



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“EVALUACIÓN DE LA ECONOMÍA DE COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO A GASOLINA EN CONDICIONES REALES DE TRÁFICO EN UNA RUTA PERIFÉRICA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

Trabajo de Titulación:

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: FERNANDO ALEJANDRO MURILLO MORENO

HENRRY GABRIEL USCA GOMEZ

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS

Riobamba-Ecuador

2021

©2021, Fernando Alejandro Murillo Moreno; & Henry Gabriel Usca Gómez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Fernando Alejandro Murillo Moreno y Henry Gabriel Usca Gómez, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de septiembre de 2021



Fernando Alejandro Murillo Moreno

060574224-6



Henry Gabriel Usca Gómez

060515283-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA ECONOMÍA DE COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO A GASOLINA EN CONDICIONES REALES DE TRÁFICO EN UNA RUTA PERIFÉRICA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por los señores: **FERNANDO ALEJANDRO MURILLO MORENO Y HENRRY GABRIEL USCA GÓMEZ**, ha sido minuciosamente revisado por lo Miembros del Tribunal de trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2021-09-09

Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos
**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

2021-09-09

Ing. Jhonny Marcelo Pancha Ramos
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2021-09-09

DEDICATORIA

El proyecto presente es dedicado a mis padres Ángel y Cecibel, ya que son los pilares fundamentales que conforman en mi vida. Sin ellos, nunca hubiera alcanzado la meta propuesta cuando entre a la universidad, con su esfuerzo y lucha han logrado inculcar en mi persona un deseo de superación para poder alcanzar nuevos horizontes y formar un mejor futuro para mí. También está dedicado para mi hermana, mi sobrina y familiares en general; quienes me acompañaron durante este tiempo de estudio y aconsejaron cuando tenía problemas en la universidad; con sus consejos y apoyo logre salir adelante, para ser una persona de bien ante ellos y la sociedad.

Fernando

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios por darme fortaleza para seguir adelante y poder cumplir mi objetivo. A mis padres Carlos y Sara, que arduamente estuvieron apoyándome moral y económicamente, siempre sus valores y sus consejos fueron de gran importancia para poder cumplir mis estudios. A mis hermanos Gisela y Leonel que los amo mucho. A mi novia Tatiana que me acompañó y me brindo apoyo incondicional durante este trayecto universitario. A mis Abuelitos Bolívar y Carmelina, mis Tíos que siempre me brindaron su confianza, ayuda y consejos. Finalmente, para mis amigos y profesores con los cuáles he vivido una parte de mi vida que se han convertido en mi segundo hogar en este tiempo en las aulas y les tengo mucho aprecio, llevo muchos recuerdos y consejos que me servirán para la vida.

Henry

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme brindado apoyo en los momentos más difíciles y también salud para poder terminar mi carrera además a mis padres y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial a los docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz quienes fueron parte de mi formación académica y personal. También un profundo agradecimiento a nuestro director y asesor, que aportaron con sus ideas y experiencias para lograr realizar el proyecto encomendado, además de ayudarnos a crecer no solo en el ámbito profesional sino también como personas de bien para la sociedad.

Fernando

Agradezco a mi familia por ser los pilares de cumplir este sueño propuesto, por ser los mejores consejeros y por su apoyo incondicional en las cosas que he necesitado, siempre han estado dispuestos a guiarme y llevarme por el buen camino. Agradezco también a esta noble institución la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas y darme una oportunidad para poder crecer como persona y poder convertirme en un profesional competente que brinde su ayuda a todas las personas que lo necesiten. Finalmente quiero expresar un agradecimiento a todas las personas que conforman la Carrera de Ingeniería Automotriz, a mi director y asesor que ayudaron a realizar este proyecto, por sus consejos y conocimientos que nos servirán para aplicarlos en nuestra vida profesional.

Henry

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
<i>1.2.1. Formulación del problema de investigación</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2. Delimitación del problema</i>	<i>2</i>
1.3. Justificación	3
<i>1.3.1. Justificación teórica.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2. Justificación metodológica</i>	<i>6</i>
<i>1.3.3. Justificación practica.....</i>	<i>6</i>
1.4. Objetivos	6
<i>1.4.1. Objetivo general.....</i>	<i>6</i>
<i>1.4.2. Objetivos específicos</i>	<i>7</i>
1.5. Hipótesis.....	7
1.6. Marco Teórico.....	7
<i>1.6.1. Motor de combustión interna (M.C.I).....</i>	<i>7</i>
<i>1.6.2. Sistema de suministro de combustible.....</i>	<i>8</i>
<i>1.6.3. Combustible</i>	<i>8</i>
<i>1.6.4. La Gasolina</i>	<i>8</i>
<i>1.6.4.1. Gasolina Extras</i>	<i>9</i>
<i>1.6.4.2. Gasolina Ecopaís.....</i>	<i>9</i>

1.6.5.	<i>Consumo de Combustible</i>	9
1.6.5.1.	<i>Carretera</i>	9
1.6.5.2.	<i>Urbano</i>	9
1.6.5.3.	<i>Mixto</i>	10
1.7.	Estado del Arte	10
1.7.1.	<i>Evaluación del combustible en el mundo en condiciones reales de tráfico</i>	10
1.7.2.	<i>Evaluación de consumo de combustible por diferentes métodos</i>	16
1.7.3.	<i>Efecto de la altura sobre el comportamiento de motores a gasolina</i>	17
1.7.4.	<i>Consumo de combustible en el transporte terrestre del Ecuador en altitud y condiciones reales de tráfico</i>	18
1.7.5.	<i>Comparativa del rendimiento entre combustibles del Ecuador Súper y Ecopaís</i>	22

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	24
2.1.	Tipo de Investigación	24
2.2.	Análisis de Variables	25
2.3.	Movilidad	26
2.4.	Revisión Técnica	27
2.5.	Instrumentación	29
2.5.1.	<i>Tanque externo de combustible</i>	29
2.5.2.	<i>Sistema de Transmisión de Datos ELM 327</i>	30
2.5.3.	<i>Torque Pro</i>	32
2.5.4.	<i>VSP (Vehicle Specific Power)</i>	35
2.6.	Ruta de prueba	36
2.6.1.	<i>Ruta Velocidad vs Tiempo</i>	38
2.6.2.	<i>Geografía de Ruta de Prueba</i>	38
2.7.	Protocolo de prueba de la obtención del Consumo de Combustible	39

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	40
3.1.	Resultados	40
3.1.1.	Grado de la carretera.....	40
3.1.2.	Tiempo promedio recorrido de ruta para los vehículos	43
3.1.3.	Consumo de combustible en tiempo real por dispositivo OBD2 vehículo HA 1.6L .	44
3.1.3.1.	Comportamiento del consumo de combustible instantáneo en las pruebas de ruta - HA 1.6L	44
3.1.3.2.	Comparación del consumo de combustible instantáneo - HA 1.6L.....	46
3.1.3.3.	Régimen de motor en función al consumo de combustible Extra - HA 1.6L.....	47
3.1.3.4.	Régimen de motor en función al consumo de combustible Ecopaís - HA 1.6L	48
3.1.3.5.	Régimen en función de la carga del motor en pruebas del combustible Extra - HA 1.6L	49
3.1.3.6.	Régimen en función de la carga del motor en pruebas del combustible Ecopaís - HA 1.6L	50
3.1.3.7.	Comportamiento del factor lambda en la ruta recorrida - HA 1.6L.....	51
3.1.3.8.	Comportamiento del CO2 en la ruta recorrida - HA 1.6L.....	52
3.1.4.	Consumo de combustible en tiempo real por tanque externo del vehículo HA 1.6L	53
3.1.4.1.	Rendimiento de combustible por tanque externo - HA 1.6L.....	54
3.1.5.	Consumo de combustible en tiempo real por dispositivo OBD2 vehículo CS 1.5L..	55
3.1.5.1.	Comportamiento del consumo de combustible instantáneo en las pruebas de ruta - CS 1.5L	55
3.1.5.2.	Comparación del consumo de combustible instantáneo - CS 1.5L.....	57
3.1.5.3.	Régimen de motor en función al consumo de combustible Extra - CS 1.5L.....	58
3.1.5.4.	Régimen de motor en función al consumo de combustible Ecopaís - CS 1.5L.....	59
3.1.5.5.	Régimen en función de la carga del motor en pruebas del combustible Extra - CS 1.5L	60
3.1.5.6.	Régimen en función de la carga del motor en pruebas del combustible Ecopaís - CS 1.5L	61
3.1.5.7.	Comportamiento del factor lambda en la ruta recorrida - CS 1.5L	62
3.1.5.8.	Comportamiento del CO2 en el ruta recorrida - CS 1.5L.....	63
3.1.6.	Consumo de combustible en tiempo real por tanque externo del vehículo CS 1.5L	64
3.1.6.1.	Rendimiento de combustible por tanque externo - CS 1.5L	65
3.2.	Discusión de Resultados.....	66
3.2.1.	Rendimiento de combustible instantáneo de los vehículos HA 1.6L y CS 1.5L	66
3.2.2.	Rendimiento de combustible a Largo Plazo de los vehículos HA 1.6L y CS 1.5L....	72

CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Datos del comportamiento del combustible en los años 2017 al 2020.....	5
Tabla 2-1:	Número de vehículos automóviles en el parque automotor de Ecuador.....	5
Tabla 3-1:	Información de tiempo de señal en cada intersección	11
Tabla 4-1:	Estadísticas de consumo de combustible del tráfico en la sección de intersección	11
Tabla 5-1:	Resultados del consumo de combustibles y emisiones para los modos de conducción	19
Tabla 6-2:	Variables a considerar en la investigación.....	25
Tabla 7-2:	Características Técnicas del Hyundai Accent 1.6L (HA 1.6L).....	26
Tabla 8-2:	Características Técnicas del Chevrolet Sail 1.5L (CS 1.5L).....	27
Tabla 9-2:	Ítem de la revisión técnica	28
Tabla 10-2:	Especificaciones Técnicas del Escáner ELM327 v1.5	31
Tabla 11-2:	Especificaciones Técnicas del Escáner ELM327 v2.1	31
Tabla 12-2:	Compatibilidad del ELM 327 con distintos tipos de vehículos.....	32
Tabla 13-2:	Programas Compatibles con ELM 327.....	32
Tabla 14-2:	Consumo de combustible con MAF.....	34
Tabla 15-2:	Consumo de combustible con MAP.....	34
Tabla 16-2:	Marcas Compatibles con Torque Pro	35
Tabla 17-2:	Puntos de control de ruta periférica provincia de Chimborazo	37
Tabla 18-3:	Comparación de la gasolina Extra y Ecopaís - HA 1.6L.....	53
Tabla 20-3:	Rendimiento del combustible Ecopaís - HA 1.6L.....	54
Tabla 21-3:	Comparación de gasolina Extra y Ecopaís - CS 1.5L.....	64
Tabla 22-3:	Rendimiento del combustible Extra - CS 1.5L	65
Tabla 24-3:	Rendimiento del combustible instantáneo	66
Tabla 25-3:	ANOVA aplicado a los grupos experimentales del rendimiento instantáneo	67
Tabla 26-3:	Método LSD del rendimiento instantáneo	68

Tabla 27-3:	Valor máximo óptimo del rendimiento instantáneo	71
Tabla 28-3:	Rendimiento de combustible a Largo Plazo	72
Tabla 29-3:	ANOVA aplicado a los grupos experimentales del rendimiento a largo plazo..	72
Tabla 30-3:	Método LDS del rendimiento a largo plazo	73
Tabla 31-3:	Valor mínimo óptimo para el rendimiento a largo plazo	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Demanda energética por sector.....	4
Figura 2-1.	Consumo de gasolina por tipo de vehículo.....	4
Figura 3-1.	Evolución de la demanda de combustible en el país.	5
Figura 4-1.	Motor de Combustión Interna.....	7
Figura 5-1.	Sistema de alimentación a gasolina.....	8
Figura 6-1.	Perfiles de a) velocidad en relación del tiempo, b) consumo de combustible. c) revoluciones del motor y d) velocidad, en función de la distancia, obtenido de un viaje aleatorio en la región de estudio	12
Figura 7-1.	Materialización del ahorro potencial para vehículos monitoreados.....	13
Figura 8-1.	Correlación entre consumo y factores de emisión con la variación de la velocidad.	13
Figura 9-1.	La relación entre la eficiencia del consumo de combustible y tasa de consumo.	14
Figura 10-1.	Efecto de velocidad y aceleración en la tasa de consumo de combustible (ml/s) para tres tipos de vehículos. (Las secciones en blanco indican que no existen datos).	14
Figura 11-1.	Secciones de la ruta de prueba: Resumen de resultados.....	15
Figura 12-1.	Promedio de VSP por grado de la carretera (Grado de freq>15s).....	16
Figura 13-1.	Consumo y coeficiente de variación de los ciclos de prueba.....	17
Figura 14-1.	Promedio de la economía del combustible utilizado en las pruebas.	18
Figura 15-1.	Economía de combustible en pruebas de aceleración (Km/L).....	18
Figura 16-1.	Gasto de combustible en la ciudad de Cuenca.	19
Figura 17-1.	Consumo de combustible total en litros Chevrolet Sail.....	20
Figura 18-1.	Consumo de combustible total en litros Chevrolet Aveo.	20
Figura 19-1.	Comparación valores máximos y mínimos de emisiones de vehículos.....	21
Figura 20-1.	Comparación del gasto de combustible en las ciudades del Ecuador.....	21
Figura 21-1.	Comparación gasolina Súper y Ecopaís en un vehículo Chevrolet Aveo Family.	22

Figura 22-1.	Emisiones de gases comparativas.	23
Figura 23-2.	Instalación del tanque externo de marca Liqui Moly.	30
Figura 24-2.	Funcionamiento del puerto de diagnóstico a bordo (OBD).	30
Figura 25-2.	Funcionamiento del puerto de diagnóstico a bordo (OBD).	33
Figura 26-2.	Configuraciones del Torque Pro.	33
Figura 27-2.	Ruta periférica de la Provincia de Chimborazo.	36
Figura 28-2.	Perfil de altitud de la ruta periférica de la Provincia de Chimborazo.....	39

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Metodología de la investigación propuesta.	25
Gráfico 2-2.	Velocidad vs Tiempo promedio de ruta de conducción.....	38
Gráfico 3-3.	Perfil de altura de la carretera.....	41
Gráfico 4-3.	Perfil de pendiente de la carretera	41
Gráfico 5-3.	Promedio VSP vs el grado de carretera (freq > 5s)	42
Gráfico 6-3.	Tiempo de ruta recorrida.....	43
Gráfico 7-3.	Consumo instantáneo - Extra - HA 1.6L.....	44
Gráfico 8-3.	Consumo instantáneo - Ecopaís - HA 1.6L.....	45
Gráfico 9-3.	Consumo de combustible L/h en función de la distancia - HA 1.6L.....	46
Gráfico 10-3.	Gasto de combustible en función del régimen del motor - Extra HA 1.6L.....	47
Gráfico 11-3.	Gasto de combustible en función al régimen - Ecopaís - HA 1.6L	48
Gráfico 12-3.	Carga del motor en función del régimen - Extra - HA 1.6L.....	49
Gráfico 13-3.	Carga del motor en función del régimen - Ecopaís - HA 1.6L.....	50
Gráfico 14-3.	Comportamiento del factor lambda - Extra vs Ecopaís - HA 1.6L.....	51
Gráfico 15-3.	CO2 promedio Extra vs Ecopaís - HA 1.6L.....	52
Gráfico 16-3.	Distancia recorrida y consumo de combustible Extra - HA 1.6L.....	53
Gráfico 17-3.	Distancia recorrida y consumo de combustible Ecopaís - HA 1.6L	54
Gráfico 18-3.	Consumo instantáneo – Extra - CS 1.5L.....	56
Gráfico 19-3.	Consumo instantáneo - Ecopaís - CS 1.5L.....	56
Gráfico 20-3.	Consumo de combustible L/h en función de la distancia - CS 1.5L.....	57
Gráfico 21-3.	Gasto de combustible en función del régimen del motor - Extra - CS 1.5L ...	58
Gráfico 22-3.	Gasto de combustible en función al régimen – Ecopaís – CS 1.5L.....	59
Gráfico 23-3.	Carga del motor en función del régimen – Extra – HA 1.6L	60
Gráfico 24-3.	Carga del motor en función del régimen - Ecopaís - CS 1.5L.....	61
Gráfico 25-3.	Comportamiento del Factor Lambda - Extra vs Ecopaís - CS 1.5L	62
Gráfico 26-3.	CO2 promedio Extra vs Ecopaís - CS 1.5L.....	63

Gráfico 27-3.	Distancia recorrida y consumo de combustible Extra - CS 1.5L.....	64
Gráfico 28-3.	Distancia recorrida y consumo de combustible Ecopaís - CS 1.5L.....	65
Gráfico 29-3.	Gráfica de Cajas y Bigotes con el 95% de confianza del Rendimiento Instantáneo	69
Gráfico 30-3.	Diagrama de Pareto de los factores del Rendimiento Instantáneo.....	70
Gráfico 31-3.	Superficie de Respuesta para el Rendimiento Instantáneo de los vehículos HA 1.6L y CS 1.5L	71
Gráfico 32-3.	Medias y 95% de Fisher LSD para rendimiento a largo plazo	75
Gráfico 33-3.	Diagrama de Pareto del Rendimiento a Largo Plazo	75
Gráfico 34-3.	Superficie de Respuesta para el Rendimiento a Largo Plazo de los vehículos HA 1.6L y CS 1.5L	76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: INSTALACIÓN DE TANQUE EXTERNO A LAS TOMAS DE ENTRADA Y RETORNO DE COMBUSTIBLE

