al cilindro, formándose una mezcla heterogénea (motores de combustión directa).

El proceso de combustión de estos motores se produce por el avance de un frente de llama que recorre la cámara de combustión, que parte desde la bujía y separando en todos en todo momento 2 zonas claramente definidas, una con gases frescos y otra con gases quemados.

2.9. Torque

El par motor, también conocido como torque, es una magnitud física que mide el momento de fuerza que se ha de aplicar a un eje que gira sobre sí mismo a una determinada velocidad. Aplicado al mundo de la automoción y explicado de una forma que todos podamos entender se puede definir como la fuerza necesaria para que el cigüeñal del motor gire y, por ende, sea capaz de transmitir dicho movimiento al resto de elementos mecánicos necesarios para desplazar al vehículo.

En resumen, torque es el producto de la fuerza aplicada de empuje a los cilindros por la distancia al eje geométrico de giro del árbol del cigüeñal.

$$T = F * d$$

Ecuación 9 Torque

Donde:

T = Torque (N*m)

F = Fuerza aplicada (N)

d = distancia (m)

2.10. Potencia

La potencia indica la rapidez con que puede trabajar el motor. La potencia máxima es el mayor número obtenido de multiplicar el par del motor por la velocidad de giro en que lo genera.

$$P = M * w$$

Ecuación 10 Potencia

Donde:

P = Potencia (wattios)

M = Par (N*m)

w = Velocidad Angular (rad/s)

Capítulo III

3. Caracterización del aditivo de fracción líquida de combustible.

3.1. Volumen de mezcla requerida por prueba

Es necesario determinar la cantidad de combustibles y aditivo que se requerirá para el desarrollo de la investigación, teniendo en cuenta la caracterización, análisis de emisiones, pruebas de opacidad y pruebas de torque y potencia que se realizarán en los 2 vehículos de prueba.

3.1.1. Caracterización

El LACBAL establece el volumen necesario de combustible para realizar una caracterización es de 1L, conociendo esto y las concentraciones necesarias se puede obtener los valores necesarios de combustible y aditivo.

Tabla 7

Volumen muestras caracterización

Combustible	Concentración de Aditivo (%)	Volumen Total Mezcla Caracterización (ml)	Volumen Combustible (ml)	Volumen Aditivo (ml)
Gasolina	20	1000	800	200
Diesel	20	1000	800	200
		Volumen Gasolina	800	200
		Volumen Diésel	800	200
		Volumen de Aditivo		400

Nota. Muestra los volúmenes de combustible y aditivo que se requieren para realizar las mezclas con la concentración necesaria para realizar las pruebas de caracterización

3.1.2. Emisiones

Se consideró el uso de 5 litros de mezcla para la realización de las pruebas de emisiones con cada porcentaje de mezcla.

Tabla 8*Volumen de muestras emisiones*

Combustible	Concentración de Aditivo (%)	Volumen Total Mezcla Caracterización (ml)	Volumen Combustible (ml)	Volumen Aditivo (ml)
Gasolina	0	5000	5000	0
	5	5000	4750	250
	10	5000	4500	500
	15	5000	4250	750
	20	5000	4000	1000
Diésel	0	5000	5000	0
	5	5000	4750	250
	10	5000	4500	500
	15	5000	4250	750
	20	5000	4000	1000
		Volumen Gasolina	22500	2500
		Volumen Diésel	22500	2500
			Volumen de Aditivo	5000

Nota. Muestra los volúmenes de combustible y aditivo que se requieren para realizar las mezclas con la concentración necesaria para realizar los análisis de emisiones

3.1.3. Pruebas de torque y potencia

Para la realización de las pruebas de torque y potencia se consideró utilizar 5 litros de mezcla por tipo de combustible.

Tabla 9*Volúmenes de Mezcla*

Combustible	Concentración de Aditivo (%)	Volumen Total Mezcla Caracterización (ml)	Volumen Combustible (ml)	Volumen Aditivo (ml)
Gasolina	0	5000	5000	0
	20	5000	4000	1000
Diésel	0	5000	5000	0
	20	5000	4000	1000
		Volumen Gasolina	9000	1000
		Volumen Diésel	9000	1000
			Volumen de aditivo	2000

Nota. Muestra los volúmenes de combustible y aditivo que se requieren para realizar las mezclas con la concentración necesaria para realizar las pruebas de torque y potencia

3.1.4. Volumen total de combustible y aditivo

Con las consideraciones necesarias se determinó que para la realización de todas las fases de la investigación serán necesarios 32,3 litros de gasolina extra, 32,3 litros de diésel premium y 7,4 litros de aditivo.

Tabla 10*Volumen total de gasolina, diésel y aditivo*

Combustible	Volumen (L)
Gasolina Extra	32,3
Diésel Premium	32,3
Aditivo	7,4

Nota. Muestra la cantidad de reactivos totales necesarios para la realización de la investigación

3.2. Caracterización de la mezcla de gasolina extra con aditivo

3.2.1. Octanaje

3.2.1.1. Método de Ensayo

El método de ensayo para la determinación del número de octano (RON) está fundamentado en la norma ASTM 2699, se determina al comparar el “golpeteo” que produce un motor C.F.R para una mezcla de isooctano y n-heptano de octanaje conocido,

Es decir que se observa el “golpeteo” que provoca en el motor un combustible de valor de octano conocido y se lo compara con el “golpeteo” provocado por el combustible de prueba.

3.2.1.2. Equipo de Prueba

Este método de ensayo utiliza un motor mono cilíndrico CFR (Cooperative Fuel Research) mismo que tiene que ser de compresión variable y ajustable mientras está operando, un medidor electrónico de detonación, un equipo dispensador para combustibles de referencia

Como reactivos se debe disponer de n-heptano cuyo valor de octano es de cero y de isooctano 2,2,4-trimetilpentano cuyo valor de octano es 100.

Figura 15

Motor C.F.R



Nota. Motor C.F.R equipo que sirve para la determinación de los números de Octano RON y MON mediante análisis. Adaptado de (CFR ENGINES, 2020).

3.2.2. Presión de vapor

3.2.2.1. Método de Ensayo

El método de ensayo para la determinación de la presión de vapor fue la norma ASTM D 323, se establece procedimientos para la determinación de esta característica en gasolina, petróleo crudo y otros productos volátiles de petróleo.

Se debe tener en consideración que las mediciones de la presión de vapor son extremadamente sensibles a pérdidas por evaporación por lo que se debe ser muy cuidadoso al manejar las muestras.

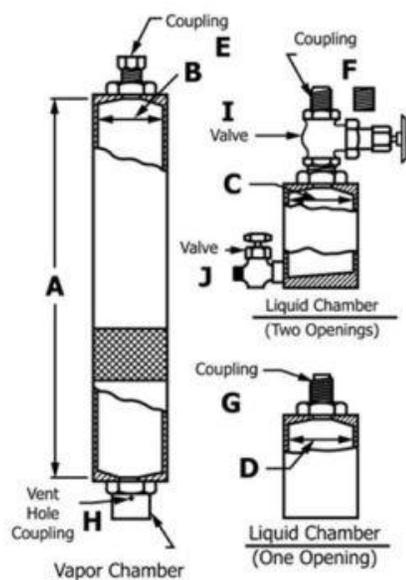
De acuerdo con la normativa la muestra de combustible a ser examinada debe ser transportada en un recipiente preferiblemente de vidrio café llena en un 70 a 80% y se debe realizar en la primera muestra retirada del recipiente, el resto de la muestra no puede ser usada para este test.

3.2.2.2. Equipo de Prueba

El aparato de presión de vapor de Reid consiste en 2 cámaras, una de vapor que corresponderá a la sección superior del aparato y una cámara de líquido que debe cumplir los requisitos establecidos por la norma.

Figura 16

Equipo de prueba de presión de vapor de tipo Reid



Nota. Equipo de prueba de presión de vapor de tipo Reid. Adaptado de (ASTM, 2020)

Tabla 11

Dimensiones de aparato de presión de vapor

Key	Description	mm	In
A	Vapor chamber, length	254 ±3	10±1/8
B, C, D	Vapor and gasolina chambers, Liquid ID	51 ±3	2 ±1/8
E	Coupling, ID min	4,7	3/16
F, G	Coupling, OD	12,7	1/2
H	Coupling, ID	12,7	1/2
I	Valve	12,7	1/2
J	Valve	6,35	1/4

Nota. Dimensiones normalizadas que debe tener un aparato de presión de vapor de tipo Reid.

Adaptado de (ASTM, 2020)

3.2.3. Densidad Relativa

3.2.3.1. Método de Ensayo

El ensayo se basó en la norma ASTM D-1298-12B la cual cubre la determinación de laboratorio utilizando un hidrómetro de vidrio en conjunto con una serie de cálculos de la densidad, la densidad relativa o la gravedad API de productos de petróleo manejados normalmente como líquidos que tiene una presión de vapor de Reid de 101.325 kPa o menos.

3.2.3.2. Equipo de Prueba

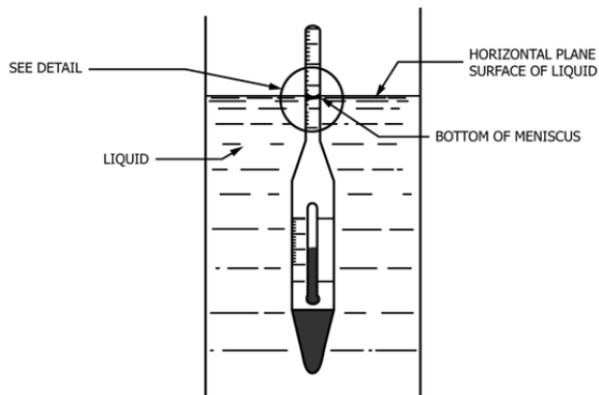
Para la realización de este ensayo se requiere del uso de un hidrómetro de vidrio graduado en unidades de densidad, densidad relativa o gravedad API según se requiera.

Tabla 12

Especificaciones Hidrómetro

Units	Range		Scale		Meniscus
	Total	Each Unit	Interval	Error	Correction
Density, kg/m ³ at 15°C	600-1100	20	0,2	±0,2	+0,3
	600-1100	50	0,5	±0,3	+0,7
	600-1100	50	1,0	±0,6	+1,4
Relative density, 60/60 °F	0,600 – 1,100	0,020	0,0002	±0,0002	+0,0003
	0,600 – 1,100	0,050	0,0005	±0,0003	+0,0007
	0,600 – 1,100	0,050	0,001	±0,0006	+0,0014
Relative density, 60/60 °F	0,600 – 1,100	0,050	0,0005	±0,005	+0,0007
API Gravity	-1 - +101	12	0,1	±0,1	-0,1

Nota. Rangos y escalas de densidad, densidad relativa y grado API que debe poder medir un hidrómetro para cumplir el estándar ASTM D1298. Adaptado de (ASTM, 2017)

Figura 17*Higrómetro*

Nota. Resumen del montaje de higrómetro de acuerdo a la norma ASTM 1298 -12b. Adaptado de (ASTM, 2017)

3.2.4. Contenido de Gomas

3.2.4.1. Método de Ensayo

El método de ensayo será la norma ASTM D-381 donde se establece que para determinar la cantidad de gomas que contiene un combustible, una cantidad de 50 ml de muestra se evapora bajo condiciones controladas de temperatura y flujo de aire, el residuo obtenido se pesa y se reporta como miligramos por cada 100 mL.

Para gasolina de automoción el medio empleado de evaporación será aire y la temperatura del alojamiento puede rondar entre los 150°C a 160°C

3.2.4.2. Equipo de Prueba

Los equipos necesarios para la prueba son una balanza de precisión, vasos de 100mL de capacidad, recipientes de enfriamiento, baño de evaporación, medidor de caudal, embudo de placa filtrante y suministro de vapor.

3.2.5. Resultados de la caracterización

El informe de análisis de resultados emitido por el LACBAL presenta los siguientes resultados

Figura 18

Reporte de caracterización gasolina

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		LACBAL		Edición:	03
				Fecha de edición:	2021-03-04
				Página	1 de 1
INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS				FRP7.801	
41-I-LACBAL-2021-641					
1. INFORMACIÓN LACBAL:			2. INFORMACIÓN CLIENTE:		
DIRECCIÓN	Ladrón de Guevara E11-253-Edificio Nº 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito.		NOMBRE/EMPRESA	LUIS GEOVANNY COYAGO ULCO	
TELÉFONOS	022976-300 Ext. 4329/4328/4317		DIRECCIÓN	TUMBACO	
E-MAIL	lacbal@epn.edu.ec		NÚMERO DE MUESTRAS	1	
3. INFORMACIÓN GENERAL			4. FECHAS		
RESPONSABLE DEL INFORME	Quím. Alisson Hernández	Nº PROFORMA	DQ-P0641-2021	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LACBAL	2021-07-29
TIPO CLIENTE	EXTERNO	Nº FACTURA	001-001-0183755	TRANSPORTE	NA
				INICIO DE ENSAYO	2021-07-30
				ENTREGA DE INFORME	2021-08-06
5. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:					
INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE		IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE		CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA
				641-01	Gasolina extra
					Vidrio
					1
					L
6. CONDICIONES AMBIENTALES:					
TEMPERATURA [°C]	20,0	HUMEDAD RELATIVA [%]	40	PRESIÓN [kPa]	72,9
7. RESULTADOS OBTENIDOS:					
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	
641-01	Octanaje	ASTM D-2699	RON	76,9	
	Presión de vapor de Reid	ASTM-D323	kPa	38,0	
	*Densidad relativa 15,6°C	ASTM-D1298-12b	kg/m ³	759,3	
	Contenido de gomas	ASTM-D381	mg/100mL	2,38	

Nota. Muestra las condiciones ambientales a las que se realizaron los análisis y los resultados de cada ensayo.

3.2.6. Comparación con la norma NTE INEN 935:2016

Tabla 13

Comparación de resultados con la Norma NTE INEN 935:2016

Requisito	Unidades	Mezcla de Combustible	Gasolina 87		Gasolina 92		Gasolina 93	
			Mín	Máy	Mín	Máy	Mín	Máy
Octanaje (RON)	---	76,9	87	---	92	---	93	---
Presión de Vapor de Reid	kPa	38	---	60	---	60	---	62
Densidad relativa	kg/m ³	759,3	---	---	---	---	---	---
Contenido de Gomas	mg/100mL	2,38	---	3	---	4	---	4

Nota. Comparación entre los resultados de la caracterización de la mezcla de combustible y los requisitos establecidos por la norma NTE INEN 935.

El primer valor a comparar es el del número octano de investigación RON (Research Octane Number) el cual es considerablemente más bajo que el establecido por la norma.

Teniendo en cuenta las ecuaciones 1 2 y 3 se calculó los posibles valores de índice antidetonante

Tabla 14

Cálculo de Índice Antidetonante

Índice de Sensibilidad	Numero de Octano RON	Numero de Octano MON	Índice Antidetonante
7	76,9	69,9	73,4
8	76,9	68,9	72,9
9	76,9	67,9	72,4
10	76,9	66,9	71,9
11	76,9	65,9	71,4
12	76,9	64,9	70,9

Nota. Cálculo de índice antidetonante de acuerdo al índice de sensibilidad

El mayor valor de índice antidetonante que puede llegar a poseer la mezcla de combustible es de 73,4, de acuerdo a la ficha técnica del vehículo, el motor está diseñado para funcionar con un combustible de índice de octano de 87 por lo que teóricamente se puede esperar una reducción en las prestaciones.

El siguiente valor a comprar es el de presión de vapor el cual se encuentra entre los rangos establecidos para cualquiera de las designaciones de gasolina que rige la norma.

El valor de la densidad no tiene valores de máximo o mínimo establecidos por la norma, pero para otras gasolinas como la óptima 95 el valor de densidad está comprendido entre 720 y 775kg/m³ por lo que el valor se encuentra en los considerados normales.

En relación al contenido de gomas el valor se encuentra entre los mínimos y máximos aceptados para todas las designaciones de gasolina.

3.3. Caracterización de la mezcla de Diésel Premium con aditivo

3.3.1. Resultados de la Caracterización

El informe de análisis de resultados emitido por el LACBAL presenta los siguientes resultados

Figura 19

Reporte de caracterización diésel

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		Edición:			
		03			
		Fecha de edición: 2021-03-04			
INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS		Página: 1 de 1			
		FRP7.801			
43-I-LACBAL-2021-665					
1. INFORMACIÓN LACBAL:		2. INFORMACIÓN CLIENTE:			
DIRECCIÓN	Ladrón de Guevara E11-253 Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito.	NOMBRE/EMPRESA	LUIS GEOVANNY CORDO GUAYO		
TELÉFONOS	022976-300 Ext. 4329/4328/4317	DIRECCIÓN	TUMBACO		
E-MAIL	lacbal@epn.edu.ec	NÚMERO DE MUESTRAS	1		
3. INFORMACIÓN GENERAL		4. FECHAS			
RESPONSABLE DEL INFORME	Ing. Santiago Encalada	N° PROFORMA	DQ-P0665-2021		
TIPO CLIENTE	EXTERNO	N° FACTURA	POR EMITIR		
RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LACBAL		2021-08-04	INICIO DE ENSAYO		
TRANSPORTE		NA	ENTREGA DE INFORME		
			2021-08-16		
5. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:					
INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE	IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA		
-	-	665-01	Diésel premium		
			TIPO ENVASE		
			Vidrio		
			CANTIDAD		
			600 mL		
6. CONDICIONES AMBIENTALES:					
TEMPERATURA [°C]	19,0	HUMEDAD RELATIVA [%]	49,3		
		PRESIÓN [kPa]	72,8		
7. RESULTADOS OBTENIDOS:					
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	
665-01	*Punto de inflamación copa cerrada	ASTM-D93-20	°C	67,0	
	Contenido de cenizas	ASTM-D482	%	<0,01	
	Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM-D445	mm ² /s	3,875	
	*Contenido de azufre	ASTM-D4294-16e1	mg/Kg	81,5	
	Índice de cetano	INEN 1495	---	50,5	
	Ensayo de destilación	ASTM-D86	°C	IBP	170,5
				10%	213,3
				50%	272,0
				90%	343,7
	*Densidad relativa 15,6°C	ASTM-D1298-12b	kg/m ³	0,8	
Residuo de carbón sobre el 10% de residuo de destilación	ASTM-D4530	%	0,09		

Nota. Muestra los valores resultantes de la caracterización de la mezcla de diésel Premium con el aditivo combustible en una proporción del 20%

3.3.2. Comparación con la norma NTE INEN 1489:2016

Tabla 15

Comparación de resultados de laboratorio con Norma NTE INEN 1489:2016

Ensayo	Unidades	Valor	Diésel No. 1		Diésel No. 2		Diésel Premium		Norma/Método
			mín	máx	mín	Máx	mín	máx	
Punto de inflamación	°C	67	40	---	51	---	51	---	ASTM D93-20
copa cerrada									
Contenido de cenizas	%	<0,01	---	0,01	---	0,01	---	0,01	ASTM D482

Ensayo	Unidades	Valor	Diésel						Norma/Método
			Diésel No. 1		Diésel No. 2		Diésel Premium		
Viscosidad									
Cinemática a 40°C	mm ² /s	3,875	1,3	2,4	2	5	2	5	ASTM D445
Contenido de Azufre	mg/Kg	81,5	---	300	---	700	---	50	ASTM D294-16e1
Índice de Cetano	---	50,5	No aplica	45	---	45	---	---	INEN 1495
Temperatura de destilación	IBP	170,5	---	---	---	---	---	---	ASTM D86
	10%	213,3	---	---	---	---	---	---	
	50%	272	---	---	---	---	---	---	
	90%	343,7	---	288	---	360	---	360	
Densidad relativa 15,6°C	kg/m ³	0,8	---	---	---	---	---	---	ASTM D1298-12b
Residuo de carbón sobre 10%	%	0,09	---	0,1	---	0,1	---	0,1	ASTM D4530

Nota. Muestra la comparación entre los valores obtenidos de caracterización y los límites establecidos por la norma NTE INEN 1489

El punto de inflamación para la mezcla resultante se encuentra muy por encima del mínimo requerido por la norma para las designaciones de Diésel No. 1, 2 o Premium, por lo que se puede llegar a asumir que el almacenamiento de esta mezcla de combustible será más seguro.