ANEXO B: MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL CONJUNTO DE INYECTORES

ANEXO C: COMPROBACIÓN DEL CAUDAL DEL CONJUNTO DE INYECTORES

ANEXO D: MEDICIÓN DEL COMBUSTIBLE

ANEXO E: COLOCACIÓN DEL COMBUSTIBLE MEDIDO AL TANQUE EXTERNO

ANEXO F: EXTRACCIÓN DEL COMBUSTIBLE RESTANTE DESPUÉS DE LA PRUEBA PARA TOMA DE DATOS

ANEXO G: INTERFAZ DEL TORQUE PRO, DATOS EN VIVO

ANEXO H: DATOS EXTRAÍDOS MEDIANTE LA APLICACIÓN TORQUE PRO

ANEXO I: TABULACIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOFTWARE STATGRAPHICS

ANEXO J: NORMA SAE PARA EL ESTILO DE COLORES DE GRAFICAS ESTADÍSTICAS

ANEXO K: TABLA DE COMPATIBILIDAD DEL DISPOSITIVO ELM327 PARA MODELOS DE VEHÍCULOS

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la economía de combustible de vehículos de transporte público en condiciones reales de tráfico de una ruta periférica para valorarse el desempeño del combustible en condiciones geográficas locales. Para el cuál se utilizó los vehículos HA 1.6L (Hyundai Accent 1.6L 4P 2019) y CS 1.5L (Chevrolet Sail 1.5L 4P 2019), pertenecientes al transporte público de la ciudad de Riobamba, se estableció una ruta de conducción que comprende los cantones de Riobamba y Guano donde se tomó en cuenta los puntos y horarios de mayor presencia vehicular, las normas de tránsito del Ecuador, la variación del combustible (Extra y Ecopaís). Para la medición del consumo se utilizó el dispositivo “ELM327”, con la ayuda de la aplicación de celular “Torque Pro” y un tanque externo de combustible para obtener el consumo de combustible de forma volumétrica, a partir de estas dos formas de medición se logró obtener los datos en la ruta establecida y extraerlos mediante un archivo Excel para su posterior análisis estadístico correspondiente en el programa Statgraphics, obteniéndose una comparación entre el uso de los dos tipos de combustibles y la variación de los métodos de medición, de esta manera establecer el combustible más eficiente en el rendimiento a largo plazo, como resultado el rendimiento de combustible fue superior al utilizar combustible Ecopaís puesto que en el HA 1.6L tuvo 8.55% más de rendimiento a largo plazo en relación al combustible Extra, aplicando el mismo caso para el CS 1.5L el combustible Ecopaís tuvo un 5.88% más rendimiento en comparación al combustible Extra. Se concluye que el combustible Ecopaís tiene un mejor rendimiento en las pruebas realizadas bajo las condiciones geográficas establecidas. Se recomienda la correcta instalación de los equipos de medición para obtener resultados fiables en la investigación.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CONSUMO DE COMBUSTIBLES>, <RUTA DE CONDUCCIÓN>, <RENDIMIENTO A LARGO PLAZO>, <VEHÍCULOS LIVIANOS>.



14-07-2021

1379-DBRAI-UTP-2021

ABSTRACT

The present research work aims to evaluate the performance of the public transport vehicles fuel, in real traffic conditions of a peripheral route to assess the fuel performance at local geographic conditions. The vehicles brands HA 1.6L (Hyundai Accent 1.6L 4P 2019) and CS 1.5L (Chevrolet Sail 1.5L 4P 2019) belonging to Riobamba city's public transport were used. It was established Riobamba and Guano cantons route of conduction including points and times of greatest vehicular presence, traffic regulations of Ecuador, and the variation of fuel (Extra and Ecopaís). To measure consumption, the "ELM327" device was used with the help of the mobile application "Torque Pro" and an external tank of fuel to obtain the volumetric fuel consumption. From these two forms of measurement, it was possible to obtain data in the established route and extract them employing an Excel sheet for their subsequent statistical analysis using the Statgraphics program, obtaining a comparison between the use of these two types of fuels and the variation of the measurement methods, determining this way the most efficient fuel in performance at the long term. As a result, the fuel performance was superior when using fuel Ecopaís since it HA 1.6L had 8.55% more long-term performance concerning the Extra fuel, applying the same case for the CS 1.5L, Ecopaís fuel had 5.88% more performance compared to Extra fuel. It is concluded that Ecopaís fuel has a better performance in tests taken under geographical conditions established. It is recommended the correct installation of the measuring equipment to obtain reliable research results.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <CONSUMPTION OF FUELS>, <DRIVING ROUTE>, <LONG-TERM PERFORMANCE>, <LIGHT VEHICLES>.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

En la actualidad el transporte es uno de los medios que más se ha desarrollado, por ende, este influye directamente a la sociedad para lograr un avance en el dinamismo de la economía, como consecuencia se ha dado un aumento importante en el consumo de combustibles fósiles y en el impacto ambiental, puesto que el mercado automotriz abarca cada vez más en el Ecuador.

El problema al ambiente está asociado al consumo de energía. A medida que el volumen de energía consumida en los países industrializados comienza a alcanzar tasas cada vez más elevadas, empiezan a plantearse diversos problemas de impacto medioambiental. El aumento de este problema se acentúa en paralelo al desarrollo de la industria y el transporte. Debido a la necesidad existente de economizar energía, elevar la eficiencia de su aprovechamiento y por motivos ecológicos, se ha profundizado las investigaciones y desarrollos relacionados con mejorar la tecnología de los vehículos, la reformulación de combustibles y el uso de combustibles alternos. Para identificar las mejores oportunidades se deben tener en cuenta varios aspectos diferentes, como el conocimiento de la cadena industrial y productiva, un estudio detallado de la infraestructura vial actualmente disponible y un estudio sobre el consumo energético. Cada factor es importante ya que les permite a sociedades lograr un desarrollo sostenible en lo que respecta a los sistemas de transporte (Leguisamo et al., 2020: pp. 1-2).

A nivel mundial, la mayoría de la energía obtenida a partir de las diversas fuentes primarias se utilizan para el transporte local de pasajeros y mercancías; El 57% del consumo mundial de petróleo se utiliza en el transporte. Asimismo, el 95% de la energía utilizada para el transporte procede de combustibles fósiles; Asimismo, en Ecuador, el 99% de la energía utilizada en el transporte proviene de fuentes fósiles (Corral et al., 2017).

La demanda energética anual del sector transporte de Ecuador equivale a 46 millones de barriles de petróleo equivalente BOE, de los cuales el 37% es consumido por vehículos pesados (HDV) y el 32% por vehículos ligeros (LDV). Este patrón de consumo combinado con una flota de vehículos vieja e ineficiente compuesta principalmente por camiones de carga pesados y subsidios de combustible no focalizados ha dado lugar a consumos excesivos y hábitos de conducción irresponsables (MERNNR, 2018).

Los datos del Balance Energético Nacional del 2018 se obtuvo una producción de energía primaria de 216 millones de BEP. En donde la producción que estuvo a más explotación fue el

petróleo con un 87.5% que las otras energías, en donde en comparación con el año 2017 tuvo una disminución del 7.0% respectivamente (IIGE, 2018).

1.2. Planteamiento del problema

Chimborazo es una de las provincias que al momento de realizar la revisión vehicular existe despreocupación en temas de la utilización de combustible y los problemas que pueden generar para el ambiente, además de no tomar en cuenta la calidad de combustibles que se está suministrando al automóvil y tampoco el consumo real que se puede dar en un vehículo en una ruta real de tráfico. La provincia se encuentra a 3900 msnm con un relieve muy irregular por lo que la densidad de oxígeno en el aire y la combustión no sea la adecuada, lo que generaría una mezcla muy rica en el motor y por ende no se va a dar una buena combustión y habría una mayor producción de gases contaminantes.

La causa de este problema es porque se ha identificado conductores que irrespetan los límites de velocidad permitidos, además de no existir control en el estado de las vías y la falta de mantenimiento en los vehículos es por esto que consideramos que existe una mala cultura vial que se da generalmente en esta ruta por lo que provoca consumos excesivos de combustibles y una mala gestión en la combustión del vehículo.

Para este estudio tomamos en cuenta los cantones con más afluencia de vehículos para estructurar una ruta que nos permita evaluar el correcto comportamiento de la calidad y cantidad de los combustibles que vamos a utilizar, además se analizara el consumo en la ruta establecida que vamos a desarrollar, de esta manera se obtendrá el consumo real de combustible que utilizamos en condiciones de tráfico en esta provincia que servirá como pionera para futuras investigaciones en este campo.

1.2.1. Formulación del problema de investigación

¿La recolección de datos del consumo energético de vehículos de transporte público a gasolina en condiciones reales de tráfico en una ruta periférica en la provincia de Chimborazo permitirá una correcta evaluación de la economía del combustible?

1.2.2. Delimitación del problema

Objeto de estudio: Consumo de combustible en vehículos de transporte público

Campo de Acción: Consumo energético

Límite espacial: Ruta periférica por la Provincia de Chimborazo (3900 msnm)

Delimitación temporal: Año 2020.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

La industria automotriz se desarrolla rápidamente en el tiempo, debido a las diferentes marcas de automóviles cada día innovan nuevas tecnologías lo que aumenta la competencia entre estas empresas, cada una consciente en crear sus automóviles con altos estándares de calidad y que se han amigables para el ambiente, concentrándose especialmente en el ahorro de combustibles y la disminución de las emisiones contaminantes. La preocupación de los países especialmente los que se encuentran con un gran avance automovilístico establecen normas para ser aplicadas en el consumo de recursos disponibles para en un futuro no se escaseen las materias primas.

El país, apunta a una sociedad donde la eficiencia energética es un rol muy importante que se debe tomar en cuenta para el crecimiento económico de la comunidad ecuatoriana. Si bien el país aún depende de los recursos de combustible fósiles, es importante que existan leyes para un correcto uso en la industria automotriz. Por lo que el Ecuador consciente de este problema ha desarrollado la Ley de Eficiencia Energética, que tiene como finalidad realizar los debidos incentivos a empresas y personas para formular sistemas más limpios para el transporte.

Para ello se necesita datos que permita al investigador una noción de cómo funciona los vehículos a partir del comportamiento y la ruta de circulación para lograr identificar una guía de la eficiencia energética de esta manera alcanzar la construcción del ciclo de conducción para determinar los rendimientos de los automóviles con la utilización de combustible y las emisiones contaminantes hacia el ecosistema. Varios países con un mayor desarrollo estudian el comportamiento vehicular mediante rutas de conducción para poder crear leyes que se concentren en la reducción de emisiones contaminantes, además de esto poder alcanzar un desarrollo tecnológico para poder contrarrestar los efectos que producen los gases contaminantes generados por los vehículos.

En el año 2011 la importación de gasolina a través de la empresa Petroecuador que se ocupa en las refinerías del país para mezclar y procesar con las que tenía anteriormente, de esta manera como resultado se obtiene un incremento del octanaje en el combustible. A pesar del aumento en el número de octanos en el combustible que se vende en el país, se ha convertido principalmente en una fuente de contaminación, de esta forma el gobierno se ha planteado diversas medidas con la finalidad de obtener una mejor calidad de combustible y de esta manera alcanzar los estándares de calidad EURO 5 (El Comercio, 2012).

El Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), nos dice que la producción total de la gasolina del Ecuador en el año 2018 fue del 75% de esta, en donde se centra en el transporte como se puede observar en la figura 1-1 (IIGE, 2018).

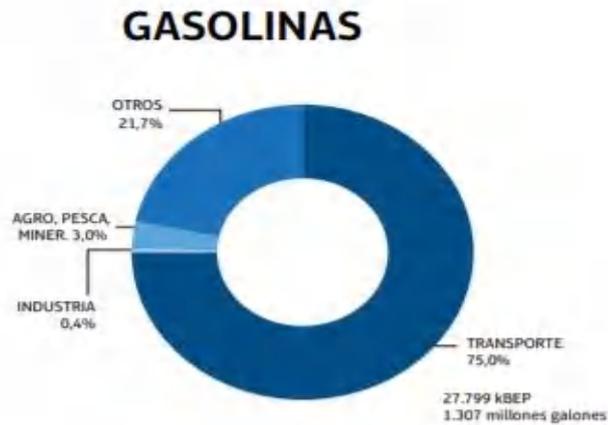


Figura 1-1. Demanda energética por sector

Realizado por: (IIGE, 2018).

Con ayuda de la figura 1-1, se puede identificar que el transporte terrestre es uno de los mayores consumidores de gasolina en donde su mayor consumo se lo puede observar en la figura 2-1, en donde destaca que el 47% de este consumo es para los automóviles, SUVs, taxis y motos que son la mayoría según el reporte de balance energético del 2018 (IIGE, 2018).

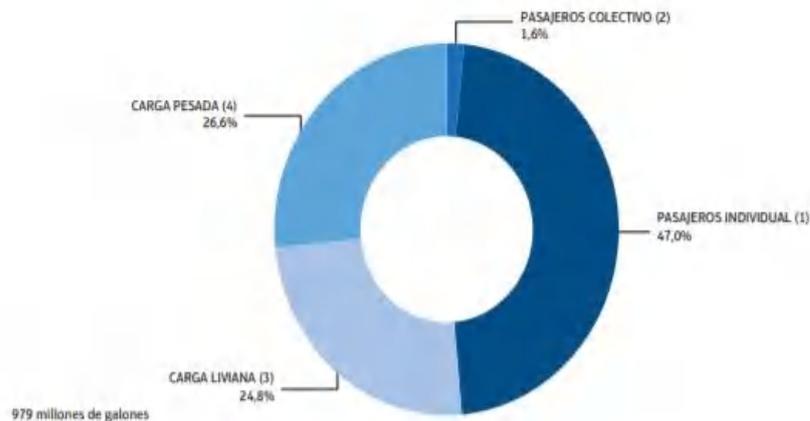


Figura 2-1. Consumo de gasolina por tipo de vehículo.

Realizado por: (IIGE, 2018).

El otro punto que se debe tratar es el tipo de gasolina que colocamos a nuestros vehículos, ya que es una parte fundamental para la operación del motor, en el país tenemos 3 tipos de gasolina: Súper, Extra y Ecopaís. En este trabajo se desarrollará el estudio con dos tipos de gasolina diferentes como son: la gasolina Extra y Ecopaís, en donde su octanaje es de 85 y con un precio promedio de USD 1.75. Donde la gasolina Ecopaís o también conocido un bio-combustible es un combustible que está en nuestro país desde año 2010 (Morquecho, 2018: pp. 135-149).

Con ayuda de la figura 3-1, en donde se puede recalcar que desde el 2014 habido una mayor demanda del combustible con respecto a la gasolina Súper y la gasolina Extra.

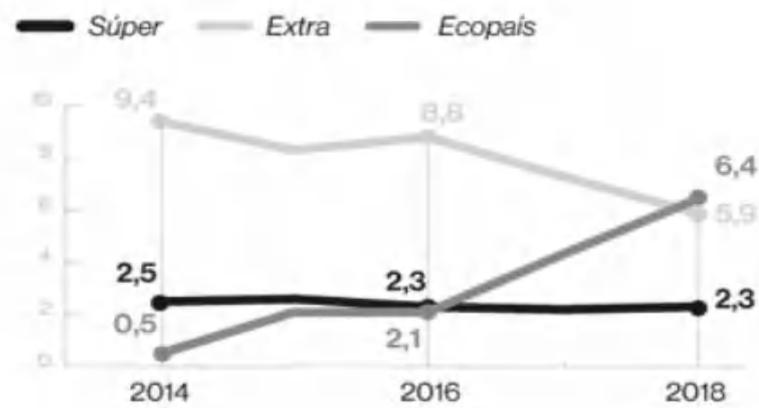


Figura 3-1. Evolución de la demanda de combustible en el país.

Realizado por: (Orozco, 2018).

Con la ayuda de la tabla 1-1, donde se expresa la demanda de combustible, (Extra y Ecopaís), habido un incremento considerable en estos últimos 3 años del Ecopaís.

Tabla 1-1: Datos del comportamiento del combustible en los años 2017 al 2020

Combustible	2017	2018	2019	2020
Extra (MM gal)	569.3	521.6	541.7	547.1
Ecopaís (MM gal)	445.5	568	602.6	637.7

Fuente: (Pacheco, 2020).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

Según el estudio realizado por la revista The Global Economy en el año 2017 Ecuador tiene el quinto consumo de gasolina en relación a Sudamérica con un valor de 82 mil barriles por día, esto se debe al gran aumento en los últimos años del parque automotriz en el país. Esto se lo puede verificar a partir de datos obtenidos en el anuario del AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador) de los años 2017 y 2020, la cantidad de automóviles de livianos van variando con los años (AEADE, 2020: pp.7-13). Para el estudio se toma en cuenta el incremento vehicular que se dio en los años 2017 al 2020 en la provincia de Chimborazo como se puede apreciar en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Número de vehículos automóviles en el parque automotor de Ecuador

	2017	2020
Ecuador	968 900	1 106 957
Chimborazo	61 573	68 194

Fuente: (AEADE, 2020: pp.7-13).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

Por ello, el presente trabajo investigativo se realiza con el propósito de evaluar y examinar los resultados de rendimiento y economía del combustible a partir de la ruta establecida por la Provincia de Chimborazo que tiene una altitud media de 3900 msnm de esta forma se sentará las bases de la investigación para proyectos futuros que ayuden a brindar soluciones sobre la eficiencia energética en el campo automotriz de la provincia de Chimborazo.

1.3.2. Justificación metodológica

En este estudio se procura establecer el consumo de combustible en una ruta periférica desarrollada en la Provincia de Chimborazo se realizará investigación de campo, además de esto se procura desarrollar parámetros establecidos para esta investigación.

1.3.3. Justificación practica

La presente investigación se concentra en la evaluación del combustible Extra y Ecopaís, además de esto se utilizará vehículos que serán tomadas según marcas reconocidas en el campo automotriz actual, tomando las marcas comerciales más populares para el servicio en taxi del transporte público, siendo el modelo Hyundai Accent y el modelo Chevrolet Sail, los más populares de este mercado.

El análisis se llevará a cabo en los cantones de Riobamba y Guano (provincia de Chimborazo) en donde se establecerá una ruta periférica entre estos dos cantones donde se tomará en cuenta puntos de gran afluencia vehicular para este análisis. Se ha seleccionado esta ruta por la gran afluencia vehicular que existe entre estos cantones que ayudará a determinar el gasto de combustibles en una ruta real de tráfico, en esta ruta se recorrerá un total de 21.8 km (21800 m) que estará dividida en 7 km (7000 m) recorrido suburbano y 14.8 km (14800 m) de recorrido urbano. Tiene una variación de altura de 2876 m como lugar más elevado y 2715 m como lugar más bajo, además tiene un desnivel de subida de 242 m como máximo y un desnivel de 211 m como mínimo, esta ruta está destinada a ser completada en 40 minutos con los límites de velocidad que varían entre 30 y 90 km/h y estableciendo una velocidad ideal de 50 km/h que se desarrollara en la ruta establecida.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la economía de combustible de vehículos de transporte público en condiciones reales de tráfico de una ruta periférica para valorarse el desempeño del combustible en estas condiciones geográficas locales.

1.4.2. Objetivos específicos

- Obtener el consumo de combustible de los automóviles que funcionan como transporte público en una ruta establecida.
- Desarrollar una ruta periférica adecuada tomando en cuenta los límites de velocidad e infraestructura vial de la ciudad.
- Establecer diferencias entre la economía del consumo de gasolina Extra y gasolina Ecopaís.
- Validar y Analizar los datos obtenidos del proceso de investigación.

1.5. Hipótesis

El consumo de combustible en la provincia de Chimborazo en los vehículos de transporte público variara en función al comportamiento del tipo de combustible que vamos a utilizar.

1.6. Marco Teórico

1.6.1. Motor de combustión interna (M.C.I)

Los motores M.C.I tienen su funcionamiento a base de un combustible, el motor se encarga a partir de ciclos termodinámicos en transforma la energía química en energía mecánica, tal como se puede identificar con la ayuda de la figura 4-1, el proceso de combustión se produce dentro del motor (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40).



Figura 4-1. Motor de Combustión Interna.

Realizado por: (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40).

El M.C.I se clasifica en ciclo Otto y Diesel acorde al funcionamiento del mismo. El motor de ciclo Otto puede clasificarse en:

- Gasolina
- Etanol
- GLP (petroleum liquid gas)
- GNC (compressed natural gas)

1.6.2. Sistema de suministro de combustible

Es el encargado de realizar el suministro del **combustible** al motor para su funcionamiento. Se encarga de dosificar la mezcla y procurar la mayor limpieza del **combustible** que entra al cilindro. En la figura 5-1, se puede observar un esquema básico de lo que es un circuito de alimentación de combustible.

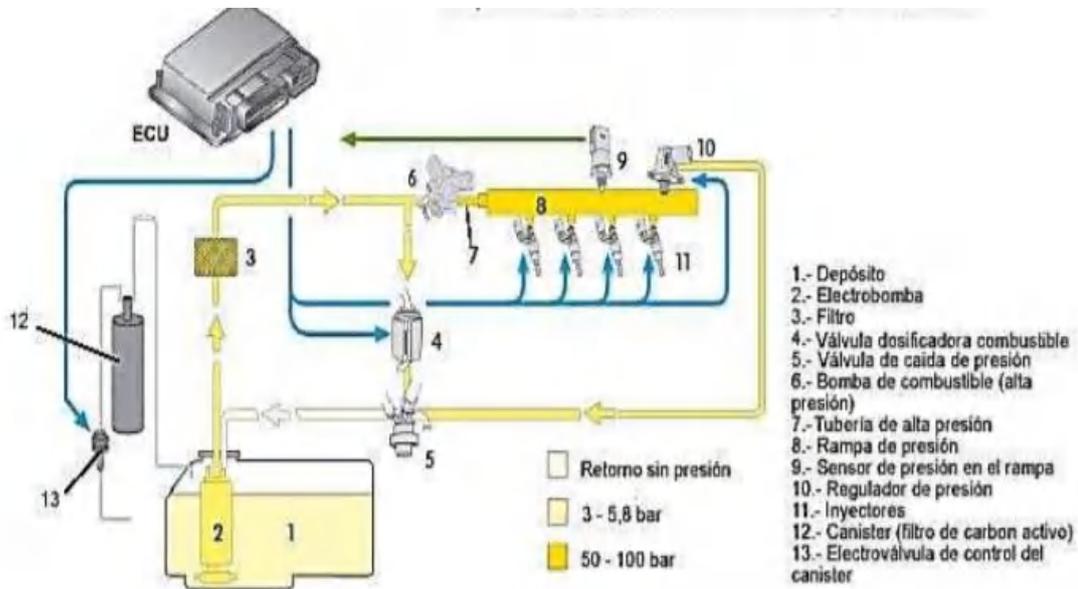


Figura 5-1. Sistema de alimentación a gasolina

Realizado por: (Martínez y Romero, 2012: p.42).

1.6.3. Combustible

Se conoce a toda sustancia que sea de carácter artificial o natural como combustible, existe en tres estados: gaseoso, líquido y sólidos, que al momento de mezclarse con oxígeno este va a producir un desprendimiento una reacción de calor (Lima y Gálvez, 2016: pp. 5-10).

Los combustibles más utilizados en la industria automotriz son:

- Gasolina
- Diesel
- GLP

En caso de nuestro estudio utilizaremos la gasolina.

1.6.4. La Gasolina

En cuanto a la gasolina se produce a partir de la destilación fraccionada del petróleo, esto significa que depende del crudo que se destile es una fracción única o una mezcla de diversas fracciones, su constitución se basa en la combinación de hidrocarburos que se caracterizan de ser bajos en lo que se refiere a su peso molecular además de ser componentes volátiles, par que quem

fácilmente y para mejorar el arranque en frío, pero no tanto como para formar demasiado vapor con el tiempo calurosos (Pérez, 2017: pp23-34).

Nuestro país consta de tres tipos de gasolina que son:

- Gasolina Súper
- Gasolina Extra
- Gasolina Ecopaís

1.6.4.1. Gasolina Extras

La gasolina de tipo Extra es de los combustibles más utilizados en el país, mayormente por su costo, tiene una composición de 87 octanos que se mezcla con un 76% de nafta de alto octanaje (NAO), la cual también se mezcla con un 24% de nafta de bajo octanaje (NBO) (Villafuerte y Pabon, 2017: pp.13-15).

1.6.4.2. Gasolina Ecopaís

Este tipo de combustible es un cambio de parte del Ministerio de Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC), el cual fomenta la producción de la gasolina Ecopaís que empezó el 12 de enero de 2010. La composición de dicho combustible es 62% NAO, 33% NBO y un 5% de bioetanol, dando como resultado un combustible de 87 octanos (Urgilés y Erreyes, 2018: pp.3-4).

1.6.5. Consumo de Combustible

En el entorno automotriz los vehículos de distintos medios de transporte consumen distintas cantidades de combustible, tomando en cuenta el trabajo que va a realizar y de esta forma afecta a la economía del usuario, por ello a lo largo del tiempo se han realizado diferentes pruebas para determinar el gasto de combustible donde se tiene como finalidad medir la utilización de la gasolina en una distancia prevista. El consumo de combustible se expresa en litros por 100 kilómetros [L/100Km] o kilómetros por un galón de combustible [Km/gal]. Las empresas automotrices indican el consumo de combustible de cada tipo de vehículo que van a comercializar, en cada vehículo se realizara diferentes pruebas con rutas en donde se puede establecer un consumo real (López Mena, 2016: pp. 18-19).

1.6.5.1. Carretera

Es la cantidad de combustible que utiliza el automóvil en una autopistas y carreteras donde su velocidad máxima es de unos 100 Km/h. Existirá valores mayores en comparación al consumo urbano puesto que este no presenta paradas simultaneas (López Mena, 2016: pp. 18-19).

1.6.5.2. Urbano

Es el combustible utilizado en una ruta establecida en la ciudad y casquetes urbanos, en este caso el conductor ya se enfrenta lo que son los tráficos por las ciudades y señaléticas, además la velocidad máxima que se permite en las ciudades es de 50 Km/h (López Mena, 2016: pp. 18-19).

1.6.5.3. Mixto

Es una mezcla de las medidas de consumo que puede haber en carretera como en urbano, en donde se obtiene un promedio de combustible que se necesitaría para poder circular en trayectorias (López Mena, 2016: pp. 18-19).

1.7. Estado del Arte

A continuación, se presenta varias investigaciones desde el campo internacional al campo nacional, en este caso Ecuador, con el problema de la economía del combustible usado en los automóviles, siendo principal objetivo del estudio propuesto.

1.7.1. Evaluación del combustible en el mundo en condiciones reales de tráfico

Existen factores importantes como la velocidad del vehículo y las señales de tránsito que afectan significativamente en el gasto de combustible del vehículo y tiempo de viaje en la red vial urbana. El objetivo de este artículo es proponer un algoritmo óptimo de enrutamiento de vehículos que toma en consideración el tiempo de espera en las intersecciones señalizadas y el modelo de conducción ecológica. Para estas pruebas se va a tomar muy en cuenta los datos del coche flotante recogido por el GPS se emparejan con el mapa electrónico, y la velocidad media de viaje del vehículo en cada tramo de carretera se calcula en tiempo real, la información de tiempo de la señal de esta forma el vehículo acelera a través de la intersección señalizada para reducir el tiempo de espera en el caso, donde se permite el paso, mientras el vehículo desacelera a la velocidad mínima para evitar el ralentí. Las pruebas se desarrollaron en Changsha que es una ciudad perteneciente a la República Popular China a una altitud media de 63 msnm. Como se puede observar en las tablas 3-1 y 4-1, el estudio arroja los siguientes resultados en relación al consumo de combustible (Lin Hu et al., 2018: pp. 1-10).

Tabla 3-1: Información de tiempo de señal en cada intersección

Node	Cycle time/s	Change Interval/s	Phase 1 green time/s	Phase 2 green time/s	Phase 3 green time/s	Phase 4 green time/s
11	118	3	40	202	30	16
6	120	3	42	20	30	16
1	114	3	38	22	28	14
2	100	3	36	18	22	12
3	148	3	46	22	46	22
4	140	3	44	22	42	20

Fuente: (Lin Hu et al., 2018: pp. 1-10).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Tabla 4-1: Estadísticas de consumo de combustible del tráfico en la sección de intersección

Intersection node	11	6	1	2	3	4
Fuel consumption (mL)	36.1	35.8	36.2	34.8	37.7	37.4

Fuente: (Lin Hu et al., 2018: pp. 1-10).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Con estos datos se llega a las siguientes conclusiones (Lin Hu et al., 2018: pp. 1-10):

- Con ayuda de la aplicación de este algoritmo propuesto se desarrolla una mejor ruta, menor tiempo y menor consumo de combustible.
- Cuando el vehículo pasa a través de la intersección señalizada, necesita realizar operaciones de aceleración y desaceleración según la fase del semáforo, de esta manera incrementa el gasto de combustible.
- El uso de conducción con ahorro de energía a través de la intersección señalizada puede lograr el propósito de ahorrar energía.
- El algoritmo es aplicable a una densa red de semáforos en las vías urbanas, y cuanto más densos son los semáforos en la carretera, cuanto más obvia es la superioridad del algoritmo.

El artículo plantea un estudio en donde se supervisará el consumo de combustible y las diferentes maneras de conducción aplicando nuevos métodos de tecnología vehicular en condiciones reales de funcionamiento en Bucaramanga a una altura media de 1000 msnm (León Jiménez, 2019: pp. 61-68).

Para esto, se desarrollaron mediciones en 2 vehículos, utilizados para supervisar las vías de la ciudad en busca de infractores. Con la ayuda de la figura 6-1, se considera el modelo de la ruta, tomando en cuenta el consumo de combustible (SFC), de 0.220 ± 0.0828 L/km y parámetros característicos (CPs), como son la velocidad, aceleración, en donde se obtuvieron los siguientes resultados (León Jiménez, 2019: pp. 61-68):

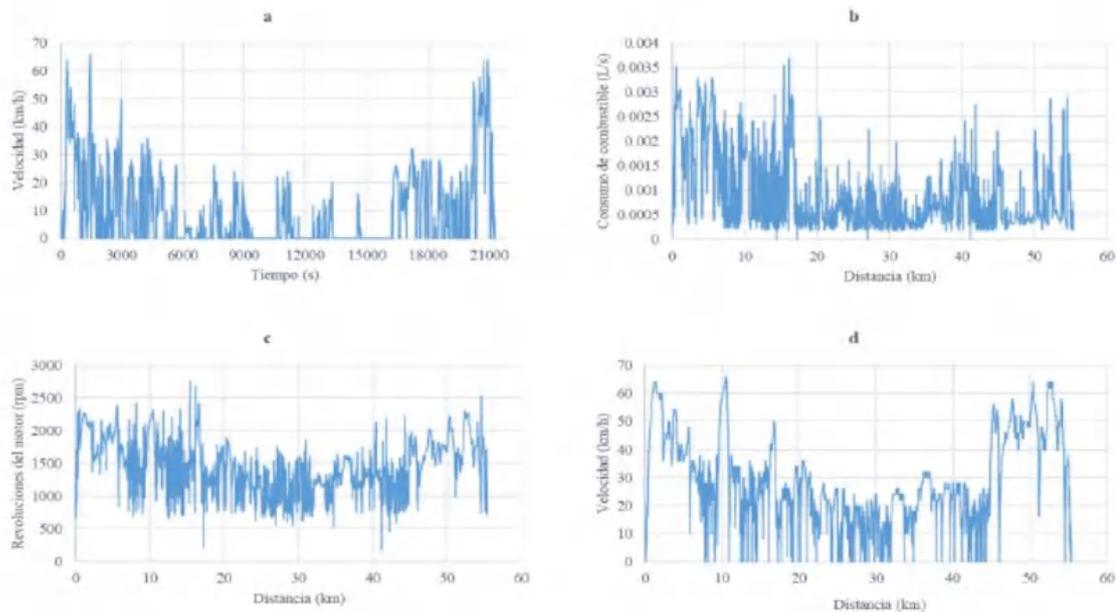


Figura 6-1. Perfiles de a) velocidad en relación del tiempo, b) consumo de combustible. c) revoluciones del motor y d) velocidad, en función de la distancia, obtenido de un viaje aleatorio en la región de estudio

Realizado por: (León Jiménez, 2019: pp. 61-68).

Las gráficas ilustran los diferentes comportamientos del combustible utilizado, el comportamiento de la velocidad y revoluciones, en función de la distancia recorrida, de un viaje obtenido en la ruta seleccionada. Con el fin de estimar el combustible utilizado de los conductores si logran controlar el tiempo en ralentí, se utilizó una ruta de conducción en donde se representa el tipo de conducción de los vehículos utilizados en este estudio. En el estudio del ciclo de conducción desarrollado se tiene un total de duración de 1304 segundos, por lo que los investigadores decidieron disminuir en el tiempo que el automóvil pasaba en ralentí, inicialmente se consideraba 815 segundos que esto representa un 62.5% del tiempo total iniciado, por un tiempo de 248 segundos que esto se representa un 19.04% del tiempo total inicial, por lo que los automóviles se concentraran en detenerse por el último tiempo establecido, se presentan: el consumo de combustible y tiempo recorrido para la ruta modificado y original, como se muestra en la figura 7-1 (León Jiménez, 2019: pp. 61-68).

Ciclo de conducción	Tiempo en ralentí (% - s)	Consumo instantáneo de combustible (L/s)	Ahorro potencial (Gal)
Normal	62,5% - 814	0,2406247	11,73768272
Calculado	19,04% - 248	0,1622614	

Figura 7-1. Materialización del ahorro potencial para vehículos monitoreados.

Realizado por: (León Jiménez, 2019: pp. 61-68).