El contenido máximo de cenizas para todas las designaciones de Diésel en el Ecuador no debe exceder el 0,01 % de fracción de masa lo cual se cumple en el caso de la mezcla analizada, esto implica que teóricamente no debería influir en los niveles de opacidad de las emisiones.

La viscosidad cinemática determinada en la caracterización de la mezcla de combustible es de $3,875 \text{ mm}^2/\text{s}$ siendo el valor mínimo de $1,3 \text{ mm}^2/\text{s}$ y $5 \text{ mm}^2/\text{s}$ el máximo para todas las designaciones de diésel según la norma, por lo que se puede asumir que no debería haber problemas con el funcionamiento de los inyectores, formación de chorro y atomización durante el proceso de inyección.

El contenido de azufre es de 81,5 miligramos por kilogramo de mezcla, en este aspecto el combustible cumple los estándares en relación al Diesel No.1 y 2 pero no para el Diesel Premium, con ese nivel de azufre la mezcla cae en la categoría de combustibles pobres en azufre y teóricamente sus niveles de CO, HC y NOx no deberían presentar un aumento excesivo en relación al Diésel Premium.

El índice de cetano calculado por el laboratorio es de 50,5 estando por encima de los valores requeridos por la norma para todas las designaciones de diésel lo cual nos hace presumir que las prestaciones del motor del vehículo de prueba mejoraran.

El valor de residuo de carbón de combustible quemado sirve como una aproximación de la tendencia que tiene el combustible a formar depósitos, el valor reflejado por el análisis del LACBAL es menor que los máximos permitidos por la norma por lo cual se presume que la formación de depósitos en la cámara de combustión se dará en menor o igual medida que con el diésel Premium.

Capítulo IV

4. Análisis del rendimiento de MEP Y MEC

El proyecto se desarrolló utilizando un marco metodológico que permite dar respuesta al problema de investigación que se está tratando; se estableció una serie de pruebas (potencia, torque, análisis de emisión de gases y opacidad) cuyo fin es entregar datos para la realización de la investigación.

Las pruebas de torque y potencia se desarrollaron utilizando el dinamómetro de tipo Inercial de rodillos perteneciente a la empresa “Marcelo Redín Automotriz” en la ciudad de Quito, el análisis de gases contaminantes se realizó utilizando el equipo AGS-688 para el caso del MEP, para el caso del MEC el análisis de opacidad se realizó mediante el uso del opacímetro.

Para el desarrollo de este capítulo se utilizaron los métodos de medición, experimental y observación directa para la realización de las pruebas, se utilizó el método comparativo para realizar la tabulación y análisis de los datos obtenidos.

4.1. Pruebas de Torque y Potencia

4.1.1. Preparación de los vehículos

Antes de empezar a realizar las pruebas es necesario que los vehículos se encuentren en excelente condición mecánica para lo cual se debe realizar mantenimiento de los mismos.

4.1.1.1. Vehículo de prueba 1

4.1.1.1.1. Ficha Técnica

Tabla 16*Ficha Técnica Vehículo de prueba 1*

Numero de Motor	C24SE31025614
Numero de Chasis	8LBETF2D380005379
Placa	PBB9598
	Motor
Posición	Delantera
Cilindrada	2400 c.c
Potencia Máxima	124 HP
Torque Máximo	2000 N*m
Tipo	4 cilindros DOHC 16V
Relación de Compresión	9.6:1
Neumáticos	225/70/R15
Tracción	Trasera
Tipo de Transmisión	Manual

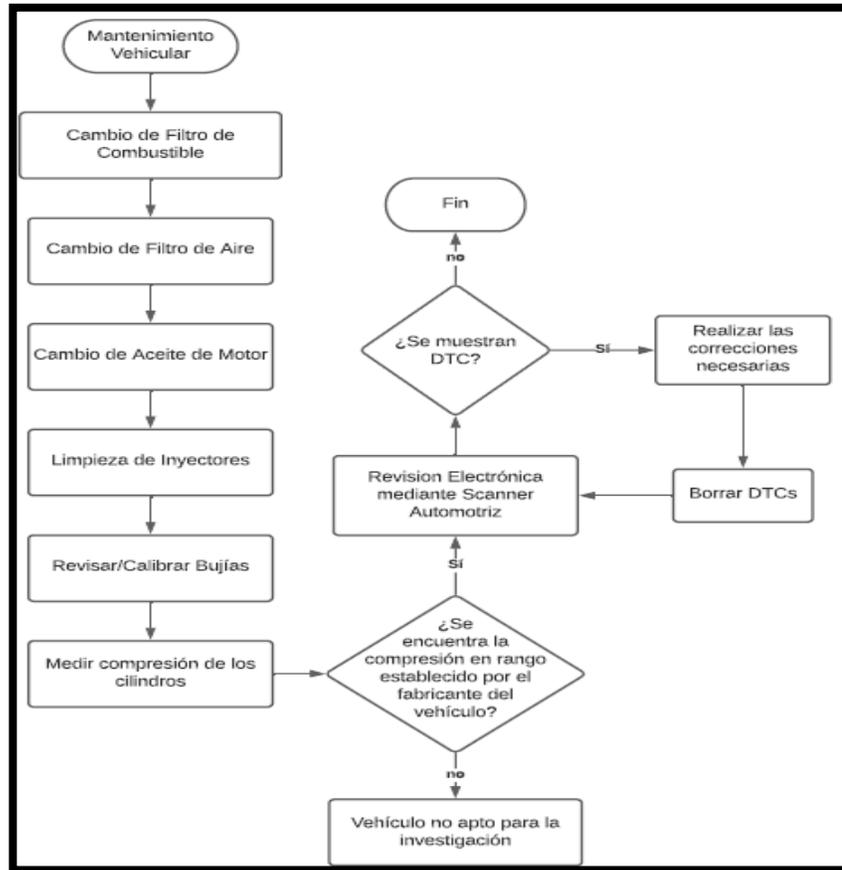
Nota. Muestra la información básica del vehículo de prueba 1

4.1.1.1.2. Mantenimiento

Para la realizar el mantenimiento del vehículo se procede de acuerdo al manual del vehículo en función del kilometraje.

Figura 20

Diagrama de Flujo de mantenimiento



Nota. Diagrama de flujo para realizar el mantenimiento del vehículo de prueba gasolina previo a la realización de las pruebas necesarias para la investigación

4.1.1.1.3. Depósito auxiliar de combustible

A fin de garantizar exactitud en los resultados obtenidos durante las pruebas del combustible con aditivo se requiere que este no sea contaminado por impurezas que se pueden encontrar en el tanque de combustible regular del vehículo.

Se diseñó un tanque auxiliar utilizando cañerías de alta presión, una para retorno y otra para alimentación, una bomba de combustible, uniones, acoples, llaves de paso, recipiente plástico y un manómetro.

Las conexiones de alimentación de combustible se realizan reemplazando las conexiones del tanque propio del vehículo con las del tanque auxiliar

Figura 21

Tanque de auxiliar de combustible



Nota. Tanque auxiliar de combustible para pruebas de torque, potencia y emisiones

Figura 22

Tanque auxiliar en vehículo de prueba 1



Nota. Tanque auxiliar conectado al vehículo de prueba 1

4.1.1.2. Vehículo de prueba 2

4.1.1.2.1. Ficha Técnica

Tabla 17

Ficha técnica vehículo de prueba 2

Numero de Motor	JT633658
Numero de Chasis	8LOTS7325DE012322
Placa	PAA8430
	Motor
Posición	Delantera
Cilindrada	3000 c.c
Potencia Máxima	86 CV
Torque Máximo	185Nm
Tipo	4 cilindros DOHC 16V
Relación de Compresión	14:1
Neumáticos	195/80/R14
Tracción	Trasera
Tipo de Transmisión	Manual

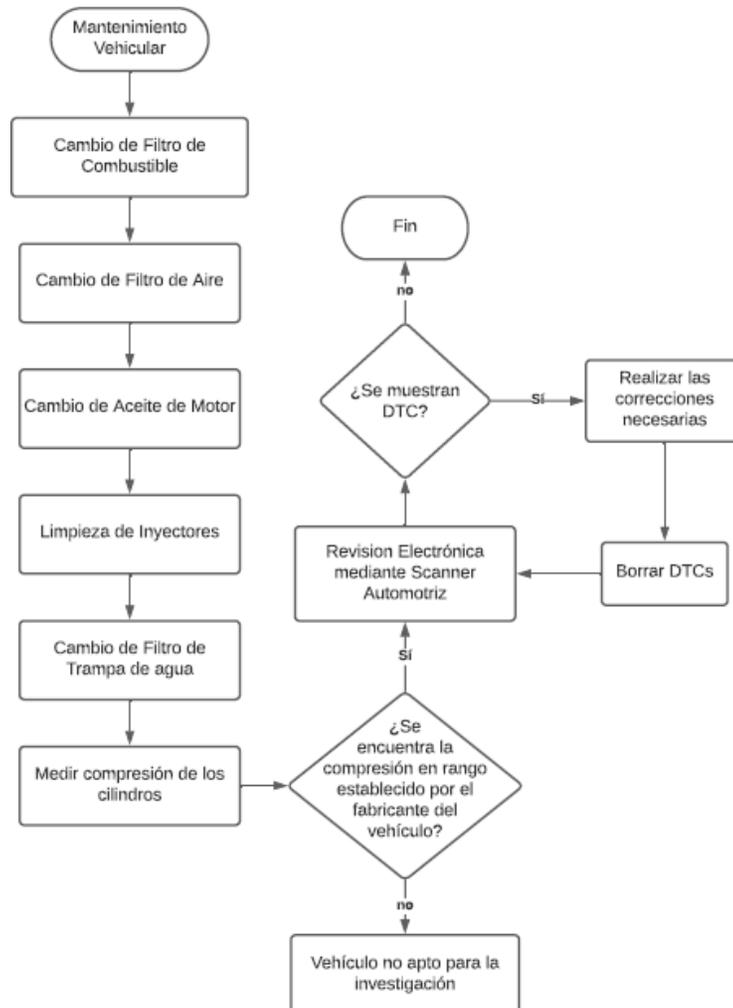
Nota. Muestra la información básica del vehículo de prueba 2

4.1.1.2.2. Mantenimiento

Para el mantenimiento del vehículo se procede acorde a las tareas establecidas por el fabricante del vehículo en función del kilometraje.

Figura 23

Diagrama de mantenimiento vehículo de prueba 2



Nota. Diagrama de flujo de mantenimiento a vehículo diésel

4.1.1.2.3. Depósito auxiliar de combustible

En este caso al estar la bomba de combustible acoplada al motor para su funcionamiento y tratarse de una bomba de alta presión solo fue necesario cambiar las conexiones de alimentación y retorno del sistema de inyección.

Figura 24

Deposito auxiliar de combustible vehículo de prueba 2



Nota. Tanque auxiliar conectado al vehículo de prueba 2

4.1.2. Normativa para realizar las pruebas

Se fundamentó la realización de las pruebas en la normativa SAE J1349, esta norma proporciona un medio para la certificación de torque y potencia, especifica un factor de corrección que tiene en cuenta parámetros como la calidad del combustible, presión atmosférica y temperatura ambiente, además considera el funcionamiento del vehículo con dispositivos tales como la bomba de agua, alternador, ventilador eléctrico y bomba de aceite.

La norma puede ser aplicada tanto para motores de encendido provocado como para motores de encendido por compresión.

4.1.3. Procedimiento de medición

Para la realización de las pruebas es necesario tomar en cuenta las medidas de seguridad que corresponden a fin de precautelar la integridad física de la persona que realiza la prueba y de las personas que se encuentran en el entorno

Se coloca el vehículo de tal manera que las ruedas motrices queden sobre los rodillos del dinamómetro, se procede a medir el diámetro de los neumáticos dato que nos servirá para realizar la equiparación las revoluciones mostradas por el tacómetro del vehículo con las medidas por el equipo.

Figura 25

Vehículo de prueba 2 en banco dinamométrico



Nota. Se observan los puntos de anclaje del vehículo y su colocación en el banco dinamométrico

4.2. Pruebas de Emisiones

En el caso del MEP se analizó las emisiones de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO_2), Oxígeno (O_2) e Hidrocarburos no combustionados (HC).

Para el caso del MEC se analizó la opacidad de los gases de escape.

4.2.1. Medición de emisiones vehículo de prueba 1

Las pruebas se realizan con el equipo AGS-688, antes de empezar las pruebas se debe realizar una inspección del equipo sobre todo en la parte de los filtros de gases, los filtros se deben encontrar libres de cualquier impureza por lo cual se recomienda el uso de filtros nuevos mismos que son intercambiables.

Antes de realizar cualquier tipo de acción, el equipo realiza una prueba de estanqueidad de gases. El equipo requiere medir las revoluciones del motor y la temperatura, esto se logra con el uso del equipo MGT-300 mismo que debe ser conectado a la batería del vehículo para su alimentación y medición de revoluciones y la temperatura se mide desde el orificio de medición de aceite.

Figura 26

Conexión de equipo MGT-300



Nota. Equipo captador de revoluciones y temperatura de motor

Figura 27

Conexión de la sonda en la entrada de la bayoneta de aceite



Nota. Medición de temperatura de motor a través de sonda colocada en el cárter de aceite

El equipo permite la medición de gases mediante test oficial y test continuo.

4.2.1.1. Normativa para la realización de las pruebas. Para el desarrollo de las mediciones se empleó la norma INEN NTE 2203:2000 misma que establece el método de ensayo para determinar la concentración de emisiones provenientes del sistema de escape del vehículo en condiciones de marcha mínima.

4.2.1.2. Test Oficial. Se realiza bajo 2 condiciones, la primera en régimen de motor a ralentí y la segunda en régimen de motor de 2400 a 2600 RPM en ambos casos se miden las emisiones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno, hidrocarburos no combustionados y factor lambda.

Figura 28

Reporte de emisiones Test Oficial

		TEST OFICIAL GASES DE ESCAPE	
ANALIZADOR GASES AGS-688 Número de Serie : 160513000054 Número de Homologación : OM00292EST006cNET Fecha vencimiento calibración : 06/07/2022		TACÓMETRO Número de Serie : Número de Homologación : Fecha vencimiento calibración :	
DATOS TALLER			
LATAQUINGA		ESPE-L	
BELIZARIO QUEVEDO		TELEPHONE	
		FAX - EMAIL	
DATOS DEL VEHICULO			
Placa : PBB-9588	No. Chasis : BLBETF2D380005379		
Marca : CHEVROLET	No. Tubos de Escape : 1		
Modelo : LUV DMAX GASOLINA	2 Tiempos / 4 Tiempos : 4		
Año de Construcción : 2008	Odómetro : 166000		
Combustible : GASOLINA			
LIMITES PRESCRITOS			
Temperatura Motor : 80 [°C]	Régimen Motor al Mínimo : 500 - 1200 [1/min]	Régimen Motor en Aceleración : 2400 - 2800 [1/min]	
O2 : 5.0 [%Vol]	CO : 1.0 [%Vol]	HC : 200 [ppmVol]	
VALORES MEDIDOS			
PRUEBA AL MINIMO		PRUEBA EN ACELERACIONE	
Temp. Motor : 90 [°C]	RPM : 740 [1/min]	Temp. Motor : 90 [°C]	RPM : 2410 [1/min]
CO : 0.01 [%Vol]	CO2 : 13.2 [%Vol]	CO : 0.02 [%Vol]	CO2 : 15.4 [%Vol]
O2 : 5.30 [%Vol]	HC : 212 [ppmVol]	O2 : 5.04 [%Vol]	HC : 242 [ppmVol]
Lambda : 1.281 [-]		Lambda : 1.033 [-]	
RESULTADO DEL TEST : RECHAZADO			
Fecha y hora de inicio prueba : 02/08/2021 12:19:00		Fecha y hora de termine prueba : 02/08/2021 12:21:11	
Examinador : LEONIDAS QUIROZ			
Firma			

Nota. Reporte generado para test oficial por el equipo AGS – 688 al momento de terminar la prueba

4.2.1.3. Prueba Continua. Se realiza llevando el régimen de revoluciones de motor de 1000 RPM y 5000 RPM y se miden las emisiones en cada paso. El equipo genera un reporte de emisiones para cada régimen de revoluciones.

Figura 29

Reporte de emisiones Test Continuo

 BrainBee[®]		ANÁLISIS GASES ESCAPE	
ANALIZADOR	AGS-688	CUENTARREVOLUCIONES	
Número de serie	160513000054	Número de serie	
LATAACUNGA		ESPE-L	
BELIZARIO QUEVEDO		TELEPHONE	
		FAX - EMAIL	
Datos del vehículo:			
Marca	: CHEVROLET	Modelo	: LUV DMAX GASOLINA
Matrícula	: P889598	No. Chasis	: 8LBETF2D380005379
Combustible	: GASOLINA	Km recorridos	: 166000
Valores relevados:			
Temp. motor	[°C]	:	82
RPM	[1/min]	:	1008
COcorr	[%Vol]	:	0.83
Lambda	[-]	:	0.904
CO	[%Vol]	:	1.9
CO ₂	[%Vol]	:	12.2
HC	[ppmVol]	:	204
O ₂	[%Vol]	:	1.49
NO	[ppmVol]	:	47
Fecha y hora prueba	:	02/08/2021	11:36
Sello			
Firma			

Nota. Reporte generado para test continuo por el equipo AGS – 688 al momento de terminar la prueba

4.2.2. Medición de opacidad en vehículo de prueba 2

Se realiza la prueba de opacidad mediante el uso del opacímetro, antes del uso del equipo este realiza una prueba de estanquidad, los datos de revoluciones y temperatura de motor se captan mediante el equipo 57-5000 y se conecta a la batería del vehículo para su alimentación y medición de revoluciones

Figura 30

Equipo 57-5000



Nota. Equipo para medición de temperatura de motor y revoluciones

Normativa para la realización de las pruebas. Este ensayo se basa en la norma NTE INEN 2202:2013 misma que denota los lineamientos que se debe seguir y tener en cuenta para la determinación de opacidad en motores diésel mediante prueba estática con método de aceleración libre.

Durante las preparaciones para realizar la medición el equipo realizará una verificación de linealidad donde se deberá obstruir la cámara de medición.

Figura 31

Obstrucción de la cámara de medición



Nota. Durante la comprobación de linealidad por parte del equipo es necesario obstruir la cámara de medición.

Figura 32

Sonda en el tubo de escape del vehículo



Nota. Colocación de la sonda de opacidad en el tubo de escape del vehículo, tener la precaución de que se entre lo máximo posible en tubo de escape para mediciones más precisas.

Luego de la finalización de la prueba el equipo genera un informe de resultados.

Figura 33

Reporte de opacidad

ESPE LATACUNGA Tel: 000000		Email:	
DATOS DEL CLIENTE NOMBRE: LUIS APELLIDO: COYANGO IDENTIFICACION: 171841967		DATOS DEL VEHICULO PLACA: PAA4430 MODELO: 2013 MARCA: KIA LINEA: PARTICULAR NUMERO DE MOTOR: VIN: 8L0T57250E012322 DIAM. EXHOTO: 44.30	
PRUEBA ENSAYO: 3.74 % PRUEBA 1: 2.25 % PRUEBA 2: 3.92 % PRUEBA 3: 7.10 % OPACIDAD: 4.42 % FECHA Y HORA DE LA PRUEBA: 7/13/2021 10:24:55	DISPOSITIVO DE MEDICION #181 RPM SALENTI: 684 RPM RPM GOBERNADA: 1746 RPM TEMPERATURA DE OPACIDAD: 0 ° NORMA OPACIDAD LIMITE: 0.00 % MOTIVO: Indicación de mal funcionamiento del motor - Variaciones superiores a 2% o desviación del caso mayor a 5%		
RESULTADO: RECHAZADA			
OPERARIO RESPONSABLE: _____			
QUEROZ			

ESPE LATACUNGA Tel: 000000		Email:	
DATOS DEL CLIENTE NOMBRE: LUIS APELLIDO: COYANGO IDENTIFICACION: 171841967		DATOS DEL VEHICULO PLACA: PAA4430 MODELO: 2013 MARCA: KIA LINEA: PARTICULAR NUMERO DE MOTOR: VIN: 8L0T57250E012322 DIAM. EXHOTO: 44.30	
PRUEBA ENSAYO: 3.74 % PRUEBA 1: 2.25 % PRUEBA 2: 3.92 % PRUEBA 3: 7.10 % OPACIDAD: 4.42 % FECHA Y HORA DE LA PRUEBA: 7/13/2021 10:24:55	DISPOSITIVO DE MEDICION #181 RPM SALENTI: 684 RPM RPM GOBERNADA: 1746 RPM TEMPERATURA DE OPACIDAD: 0 ° NORMA OPACIDAD LIMITE: 0.00 % MOTIVO: Indicación de mal funcionamiento del motor - Variaciones superiores a 2% o desviación del caso mayor a 5%		
RESULTADO: RECHAZADA			
OPERARIO RESPONSABLE: _____			
QUEROZ			

Nota. Reporte generado por el opacímetro luego de realizar el ensayo

4.3. Tabulación de datos

4.3.1. Emisión de gases vehículo de prueba 1

4.3.1.1. Test Continuo. Se realizó 3 pruebas para cada régimen de motor partiendo desde las 1000 RPM hasta las 5000 RPM con gasolina extra y gasolina extra más aditivo en proporciones de 5%, 10%, 15, y 20%

Tabla 18*Resultados de emisión de HC, CO y CO2 en test continuo*

Ensayo	Rpm	SIN ADITIVO				CON ADITIVO				SIN ADITIVO				CON ADITIVO			
		20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
		HC	HC	HC	HC	CO	CO	CO	CO	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2	CO6
1	1000	200	25	185	218	205	1,8	0,01	1,35	1,69	1,77	12,1	15,6	12,3	12,1	12,7	
2	1008	204	45	191	220	209	1,9	0,02	1,43	1,78	1,87	12,2	15,2	12,4	12,2	12,7	
3	1000	207	35	193	225	212	1,8	0,03	1,36	1,69	1,77	12,1	15,2	12,3	12,1	12,6	
1	2000	245	25	227	267	251	1,11	0,01	0,84	1,04	1,09	11,9	15,6	12,1	11,9	12,5	
2	2008	246	33	228	268	252	1,14	0,01	0,86	1,07	1,12	11,7	14,6	11,9	11,7	12,2	
3	2008	241	23	223	263	247	1,04	0,01	0,78	0,98	1,02	11,6	14,9	11,8	11,6	12,1	
1	3050	266	50	248	288	272	1,99	0,01	1,50	1,87	1,96	11,1	14,9	11,3	11,1	11,7	
2	3000	269	43	250	292	276	1,98	0,01	1,49	1,86	1,95	11,2	15,1	11,4	11,2	11,8	
3	3017	263	63	246	283	269	1,78	0,01	1,34	1,67	1,75	11,4	14,7	11,6	11,4	11,9	
1	4171	280	80	263	300	286	2,94	0,04	2,22	2,76	2,89	10,7	14,7	11,0	10,7	11,3	
2	4104	287	90	271	307	293	3,04	0,04	2,29	2,85	2,99	10,4	14,7	10,7	10,4	11,1	
3	4004	279	101	264	297	284	2,98	0,06	2,25	2,80	2,93	10,8	14,4	11,0	10,8	11,4	
1	5100	301	41	279	327	309	3,05	0,02	2,29	2,86	3,00	10,2	15,6	10,5	10,2	11,1	
2	5000	311	47	289	338	319	3,15	0,03	2,37	2,96	3,10	10,0	15,5	10,3	10,0	10,9	
3	5009	341	37	316	372	350	3,75	0,04	2,82	3,52	3,69	9,9	15,1	10,2	9,9	10,7	

Nota. Valores de CO, CO2 y HC obtenidos en test continuo para gasolina extra y mezcla de gasolina extra más aditivo en concentraciones de

5%, 10%, 15% y 20%.

Tabla 19*Resultados de emisión de O2, NO y CO Corr en test continuo*

Ensayo	RPM	SIN ADITIVO					CON ADITIVO					SIN ADITIVO					CON ADITIVO				
		O2	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)	O2	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)	NO	NO	NO	NO	NO	Cocorr	Cocorr	Cocorr	Cocorr	Cocorr
1	1000	1,19	0,19	1,13	1,18	1,19	43	120	42	43	44	0,71	0,01	0,68	0,65	0,61					
2	1008	1,49	0,29	1,42	1,48	1,49	47	45	45	43	45	0,83	0,01	0,80	0,76	0,71					
3	1000	1,44	0,29	1,37	1,43	1,44	41	41	41	41	41	0,80	0,01	0,77	0,73	0,69					
1	2000	2,16	0,16	2,04	2,15	2,16	65	60	61	56	60	1,01	0,01	0,97	0,92	0,87					
2	2008	2,15	0,26	2,04	2,14	2,15	66	65	65	64	65	1,07	0,01	1,03	0,97	0,92					
3	2008	2,25	0,22	2,13	2,24	2,25	69	85	82	99	84	0,99	0,01	0,95	0,90	0,85					
1	3050	2,92	0,39	2,77	2,90	2,92	89	88	88	87	88	1,61	0,02	1,54	1,47	1,38					
2	3000	2,95	0,33	2,80	2,93	2,95	91	95	94	99	95	1,66	0,01	1,59	1,51	1,42					
3	3017	2,92	0,22	2,76	2,90	2,92	93	90	91	87	90	1,46	0,01	1,40	1,33	1,25					
1	4171	3,48	1,48	3,36	3,47	3,48	105	110	109	114	110	2,01	0,04	1,93	1,83	1,73					
2	4104	3,58	1,63	3,47	3,57	3,58	109	130	127	149	129	2,07	0,08	1,99	1,89	1,79					
3	4004	3,16	1,73	3,08	3,15	3,16	112	134	130	154	133	2,01	0,07	1,93	1,83	1,73					
1	5100	4,96	0,16	4,68	4,93	4,96	142	137	138	133	137	2,82	0,02	2,70	2,57	2,42					
2	5000	5,06	0,19	4,77	5,03	5,05	152	150	150	148	150	2,92	0,03	2,80	2,66	2,51					
3	5009	5,16	0,17	4,87	5,13	5,15	172	170	170	168	170	2,99	0,01	2,87	2,72	2,56					

Nota. Valores de O2, NO y CO Corr obtenidos en test continuo para gasolina extra y mezcla de gasolina extra más aditivo en concentraciones de 5%, 10%, 15% y 20%.

Tabla 20*Resultados de Factor Lambda en test continuo*

Ensayo	Rpm	SIN	CON ADITIVO			
		ADITIVO	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
		Lambda	Lambda	Lambda	Lambda	Lambda
1	1000	0,907	1,007	0,901	0,896	0,891
2	1008	0,904	1,007	0,898	0,893	0,888
3	1000	0,901	1,006	0,895	0,889	0,884
1	2000	0,910	1,006	0,905	0,899	0,895
2	2008	0,919	1,006	0,914	0,909	0,905
3	2008	0,923	1,006	0,918	0,914	0,910
1	3050	0,913	1,023	0,907	0,901	0,896
2	3000	0,911	1,063	0,903	0,894	0,887
3	3017	0,941	1,023	0,936	0,932	0,928
1	4171	0,966	1,066	0,960	0,955	0,950
2	4104	0,946	1,096	0,938	0,929	0,922
3	4004	0,986	1,1	0,980	0,973	0,968
1	5100	0,975	1,005	0,973	0,972	0,970
2	5000	0,966	1,001	0,964	0,962	0,960
3	5009	0,966	1,011	0,964	0,961	0,959

Nota. Valor de Factor Lambda obtenido en test continuo para gasolina extra y mezcla de gasolina extra más aditivo en concentraciones de 5%, 10%, 15% y 20%

4.3.1.2. **Test oficial.** Se realizó la prueba en 7 ocasiones para asegurar la confiabilidad de los resultados

Tabla 21

Emisiones Test oficial gasolina extra y mezcla aditivo 20% y 15%

	N° de Ensayo	SIN ADITIVO					CON ADITIVO									
							20 (%)					15 (%)				
		CO	CO2	O2	HC	Lambda	CO	CO2	O2	HC	Lambda	CO	CO2	O2	HC	Lambda
Ralentí	1	0,01	12,4	5,27	270	0,98	0,01	15,3	1,58	7	1,07	0,01	11,4	3,0	37,9	0,98
	2	0,01	12,4	5,77	280	0,96	0,01	15,2	1,60	21	1,07	0,01	11,5	3,2	51,5	0,97
	3	0,01	13,2	5,30	212	1,28	0,01	15,3	1,58	77	1,07	0,01	12,5	3,0	92,9	1,27
	4	0,01	13,2	5,29	222	1,28	0,01	15,0	2,87	3	1,13	0,01	12,6	3,8	28,8	1,27
	5	0,01	13,2	5,59	202	1,28	0,01	15,3	2,55	13	1,12	0,01	12,5	3,7	35,2	1,27
	6	0,01	13,2	4,99	202	1,28	0,01	15,2	1,60	21	1,07	0,01	12,5	2,9	42,3	1,27
	7	0,01	11,7	13,6	171	1,82	0,01	15,2	1,66	79	1,07	0,01	10,5	6,1	89,8	1,78
Aceleración		CO	CO2	O2	HC	Lambda	CO	CO2	O2	HC	Lambda	CO	CO2	O2	HC	Lambda
	1	0,03	15,5	0,83	9	1,04	0,03	15,6	0,24	14	1,01	0,03	15,5	0,5	13,4	1,03
	2	0,03	15,5	0,87	325	1,14	0,06	15,4	0,32	27	1,01	0,51	15,5	0,5	62,1	1,13
	3	0,02	15,4	5,04	242	1,03	0,03	15,6	0,24	54	1,01	0,18	15,3	2,0	76,1	1,03
	4	0,02	15,4	5,00	199	1,03	0,06	15,5	0,27	17	1,01	0,66	15,4	2,0	38,4	1,03
	5	0,02	15,4	4,90	189	1,03	0,07	15,5	0,38	16	1,02	0,82	15,4	2,1	36,4	1,03
	6	0,02	15,4	4,89	199	1,03	0,06	15,4	0,32	27	1,01	0,66	15,4	2,0	47,2	1,03
7	0,02	15,6	0,18	188	1,01	0,06	15,4	0,38	97	1,01	0,66	15,7	0,3	99,7	1,01	

Nota. Valores de CO, CO2, O2, HC, Factor lambda obtenidos en test oficial para gasolina extra y mezcla de gasolina extra más aditivo en concentraciones de 15% y 20%, en régimen de aceleración y ralentí.

Tabla 22*Emisiones Test oficial gasolina extra y mezcla aditivo 10% y 5%*

	N° de Ensayo	CON ADITIVO									
		10(%)					5(%)				
		CO	CO2	O2	HC	Lambda	CO	CO2	O2	HC	Lambda
Ralenti	1	0,02	10,2	3,6	59	1,07	0,02	10,4	7,5	72,3	0,99
	2	0,02	10,3	3,9	72	1,07	0,02	10,3	7,5	85,3	0,97
	3	0,02	11,6	3,6	99	1,08	0,02	10,3	7,9	100,8	1,26
	4	0,02	11,9	4,2	46	1,14	0,02	10,0	8,5	57,4	1,27
	5	0,02	11,6	4,2	50	1,13	0,02	10,3	8,4	59,9	1,26
	6	0,02	11,7	3,4	57	1,09	0,02	10,2	7,9	66,0	1,26
	7	0,02	9,1	8,2	97	1,11	0,02	10,3	7,1	98,9	1,74
Aceleración		CO	CO2	O2	HC	Lambda	CO	CO2	O2	HC	Lambda
	1	0,02	15,4	0,6	13,0	1,01	0,02	10,6	8,6	12,8	1,03
	2	0,02	15,6	0,6	85,4	1,02	0,02	10,4	8,6	101,0	1,12
	3	0,02	15,3	2,9	84,2	1,01	0,02	10,6	8,5	87,1	1,03
	4	0,02	15,3	2,9	52,7	1,01	0,02	10,5	8,5	62,2	1,03
	5	0,02	15,3	2,8	49,9	1,02	0,02	10,5	8,6	59,0	1,03
	6	0,02	15,4	2,8	60,7	1,01	0,02	10,4	8,5	69,7	1,03
7	0,02	15,8	0,3	98,7	1,01	0,02	10,4	8,7	99,8	1,01	

Nota. Valores de CO, CO2, O2, HC, Factor lambda obtenidos en test oficial para gasolina extra y mezcla de gasolina extra más aditivo en

concentraciones de 5% y 10%, en régimen de aceleración y ralenti.

4.3.2. Opacidad Vehículo de prueba 2

Se realizó 3 rondas de pruebas, 2 de ellas como lo indica la normativa desactivando cualquier accesorio que pueda generar carga al motor y la tercera con todos los accesorios del vehículo activos como son aire acondicionado, luces, radio, parlantes a máximo volumen y limpiaparabrisas.

Tabla 23*Opacidad 1 aditivo 20%, 15% y sin aditivo condiciones optimas*

Ensa yo	SIN ADITIVO							ADITIVO 20%							ADITIVO 15%						
	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)
1	780	3539	7,03	6,94	6,54	6,24	6,57	812	3551	1,29	2,01	1,85	2,09	1,98	802	3551	6,69	6,65	6,26	6,00	6,30
2	777	3619	4	6,64	7,61	5,89	6,71	806	3532	5,23	3,82	3,97	5,1	4,3	798	3582	4,07	6,47	7,40	5,84	6,57
3	762	3505	2,49	4,26	5,66	5,29	5,07	829	3587	3,23	2,48	2,17	3,28	2,64	802	3552	2,53	4,16	5,45	5,17	4,93
4	821	3512	4,23	5,12	4,88	4,62	4,76	834	3597	1,36	4,2	3,86	2,12	3,39	834	3561	4,06	5,07	4,82	4,47	4,79
5	768	3482	5,87	3,43	3,82	3,05	4,31	799	3516	1,68	1,25	1,03	1,55	1,28	790	3505	5,62	3,30	3,66	2,96	3,31
6	756	3467	2,53	4,85	3,85	3,78	4,1	796	3527	1,06	2,67	2,85	2,87	2,8	782	3503	2,44	4,72	3,79	3,73	4,08
7	763	3554	7,1	5,2	5,61	4,92	4,28	817	3639	3,48	5,01	3,29	3,13	3,81	796	3603	6,89	5,19	5,47	4,81	5,16

Nota. Valores de emisión de opacidad en primer grupo de pruebas para combustible sin aditivo y con aditivo en concentraciones de 20% y 15% en condiciones optimas

Tabla 24*Opacidad 1 aditivo 10% y 5% en condiciones optimas*

Ensayo	ADITIVO 10%							ADITIVO 5%						
	RPM Ralenti	RPM Gobernada	Prueba de Ensayo (%)	Prueba 1 (%)	Prueba 2 (%)	Prueba 3 (%)	Opacidad (%)	RPM Ralenti	RPM Gobernada	Prueba de Ensayo (%)	Prueba 1 (%)	Prueba 2 (%)	Prueba 3 (%)	Opacidad (%)
1	813	3557	1,89	2,53	2,34	2,52	2,46	814	3560	6,16	6,19	5,83	5,61	5,88
2	808	3563	5,10	4,11	4,35	5,18	4,55	809	3578	4,19	6,21	7,06	5,77	6,35
3	821	3576	3,15	2,67	2,53	3,49	2,90	817	3570	2,60	3,99	5,13	4,98	4,70
4	840	3585	1,66	4,30	3,97	2,38	3,55	843	3579	3,79	4,98	4,73	4,24	4,65
5	800	3517	2,12	1,48	1,32	1,71	1,50	801	3517	5,23	3,10	3,40	2,82	3,11
6	795	3521	1,21	2,90	2,95	2,97	2,94	795	3518	2,31	4,52	3,70	3,64	3,95
7	813	3627	3,86	5,03	3,53	3,32	3,96	810	3621	6,55	5,17	5,26	4,65	5,03

Nota. Valores de emisión de opacidad primer grupo de pruebas para combustible con aditivo en concentraciones de 10% y 5% en condiciones optimas

Tabla 25*Opacidad 2 aditivo 20%, 15% y sin aditivo condiciones optimas*

Ensa yo	SIN ADITIVO							ADITIVO 20%							ADITIVO 15%						
	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)
1	776	3497	13,4 7	5,62	7,27	5,08	5,99	783	3479	2,24	1,94	2,77	2,27	2,33	786	3494	12,8 1	5,40	7,01	4,91	5,77
2	807	3538	4,12	4,91	4,47	5,44	4,94	809	3549	3,19	0,20	0,42	0,47	0,36	814	3550	4,07	4,63	4,23	5,15	4,67
3	766	3522	2,42	4,96	3,7	4,46	4,37	802	3322	1,35	0,55	0,02	0,02	0,20	790	3428	2,36	4,70	3,48	4,20	4,13
4	834	3519	7,03	5,31	5	4,06	4,79	803	3512	4,66	3,27	2,75	2,01	2,68	825	3522	6,89	5,19	4,87	3,94	4,67
5	764	3283	7,8	3,51	3,81	3,02	3,45	808	3492	5,92	1,99	1,76	3,32	2,36	792	3394	7,69	3,42	3,69	3,04	3,38
6	772	3456	2,44	4,58	3,58	3,87	4,01	814	3575	4,75	2,14	3,52	3,47	3,04	799	3522	2,58	4,44	3,58	3,85	3,95
7	736	3307	7,01	5,02	5,16	4,29	4,82	796	3599	2,77	2,97	3	3,3	3,09	772	3459	6,76	4,90	5,03	4,23	4,72