Para disminuir los diversos momentos en los cuales los conductores permanecen sus vehículos en ralentí, se puede lograr que exista una mejora en la eficiencia de combustible, es decir que logrando disminuir estos tiempos de ralentí se alcanza a menorar 11.74 galones, por lo que los vehículos ya no serán cargados de gasolina cada 7 días, se lo realizara cada 10 días. La utilización de combustible se medirá como el consumo específico de combustible (SFC), este se obtendrá desde la ruta de conducción para los vehículos utilizados tomando en cuenta que funcionen normalmente en la ciudad de Bucaramanga se establece que este consumo es de 0.220 ± 0.0828 L/km, esto se da debido a que los vehículos se mantienen mucho tiempo en estado de ralentí por lo que se alcanza un consumo de combustible bajo en tiempos mayores a 13 minutos, generalmente este consumo es debido por la presencia del aire acondicionado que se encuentra en los vehículos. Por lo que se alcanza un 12.46% de ahorro en los automóviles utilizados en este estudio, puesto que la mayoría de vehículos se encuentran el 60% del tiempo en estado de ralentí (León Jiménez, 2019: pp. 61-68).

Se plantea analizar el gasto de combustibles en 3 tipos de vehículos: con carburador (CV), inyección tecnología multipunto y catalizador de tres vías (MTV), y tecnología de inyección multipunto, con catalizador de tres vías y una máquina de recirculación de gases de escape (MTEV) en conducción real, con la ayuda de un sistema de medición de emisiones portátil OBD2. Se considera la velocidad media de conducción es de aproximadamente 59 km / h en algunas de las metrópolis de China (por ejemplo, Beijing, Guangzhou) con tráfico aumentando de una mayor forma el consumo de combustible y emisiones. En este estudio se obtuvo los siguientes resultados que se pueden apreciar en las figuras 8-1, 9-1 y 10-1 (Liang Qu et al., 2020).

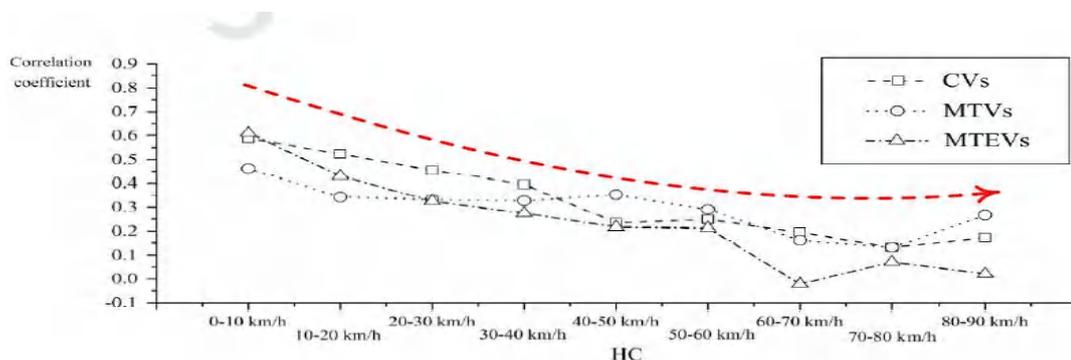


Figura 8-1. Correlación entre consumo y factores de emisión con la variación de la velocidad.

Realizado por: (Liang Qu et al., 2020).

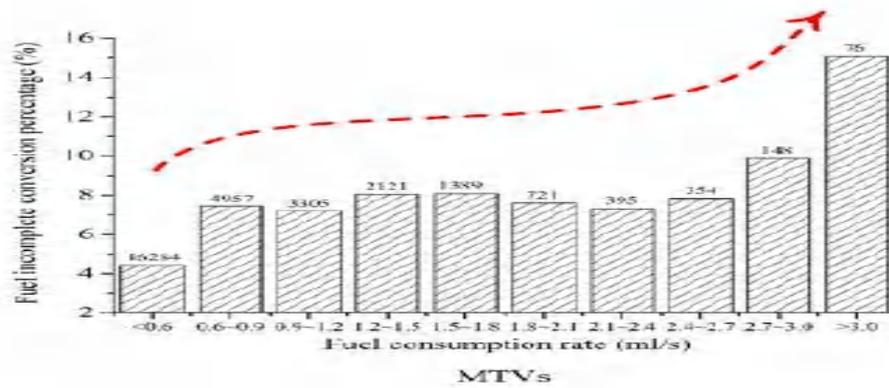


Figura 9-1. La relación entre la eficiencia del consumo de combustible y tasa de consumo.
Realizado por: (Liang Qu et al., 2020).

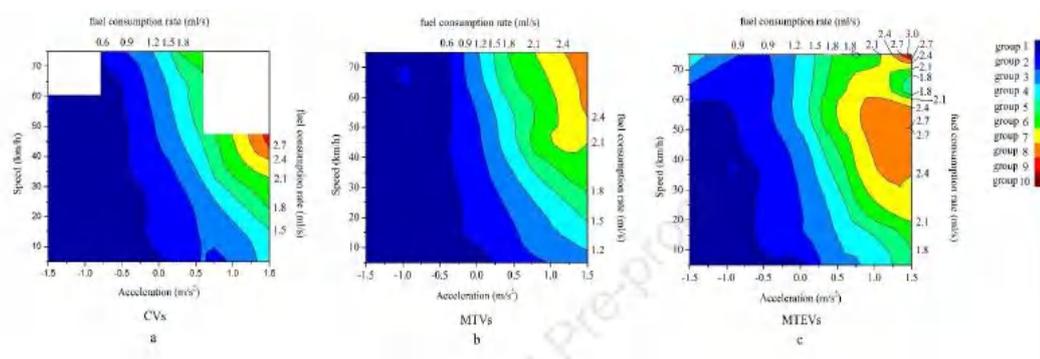


Figura 10-1. Efecto de velocidad y aceleración en la tasa de consumo de combustible (ml/s) para tres tipos de vehículos. (Las secciones en blanco indican que no existen datos).
Realizado por: (Liang Qu et al., 2020).

Los resultados mostraron que en el combustible en los CV eran de 2.7 a 6.6 veces más altos que los de MTV y MTEV. Las tasas de conversión de combustible incompletas (IFCR) de los CV fueron 3.8 y 4.4 veces más altas que los de MTV y MTEV, respectivamente la correlación entre la potencia específica del vehículo y la tasa de combustible utilizado fue significativa. El sistema EGR ayudaría a incrementar la eficiencia de la combustión de combustible especialmente a alta velocidad y aceleración. Los coeficientes de correlación de los porcentajes de emisión de HC y el gasto de combustible de las tasas disminuyeron significativamente al aumentar la velocidad; sin embargo, los de CO y NOx permaneció relativamente constante, excepto a altas velocidades. Los resultados indican que EGR y TWC podrían mejorar la eficiencia de la combustión de combustible y reducen las emisiones de los vehículos, especialmente en condiciones de alta velocidad y aceleración (Liang Qu et al., 2020).

El siguiente trabajo de investigación se fundamenta en las pruebas de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en una furgoneta diésel EURO 3 durante un ciclo real que comprende en dos partes ciclo urbano y extraurbano. Para la investigación se va a tomar en cuenta el VSP (la

potencia específica del vehículo), se ha calculado a partir de la información obtenida en el modelo digital de elevación, potencia instantánea del motor en cada segundo a lo largo del ciclo de prueba, se ha demostrado en una serie de estudios como un excelente parámetro para comprender el modelo de las emisiones de CO₂. El cálculo del VSP en este trabajo se ha mejorado mediante la incorporación de la pendiente de la carretera, que se generó generada mediante la asignación de datos de elevación del MDE a cada segundo de datos medidos en los ciclos de prueba de conducción (Wyatt, David; et al., 2013: pp. 2-14).

La demanda de potencia para propulsar un automóvil tiene que ver directamente con su peso y a la cantidad del grado de la pendiente de la carretera. A medida que a mayor pendiente de la carretera el motor tiene que proporcionar una mayor potencia para mantener el vehículo a una velocidad constante, lo que requiere un mayor consumo de combustible, lo que se traduce en una mayor masa de emisiones de CO₂. Para un vehículo que circula por una carretera con pendiente negativa, la fuerza de gravedad actúa de forma positiva a la aceleración, reduciendo la demanda de potencia en el motor, lo que requiere niveles menores de combustible y emisiones de CO₂ (Wyatt, David; et al., 2013: pp. 2-14).

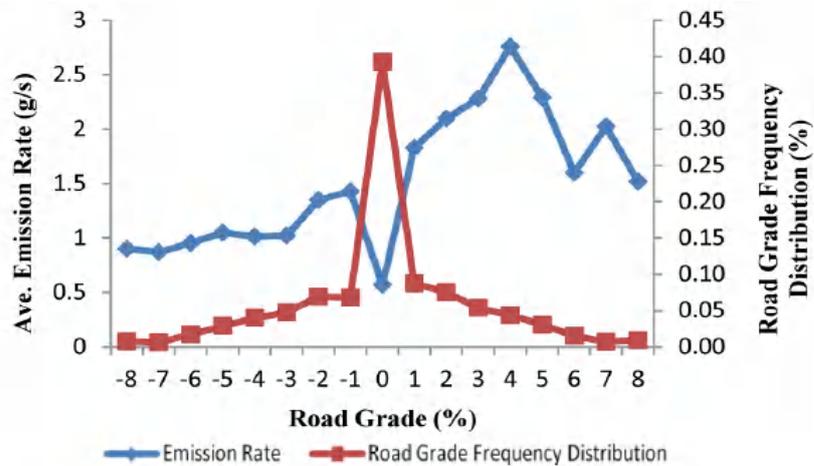


Figura 11-1. Secciones de la ruta de prueba: Resumen de resultados.
Realizado por: (Wyatt, David; et al., 2013: pp. 2-14).

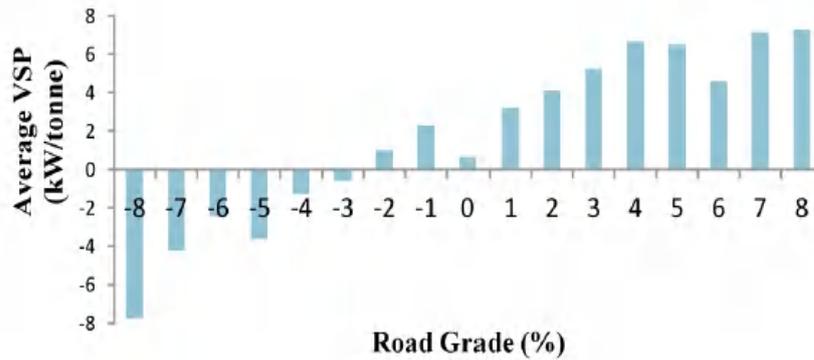


Figura 12-1. Promedio de VSP por grado de la carretera (Grado de freq>15s).
 Realizado por: (Wyatt, David; et al., 2013: pp. 2-14).

En la figura 11-1, muestra el promedio de CO2 para cada grado de la carretera, promediado en todas las pruebas. Aunque los índices de emisión aumentan en general con la pendiente, no hay una relación directa clara entre el grado de la carretera y las emisiones de CO2, y en los grados más altos la relación se vuelve mucho menos clara. Esto demuestra que otros factores, además de la pendiente de la carretera, también tienen un impacto importante en combustible utilizado y las emisiones de CO2. También toca denotar que en la figura 12-1, muestra el promedio de VSP para cada grado de la carretera. La influencia del VSP en la pendiente no es monótona debido a otras influencias, como la aportación del conductor y la de tráfico, pero es evidente que los tramos de pendiente negativa tienen más probabilidades de tener un VSP negativo y, por lo tanto, en esta parte de los tramos se tendrá menor consumo y menor emisiones de CO2, mientras que los tramos de carretera con pendientes positivas tienen un VSP medio elevado que indica un alto consumo y emisiones de CO2 (Wyatt, David; et al., 2013: pp. 2-14).

1.7.2. Evaluación de consumo de combustible por diferentes métodos

Este estudio compara dos métodos como son: el método gravimétrico y el método volumétrico en un automóvil Chevrolet Aveo bajo diferentes pruebas de laboratorio aplicando los ciclos FTP-75, WLTP y un ciclo en desarrollo que se utiliza solo en la ciudad de Pereira. Este estudio se rige en la norma CFR 40 de Estados Unidos, con esas normativas definen los tres métodos de medición aplicados en la investigación los cuales son el método gravimétrico, el método volumétrico y un método propuesto por los investigadores, en la investigación solo se utilizó los dos primeros métodos, ya que el tercer método no se pudo desarrollar por la ausencia de equipos y el costo de dichas pruebas a realizar, se desarrollan en las normas NBR 7024 de Brasil y 3331 de Chile (Nunige, 2018: pp. 7-15).

Ciclo	Metodo	Cmin (km/L)	Cmedio (km/L)	Cmax (km/L)	CV (%)
FTP-75	gravimetrico	13,4	13,7	14,0	1,5
	volumetrico	12,0	12,3	12,6	2,1
WLTC	gravimetrico	14,4	14,9	15,3	2,4
	volumetrico	13,4	13,9	14,3	2,2
Pereira laboratorio	gravimetrico	13,3	13,7	14,1	2,0
	volumetrico	12,2	12,4	12,7	1,4
Pereira ruta	gravimetrico	10,5	10,8	11,2	5,4
	volumetrico	9,9	10,2	10,5	2,6

Figura 13-1. Consumo y coeficiente de variación de los ciclos de prueba.

Realizado por: (Nunige, 2018: pp. 7-15).

En los resultados obtenidos aplicando los dos métodos propuestos tanto en dinamómetro como pruebas de ruta, existe variación en la utilización del combustible entre 1.4% y el 2.6%. Los resultados de rangos son semejantes en relación al consumo, pero como se observa en la figura 13-1, el valor de consumo medio es menor en el método volumétrico ya que tiene una variación del 5 al 10%, esta se da porque en el método volumétrico por los cálculos del combustible inyectado que realiza la ECU del vehículo, también se debe denotar que los resultados realizados en las diferentes pruebas de laboratorio se encuentran alrededor de 12 km/L, mientras que las pruebas en ruta no van más de 11 km/L, la diferencia entre estos dos tipos de prueba se da por la variación de factores externos en la prueba como son: los vehículos presentes en la carretera, los redondeles, semáforos y estado de la calzada. la presencia de vehículos al momento de realizar las pruebas, la presencia de semáforos y el estado de la calzada. Como conclusión de la investigación se llegó que existe variación de consumo de combustible dependiendo de cada prueba aplicada en este caso de laboratorio o ruta, es importante las pruebas en ruta, puesto que da resultados más eficientes, en cambio los resultados obtenidos en laboratorios nos ayudan a comparar los vehículos y no aporta con información real del gasto de combustible (Nunige, 2018: pp. 7-15).

1.7.3. Efecto de la altura sobre el comportamiento de motores a gasolina

En este trabajo se desarrollará una explicación del efecto de la altura dependiendo de la variación de las condiciones atmosféricas y como afectan en el desempeño del vehículo, además se evalúa un vehículo realizando pruebas en carretera para analizar cómo influye la altura en el desempeño de combustible de una forma indirecta. Se realiza en dos diferentes formas de prueba en la región Andina del país; la estación denominada de “gran altura” se encuentra sobre los 2500 msnm, y la otra denominada “baja altura” ubicada entre 0 a 500 msnm. Se utilizó un ciclo urbano SAE J1082 (3200 m) con una velocidad máxima de 60 Km/h, para realizar las pruebas de economía del combustible (García Joya, 2013: pp. 5-8).

	Economía de combustible promedio [km/l]	Temp. [°C]	Presión [mbar]	Potencia [kW]
Estación de baja altura	9.38	34	974	9.25
Estación de gran altura	8.21	20	752	6.98

Figura 14-1. Promedio de la economía del combustible utilizado en las pruebas.
Realizado por: (García Joya, 2013: pp. 5-8).

En la figura 14-1, la superior economía de combustible se encuentra en baja altura, debido a la presión atmosférica que hace que el consumo específico sea menor en esta estación, la cantidad de potencia va a depender principalmente del combustible utilizado, por lo que aumento del gasto de combustible en la estación de baja altura (García Joya, 2013: pp. 5-8).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{E}	$P_{95Q}\bar{E}$	E_{dlf}
@ 347 m - Conjunto 1	2.35	3.79	3.65	4.96	3.47	3.50	-	-	-	-	3.45	0.27	2.61
@ 347 m - Conjunto 2	2.76	3.71	3.67	3.74	4.01	3.62	-	-	-	-	3.53	0.27	1.25
@ 2585 m	3.48	3.53	3.47	3.46	3.44	3.49	3.47	3.43	3.47	3.42	3.47	0.29	0.11

Figura 15-1. Economía de combustible en pruebas de aceleración (Km/L).
Realizado por: (García Joya, 2013: pp. 5-8).

En figura 15-1, se muestra que existe un promedio de 90% de alrededor de 3.47 ± 0.03 Km/L, en la estación de gran altura. La variación en la potencia y en las cargas aerodinámicas, proporciona información en donde se destaca en el vehículo que en la estación de baja altura se obtenga un 5.7% mayor economía de combustible en comparación a gran altura (García Joya, 2013: pp. 5-8).

1.7.4. Consumo de combustible en el transporte terrestre del Ecuador en altitud y condiciones reales de tráfico

El estudio de emisiones y consumo de gasolina en ruta ha sido un tema efectuado en muy pocas ocasiones a nivel nacional, al analizar este artículo expuesto, se toma muy en cuenta los resultados de las pruebas aplicadas a un vehículo liviano en una ruta establecida en una ciudad de altura como es Quito que se encuentra ubicada a 2810 msnm (Leguisamo et al., 2020: pp. 1-2).