Nota. Valores de emisión de opacidad en segundo grupo de pruebas para combustible sin aditivo y con aditivo en concentraciones de 20% y 15% en condiciones optimas

Tabla 26*Opacidad 2 aditivo 10% y 5% en condiciones optimas*

Ensayo	ADITIVO 10%							ADITIVO 5%						
	RPM Ralenti	RPM Gobernada	Prueba de Ensayo (%)	Prueba 1 (%)	Prueba 2 (%)	Prueba 3 (%)	Opacidad (%)	RPM Ralenti	RPM Gobernada	Prueba de Ensayo (%)	Prueba 1 (%)	Prueba 2 (%)	Prueba 3 (%)	Opacidad (%)
1	790	3493	3,41	2,32	3,24	2,56	2,71	794	3499	11,77	5,06	6,59	4,65	5,43
2	818	3555	3,29	0,69	0,84	0,99	0,84	822	3558	3,98	4,20	3,86	4,69	4,25
3	802	3381	1,46	1,01	0,40	0,48	0,63	802	3411	2,26	4,29	3,14	3,79	3,74
4	820	3523	4,91	3,48	2,99	2,22	2,90	828	3528	6,67	5,00	4,66	3,75	4,47
5	806	3449	6,12	2,15	1,97	3,29	2,47	805	3427	7,51	3,28	3,50	3,07	3,28
6	813	3554	4,51	2,40	3,53	3,51	3,14	812	3544	2,79	4,21	3,57	3,81	3,86
7	790	3535	3,21	3,18	3,23	3,40	3,27	787	3503	6,37	4,71	4,83	4,14	4,56

Nota. Valores de emisión de opacidad segundo grupo de pruebas para combustible con aditivo en concentraciones de 10% y 5% en condiciones optimas

Tabla 27*Opacidad accesorios activados aditivos 20%, 15% y sin aditivo*

Ensa yo	SIN ADITIVO							ADITIVO 20%							ADITIVO 15%						
	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)	RPM Rale nti	RPM Gobern ada	Prue ba de Ensa yo (%)	Prue ba 1 (%)	Prue ba 2 (%)	Prue ba 3 (%)	Opaci dad (%)
1	684	1746	3,74	2,25	3,92	7,1	4,42	769	1884	1,73	5,49	5,08	4,45	5,01	733	1821	3,62	2,44	3,99	6,94	4,46
2	707	1844	7,15	5,68	5,23	6,45	5,79	751	1834	3,62	3,76	4,02	3,54	3,77	735	1845	6,94	5,57	5,16	6,28	5,67
3	733	1880	6,16	6,13	9,04	7,38	7,52	755	1836	3,32	4,13	4,82	3,52	4,16	750	1864	5,99	6,01	8,79	7,15	7,32
4	680	1828	5,75	5,55	5,33	5,97	5,62	734	1825	5,46	3,39	4,82	4,77	4,33	713	1833	5,73	5,42	5,30	5,90	5,54
5	694	1851	8,75	3,98	6,57	6,68	5,74	735	1811	3,74	3,77	5,09	2,98	3,95	721	1837	8,46	3,97	6,48	6,46	5,64
6	669	1822	6,79	5,2	5,91	6,26	5,79	718	1876	5,41	5,43	5,52	5,52	5,49	700	1855	6,71	5,21	5,89	6,22	5,77
7	692	1870	4,66	6,47	5,62	5,87	5,99	742	1868	4,81	4,76	4,77	1,16	3,56	723	1875	4,67	6,37	5,57	5,59	5,84

Nota. Valores de emisión de opacidad condición de accesorios activados para combustible con aditivo en concentraciones de 20% y 15% y combustible sin aditivo

Tabla 28*Opacidad accesorios activados aditivos 10%, 5%*

Ensayo	ADITIVO 10%							ADITIVO 5%						
	RPM Ralenti	RPM Gobernada	Prueba de Ensayo (%)	Prueba 1 (%)	Prueba 2 (%)	Prueba 3 (%)	Opacidad (%)	RPM Ralenti	RPM Gobernada	Prueba de Ensayo (%)	Prueba 1 (%)	Prueba 2 (%)	Prueba 3 (%)	Opacidad (%)
1	757	1859	1,94	5,15	4,96	4,73	4,95	751	1846	3,43	2,74	4,10	6,70	4,51
2	749	1846	3,99	3,96	4,15	3,84	3,98	748	1851	6,61	5,39	5,05	6,01	5,48
3	759	1856	3,62	4,34	5,26	3,92	4,51	760	1866	5,73	5,83	8,40	6,79	7,01
4	730	1835	5,49	3,62	4,87	4,90	4,46	727	1840	5,71	5,22	5,25	5,79	5,42
5	734	1830	4,26	3,79	5,24	3,37	4,13	733	1840	7,99	3,95	6,35	6,12	5,47
6	715	1872	5,55	5,41	5,56	5,60	5,52	713	1869	6,58	5,23	5,85	6,15	5,74
7	739	1878	4,79	4,94	4,86	1,65	3,82	737	1882	4,68	6,21	5,49	5,16	5,62

Nota. Valores de emisión de opacidad condición de accesorios activados para combustible con aditivo en concentraciones de 10% y 5%.

4.3.3. Torque y potencia

Se realizó 3 ensayos de torque y potencia en cada vehículo de prueba para combustible sin aditivo y 3 ensayo con el combustible más el aditivo.

Tabla 29*Resultados torque y potencia vehículo de prueba 1 sin aditivos*

RPM	Potencia Ensayo 1 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	Potencia Ensayo 2 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	Potencia Ensayo 3 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2600	56	63,6	7,9	15,3	57	64	7,4	15,8	55	62,1	6,7	15,6
2800	60	69,1	8,6	15,7	65	72,7	8	16,6	64	71,5	7,3	16,5
3000	67	76,8	9,4	16,2	71	80	8,7	17,3	73	81,2	8	17,4
3200	71	81,7	10,2	16,1	76	85,9	9,4	17,3	77	86	8,7	17,5
3400	74	84,6	11	15,6	79	89,5	10,2	16,8	80	89,2	9,3	17
3600	74	85,7	11,7	14,8	79	89,6	10,9	15,9	80	90,4	10	16
3800	76	88,2	12,7	14,3	80	91,7	11,7	15,2	81	91,5	10,9	15,3
4000	77	90,6	13,7	13,9	82	94,6	12,6	14,8	84	95,6	11,7	15,3
4200	78	92,8	14,8	13,5	83	96,7	13,6	14,4	85	98	12,6	14,8
4400	79	94,6	15,9	13	83	97,2	14,5	13,6	85	98,9	13,4	14
4600	85	101,8	17	13,3	80	95,7	15,6	12,5	85	99	14,5	13,3
4800	91	109,3	18,3	13,7	84	101	16,7	12,7	86	101,5	15,5	12,9
5000	96	115,4	19,7	13,9	91	109,1	18	13,3	93	109,9	16,7	13,4
5200	96	116,9	21	13,4	89	108,4	19	12,5	92	109,3	17,7	12,7
5400	92	114,7	22,6	12,3	87	107,2	20,5	11,6	89	107,8	19,1	11,4
5600	85	109,7	24,3	11	82	104,1	22	10,6	84	105	20,6	10,9
5800	79	105,4	26,2	9,9	77	100,1	23,1	9,6	71	92,9	22	8,8
6000	44	70,7	26,9	5,3	45	69,4	24,5	5,4	38	38,5	0	4,7

Nota. Resultados obtenidos al realizar 3 ocasiones las pruebas de torque y potencia

Tabla 30*Resultados torque y potencia vehículo de prueba 1 con aditivo 20%*

RPM	Potencia Ensayo 1 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	Potencia Ensayo 2 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	Potencia Ensayo 3(HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2600	66	74,1	8,6	17,9	65	73,1	7,8	18,4	68	74,9	7,2	18,7
2800	72	80,9	9,4	18,5	75	83,4	8,5	19,3	75	82,5	7,9	19,4
3000	78	88,1	10,2	18,7	82	90,9	9,3	19,5	82	91,1	8,6	19,8
3200	81	92,6	11,2	18,3	85	95,4	10,1	19,5	87	96,6	9,4	19,6
3400	80	92,4	12,2	17,1	86	97,1	10,9	18,6	88	98	10,2	18,6
3600	83	96,4	13,2	16,7	87	99,3	11,9	17,6	89	100,3	11	17,8
3800	87	100,9	14,3	16,5	90	103,3	12,9	17,2	93	104,9	11,9	17,5
4000	90	104,9	15,4	16,3	93	107,1	13,9	16,9	95	108,2	12,9	17,1
4200	87	103,6	16,7	15	94	109,4	15	16,2	96	109,8	14	16,5
4400	85	103	18	14	94	110,3	16,2	15,4	95	109,8	15	15,5
4600	91	110,7	19,4	14,3	95	112	17,4	14,9	97	112,7	16,1	15,2
4800	96	116,7	20,9	14,4	93	111,9	18,7	14,1	96	113,3	17,3	14,5
5000	93	116	22,6	13,5	89	109,3	20,2	12,9	93	111	18,4	13,4
5200	88	112,5	24,5	12,3	87	109,2	21,9	12,1	87	106,9	19,7	12,1
5400	80	106,7	26,5	10,7	85	108,8	23,4	11,4	82	103,6	21,4	11
5600	58	86,9	28,7	7,5	57	81,8	25	7,3	54	77,6	23,6	7

Nota. Resultados obtenidos al realizar 3 ocasiones las pruebas de torque y potencia

Tabla 31*Resultados torque y potencia vehículo de prueba 2 sin aditivos*

RPM	Potencia Ensayo 1 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	Potencia Ensayo 2(HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	Potencia Ensayo 3 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2200	48	56,9	8,8	16,4	49	57,7	8,5	15,9	46	54	8,3	15,1
2400	53	62,9	9,8	16	52	61	9,4	15,5	50	59,3	9,2	15,3
2600	53	64,3	10,8	14,7	52	62,3	10,4	14,3	51	61,6	10,1	14,4
2800	52	63,8	11,9	13,3	50	61,9	11,4	13	50	61,4	11,1	12,9
3000	50	62,9	13,1	11,9	50	62,1	12,5	12,1	49	61,3	12,2	11,7
3200	47	61	14,3	10,5	47	60,7	13,5	10,7	48	60,5	13	10,7
3400	38	53,4	15,5	8,1	39	54,1	14,6	8,4	41	54,9	13,9	8,7
3600	18	34,6	16,4	3,7	20	35,5	15,3	4,1	21	35,7	14,5	4,3

Nota. Resultados obtenidos al realizar 3 ocasiones las pruebas de torque y potencia

Tabla 32*Resultados torque y potencia vehículo de prueba 2 con aditivo 20%*

RPM	Potencia Ensayo 1 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	Potencia Ensayo 2(HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	Potencia Ensayo 3 (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
220 0	29	33,9	5,2	9,9	53	63,5	10,5	14,8	49	58,6	9,9	13,5
260 0	42	48,2	6,2	11,6	52	63,1	11,6	13,3	48	58,7	10,7	12,4
300 0	42	49,3	7,1	10,3	49	61,5	12,7	11,9	46	58,1	11,6	11,2
320 0	41	48,3	7,7	9	45	58,9	13,8	10,3	45	58	12,7	10,3
340 0	36	44,1	8,5	7,5	36	50,8	15,1	7,5	40	53,6	13,9	8,5
360 0	14	23	8,9	2,8	20	35,9	16,2	3,9	19	34,1	14,7	3,9
380 0	7	7,3	0	1,4	10	10	0	1,9	6	6	0	1,2

Nota. Resultados obtenidos al realizar 3 ocasiones las pruebas de torque y potencia

4.4. Análisis de Resultados

4.4.1. Emisiones Vehículo de prueba 1

4.4.1.1. Test oficial

4.4.1.1.1. Ralentí

4.4.1.1.1.1. Monóxido de Carbono

Tabla 33

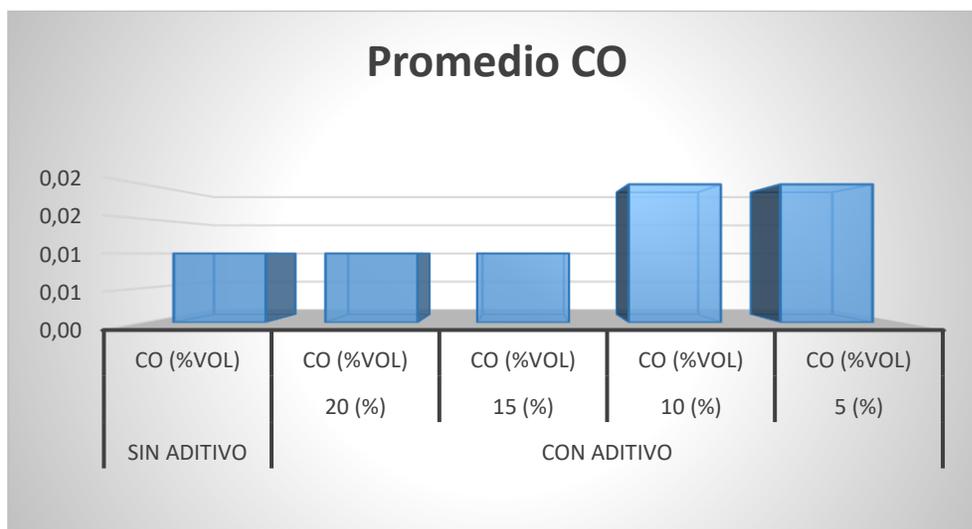
Monóxido de carbono Test Oficial en Ralentí

SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
CO (%Vol)	CO (%Vol)	CO (%Vol)	CO (%Vol)	CO (%Vol)
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Incremento porcentual	0,0	0,0	100,0	100,0

Nota. Valores de Monóxido de carbono medidos en test oficial a régimen de ralentí

Figura 34

Promedio CO test oficial en ralentí



Nota. Resultados de emisión de monóxido de carbono test oficial régimen de ralentí

4.4.1.1.1.2. Dióxido de carbono

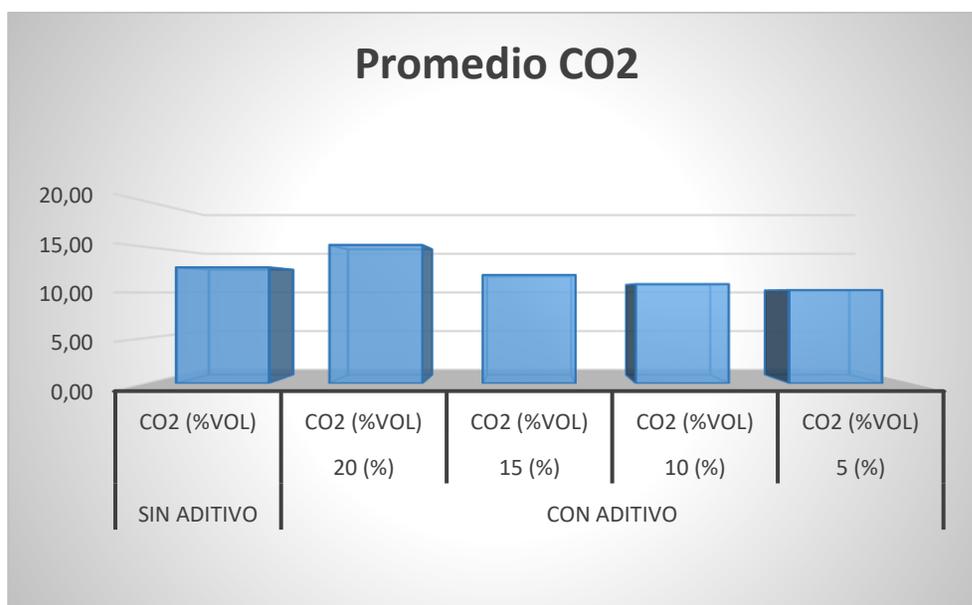
Tabla 34

CO2 Test Oficial en Ralentí

SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
CO2 (%Vol)	CO2 (%Vol)	CO2 (%Vol)	CO2 (%Vol)	CO2 (%Vol)
12,76	15,21	11,93	10,91	10,26
Incremento porcentual	19,3	-6,5	-14,4	-19,6

Nota. Valores de emisión de Dióxido de Carbono durante test oficial

Figura 35

Promedio CO2 Test Oficial Ralentí

Nota. Resultados de emisión de dióxido de carbono test oficial régimen de ralentí

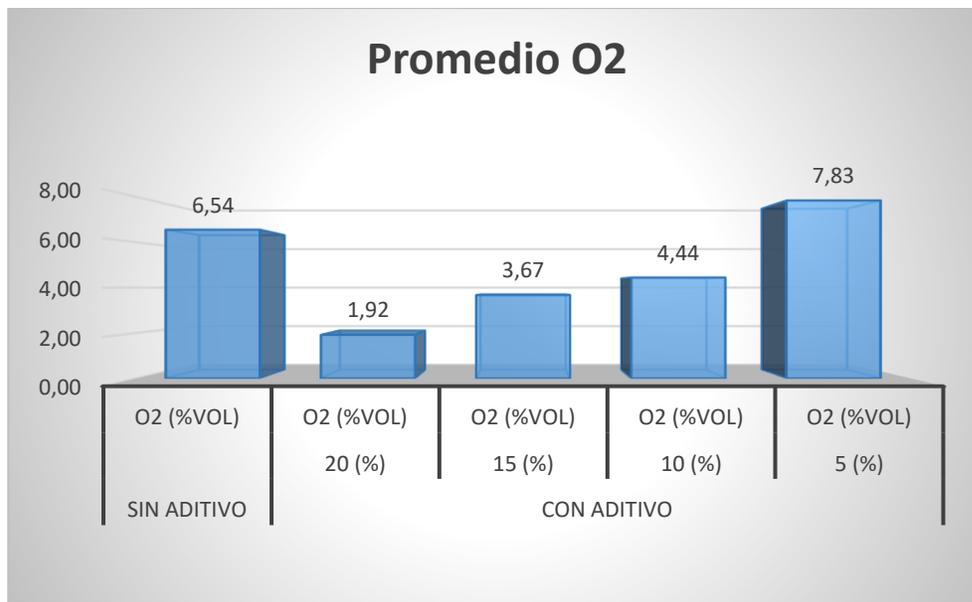
4.4.1.1.1.3. Oxígeno

Tabla 35

O2 Test Oficial en Ralentí

SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
O2 (%Vol)	O2 (%Vol)	O2 (%Vol)	O2 (%Vol)	O2 (%Vol)
6,54	1,92	3,67	4,44	7,83
Incremento porcentual	-70,7	-43,9	-32,1	19,6

Figura 36

Promedio O2 Test Oficial Ralentí

4.4.1.1.1.4. Hidrocarburos no combustionados

Tabla 36

HC Test Oficial en Ralentí

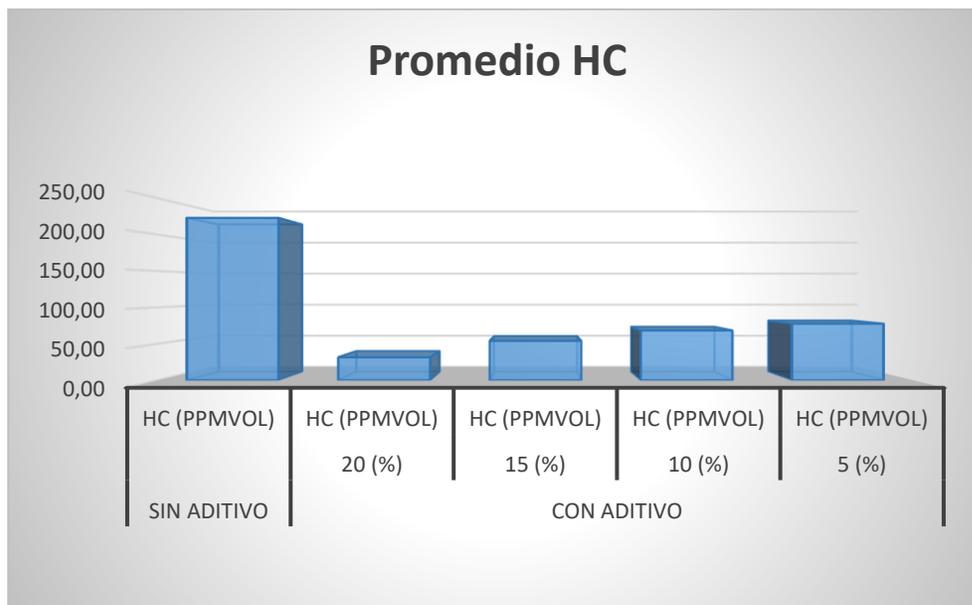
SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
HC (ppmVol)				

SIN ADITIVO		CON ADITIVO			
	222,71	31,57	54,06	68,37	77,64
Incremento porcentual		-85,8	-75,7	-69,3	-65,1

Nota. Valores de Hidrocarburos medidos en test oficial a régimen de ralentí

Figura 37

Promedio HC Test Oficial Ralentí



Nota. Resultados de emisión de hidrocarburos no combustionados test oficial régimen de ralentí

4.4.1.1.1.5. Factor Lambda

Tabla 37

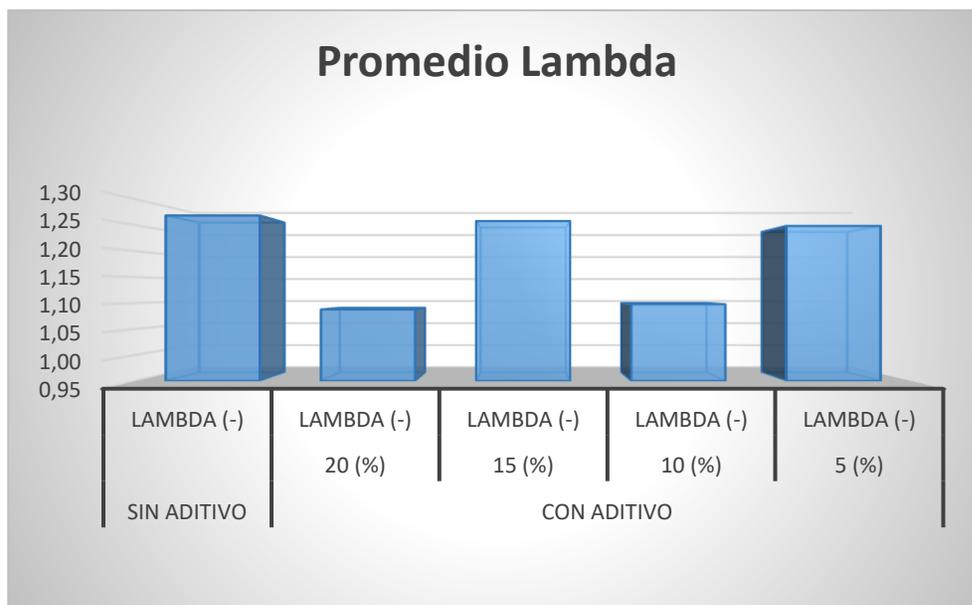
Factor Lambda Test Oficial en Ralentí

SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
Lambda (-)	Lambda (-)	Lambda (-)	Lambda (-)	Lambda (-)
1,27	1,09	1,26	1,10	1,25
Incremento porcentual	-14,3	-0,8	-13,5	-1,6

Nota. Valores de Factor Lambda medidos en test oficial a régimen de ralentí

Figura 38

Promedio Factor Lambda Test oficial ralentí



Nota. Resultados de Factor Lambda test oficial régimen de ralentí

4.4.1.1.2. Aceleración

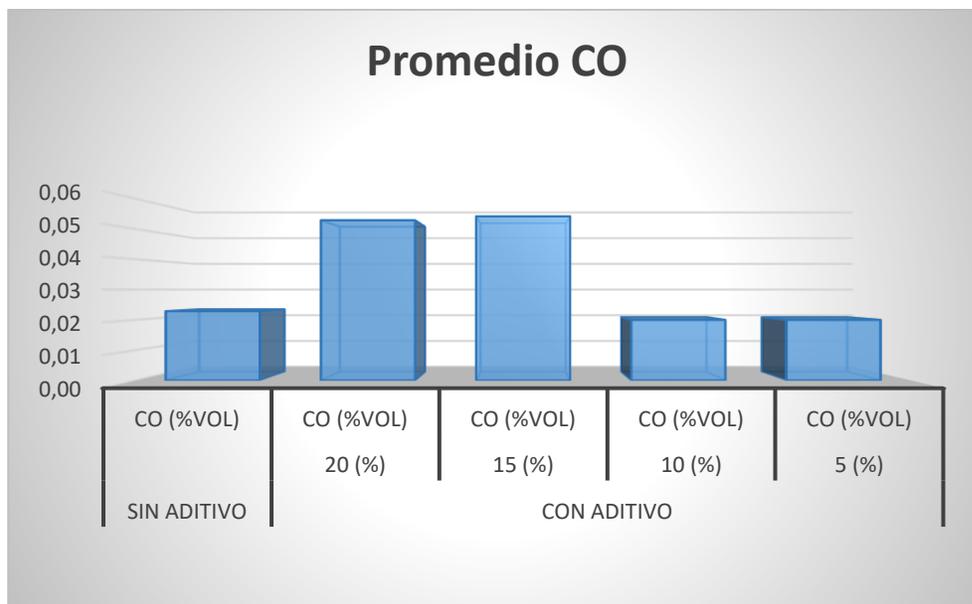
4.4.1.1.2.1. Monóxido de Carbono

Tabla 38

Promedio CO test oficial aceleración

	SIN ADITIVO		CON ADITIVO		
		20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
CO (%Vol)	0,02	0,05	0,05	0,02	0,02
Incremento porcentual		131,3	136,9	-12,5	-12,5

Nota. Valores de Monóxido de carbono medidos en test oficial a régimen de aceleración.

Figura 39*CO test oficial aceleración*

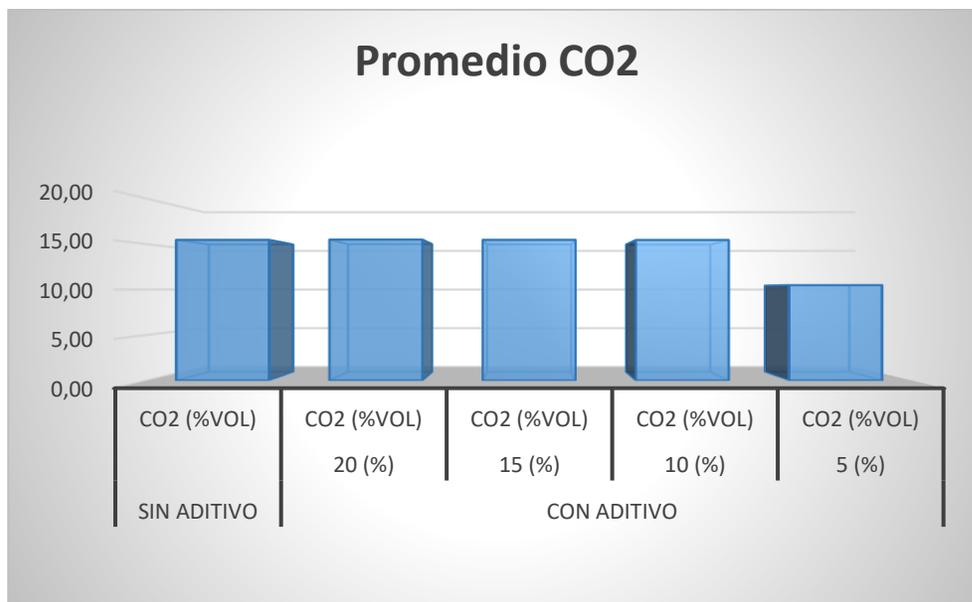
Nota. Resultados de emisión de monóxido de carbono test oficial régimen de aceleración

4.4.1.1.2.2. Dióxido de carbono

Tabla 39*Promedio CO2 test oficial aceleración*

SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
CO2 (%Vol)	CO2 (%Vol)	CO2 (%Vol)	CO2 (%Vol)	CO2 (%Vol)
15,46	15,49	15,46	15,44	10,49
Incremento porcentual	0,2	0,0	-0,1	-32,2

Nota. Valores de Dióxido de carbono medidos en test oficial a régimen de aceleración.

Figura 40*CO2 test oficial aceleración*

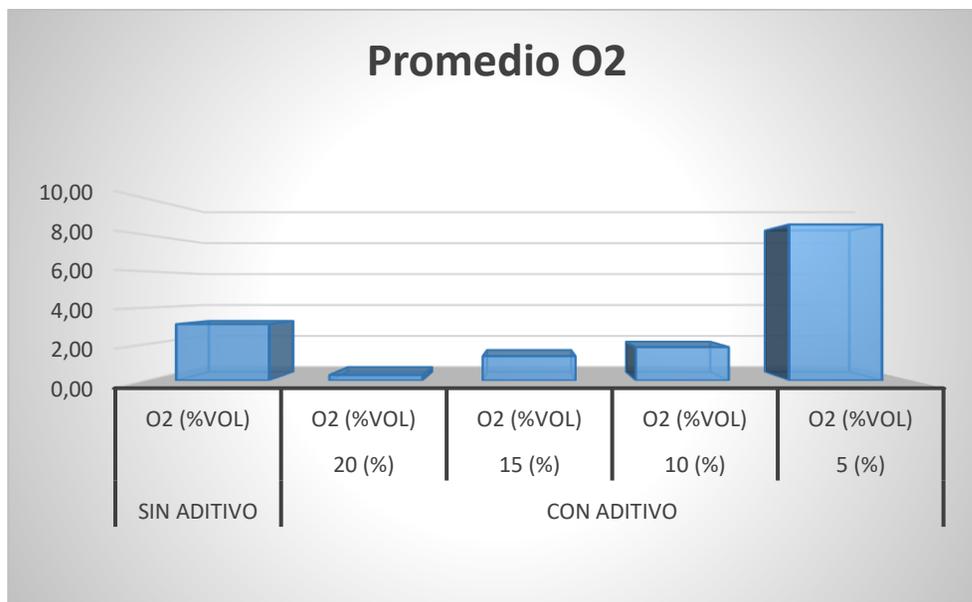
Nota. Resultados de emisión de dióxido de carbono test oficial régimen de aceleración

4.4.1.1.2.3. Oxígeno

Tabla 40*Promedio O2 test oficial aceleración*

SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
O2 (%Vol)	O2 (%Vol)	O2 (%Vol)	O2 (%Vol)	O2 (%Vol)
3,10	0,31	1,34	1,84	8,57
Incremento porcentual	-90,1	-56,7	-40,6	176,4

Nota. Valores de Oxígeno medidos en test oficial a régimen de aceleración.

Figura 41*O2 test oficial aceleración*

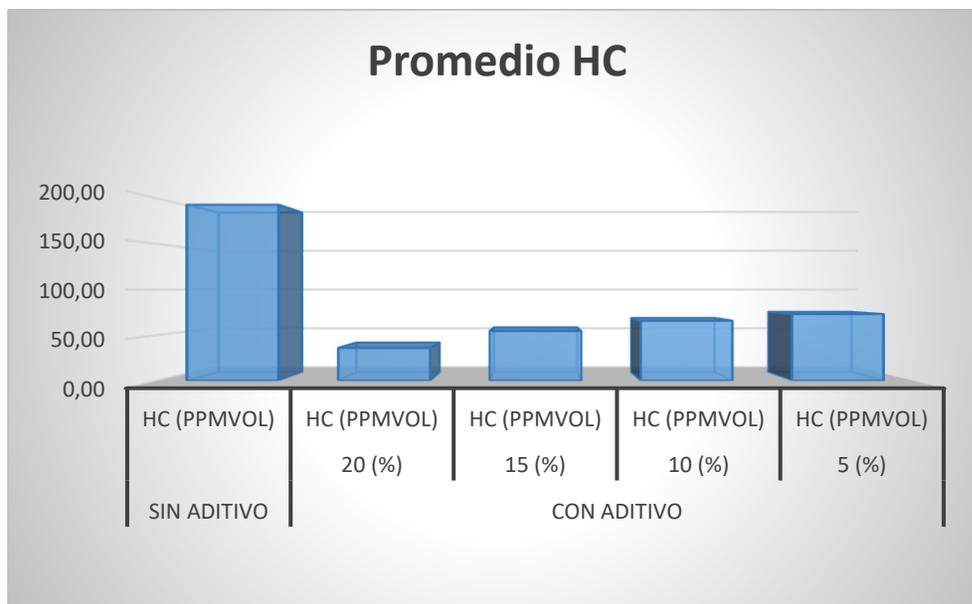
Nota. Resultados de emisión de oxígeno test oficial régimen de aceleración

4.4.1.1.2.4. Hidrocarburos no combustionados

Tabla 41*Promedio HC test oficial aceleración*

SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
HC (ppmVol)	HC (ppmVol)	HC (ppmVol)	HC (ppmVol)	HC (ppmVol)
193,00	36,00	54,47	65,81	73,06
Incremento porcentual	-81,3	-71,8	-65,9	-62,1

Nota. Valores de Hidrocarburo no combustionados medidos en test oficial a régimen de aceleración.

Figura 42*HC test oficial aceleración*

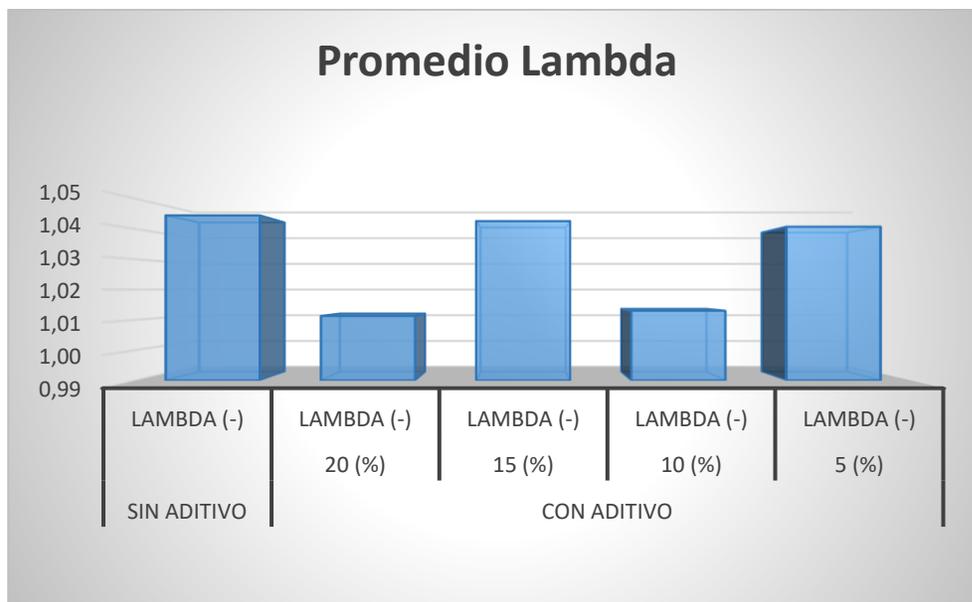
Nota. Resultados de emisión de hidrocarburos no combustionados test oficial régimen de aceleración

4.4.1.1.2.5. Factor Lambda

Tabla 42*Promedio Factor Lambda test oficial aceleración*

SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
	20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
Lambda (-)	Lambda (-)	Lambda (-)	Lambda (-)	Lambda (-)
1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
Incremento porcentual	-3,2	-0,2	-3,0	-0,4

Nota. Valores de Factor Lambda medidos en test oficial a régimen de aceleración.

Figura 43*Factor Lambda test oficial aceleración*

Nota. Valores de Factor Lambda medidos en test oficial a régimen de aceleración.

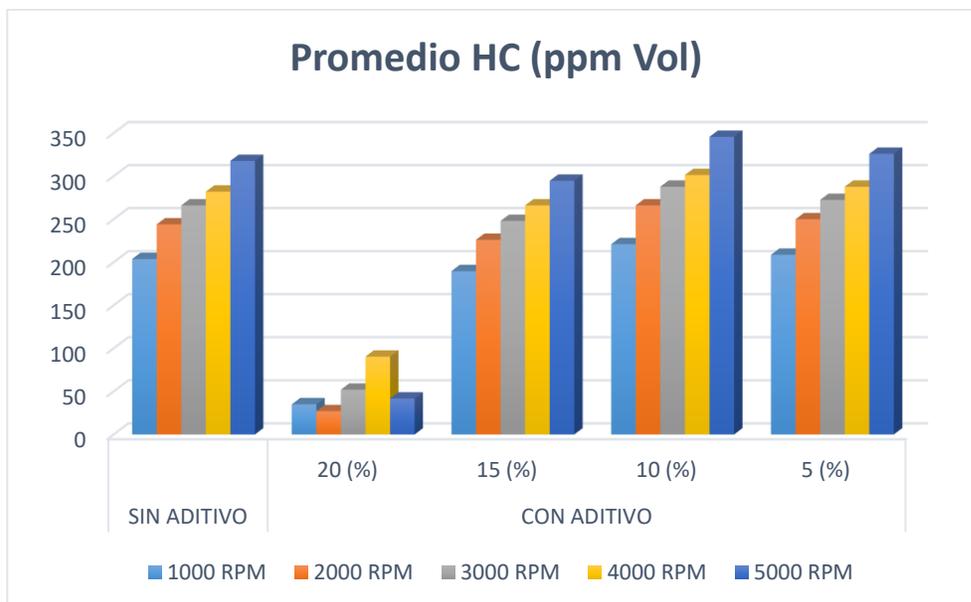
4.4.1.2. Test Continuo

4.4.1.2.1. Hidrocarburos no Combustionados

Tabla 43*Promedio HC test continuo*

Promedio HC (ppm Vol)	SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
		20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
RPM					
1000 RPM	204	35	190	221	209
2000 RPM	244	27	226	266	250
3000 RPM	266	52	248	288	272
4000 RPM	282	90	266	301	288
5000 RPM	318	42	295	346	326

Nota. Promedio de emisión de Hidrocarburos no combustionados durante test oficial.