El objetivo de este estudio fue analizar el gasto de combustible y el comportamiento de las emisiones contaminantes a partir de una ruta de esta forma se comprobó si el Ecodriving funcionaria como estrategia de mejora en la eficacia del vehículo. La metodología se da con ayuda de dos variables de estudio el primero es la conducción normal de un recorrido y el segundo es la conducción por Ecodriving a partir de una serie de normas para una conducción responsable. Se efectúa a partir de una ruta que se caracteriza por la presencia del tráfico siendo considerada por el Centro de Investigación de Emisiones Vehiculares (CCICEV), en el que se tomó en cuenta un

vehículo Aveo Family por su gran cantidad de autos vendidos en el país, este estudio arrojó los siguientes resultados (Leguisamo et al., 2020: pp. 1-2).

Tabla 5-1: Resultados del consumo de combustibles y emisiones para los modos de conducción

Prueba	Conducción Normal	Ecodriving
	Consumo (l/km)	Consumo (l/km)
1	0.130	0.122
2	0.144	0.114
3	0.133	0.116
4	0.145	0.117
5	0.148	0.117
Promedio	0.139	0.117

Fuente: (Leguisamo et al., 2020: pp. 1-2).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

En la tabla 5-1 el estudio determina que la conducción mediante Ecodriving nos da mucho más beneficio que una conducción normal obteniendo una diferencia significativa, el cual se muestra el comportamiento del Ecodriving en el consumo de combustible, el cual es 0.117 L/km, mientras que al aplicar conducción normal el valor es 0.139 L/km lo que indica una reducción del 15.82 % del consumo y en el caso de las emisiones contaminantes de CO y NOx al aplicar una conducción eficiente, a excepción de los HC en los cuales no hay una diferencia significativa, pero la emisión es menor en conducción normal para este caso (Leguisamo et al., 2020: pp. 1-2).

En la Ciudad de Cuenca se desarrolló una investigación a una altitud de 2560 msnm en donde se estudió el comportamiento del combustible en vehículos de categoría M1 que circulan en la ciudad, que al ser una ciudad con gran cantidad de vehículos tiende a existir mucho tráfico vehicular, al desarrollar esta investigación se obtuvo los siguientes resultados (Lima y Gálvez, 2016: pp. 5-10).

CONSUMOS PROMEDIOS				
PROMEDIOS	Vehículo ≤ 1000cc	1000cc < Vehículo ≤ 1600cc	1600cc < Vehículo ≤ 2000cc	Vehículo > 2000cc
L/min	0,0137003	0,0171210	0,0186899	0,0383029
L/km	0,1204282	0,1549922	0,1887089	0,3453869

Figura 16-1. Gasto de combustible en la ciudad de Cuenca.

Realizado por: (Lima y Gálvez, 2016: pp. 5-10).

Como se puede apreciar en la figura 16-1, se determina la cantidad de combustible para realizar los recorridos escogidos por los autores, como conclusión que ha mayor cilindrada el gasto de combustible también aumenta de forma considerable (Lima y Gálvez, 2016: pp. 5-10).

El estudio se enfoca en la utilización del combustible con un análisis volumétrico y de emisiones de gases contaminantes, en este caso se utilizará automóviles Chevrolet de modelos Family y Sail, pertenecientes a la Escuela de Conducción ESPE Latacunga. En este caso las pruebas se realizan con ayuda de aspirantes a conductores profesionales. Para las fases de pruebas se utilizaron dos conducciones que son el régimen del motor y el nivel de experiencia del conductor (López Mena, 2016: pp. 18-19).

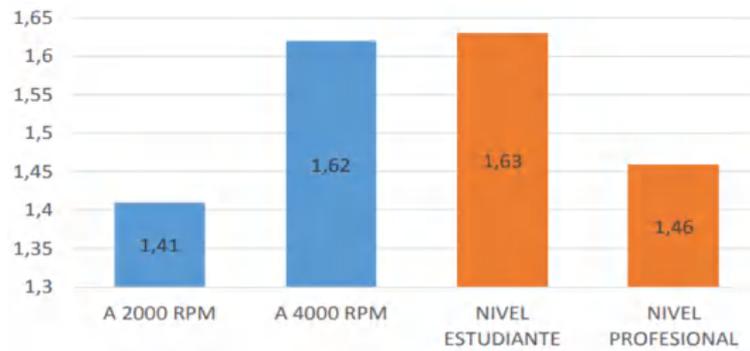


Figura 17-1. Consumo de combustible total en litros Chevrolet Sail.

Realizado por: (López Mena, 2016: pp. 18-19).

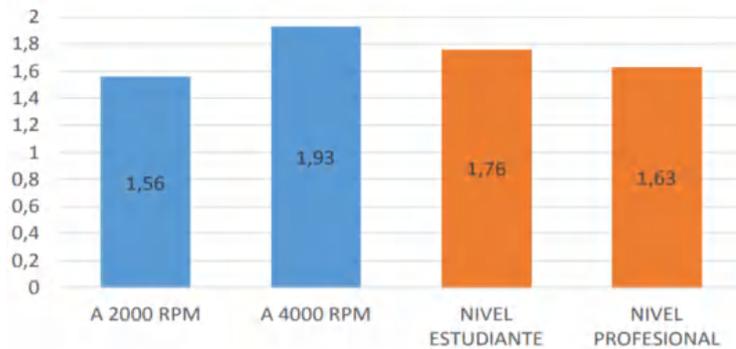


Figura 18-1. Consumo de combustible total en litros Chevrolet Aveo.

Realizado por: (López Mena, 2016: pp. 18-19).

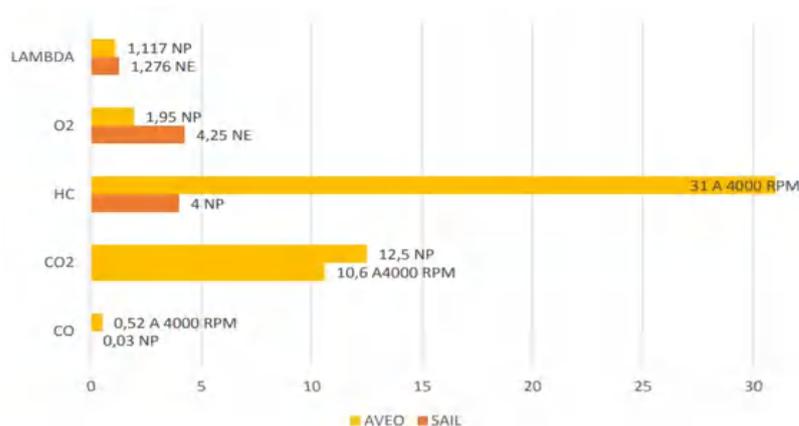


Figura 19-1. Comparación valores máximos y mínimos de emisiones de vehículos.
Realizado por: (López Mena, 2016: pp. 18-19).

Como se puede apreciar en las figuras 17-1, 18-1 y 19-1, el incremento de las emisiones y el consumo de combustible se da a partir de la variación del régimen del motor tomando en cuenta el tiempo de conducción que se estableció para realizar dichas pruebas, pero se denota un mayor incremento al momento de hacer las pruebas a 4000 rpm y la conducción de un estudiante en donde se ve el mayor gasto de combustible. Existe excesiva carga en el motor, esto se debe a distintos factores como: aceleración brusca, pico de velocidad altos del motor, la carga se sitúa entre 1000 a 3600 RPM y en valores que oscilan entre 40 a 95% de carga, esto influye en el aumento de combustible (López Mena, 2016: pp. 18-19).

En Riobamba a una altura de 2700 msnm, se realizó un estudio con el objetivo de la obtención de un ciclo de conducción urbano en horas de afluencia vehicular, mediante recolección de datos del gasto de combustible en un ciclo de conducción en donde se obtuvieron los siguientes resultados en condiciones de altura que se pueden apreciar en la figura 20-1 (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40):

Lugar	Altitud (msnm)	Muestras	Consumo (L/100Km)	Instrumento	Autor
Quito	2850	72	11,28	Tanque medidor de combustible	Quichimbla & Solis
Cuenca	2560	36	12 - 34	Tanque de combustible	Lima & Gálvez
Riobamba	2764	146	9 - 17,5	OBD II	Calva & Flores

Figura 20-1. Comparación del gasto de combustible en las ciudades del Ecuador.
Realizado por: (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40).

Los resultados obtenidos en este estudio son: para vehículos de cilindrada 1200-1300cc un consumo de 9.9 L/100Km, para vehículos entre 1400-1600cc un consumo de 17.5 L/100Km, para vehículos de 2000cc se evidencio un porcentaje elevado del gasto de combustible en velocidades que oscilan entre 0 a 20 Km/h. Estos estudios son de mucho valor puesto que ayudara a realizar una comparación con los datos obtenidos en nuestra investigación (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40).

1.7.5. Comparativa del rendimiento entre combustibles del Ecuador Súper y Ecopaís

El siguiente estudio presenta una comparativa de dos tipos de combustibles, para el caso del estudio son la gasolina Súper y la gasolina Ecopaís, el propósito de la investigación es la evaluación de los resultados en función a la economía, las emisiones y el rendimiento de los combustibles utilizados. El vehículo de prueba es un Chevrolet Aveo del año 2017, uno de los automóviles de gran popularidad entre los consumidores por la versatilidad y economía, en la ciudad de Guayaquil que se encuentra a 4.02 msnm (Morquecho, 2018: pp. 135-149).

El objetivo de la investigación es evaluar la eficiencia de los dos tipos de combustibles mediante las pruebas de rutas que se las aplicaron en cuatro distintas rutas de conducción, horarios similares y condiciones de trabajo similares. Aplicando un método de investigación cuantitativo los investigadores recopilaron información que se puede apreciar en la figura 21-1 de esta manera ver el comportamiento de los combustibles para los parámetros indicadores especialmente el rendimiento del combustible, para poder así lograr determinar qué tipo de combustible es el más idóneo de utilizar (Morquecho, 2018: pp. 135-149).

#	Gasolina Súper					Gasolina Ecopaís				
	Distancia (km)	Tiempo (min)	Velocidad promedio (km/h)	Horario	Consumo ciudad (km/gal)	Distancia (km)	Tiempo (min)	Velocidad promedio (km/h)	Horario	Consumo ciudad (km/gal)
1	6.5	16	24	18:00	37.5	6.5	16	24	18:00	36.2
2	18.2	25	44	08:00	37.2	18.2	25	44	08:00	35.9
3	3.6	9	24	02:00	37.0	3.6	9	24	02:00	35.7
4	23.9	33	44	07:00	37.1	28.2	33	44	07:00	35.8

Figura 21-1. Comparación gasolina Súper y Ecopaís en un vehículo Chevrolet Aveo Family.

Realizado por: (Morquecho, 2018: pp. 135-149).

Según los resultados de las pruebas de consumo se determinó que la gasolina Super tiene un mayor rendimiento en comparación al Ecopaís, de esta forma representa en un futuro un mayor costo si tomamos el punto de que se realizaran recorridos largos, en especial en momentos donde el tráfico se encuentra en mayor escala. Pero no se toma en cuenta otros parámetros al momento del uso del combustible Ecopaís, como en la parte de la absorción del agua que se genera por la presencia del etanol, en dicho combustible representa un daño a largo plazo en ciertas partes metálicas importantes para el funcionamiento del motor que generan oxidación y también la pérdida de potencia del motor (Morquecho, 2018: pp. 135-149).

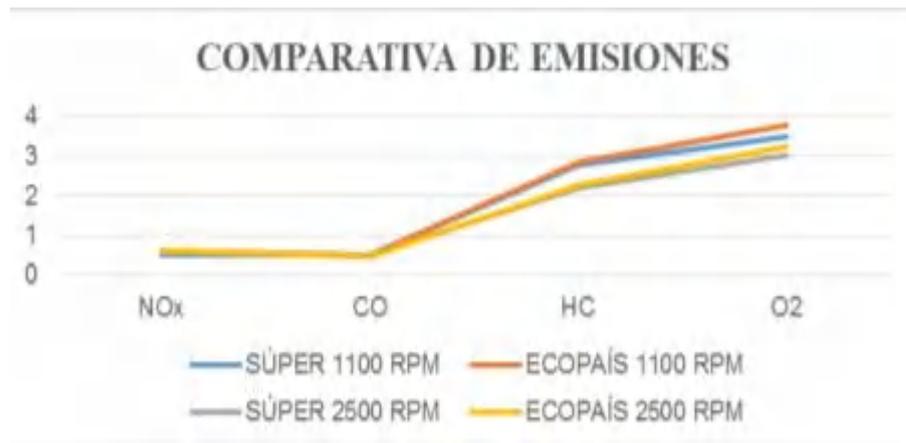


Figura 22-1. Emisiones de gases comparativas.

Realizado por: (Morquecho, 2018: pp. 135-149).

También otro factor que se tomó en cuenta es la comparación de emisiones de gases, en donde la figura 22-1 muestra ambos combustibles factores muy parecidos al momento de hacer las pruebas tanto en altas revoluciones y ralenti. En el estado de ralenti, en la parte del combustible Ecopaís su muestra en lo que son óxidos de nitrógeno, como hidrocarburos no quemados y el oxígeno, está muy próximo a los límites permitidos. Pero en cambio en altas revoluciones su porcentaje de óxido de carbono, hidrocarburos no quemados y oxígeno bajan considerablemente, dando como resultados un gran beneficio ecológico representativo (Morquecho, 2018: pp. 135-149).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

Este trabajo se desarrolla mediante el método experimental donde se propone una estrategia para evaluar el gasto de combustible de dos vehículos al realizar una prueba en una ruta periférica de la provincia de Chimborazo. Determinando las dos variables de estudio, la primera consiste en realizar la ruta utilizando el combustible más común por el transporte público, en este caso la gasolina Extra, y la segunda es utilizando un bio-combustible que se lo puede encontrar en la región Costa del país, gasolina Ecopaís. El primer combustible se lo utiliza ya que por su costo económico es muy accesible para los trasportistas públicos, mientras que el segundo es un bio-combustible que está en el país ya hace 8 años y es un medio que impuso el gobierno para combatir la contaminación ambiental y cumplir las normas que rigen en el país sobre las emisiones gases. En las pruebas ejecutadas el conductor es el mismo, y primero se ejecutará las pruebas con combustible Extra y combustible Ecopaís.

La grafico 1-2, presenta la metodología propuesta para la investigación, donde se divide en tres partes, la primera parte una revisión de vehículos y equipos de medición en donde se revisara el funcionamiento óptimo de todas las partes importantes en el gasto de combustible, como revisar que los equipos de medición estén correctamente instalados para lograr la toma de datos reales, en la segunda parte se realizara la toma de datos mediante la ruta propuesta en donde se repite 4 veces la prueba para poder validar los datos de la misma, con ello los datos arrojados en las 4 pruebas serán exportados en un archivo de Excel para realizar su análisis correspondiente y como tercer punto es el analices de los resultados en donde la utilización de los software Excel y Statgraphis serán una gran fuente de ayuda para realizar las discusiones correspondientes y dar una respuesta favorable en la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada en la investigación.

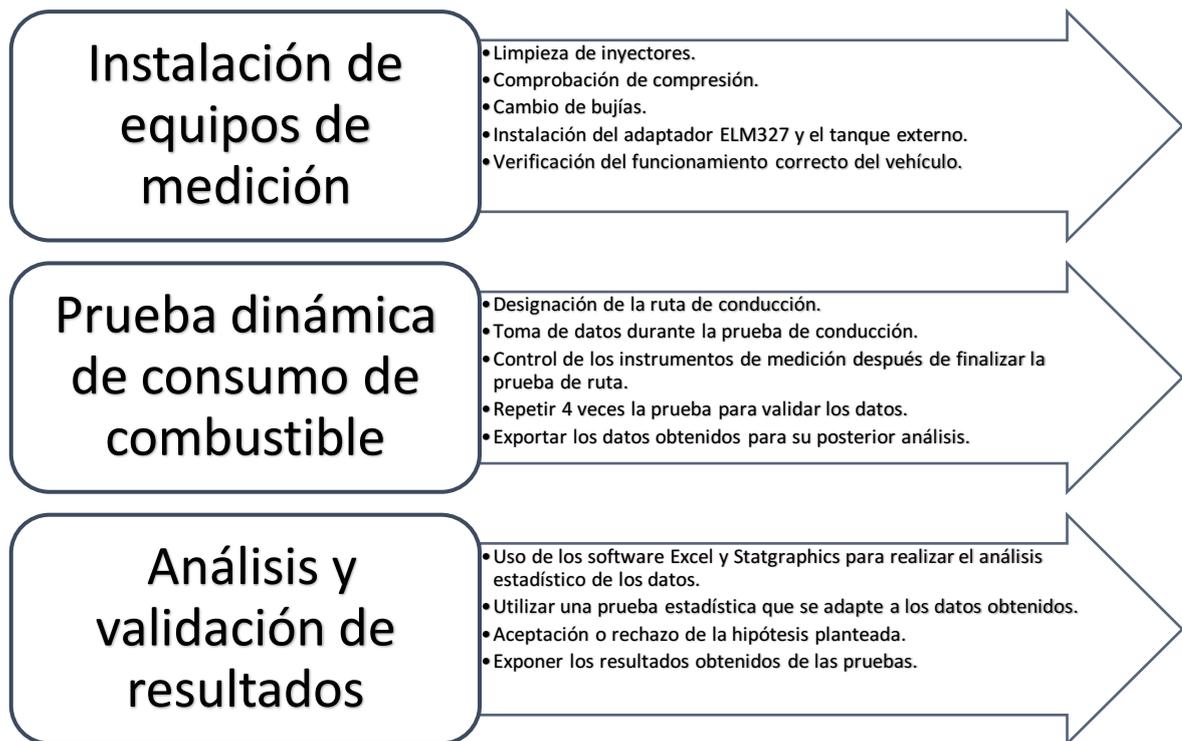


Gráfico 1-2. Metodología de la investigación propuesta.