Figura 44*Promedio HC test continuo*

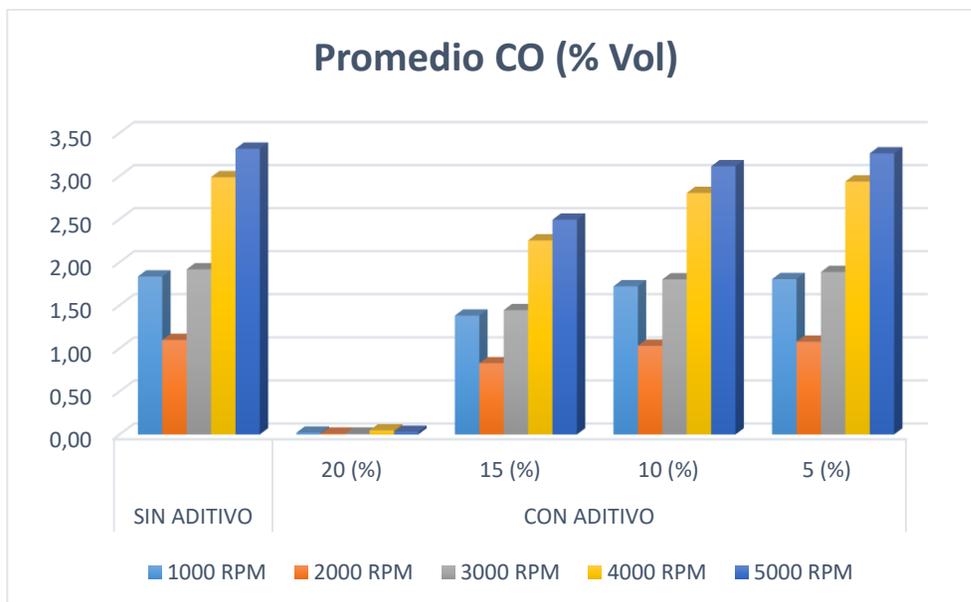
Nota. Promedio de emisión de hidrocarburos no combustionados test continuo régimen de revoluciones desde 1000 a 5000 RPM

4.4.1.2.2. Monóxido de carbono

Tabla 44*Promedio CO test continuo*

Promedio CO (% Vol)	SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
RPM		20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
1000 RPM	1,83	0,02	1,38	1,72	1,80
2000 RPM	1,10	0,01	0,83	1,03	1,08
3000 RPM	1,92	0,01	1,44	1,80	1,89
4000 RPM	2,99	0,05	2,25	2,80	2,94
5000 RPM	3,32	0,03	2,49	3,11	3,26

Nota. Promedio de emisión de Monóxido de carbono durante test oficial.

Figura 45*Promedio CO test continuo*

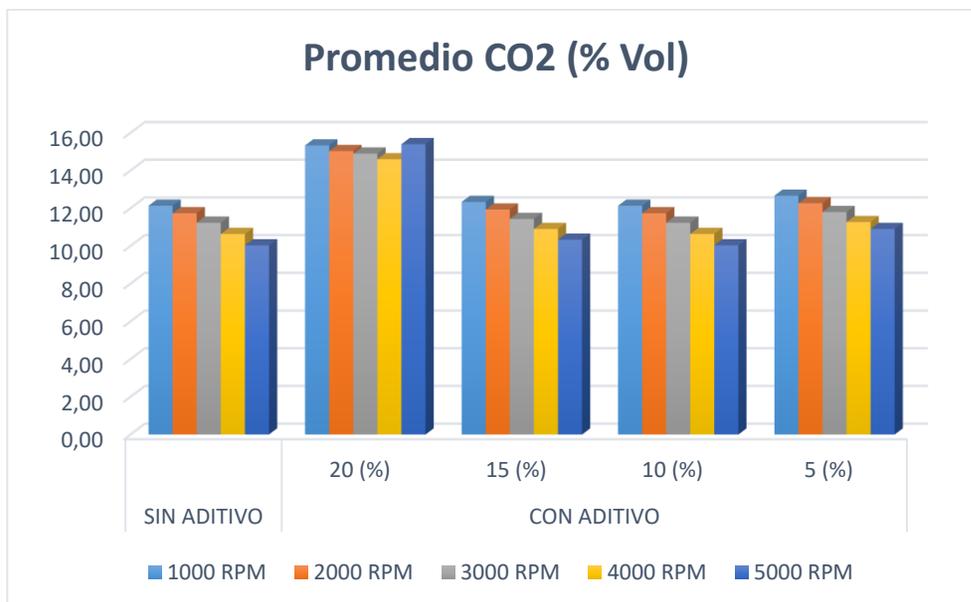
Nota. Promedio de emisión de monóxido de carbono test continuo régimen de revoluciones desde 1000 a 5000 RPM

4.4.1.2.3. Dióxido de carbono

Tabla 45*Promedio CO2 test continuo*

Promedio CO2 (% Vol)	SIN ADITIVO	CON ADITIVO			
RPM		20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
1000 RPM	12,13	15,33	12,33	12,13	12,67
2000 RPM	11,73	15,03	11,93	11,73	12,27
3000 RPM	11,23	14,90	11,43	11,23	11,80
4000 RPM	10,63	14,60	10,90	10,63	11,27
5000 RPM	10,03	15,40	10,33	10,03	10,90

Nota. Promedio de emisión de Dióxido de carbono durante test oficial.

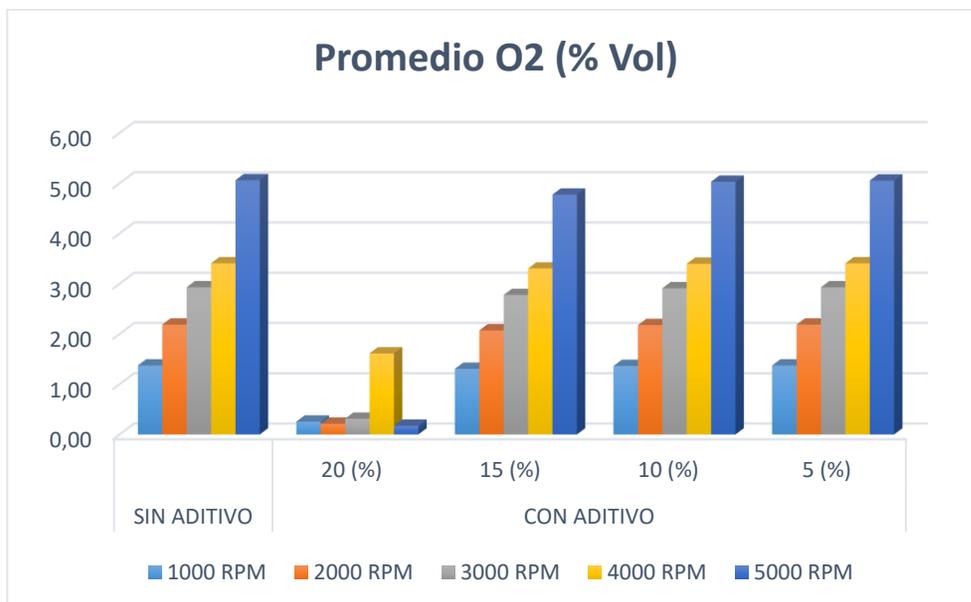
Figura 46*Promedio CO2 test continuo*

Nota. Promedio de emisión de dióxido de carbono test continuo régimen de revoluciones desde 1000 a 5000 RPM

4.4.1.2.4. Oxígeno

Tabla 46*Promedio O2 test continuo*

Promedio O2 (% Vol)	SIN ADITIVO		CON ADITIVO			
	RPM		20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
1000 RPM	1,37	0,26	1,31	1,36	1,37	
2000 RPM	2,19	0,21	2,07	2,18	2,19	
3000 RPM	2,93	0,31	2,78	2,91	2,93	
4000 RPM	3,41	1,61	3,30	3,40	3,41	
5000 RPM	5,06	0,17	4,77	5,03	5,05	

Figura 47*Promedio O2 test continuo*

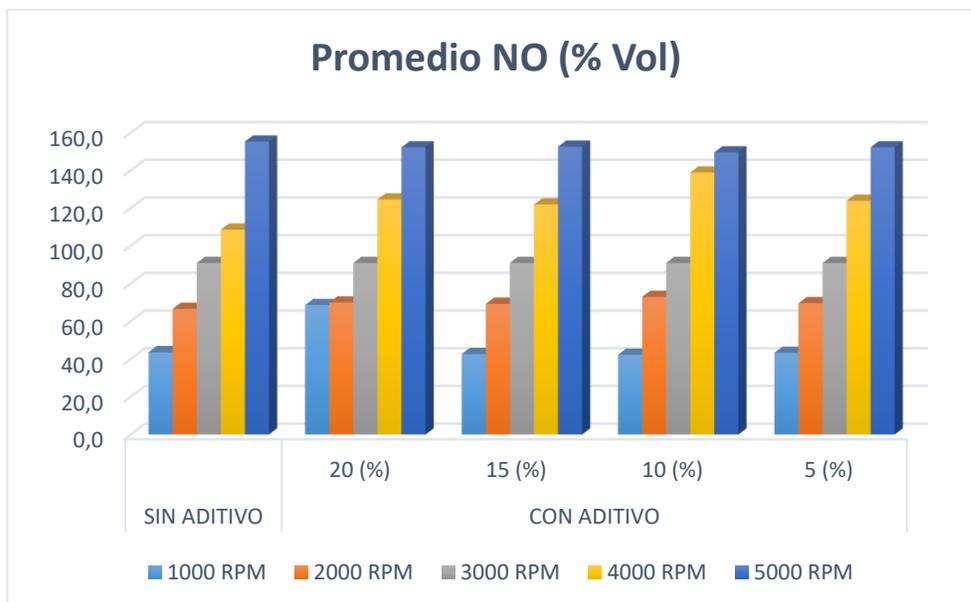
Nota. Promedio de emisión de oxígeno test continuo régimen de revoluciones desde 1000 a 5000 RPM

4.4.1.2.5. Óxidos nitrosos

Tabla 47*Promedio NO test continuo*

Promedio NO (% Vol)	SIN ADITIVO		CON ADITIVO			
	RPM		20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
1000 RPM	43,7		68,7	42,7	42,3	43,3
2000 RPM	66,7		70,0	69,3	73,0	69,7
3000 RPM	91,0		91,0	91,0	91,0	91,0
4000 RPM	108,7		124,7	122,0	139,0	124,0
5000 RPM	155,3		152,3	152,7	149,7	152,3

Nota. Promedio de emisión de Óxidos Nitrosos durante test oficial.

Figura 48*Promedio NO test continuo*

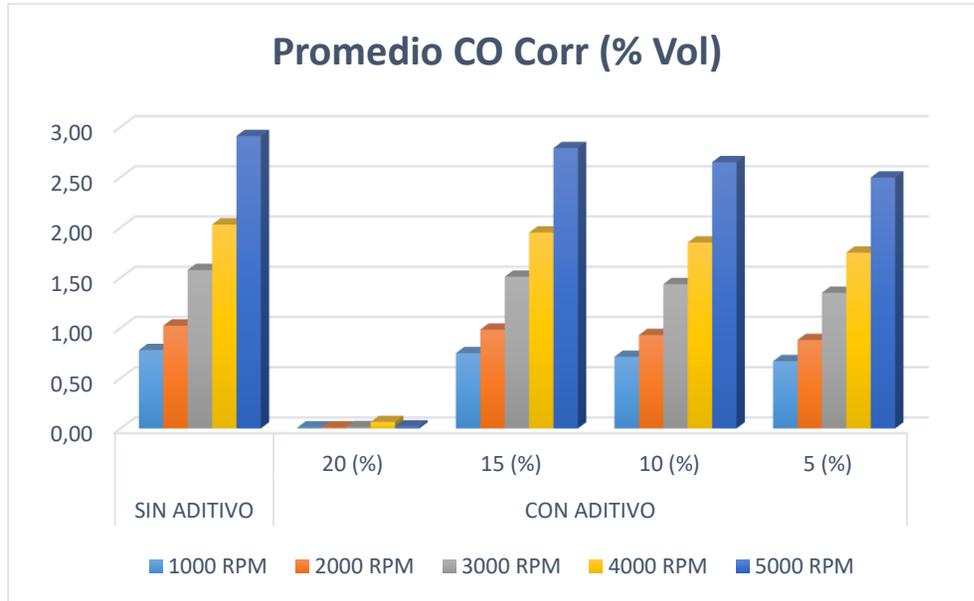
Nota. Promedio de emisión de óxidos nitrosos test continuo régimen de revoluciones desde 1000 a 5000 RPM

4.4.1.2.6. CO Corr

Tabla 48*Promedio CO Corr test continuo*

Promedio CO Corr (% Vol)	SIN ADITIVO		CON ADITIVO			
	RPM		20 (%)	15 (%)	10 (%)	5 (%)
1000 RPM	0,78	0,01	0,75	0,71	0,67	
2000 RPM	1,02	0,01	0,98	0,93	0,88	
3000 RPM	1,58	0,01	1,51	1,44	1,35	
4000 RPM	2,03	0,06	1,95	1,85	1,75	
5000 RPM	2,91	0,02	2,79	2,65	2,50	

Nota. Promedio de emisión de CO Corr durante test oficial.

Figura 49*Promedio CO Corr test continuo*

Nota. Promedio de factor CO Corr test continuo régimen de revoluciones desde 1000 a 5000

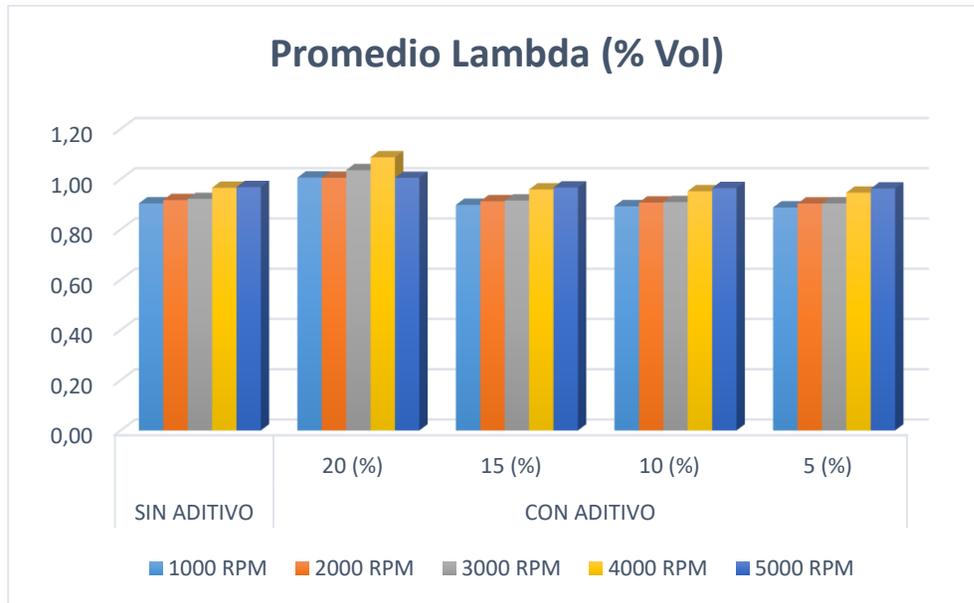
RPM

4.4.1.2.7. Factor Lambda

Tabla 49*Promedio Factor Lambda test continuo*

Promedio Lambda (% Vol)	RPM	SIN ADITIVO		CON ADITIVO		
				20 (%)	15 (%)	10 (%)
1000 RPM	0,90	1,01	0,90	0,89	0,89	
2000 RPM	0,92	1,01	0,91	0,91	0,90	
3000 RPM	0,92	1,04	0,92	0,91	0,90	
4000 RPM	0,97	1,09	0,96	0,95	0,95	
5000 RPM	0,97	1,01	0,97	0,97	0,96	

Nota. Promedio de Factor Lambda durante test oficial.

Figura 50*Promedio Factor Lambda test continuo*

Nota. Promedio de factor Lambda test continuo régimen de revoluciones desde 1000 a 5000 RPM

4.4.1.3. Resultados

La emisión de dióxido de carbono se incrementa para la mezcla del 20% de aditivo, pero para las demás se observa una reducción, las emisiones de monóxido de carbono se mantienen iguales con las mezclas de 15% y 20% pero se incrementan con las mezclas de 5% y 10%.

Se presenta una reducción de la emisión de oxígeno para todas las mezclas excepto para la mezcla de 5% donde se aprecia un incremento, en relación a los hidrocarburos no combustionados se redujeron sus valores de emisión para todas las mezclas de aditivo.

El factor lambda se redujo en comparación al que se obtuvo con la gasolina extra, encontrándose más cerca del ideal de 1.

Para los resultados de test oficial en revoluciones comprendidas entre las 2400 a 2600 se observa que las emisiones de monóxido de carbono se incrementan para las mezclas de 15% y 20% mientras que para las mezclas de 5% y 10% el valor se redujo.

Las emisiones de dióxido de carbono se mantienen prácticamente sin cambios para las mezclas parciales de 20%, 15% y 10% pero se incrementan para la mezcla de 5%, de igual manera las emisiones de oxígeno se redujeron para todas las mezclas excepto para la de 5% donde se aprecia un incremento de más del doble.

Las emisiones de hidrocarburos no combustionados se redujeron hasta en un 81% para la mezcla del 20% y las demás mezclas mantienen la tendencia de reducción.

El factor de lambda presenta una pequeña mejora para todos los casos de mezcla acercándose al 1 ideal.

Los resultados de emisión de gases en test continuo muestran que las concentraciones de hidrocarburos no combustionados se redujeron en todos los regímenes de revolución para todas las mezclas. Al igual que las concentraciones de hidrocarburos disminuyeron también lo hizo la emisión de monóxido de carbono para todas las mezclas en todo el rango de revoluciones medido

El dióxido de carbono presenta un incremento para todas las mezclas excepto la de 10% donde se mantiene sin cambios, la emisión de oxígeno se reduce con la mezcla de 15% y 20% pero se mantiene igual para las mezclas de 5% y 10%.

En el caso de los óxidos de nitrógeno no se pudo observar una tendencia clara pero el valor más representativo se produjo a 1000 RPM donde se incrementó en un 50% en relación a la gasolina extra.

El factor lambda presenta una notable mejora con la mezcla de 20%.

Al comparar los valores obtenidos durante las pruebas con los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204:2017 se comprueba que se no se rebasa ninguno de los límites establecidos por los cual aprueba la misma

4.4.2. Opacidad Vehículo de prueba 2

4.4.2.1. Condición Optimas 1

Tabla 50

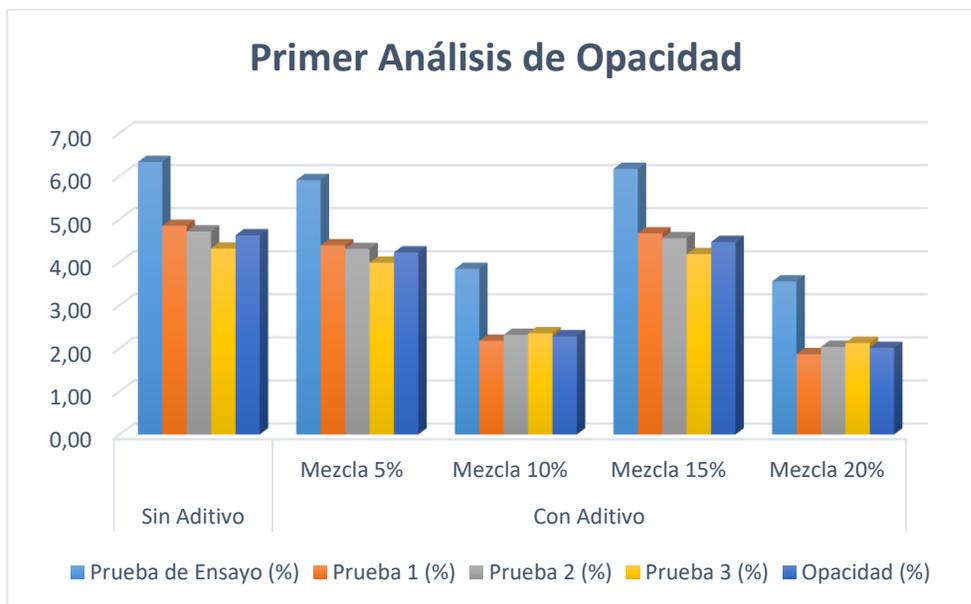
Opacidad primer grupo de pruebas

	Sin Aditivo		Con Aditivo			
			Mezcla 5%	Mezcla 10%	Mezcla 15%	Mezcla 20%
Prueba de Ensayo (%)	6,33	5,91	3,84	6,17	3,55	
Prueba 1 (%)	4,84	4,39	2,18	4,67	1,87	
Prueba 2 (%)	4,71	4,31	2,31	4,56	2,03	
Prueba 3 (%)	4,32	3,99	2,35	4,19	2,12	
Opacidad (%)	4,62	4,23	2,28	4,47	2,01	

Nota. Valores opacidad promedio de obtenidos durante la primera prueba

Figura 51

Valores de opacidad para primer grupo de pruebas



Nota. Resultados promediados del primer grupo de análisis de opacidad en condiciones óptimas al vehículo de prueba 2

4.4.2.2. Condiciones Óptimas 2

Tabla 51

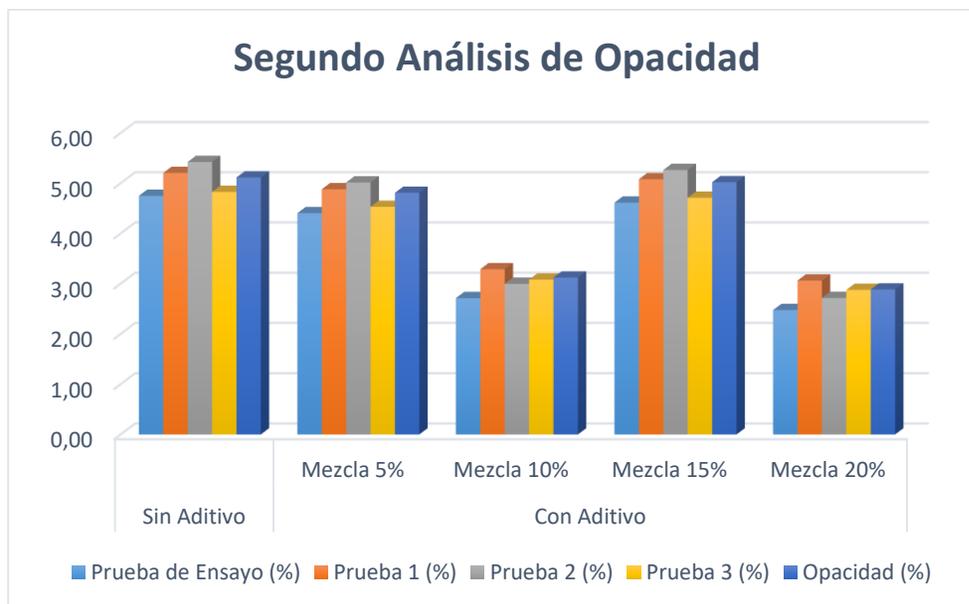
Opacidad Segundo grupo de pruebas

Valor	Sin Aditivo	Con Aditivo			
		Mezcla 5%	Mezcla 10%	Mezcla 15%	Mezcla 20%
Prueba de Ensayo (%)	4,75	4,40	2,71	4,61	2,48
Prueba 1 (%)	5,21	4,88	3,29	5,08	3,06
Prueba 2 (%)	5,42	5,02	3,00	5,26	2,72
Prueba 3 (%)	4,83	4,53	3,08	4,71	2,88
Opacidad (%)	5,11	4,81	3,12	5,02	2,89

Nota. Valores opacidad promedio de obtenidos durante la segunda prueba

Figura 52

Valores de opacidad para segundo grupo de pruebas



Nota. Resultados promediados del segundo grupo de análisis de opacidad en condiciones óptimas al vehículo de prueba 2

4.4.2.3. Accesorios Activados

Tabla 52

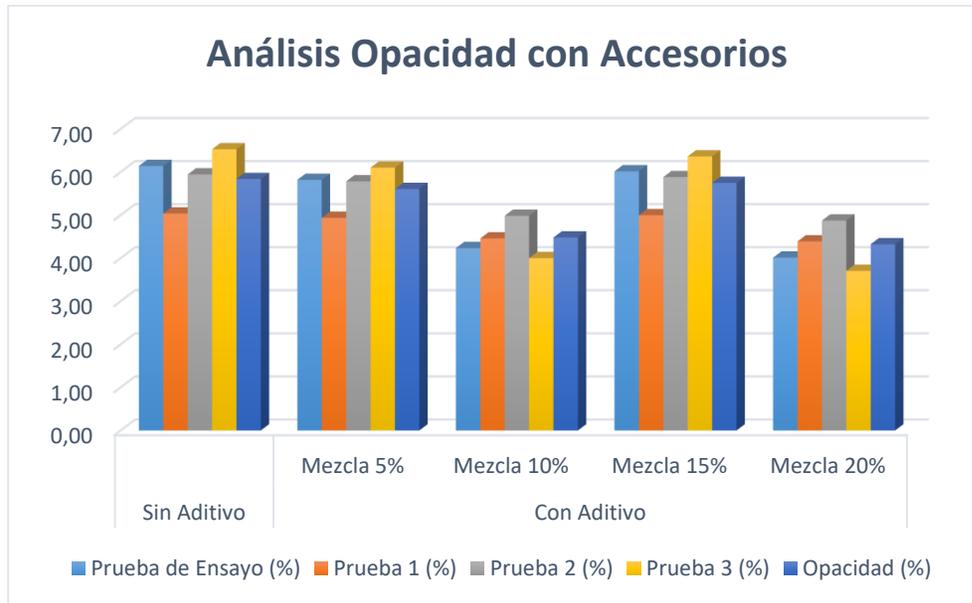
Opacidad accesorios encendidos

Valor	Sin Aditivo	Con Aditivo			
		Mezcla 5%	Mezcla 10%	Mezcla 15%	Mezcla 20%
Prueba de Ensayo (%)	6,14	5,82	4,23	6,02	4,01
Prueba 1 (%)	5,04	4,94	4,46	5,00	4,39
Prueba 2 (%)	5,95	5,78	4,99	5,88	4,87
Prueba 3 (%)	6,53	6,10	4,00	6,36	3,71
Opacidad (%)	5,84	5,61	4,48	5,75	4,32

Nota. Valores opacidad promedio de obtenidos durante la prueba con accesorios activados

Figura 53

Valores de opacidad para ensayo con accesorios encendidos



Nota. Resultados promediados del tercer grupo de análisis de opacidad con accesorios activados al vehículo de prueba 2

4.4.2.4. Resultados

Al analizar los datos obtenidos durante la investigación se observa que mediante la utilización de mezclas parciales de aditivo combustible con diésel Premium se redujeron los porcentajes de opacidad emitidos por el vehículo de prueba 2, la mezcla que el mejor comportamiento fue la mezcla parcial de 20% de aditivo.

Se produjo una reducción promedio del 53,91% para el primer grupo de pruebas un 44,58% para el segundo grupo de pruebas y de un 26,95% para las pruebas realizadas con los accesorios del vehículo encendidos

4.4.3. Potencia

4.4.3.1. Vehículo de prueba 1

Tabla 53

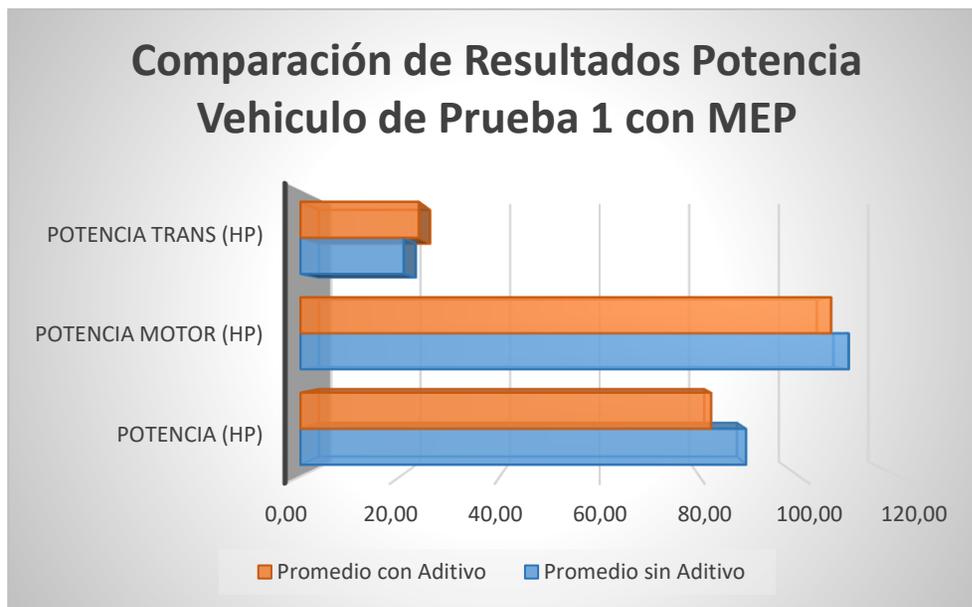
Valores promedio de potencia vehículo de prueba 1

	Promedio sin Aditivo	Promedio con Aditivo	Aumento Porcentual
Potencia (HP)	89,33	82,33	-7,84
Potencia Motor (HP)	109,90	106,37	-3,22
Potencia Trans (HP)	20,73	23,77	14,63

Nota. Valores promedio de potencia del vehículo de prueba 1 obtenidos durante las pruebas

Figura 54

Comparación de potencia vehículo de prueba 1



Nota. Comparación de los resultados de potencia obtenidos mediante el uso de gasolina extra y gasolina extra más aditivo en proporción del 20%

4.4.3.2. Vehículo de prueba 2

Tabla 54

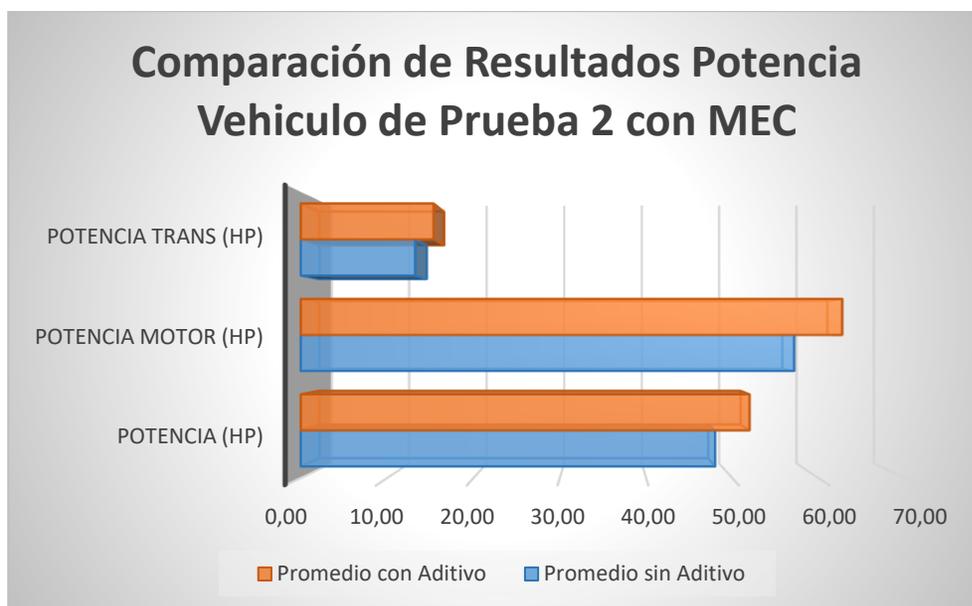
Valores promedio de potencia vehículo de prueba 2

	Promedio sin Aditivo	Promedio con Aditivo	Aumento Porcentual
Potencia (HP)	48,00	52,00	8,33
Potencia Motor (HP)	57,17	62,73	9,74
Potencia Trans (HP)	13,27	15,40	16,08

Nota. Valores promedio de potencia del vehículo de prueba 2 obtenidos durante las pruebas

Figura 55

Comparación de potencia vehículo de prueba 2



Nota. Comparación de los resultados de potencia obtenidos mediante el uso de diésel premium y diésel premium más aditivo en proporción del 20%

4.4.3.3. Resultados

La potencia neta o potencia de motor paso de 57,17 HP a 62,73 HP con el uso de la mezcla de diésel premium más aditivo en una proporción del 20% por lo que incrementó un 9,74% para el vehículo de prueba 2.

Para el vehículo de prueba 1 con la mezcla de gasolina extra más aditivo en proporción del 20 % la potencia paso de 109,90 HP a 106,37 HP observándose una reducción de 3,22%

4.4.4. Torque

4.4.4.1. Vehículo de prueba 1

Tabla 55

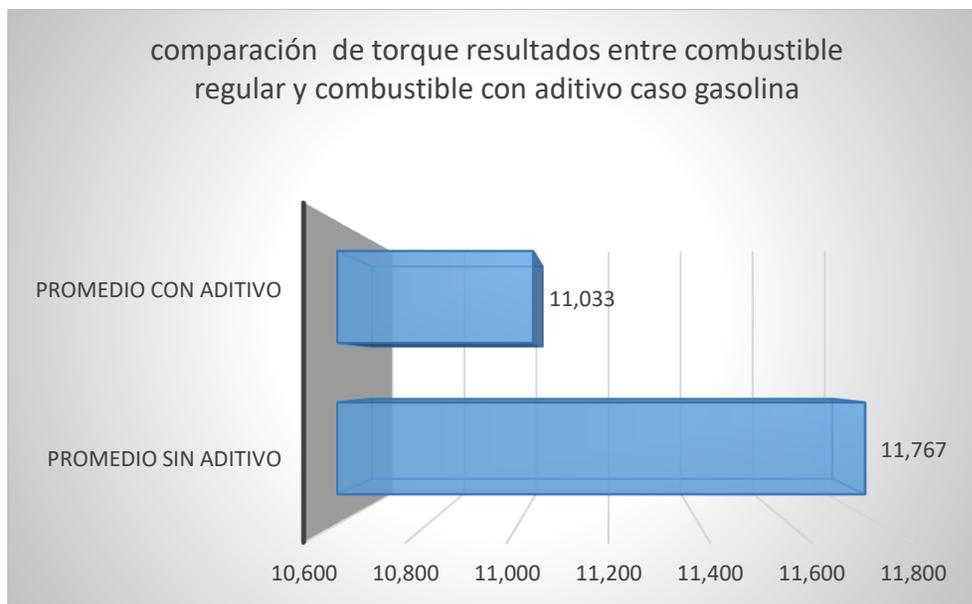
Valores promedio de torque vehículo de prueba 1

	Promedio sin Aditivo	Promedio con Aditivo	Aumento Porcentual
Torque (Kg.m)	11,767	11,033	-6,232

Nota. Valores promedio de torque del vehículo de prueba 1 obtenidos durante las pruebas

Figura 56

Comparación de resultados de torque vehículo de prueba 1



Nota. Comparación de los resultados de torque obtenidos mediante el uso de gasolina extra y gasolina extra más aditivo en proporción del 20%

4.4.4.2. Vehículo de prueba 2

Tabla 56

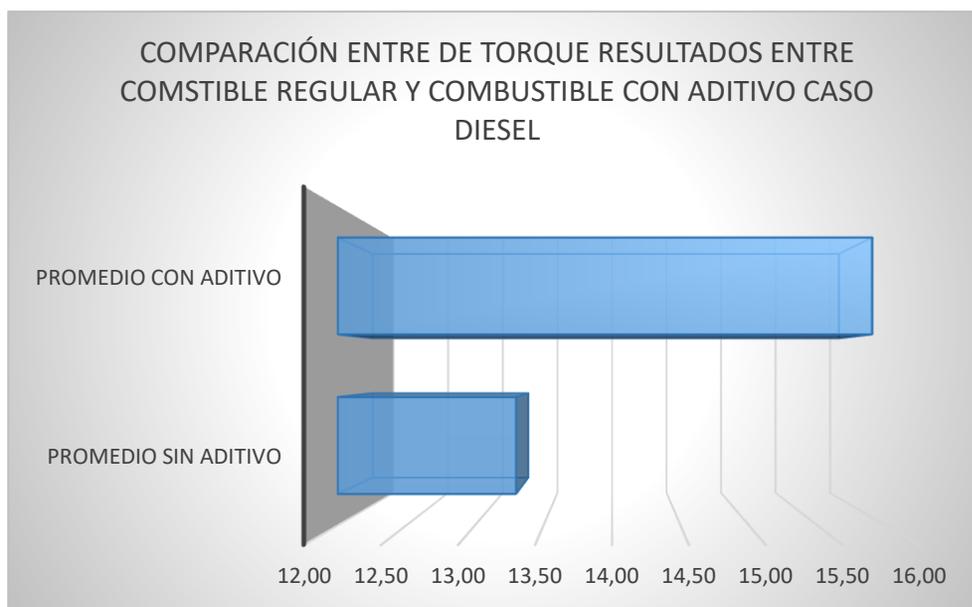
Valores promedio de torque vehículo de prueba 2

	Promedio sin Aditivo	Promedio con Aditivo	Aumento Porcentual
Torque (Kg.m)	13,30	15,90	19,55

Nota. Valores promedio de torque del vehículo de prueba 2 obtenidos durante las pruebas

Figura 57

Comparación de resultados de torque vehículo de prueba 2



Nota. Comparación de los resultados de torque obtenidos mediante el uso de diésel premium y diésel premium más aditivo en proporción del 20%

4.4.4.3. Resultados

Para el vehículo de prueba 2 el valor de torque paso de 13,30 Kg.m a 15,90 Kg.m con el uso de la mezcla de diésel premium más aditivo en una proporción del 20% por lo que se observa un aumento de 19,55%.

En el caso de la mezcla de gasolina extra más aditivo en proporción del 20 % el torque paso de 11,767 Kg.m a 11,033 kg.m lo cual significa una reducción del 6,232% en el caso del vehículo de prueba 1.

Capítulo V

5. Marco Administrativo

El tema de investigación análisis de la incidencia de aditivos de fracción líquida en combustibles en el performance de motores de combustión interna MEP- MEC para su ejecución y desarrollo se contempló algunos parámetros; técnicos, administrativos y financiamientos asegurando su factibilidad y desarrollo en cada una de sus etapas de investigación.