Realizado por: Murillo F., Usca H., 2020

2.2. Análisis de Variables

Para la estimación del gasto de combustible tenemos que tener en cuentas las variables de estudio que se presenta en la tabla 6-2, en donde se debe analizar que variables son las que van afectar en la obtención del gasto de combustible.

Las variables independientes que se toma en cuenta para el estudio son: cilindrada, el tipo de vehículo, tipo de combustible, la geometría de la ruta, el tráfico de la ciudad y método de recolección de datos. En cambio, para las variables dependientes son: el gasto de combustible y el rendimiento del combustible que se obtendrá mediante el análisis estadístico correspondiente.

Tabla 6-2: Variables a considerar en la investigación

Factores	Niveles
Automóviles	Hyundai Accent (1.6 L)
	Chevrolet Sail (1.5L)
Combustibles	Ecopaís
	Extra
Recolección de datos	Tanque Externo
	Aplicación Torque Pro

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

2.3. Movilidad

Para las investigaciones experimentales se utilizará dos tipos de vehículos, el Hyundai Accent a gasolina y el Chevrolet Sail a gasolina, cuyas características técnicas se detallan en las tablas 7-2 y 7-3. Se seleccionó estos dos tipos de vehículos, puesto según las estadísticas del Plan de movilidad del cantón Riobamba, hay un porcentaje del 39% en lo que son los vehículos de marca Chevrolet y un 22% en lo que es la marca Hyundai (Municipio de Riobamba, 2019). Antes de realizar las pruebas los vehículos fueron sometidos a una revisión mecánica y electrónica de su estado, se le efectuó un mantenimiento preventivo para garantizar el perfecto estado de los sistemas.

Tabla 7-2: Características Técnicas del Hyundai Accent 1.6L (HA 1.6L)

Vehículo 1			
			
Marca	Hyundai	Modelo	Accent STD 4P Gamma CVVT 4x2 2019
Torque	156 a 4000 RPM	Kilometraje	121 000Km
Cilindrada	1.6 L	Potencia	122 a 6300 RPM
Combustible	Gasolina	Tonelaje	75

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

Tabla 8-2: Características Técnicas del Chevrolet Sail 1.5L (CS 1.5L)

Vehículo 2			
			
Marca	Chevrolet	Modelo	Sail LS AC 4P 4x2 TM 2019
Torque	141 a 4000 RPM	Kilometraje	90 356Km
Cilindrada	1.5 L	Potencia	109 a 6000 RPM
Combustible	Gasolina	Tonelaje	75

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

Las pruebas para determinar el gasto de combustible se realizan en una ruta que conforma desde el cantón Guano hasta al canto Riobamba a una altura aproximada de 2876 msnm. Estas pruebas que se realizaran en los vehículos ya mencionados determinaran la cantidad de combustible consumido con 2 tipos de gasolinas comercializadas en el Ecuador; Extra 87 octanos y Ecopaís 87 octanos más 5% bioetanol.

2.4. Revisión Técnica

Para esta parte se realizó lo que es un mantenimiento preventivo que ayudara a cubrir las posibles fallas que puede presentar durante la trayectoria que afecte a los datos a obtener del vehículo, para ello se realizó una revisión de compresión de los cilindros del motor, limpieza de inyectores y cuerpo de aceleración, revisión del estado y presión de los neumáticos, revisión del sistema de frenos y el cambio de bujías en mal estado como se puede observar en la tabla 9-2.

Tabla 9-2: Ítem de la revisión técnica

#	Ítem	Observación		Evidencia	
1	Revisión de la compresión	C1 120	C2 120	La compresión se encuentre entre los parámetros reglamentarios en el Hyundai Accent	
		C3 120	C4 120		
		C1 115	C2 110	Para el caso del Chevrolet Sail tenemos una variación 5% en el C2 y C4, pero cumple con los parámetros	
		C3 115	C4 110		
2	Limpieza de inyectores	Para el caso de ambos vehículos se tuvieron que realizar la prueba del caudal en los inyectores dándonos como resultado que están en excelentes condiciones			
3	Revisión de neumáticos	El caso de los neumáticos de ambos vehículos cumple con una presión de 30 a 32 PSI y en el labrado no presentan desgastes significativos.			

4	Revisión del sistema de frenos	En la revisión de pastillas de los dos vehículos no represento mayor desgaste por lo que se procedió a colocar las mismas.	
5	Inspección de bujías	En las observaciones que se les hizo a las bujías del Hyundai Accent, las cuatro bujías presentaron desgaste del electrodo, por lo tanto, se tuvo que realizar un cambio de bujías para que la obtención de datos sea de mayor precisión.	
		Las bujías del Chevrolet Sail, presentan en menor cantidad carbonilla, como también el electrodo se encuentra desgastado en menor medida que el Hyundai Accent, por lo tanto, se procedió al cambio de bujías para no alterar la obtención de datos	

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

2.5. Instrumentación

2.5.1. Tanque externo de combustible

Para la cantidad de combustible consumido se mide con un tanque externo de combustible, como se puede observar en la figura 23-2, con capacidad de 5 litros, que se puede presurizar hasta 80 psi. Con el elemento mencionado se puede abastecer de combustible a presión a los automóviles, que se presuriza de acuerdo a las presiones establecidas por el fabricante. La cantidad de combustible consumido se presuriza por la diferencia de volumen medido con probetas antes y después de las pruebas (Leguisamo et al., 2020: pp. 1-2).

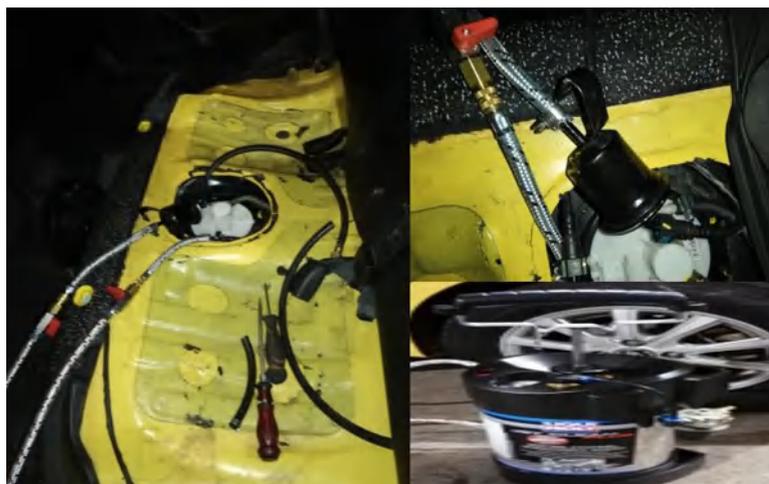


Figura 23-2. Instalación del tanque externo de marca Liqui Moly.

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

2.5.2. Sistema de Transmisión de Datos ELM 327

Este sistema se basa en la obtención de datos mediante información importante enviada por los sensores del vehículo, con una buena presión, sin tener que acceder a equipos de costos elevados, además de monitorear segundo a segundo los cambios del motor. A partir de la ruta de conducción en donde se tomará en cuenta aspectos importante como: la velocidad, aceleración, tiempo, etc., se podrá identificar una forma de conducción adecuada, logrando así determinar el combustible consumido.

La precisión de los datos que se obtendrá del combustible utilizado, utilizando la interfaz del puerto OBD serán validados con la utilización de un tanque externo.

Para la conexión con el sistema ELM327 se necesita obligatoriamente automóviles los cuales tengan interfaces OBD II para la conexión de los diferentes equipos de diagnóstico, estos basan su funcionamiento en la trasferencia de información entre el conector OBD y una aplicación para un dispositivo electrónico en donde se exportarán los datos para realizar su interpretación como se puede apreciar en la figura 24-2.



Figura 24-2. Funcionamiento del puerto de diagnóstico a bordo (OBD).

Realizado por: (León Jiménez, 2019: pp. 61-68).

Con ayuda de las tablas 10-2 y 11-2, se identifica los protocolos soportados por el escáner ELM327 para las diferentes marcas de los vehículos, así como también algunas características del dispositivo y las dos versiones que se pueden encontrar del ELM327.

Tabla 10-2: Especificaciones Técnicas del Escáner ELM327 v1.5

Escáner	Protocolo de Soporte	Protocolo de Salida	Dimensiones
OBD II ELM327 v1.5	SAE J1850 PWM (41.6 kbaud)	RS232	8.8 x 4.6 x 2.5 cm
	SAE J1850 VPW (10.4 kbaud)		
	ISO 9141-2 (5 baud init, 10.4 kbaud)		
	ISO 14230-4 KWP (5 baud init, 10.4 kbaud)		
	ISO 14230-4 KWP (fast init, 10.4 kbaud)		
	ISO 15765-4 CAN (11-bit ID, 500 kbaud)		
	ISO 15765-4 CAN (29-bit ID, 500 kbaud)		
	ISO 15765-4 CAN (11-bit ID, 250 kbaud)		
	ISO 15765-4 CAN (29-bit ID, 250 kbaud)		

Fuente: (KitoSDev-CMS ©, 2017).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Tabla 11-2: Especificaciones Técnicas del Escáner ELM327 v2.1

Escáner	Protocolo de Soporte	Protocolo de Salida	Dimensiones
OBD II ELM327 v2.1	ISO 9141-2 (5 baud init, 10.4 kbaud)	RS232 de 512 bytes	8.8 x 4.6 x 2.5 cm
	ISO 14230-4 KWP (5 baud init, 10.4 kbaud)		
	ISO 14230-4 KWP (fast init, 10.4 kbaud)		
	ISO 15765-4 CAN (11-bit ID, 500 kbaud)		
	ISO 15765-4 CAN (29-bit ID, 500 kbaud)		
	ISO 15765-4 CAN (11-bit ID, 250 kbaud)		
	ISO 15765-4 CAN (29-bit ID, 250 kbaud)		

Fuente: (KitoSDev-CMS ©, 2017).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

En los vehículos compatibles con el dispositivo ELM 327 son a partir de 1996 en gasolina y 2000 para gasoil, en la tabla 12-2, se muestra los vehículos que son compatibles con el dispositivo.

Tabla 12-2: Compatibilidad del ELM 327 con distintos tipos de vehículos

Tipo de Vehículo	Compatibilidad	Desde	Hasta
Americanos	Compatible	1996	Actualidad
Europeos	Compatible	1998	Actualidad
Japoneses	Compatible	1996	Actualidad
Coreanos	Compatible	2005	---
Otros asiáticos	No garantizado	---	---

Fuente: (Blafusel, 2020).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Al igual que los tipos de vehículos que se pueden realizar una comunicación con el dispositivo ELM 327, también existe aplicaciones que se pueden utilizar para poder acceder extraer información mediante el ELM 327 la tabla 13-2, nos indica las aplicaciones que podemos usar.

Tabla 13-2: Programas Compatibles con ELM 327

PC	Android	Apple
ScanMaster	Torque Pro	DashCommand
EasyOBDII	iOBD2.	
ScanTool.net OBD-II software	ScanMaster for ELM327.	
PCMScan para Windows	hobDrive.	
DigiMoto	DashCommand	
ProScan		
OBD2Crazy		

Fuente: (KitoSDev-CMS ©, 2017).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

2.5.3. *Torque Pro*

Es una aplicación propia de Android, se puede emplear mediante Wifi y bluetooth en donde su funcionamiento se da a partir de PID's que son configurados por el usuario con la finalidad de obtener información importante del vehículo. En la actualidad existen dos versiones del Torque Pro, una es la LITE y la otra es la PRO. La diferencia entre las dos es que la versión LITE no dispone de información relevante, en cambio con la versión PRO que tiene un costo relativamente

bajo se puede obtener información mucho más relevante y sin tener que estar lidiando con los tediosos anuncios publicitarios que suelen aparecer en muchas aplicaciones.

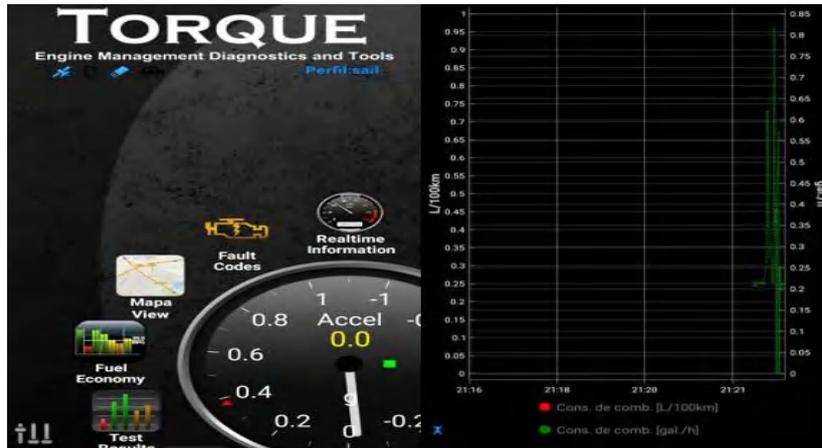


Figura 25-2. Funcionamiento del puerto de diagnóstico a bordo (OBD).
Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

En la figura 26-2, se puede observar el interfaz de Torque Pro y con la ayuda de un dispositivo ELM327, se puede obtener los datos PID del automóvil, registro posicional del automóvil e información sobre el combustible utilizado segundo a segundo respectivamente, etc.

Una ventaja de la aplicación Torque Pro, tanto en la versión gratuita como pagada, es que brinda al usuario la opción de poder complementos que nos permiten hacer modificaciones o poder añadir funciones para obtener información importante que pueda necesitar el usuario.



Figura 26-2. Configuraciones del Torque Pro.
Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

A través de un dispositivo OBD II y con la ayuda de la aplicación Torque Pro se puede obtener el flujo de combustible y para ello se calcula de tres maneras:

- Protocolos del automóvil.

- MAF
- MAP

Para el flujo de combustible se basa como anteriormente se dijo del MAP y del MAF, como también los protocolos del vehículo, en este caso se presenta a continuación las fórmulas que nos ayudan a poder obtener el flujo de combustible (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40).

Formula del MAF

$$FFR \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{MAF \left(\frac{g}{s} \right)}{AFR(: 1) * \delta_{fuel} * 1000}$$

Formula del MAP

$$FFR \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{Rpm * VE * MAP * ED * M_{aire}}{120 * R * (IAT + 273.12) * AFR * \delta_{fuel} * 10000}$$

En donde:

FFR: Flujo de Combustible

AFR: relación aire – combustible

VE: la eficiencia volumétrica del vehículo

R: constante de los gases

ED: Carga del motor

En el combustible utilizado, las aplicaciones de celulares están normalizados mediante la norma SAE J19789, ver tablas 14-2 y 15-2.

Tabla 14-2: Consumo de combustible con MAF

Datos	L/100Km	Error %
Laboratorio	8.76	-
MAF sin STFT	8.51	-2.91%
MAF con STFT	8.71	-0.56%

Fuente: (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Tabla 15-2: Consumo de combustible con MAP

Datos	L/100Km	Error %
Laboratorio	6.20	-

MAP. VE=0.8	8.51	-2.91%
MAP. VE=0.75	8.71	-0.56%

Fuente: (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Como ya se mencionó el Torque Pro es una herramienta muy útil para poder obtener los datos que el usuario necesite conocer, pero su versión solo es compatible con el estándar OBD II, de los cuales se conocen que son fabricados desde el año 2000. Por ello la tabla 16-2, muestra las marcas que son compatibles con la aplicación en cuestión.

Tabla 16-2: Marcas Compatibles con Torque Pro

Ford	Audi	Kia	Mitsubishi	Toyota
VW	Jaguar	Mazda	Nissan	SEAT
Chevrolet	Citroën	Lexus	Honda	Dodge
Mercedes	Peugeot	Subaru	Hyundai	Jeep
Volkswagen	Skoda	Renault	BMW	Pontiac

Fuente: (S.P.M., 2020).

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

2.5.4. VSP (Vehicle Specific Power)

EL VSP o también se lo conoce como PCV (Potencia Especifica del Vehículo) ayuda a determinar la carga del motor en relación aspectos importantes como son la pendiente que es muy útil para calcular el gasto de combustible y los gases de emisión, también se considera la velocidad y aceleración. Este es un parámetro de gran ayuda ya que se puede calcular sin la necesidad de utilizar equipos con estructura compleja en el vehículo (Jiangchuan y Frey, 2017: pp. 5-6).