5.1. Factibilidad del proyecto

Los recursos Humanos, Tecnológicos, Materiales y Financiamientos se consideraron en el proyecto de titulación para determinar su viabilidad previa a su ejecución para no tener imprevistos en el transcurso del desarrollo del proyecto.

Recursos Humanos

Para su desarrollo los recursos humanos son muy importantes ya que cada uno aportara con ideas y, conocimientos adquiridos práctica y teóricamente en cada etapa de investigación para así poder cumplir las actividades propuestas.

Tabla 57

Recursos Humanos

Nº	Nombre	Función
1	Luis Geovanny Coyago Ulco	Investigador
2	Alexis Adrian Fierro Jaramillo	Investigador
3	Leónidas Antonio Quiroz Erazo	Director de proyecto de titulación Especialista de emisiones

Nota. Detalle de los recursos humanos disponibles para la elaboración del proyecto de investigación.

Recursos Materiales

Los materiales detallados a continuación nos permitieron su desarrollo y ejecución sin ningún problema en toda su etapa.

Tabla 58

Recursos Materiales

Nº	Material
1	Kit de materiales
2	Herramientas automotrices
3	Filtros
4	Gasolina
5	Diesel
6	Aditivo Gasolina
7	Aditivo Diesel

Nota. Detalle de recursos materiales previstos a utilizarse para la realización del proyecto.

Recursos Tecnológicos

Para el desarrollo de las pruebas dinamométricas y pruebas de opacidad -emisiones se detallan a continuación los equipos utilizados.

Tabla 59

Recursos Tecnológicos

N.º	Descripción
1	Vehículo de prueba 1
2	Vehículo de prueba 2
3	Analizador de gases

N.º	Descripción
4	Opacómetro
5	Dinamómetro de rodillos inercial
6	Internet
7	Bibliotecas virtuales
8	Computadora
9	Impresora

Nota. Detalle de los recursos tecnológicos esperados a utilizarse en la elaboración del proyecto.

Presupuesto

El presupuesto estimado por los investigadores para la elaboración del proyecto de investigación tiene un monto de 2000\$

Recursos Financieros

se detalla cada uno de los recursos financieros y económicos utilizados para la elaboración del proyecto.

Tabla 60

Materiales y equipos utilizados en el desarrollo del proyecto

Orden	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Kit de materiales	1	84.95	84.95
2	Filtro de combustible (gasolina)	1	2.50	2.50
3	Filtro de combustible (Diésel)	1	5.00	5.00
4	Filtro de aire Gasolina	1	5.00	5.00

Orden	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
5	Filtro de aire Diésel	1	5.00	5.00
6	Filtros maquina analizador de gases	5	20.00	100.00
7	Gasolina	20	2.28	45.60
8	Diésel	20	1.60	32.00
9	Aditivo Diésel	1	150.00	150.00
10	Aditivo gasolina	1	150.00	150.00
TOTAL				577.95

Nota. Detalle de los recursos materiales utilizados en el desarrollo de la investigación.

Tabla 61

Costo de Pruebas Realizadas

Orden	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Caracterización gasolina	1	392.00	392.00
2	Caracterización diésel	1	385.36	395.36
3	Pruebas de torque y potencia	12	10.00	120.00
4	Pruebas de opacidad y emisiones	40	10.00	400.00
5	TOTAL			1,307.36

Nota. Detalle de los costos de las pruebas realizadas durante la investigación.

Tabla 62*Gastos Imprevistos*

Orden	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Gastos extras	1	150.00	150.00
TOTAL				150.00

Nota. Fondos extras para gastos imprevistos que se puedan dar durante la investigación.

Análisis costo del proyecto

Una vez determinado los costos en cada uno de los recursos administrativos se procede a calcular el costo total del proyecto de titulación.

Tabla 63*Análisis de Costos*

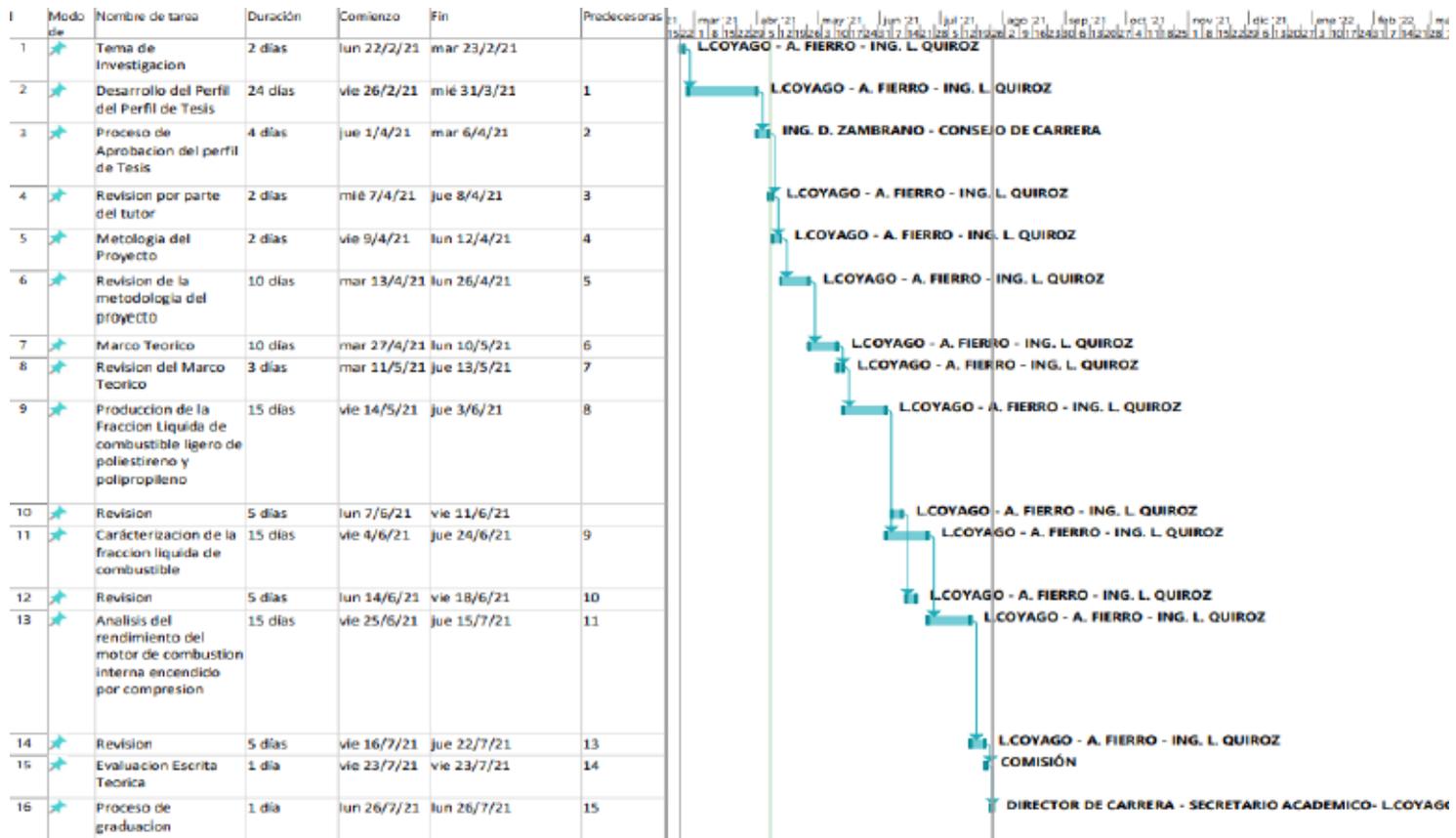
Orden	Detalle	Costo (USD)
1	Materiales y equipos	577.95
2	Pruebas	1,307.36
3	Imprevistos	150.00
TOTAL		2,035.31

Nota. Costo total del proyecto de la investigación.

5.2. Cronograma

Detalle del cronograma de actividades realizadas durante su desarrollo investigación.

Cronograma de actividades



Conclusiones

Se fundamentó de manera teórica como el uso de aditivos puede mejorar las prestaciones físicas y químicas de hidrocarburos como diésel y gasolina

Se fundamentó de manera teórica y científica como el uso de aditivos puede optimizar prestaciones como torque y potencia en MEP y MEC

Se utilizó como aditivo, combustible obtenido de pirolisis de residuos sólidos plásticos de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) en mezclas con gasolina regular y diésel Premium, y se lo caracterizo físico – químicamente en proporción del 20% en el en el Laboratorio de Combustibles, Biocombustibles y Aceites Lubricantes de la Escuela Politécnica Nacional.

La mezcla de aditivo con gasolina extra en proporción del 20% no cumple con la normativa NTE INEN 935:2016 debido a que su número de octano de investigación RON se encuentra 10.1 puntos por debajo del valor mínimo establecido para la gasolina extra.

La mezcla de aditivo con diésel Premium en proporción del 20% no cumple con la normativa NTE INEN 1489:2016 en relación al diésel Premium ya que el contenido de azufre se caracterizó en 81,5 miligramos de azufre por kilogramo de mezcla y el valor mínimo establecido por la norma es de 50 miligramos de azufre por kilogramo de mezcla, para las designaciones de diésel No1 y No2 la mezcla cumple todos los parámetros requeridos.

Se determinó los niveles de opacidad mediante el uso del analizador de gases CARTEK con su banco de opacidad utilizando diésel Premium y la mezcla de diésel Premium más aditivo en proporciones del 5% al 20% en el vehículo de prueba 2 en base al método descrito en la norma NTE INEN 2202:2013

Se determinó niveles de emisiones mediante el uso del analizador de gases AGS-688 utilizando gasolina extra y la mezcla de gasolina extra más aditivo en proporciones del 5% al 20% en el vehículo de prueba 1 en base al método descrito en la norma NTE INEN 2203:2000.

Se realizó pruebas de torque y potencia a los 2 vehículos de prueba en el dinamómetro de tipo inercial de rodillos perteneciente a la empresa “Marcelo Redín Automotriz” de la ciudad de Quito según la norma SAE J1349.

Se realizó la tabulación de los datos obtenidos de los ensayos de emisiones y al comparar los reportes emitidos por el equipo AGS 688 para test oficial con el uso de combustible regular y el uso de combustible más aditivo en proporciones del 5% al 20%, con gasolina regular y estableciendo los límites en los mismos que la norma NTE INEN 2204:2017 el vehículo de prueba no aprobó ninguno de los 7 ensayos realizados, pero con el uso de aditivo los aprobó todos para todos los porcentajes de mezcla.

Se realizó la tabulación de los datos obtenidos de las mediciones de opacidad y al analizar los resultados se aprecia que se reducen los porcentajes de opacidad para todas las mezclas de diésel Premium más aditivo, presentando el mejor comportamiento la mezcla de 20% misma que ofrece una reducción del 53,91%.

En el vehículo de prueba 1 con la utilización de mezcla de gasolina extra más aditivo en proporción del 20% se redujo la potencia proporcionada por el motor en 3,22% y el torque se redujo en 6,23% en relación a los valores medidos cuando se utiliza gasolina extra.

En el vehículo de prueba 2 con la utilización de diésel Premium más aditivo en proporción del 20% se produjo un aumento del 9,74% de la potencia del motor y un aumento del 19,55% para el torque en relación a los valores medidos cuando se utilizó diésel Premium.

Recomendaciones

Verificar que el banco dinamométrico donde se realizaran las pruebas cuente con certificación del tipo SAE J2723 que corrobore los valores obtenidos de los ensayos.

Realizar una comprobación del estado del clima antes de realizar las pruebas de emisiones y opacidad ya que dadas las características de los laboratorios y equipos durante el clima lluvioso no se podrán realizar los análisis.

Comprobar luego de cada análisis de emisiones el estado del filtro de gases, ya que un filtro en mal estado puede alterar las lecturas recogidas

Para una futura investigación se recomienda utilizar mezclas del aditivo más combustible en proporciones de 5% al 15% en las pruebas de torque y potencia para conocer el comportamiento de estos parámetros.

Bibliografía

- Arce, J., & Suarez, S. (2017). *Obtención y caracterización de combustible a partir de desechos Termoplásticos PEBD (Low Density Polyethylene) recolectados en la Universidad de Guayaquil*. Recuperado el 8 de julio de 2021, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18340>
- ASTM. (2017). *Standard Test Method for Density, Relative Density, or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method (D1298 – 12b)*.
- ASTM. (2020). *Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method)*. doi:10.1520/D0323-20A
- Baires. (2016). *Cauchos SBS*. Obtenido de http://www.recicladoplastico.com.ar/venta-poliestireno-cristal-inyeccion_innova-hh201-innova555/
- Barreno, A., & Cruz, D. (2017). *Determinación de los parámetros mecánicos y térmicos característicos de desempeño del motor E-TEC II del vehículo Chevrolet AVEO Activo 1600 C.C., al utilizar diversos tipos de aditivos en combustibles comerciales*. Recuperado el 9 de julio de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13204>
- Benajes, J. y Navarro, E. (2013). *Clasificación de los MCI A*. (1ª Edición, 3ª Reimpresión, 24-42 ed.). Reverté, Barcelona, España.
- Castillo. (10 de septiembre de 2019). *Composición y características del gasóleo*. Recuperado el 6 de abril de 2021, de <https://castillogrupo.com/blog/composicion-y-caracteristicas-del-gasoleo/>
- CFR ENGINES. (23 de Mayo de 2020). *CFR*. Recuperado el 28 de julio de 2021, de [cfrengines: http://cfrengines.com/about/](http://cfrengines.com/about/)
- Chilingua, J., & Ruiz, C. (2016). *Análisis del potencial energético del metanol y etanol como aditivo orgánico de la gasolina extra, para su utilización en el motor de combustión ciclo*

Otto en proporciones del 5%, 10% y 15%. Tesis pregrado, Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/11773>

Climático, Instituto Nacional de Ecología y Cambio. (2015). *Los vehículos automotores como fuentes de emisión.* Recuperado el 30 de julio de 2021, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf>

Cordova, B. E. (Abril de 2014). *“Diseño y construcción de un reactor de pirólisis de combustión lenta con una capacidad de 10 kg a escala de laboratorio para el tratamiento de los residuos sólidos biodegradables.”* Universidad Nacional de Loja. Recuperado el 13 de junio de 2021, de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11957/1/Bermeo%20Tene%2c%20Glyder%20Arturo%2c%20C%3b3rdova%20Balc%3a1zar%2c%20Byron%20Efra%3adn.pdf>

ECOPLAS. (May de 2011). *POLIESTIRENO CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS RESPECTO AL MEDIO AMBIENTE.* Recuperado el 1 de mayo de 2021, de <http://ecoplas.org.ar/pdf/38.pdf>

EPS. (2020). *King Pearl High.* Recuperado el 3 de julio de 2021, de <https://ssichinaeps.en.made-in-china.com/product/EBSxwMTuAihd/China-China-King-Pearl-High-Expansion-Grade-Expanded-Polystyrene-EPS.html/>

INEN NTE 935. (2016). *PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO GASOLINA.* Obtenido de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/nte-inen-935-9.pdf>

INEN, I. E. (septiembre de 2013). *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE.* Recuperado el 2 de agosto de 2021, de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2202-1.pdf>

- Llumitasig, M., & Soledispa, H. (2017). *Caracterización energética del biodiesel obtenido por transesterificación a partir de materia orgánica y su influencia como aditivo en el rendimiento mecánico del motor del vehículo Mazda BT-50*. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13499>
- Mafla, C., Imbaquingo, R., Melo, J., Benavides, I., & Hernández, E. (2018). Quantification of opacity in electronic motors diesel using diesel and biodiesel. *INGENIUS*, 102-107. doi:10.17163/ings.n19.2018.10
- Mancheno, M. A. (2016). *Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio del proceso de pirólisis*. *La Granja*, 23(1). (M. et, Editor) Recuperado el 17 de mayo de 2021, de <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/23.2016.06>
- Mancheno, M., Astudillo, S., Arévalo, P., Malo, I., Naranjo, T., & Espinoza, J. (2016). Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio del proceso de pirólisis. *La Granja*, 60-67.
- Merchán, J. (2016). *PREPARACIÓN DE NANOCOMPUESTOS DE POLIPROPILENO Y MONTMORILLONITA POR MEZCLADO REACTIVO*. Recuperado el 11 de mayo de 2021, de <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2650/Tesis%20completa%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NORMA INEN NTE 1489. (2016). *PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO DIÉSEL REQUISITOS*. Recuperado el 18 de julio de 2021, de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1489-8.pdf
- Oiltanking. (2021). *Aditivos y colorantes de combustible*. Recuperado el 3 de junio de 2021, de Glosario: <https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/detalles/term/aditivos-y-colorantes-de-combustible.html>

Oiltanking GmbH. (Diciembre de 2015). *Oiltanking*. Obtenido de Aditivos y colorantes de combustible:

<https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/detalles/term/aditivos-y-colorantes-de-combustible.html>

PH, T. (2021). *Propiedades mecánicas de plásticos para la industria*. Recuperado el 15 de julio de 2021, de <https://ph-technology.net/propiedades-mecanicas-de-plasticos-para-la-industria/>

PROPIEDADES ELECTRICAS. (JUNIO de 2011). *Tecnología de los Plásticos*. Recuperado el 10 de julio de 2021, de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/propiedades-electricas.html>

Pura. (2013). *Conductividad eléctrica - Plásticos*. Recuperado el 20 de junio de 2021, de <https://sites.google.com/site/plasticosap/3--propiedad-de-los-plasticos/conductividad-electrica>

RECOPE Seguridad Energetica. (2016). Recuperado el 2 de junio de 2021, de <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2013/07/Manual-de-Productos-2016.pdf>

Rejas, L., Carreón, B., Ortiz, M., Llanes, L., & Copa, M. (2015). Generación de combustibles Líquidos a partir de residuos plásticos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 10(11), 635-642. Recuperado el 4 de agosto de 2021, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872015000100005&lng=es&tIng=es..

Repsol. (2019). Recuperado el 9 de julio de 2021, de <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/quimica/productos/polipropileno/index.cshtml>

- Rocha, J., & Zambrano, V. (2015). *Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos*. Quito. Recuperado el 7 de mayo de 2021, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9120>
- Rocha, J., Llanes-Cedeño, E., Zambrano, D., Portilla, Á., Erazo, G., & Torres, G. (2018). Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. *CIENCIA UNEMI*, 11(28), 97-108.
- Rodríguez, Martínez Nicolás. (mayo de 2019). *Gasolinas. Reflexiones y comentarios relativos a su calida*. Recuperado el 10 de mayo de 2021, de <https://www.energiaadebate.com/click/87/Doctogasolinasv1.2.pdf>
- Salom. (2007). *GÍA DE ESTUDIO Y ASIGNATURA DE MOTORES DIESEL*. Recuperado el 22 de julio de 2021, de <https://www.itsa.edu.co/docs/17-S-Consuegra-Modulo-Motores-Diesel.pdf>
- Voulis chemical. (2018). *Voulis Chemicals*. Recuperado el 5 de mayo de 2021, de https://www.voulis.com/files/voulis-handbook-fuel-improvers_es.pdf

Anexos