La ecuación 1 de estimación para el VSP con valores de coeficientes típicos para vehículos ligeros es (Jiangchuan y Frey, 2017: pp. 5-6):

$$VSP = v(1.1a + 9.81r + 0.132) + 3.02 * 10^{-4}v^3 \quad (1)$$

Donde:

v = velocidad del vehículo (m/s)

a = aceleración del vehículo (m/s²)

r = pendiente de la carretera

VSP = potencia específica del vehículo (kW/t)

VSP o PCV la definen como la potencia instantánea por unidad de masa del vehículo, sus unidades vienen expresadas en kilovatios por tonelada (kW/t). Para generar movimiento en un vehículo, su potencia debe superar la resistencia aerodinámica, resistencia a la rodadura y el grado de carretera que actúa contra el movimiento del vehículo, para ello requiere potencia adicional con el fin de la compensación de dichas fuerzas opuestas para poder acelerar el vehículo. Los factores ya mencionados son muy importantes ya que ayudan al cálculo del VSP (Wyatt, David; et al., 2013: pp. 2-14).

Varios estudios han demostrado que el VSP es una variable muy útil para el cálculo del combustible utilizado, además también de las emisiones de gases por ello su enfoque es cada vez más aceptado en las investigaciones científicas, pero hay que considerar los factores ya mencionados para que el cálculo del VSP se ha más exacto (Jiangchuan y Frey, 2017: pp. 5-6).

2.6. Ruta de prueba

El análisis se llevará a cabo en los cantones de Riobamba y Guano en donde se establecerá una ruta periférica entre estos dos cantones donde se tomará en cuenta puntos de gran afluencia vehicular para este análisis, la ruta empleada que se puede apreciar en la figura 27-2, está definida por los investigadores a partir de la mayor presencia vehicular y densidad poblacional.

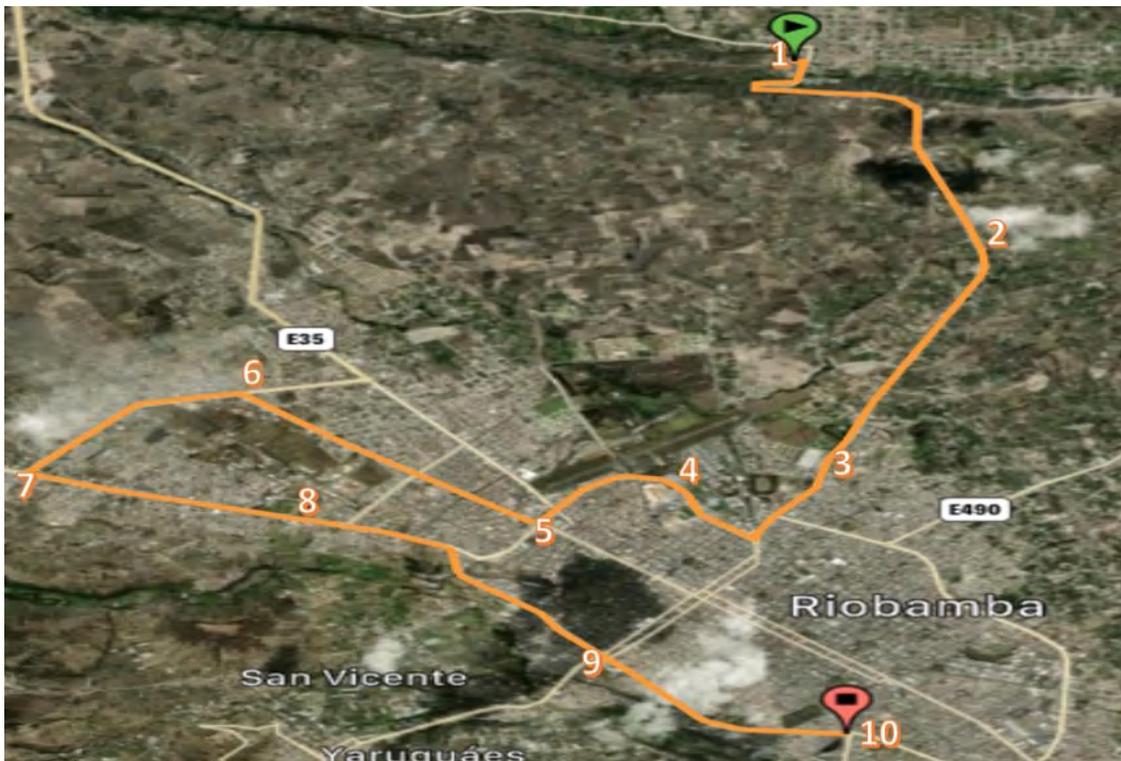


Figura 27-2. Ruta periférica de la Provincia de Chimborazo.

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

Tabla 17-2: Puntos de control de ruta periférica provincia de Chimborazo

Número	Punto de Control	Altitud (msnm)	Latitud	Kilómetros(km)	Velocidad Permitida (Km/h)
1	Parque Infantil de Guano	2734.789	-1.6116	0	30
2	Capilla Católica Langos	2809.79	-1.6257	3.7	90
3	Paseo Shopping Riobamba	2808.43	-1.6523	7.1	50
4	Fuerte Militar Galápagos	2784.12	-1.6566	9.4	50
5	Redondel Terminal Terrestre	2820.23	-1.6527	10.3	50
6	Sector La Campana	2842.16	-1.6453	12.56	50
7	Sector Media Luna	2871.45	-1.6532	15.65	50
8	Epoch	2812.12	-1.6612	17.22	50
9	Colegio Capitán Edmundo Chiriboga	2766.58	-1.6775	20.25	50
10	Redondel San Luis	2760.25	-1.6859	21.8	50

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Se ha seleccionado esta ruta por la gran afluencia vehicular que existe hacia estos cantones que nos ayudará a determinar el consumo de combustibles en una ruta real de tráfico, en esta ruta se puede contemplar 10 puntos de control que se puede apreciar en la tabla 17-2, en donde se recorrerá un total de 21.8 km (21800 m) que estará dividida en 7 km (7000m) recorrido suburbano y 14.8 km (14800m) de recorrido urbano. Tiene una variación de altura de 2876 msnm como punto más elevado y 2715 msnm como punto más bajo, esta ruta está destinada a ser completada en 40 minutos con los límites de velocidad que varían entre 30 y 90 km/h y estableciendo una velocidad promedio de 50 km/h que se desarrollara esta ruta.

Para obtener datos en esta ruta se desarrollará 4 pruebas en horas de mayor afluencia vehicular, se realizará pruebas con 2 tipos de gasolina Ecopaís y Extra de esta manera se podrá obtener datos más fiables para su posterior análisis.

2.6.1. Ruta Velocidad vs Tiempo

En el gráfico 2-2, se describe los datos obtenidos a partir de la velocidad promedio en función al tiempo en la ruta establecida, donde existirá tráfico lo que ocasionará la variación de la velocidad, esto se debe a las presencias naturales de vehículos, redondeles, semáforos y rompe velocidades. La velocidad se representa en la gráfica como máximo de 69.19 Km/h y mínimos de 0 Km/h. La tendencia se encuentra a los 40 a 50 Km/h velocidad ideal para la prueba.

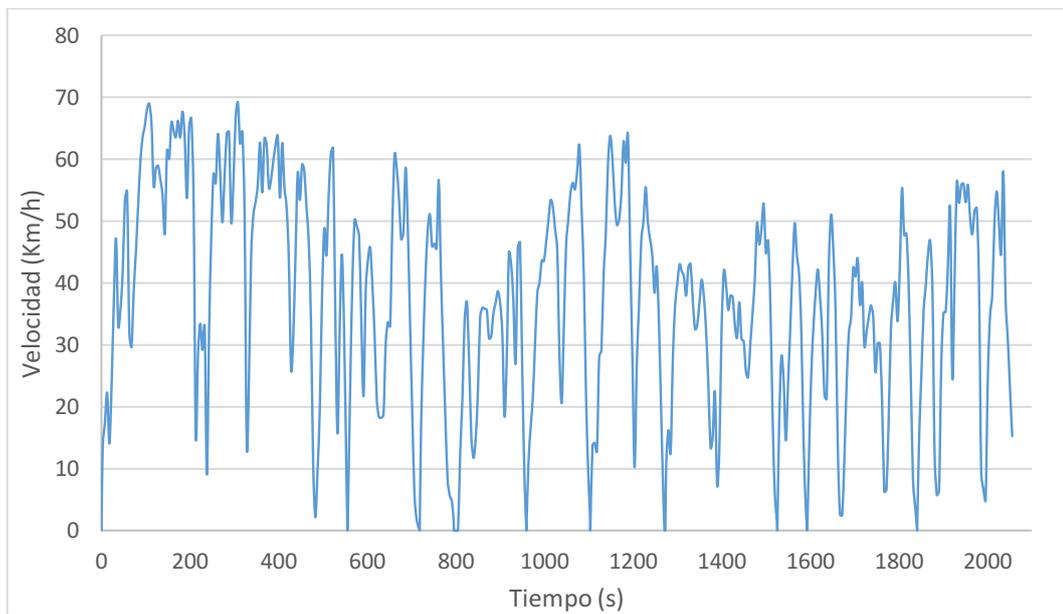


Gráfico 2-2. Velocidad vs Tiempo promedio de ruta de conducción
Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

2.6.2. Geografía de Ruta de Prueba

La figura 28-2, se denota la variación de altura para el recorrido de la ruta periférica de la provincia de Chimborazo con una variación de altitudes de 2715 a 2876 metros sobre el nivel del mar, los datos se obtuvieron de la aplicación Wikiloc en donde diseña y determina la distancia total recorrida para realizar su análisis posteriormente.



Figura 28-2. Perfil de altitud de la ruta periférica de la Provincia de Chimborazo
Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

2.7. Protocolo de prueba de la obtención del Consumo de Combustible

Se desarrolla un protocolo de pruebas que se describe en los siguientes nueve puntos:

1. Verificar las condiciones ambientales.
2. Verificar que la presión de los neumáticos sea la recomendada por el fabricante del vehículo.
3. Instalar y asegurar los equipos para la medición del gasto de combustible y control de revoluciones.
4. Encender el vehículo y calentar el motor hasta que alcance la temperatura de operación normal que corresponde a 95 °C.
5. Revisar que los accesorios del vehículo estén desactivados.
6. Verificar el correcto funcionamiento de los equipos.
7. Iniciar en la ruta seleccionada.
8. Grabar los datos obtenidos en el dispositivo del celular.
9. Se repetirá 5 pruebas para cada tipo de combustible.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

3.1. Resultados

A partir de los protocolos de pruebas especificadas en la metodología se desarrollaron las pruebas establecidas de combustible en donde se lograron obtener datos como: grado de pendiente, distancia, gasto de combustible en tiempo real, velocidad, aceleración de esta forma permite la evaluación de los combustibles utilizados.

Los ensayos se tomaron en cuenta desde el mes de diciembre del 2020, en una semana laboral en donde se tomó horas de más afluencia de tráfico, que son desde las 7 de la mañana, 1 de la tarde y 7 de la noche, para ello se tomó 2 días y medio para realizar la toma de datos para los dos vehículos. La recopilación se demoró aproximadamente 9 horas 54 minutos de datos divididos en 5 horas con 09 minutos para el vehículo Hyundai Accent mientras que para el vehículo Chevrolet Sail 4 horas con 45 minutos utilizando los combustibles Extra y Ecopaís para cada una de las pruebas obteniendo los siguientes resultados.

3.1.1. *Grado de la carretera*

La elevación medida y el grado de la pendiente utilizadas en nuestro estudio se muestran en las siguientes gráficas obtenidas por datos en vivo, gracias a los datos obtenidos con ayuda del GPS se alcanza a encontrar un perfil más exacto de la ruta desarrollada en el estudio, de esta forma obtener datos más precisos.

El perfil de la ruta es muy irregular esto se debe a la ubicación geográfica que corresponde propiamente a la región interandina en la gráfica 3-3, se establece los límites de altitud para los resultados que varían entre 2910(msnm) como máximo y 2740(msnm) como mínimo. Mientras que en la gráfica 4-3, muestra los perfiles de pendiente de la ruta establecida obteniendo pendientes que oscilan entre -15% y 15% es decir en grados de inclinación que van variando entre -8.5° y 8.5° respectivamente lo cual se considera muy importante tomar en cuenta para la obtención de resultados, ya que influye en el rendimiento de los combustibles evaluados. El gráfico 5-3, es la relación entre el VSP promedio para cada grado de la carretera. La influencia del promedio del VSP en relación de la pendiente se puede encontrar que las secciones que están cuesta abajo tienen más probabilidad de tener un VSP negativo con un valor mínimo -10 kW/t y por lo tanto tendrá un bajo valor del gasto de combustible, mientras que las pendientes empinadas de la carretera tienen un VSP promedio alto que indica un alto consumo de gasolina para tramos cuesta arriba con un valor máximo de 15 kW/t, el grado de la carretera no es la principal influencia

para el consumo de combustible también es importante factores como: la intervención del conductor y la congestión del tráfico.

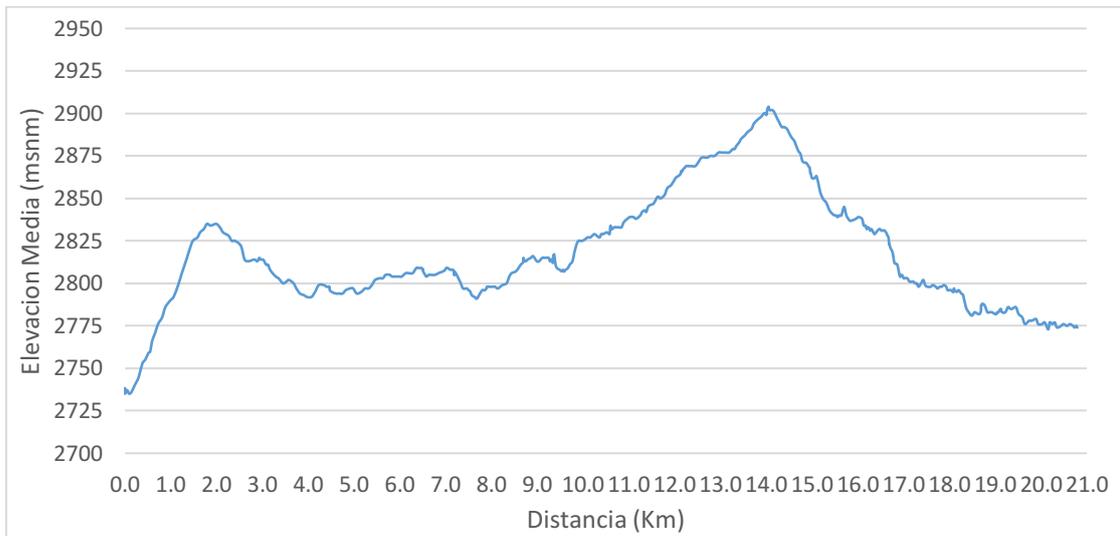


Gráfico 3-3. Perfil de altura de la carretera

Realiza por: Murillo F. & Usca H., 2021

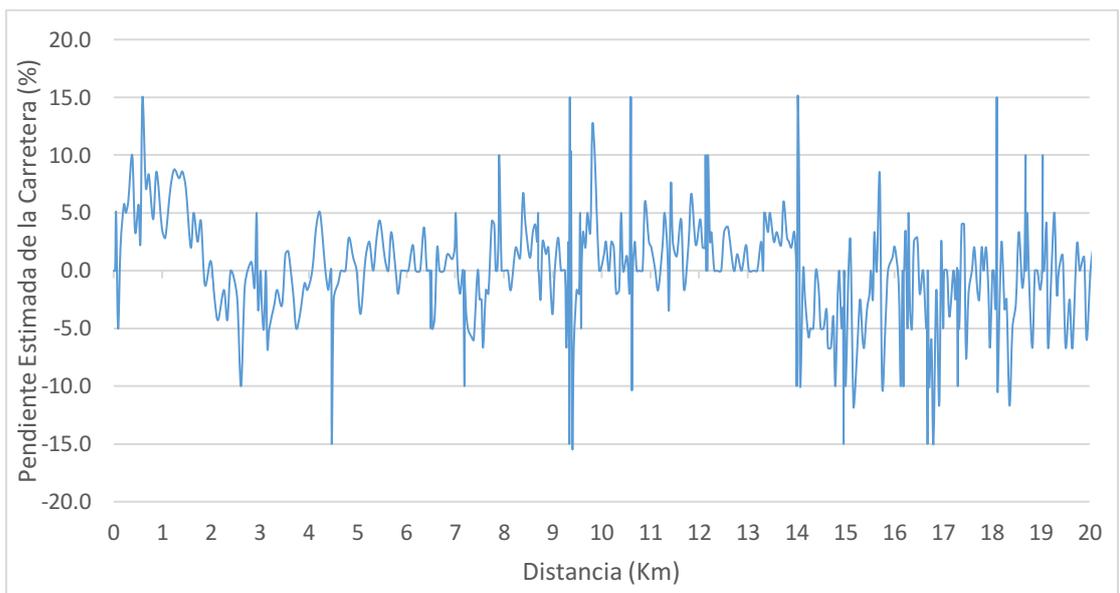


Gráfico 4-3. Perfil de pendiente de la carretera

Realiza por: Murillo F. & Usca H., 2021

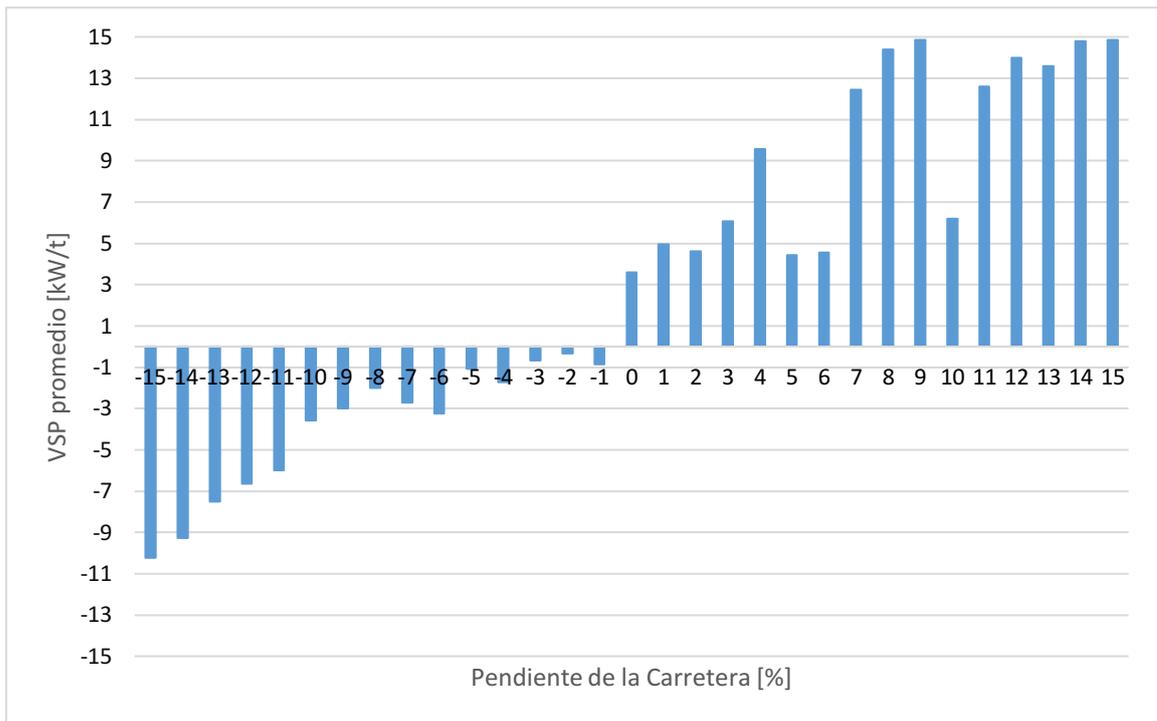


Gráfico 5-3. Promedio VSP vs el grado de carretera (freq > 5s)

Realiza por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.2. *Tiempo promedio recorrido de ruta para los vehículos*

El gráfico 6-3, se representa la distancia recorrida en la ruta seleccionada en comparación con el tiempo utilizado en la misma, contrastando estas mediciones, se dice que el vehículo se encontró la mayor parte del tiempo en movimiento con un total de 2050.91 segundos y un tiempo de detención de 292.01 segundos por lo que en la mayoría de la ruta se mantuvo en movimiento mientras que las paradas se dieron por circunstancias reales en el tráfico, presencia de semáforos, presencia de reductores de velocidad.

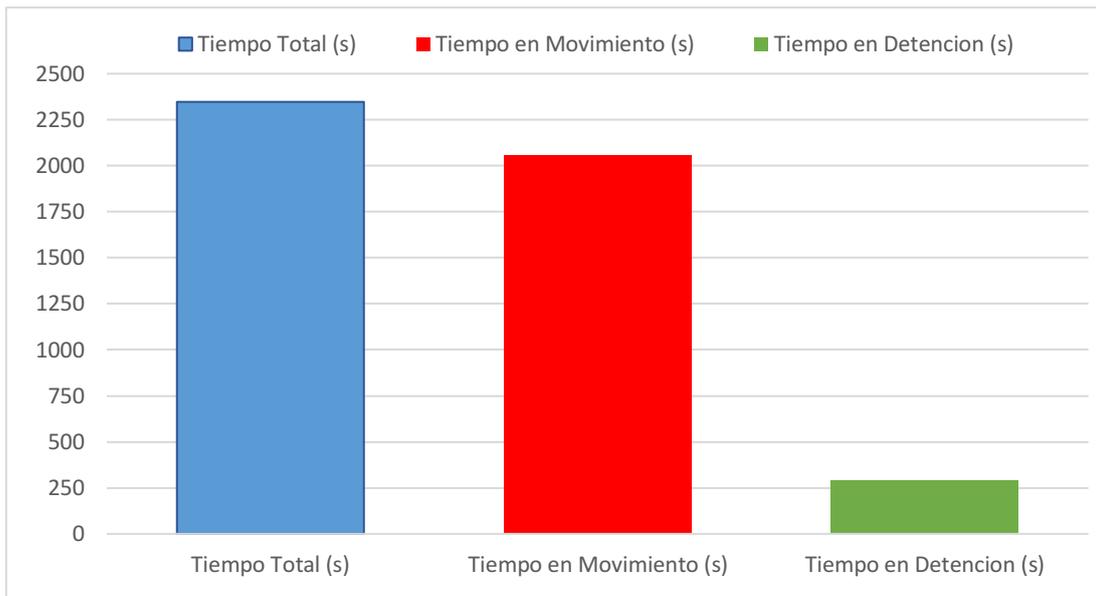


Gráfico 6-3. Tiempo de ruta recorrida

Realiza por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.3. Consumo de combustible en tiempo real por dispositivo OBD2 vehículo HA 1.6L

3.1.3.1. Comportamiento del consumo de combustible instantáneo en las pruebas de ruta - HA 1.6L

Los gráficos 7-3 y 8-3, representa el consumo de combustible por hora en comparación a la velocidad en relación de la distancia recorrida en las distintas pruebas efectuadas en las cuales se realizó 4 pruebas en ruta de conducción, obteniendo así las mediciones para estos dos tipos de combustible.

Con la ayuda del eje horizontal a partir del cual se obtiene la distancia recorrida, mientras que con ayuda del eje vertical primario se evidencia el gasto de combustible y en el eje vertical secundario se evidencia la velocidad. En el combustible Extra en las pruebas se evidencia valores máximos de combustible que ascienden hasta 16.3 L/h en las cuatro pruebas y mínimo de 0.32 L/h, además se observa un comportamiento semejante en cada prueba por la velocidad del vehículo en cada punto del recorrido. En el caso del combustible Ecopaís se puede observar cómo valor máximo en las cuatro pruebas un consumo de 13.85 L/h y mínimo de 0.32 L/h, además se observa un comportamiento parecido en cada una de las pruebas por la influencia de la velocidad. También se puede denotar una velocidad máxima de 77.98 Km/h en el combustible Extra, mientras que una velocidad máxima de 70.63 Km/h en el combustible Ecopaís.

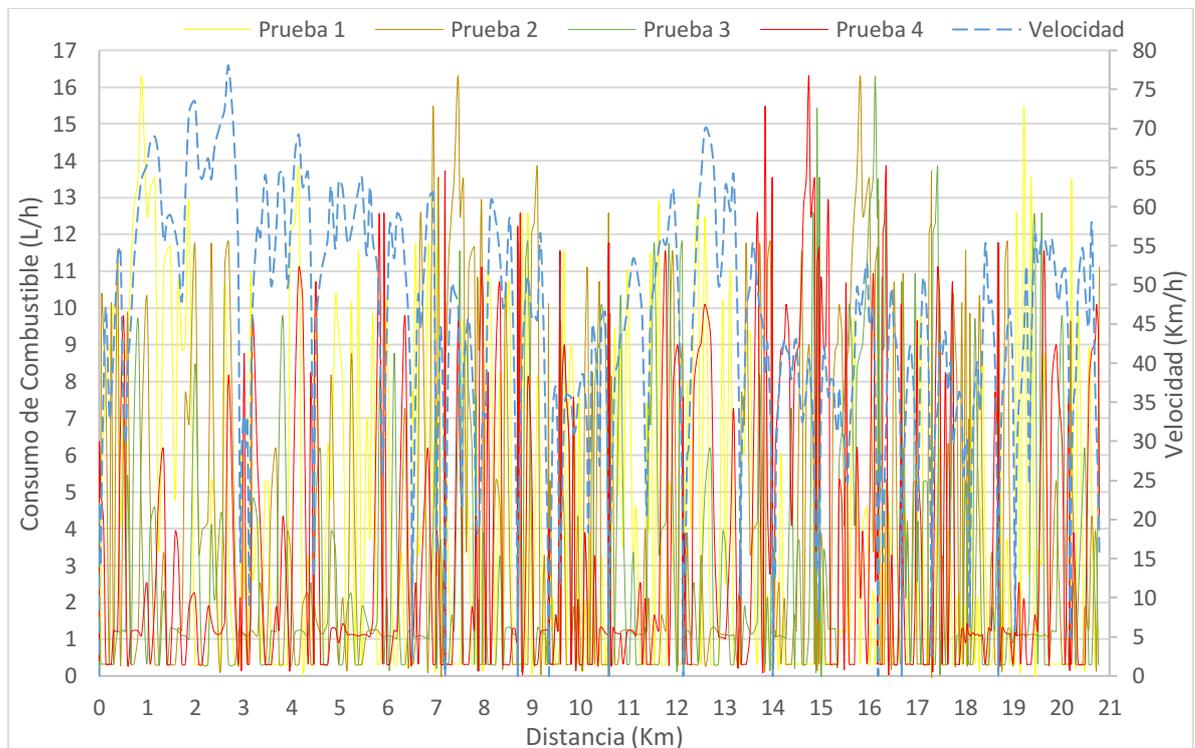


Gráfico 7-3. Consumo instantáneo - Extra - HA 1.6L

Realiza por: Murillo F. & Usca H., 2021

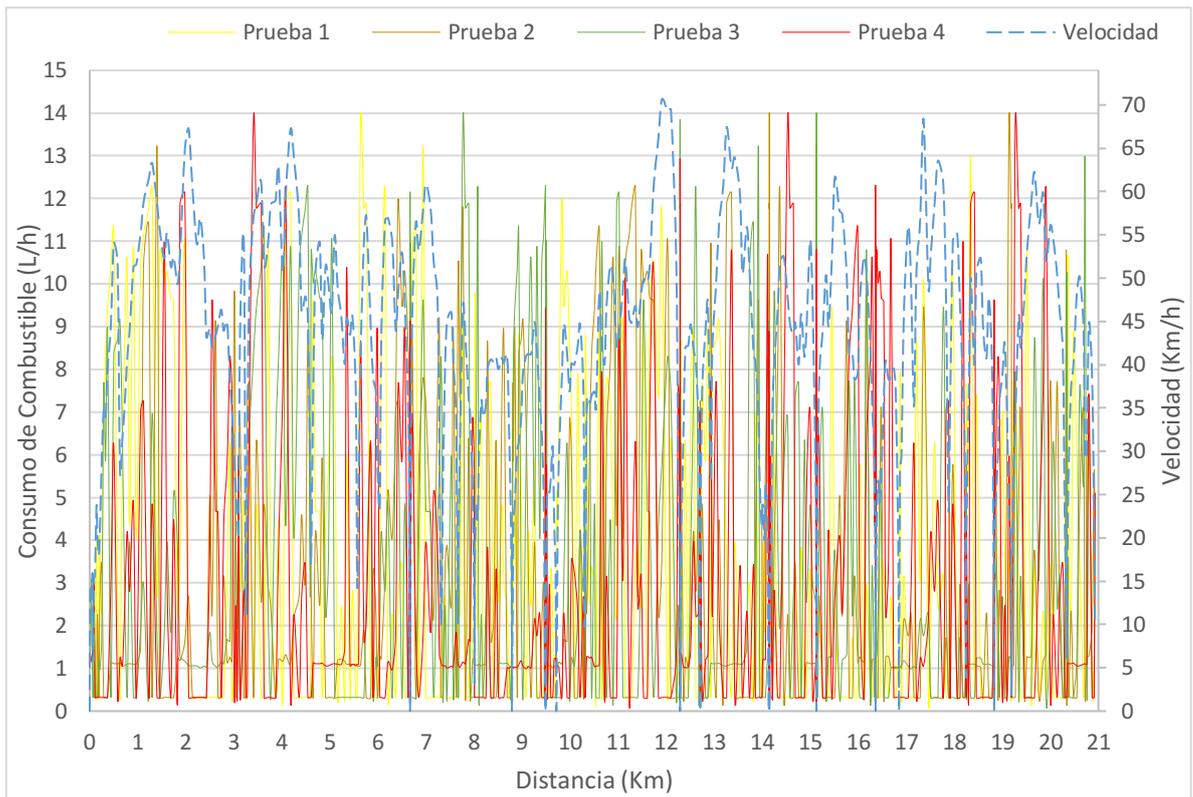


Gráfico 8-3. Consumo instantáneo - Ecopaís - HA 1.6L
 Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.3.2. Comparación del consumo de combustible instantáneo - HA 1.6L

La gráfica 9-3, se representa el gasto de combustible por hora en relación a la distancia recorrida, de esta manera se contrasta las mediciones promedio con la ayuda de las pruebas utilizando combustible Extra y combustible Ecopaís.

Se evidencia que en el eje horizontal se encuentra la distancia recorrida, en cambio en el eje vertical el consumo de combustible. Existe valores máximos al utilizar combustible Extra que ascienden hasta 16.3 L/h, mientras que con combustible Ecopaís los valores máximos son de 13.85 L/h. El valor mínimo de consumo es de 0.32 L/h con el motor a ralentí, para los dos tipos de gasolina.

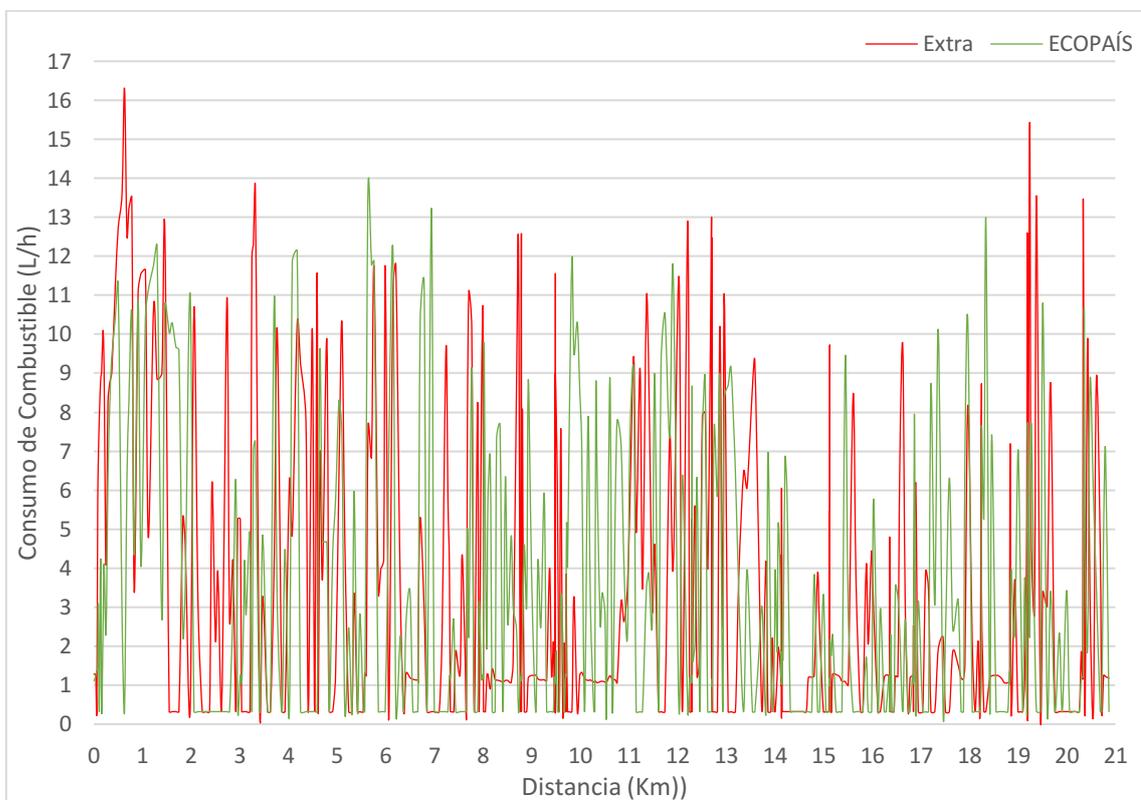


Gráfico 9-3. Consumo de combustible L/h en función de la distancia - HA 1.6L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.3.3. Régimen de motor en función al consumo de combustible Extra - HA 1.6L

Con ayuda de la gráfica 10-3, que muestra régimen de motor en comparación al consumo de combustible por hora del motor en la prueba con combustible Extra. En el eje horizontal se observa el régimen del motor en rpm y en el eje vertical se observa el gasto de combustible por hora en [L/h].

En la gráfica de dispersión se muestra una máxima acumulación de puntos de caudal de combustible por hora que se encuentran entre 1500 a 3000 rpm, de esta manera se logra resultados que están desde 0.32 L/h hasta 16.3 L/h. Por lo que se demuestra en las pruebas, el gasto de combustible por hora va a permanecer estable en este nivel de revoluciones.

Los puntos de dispersión del gasto de combustible que están por encima de los límites se dan por la característica de la ruta, puesto que existe pendientes, descensos o en el caso de rebasar un vehículo, se realizara cambios de marcha.

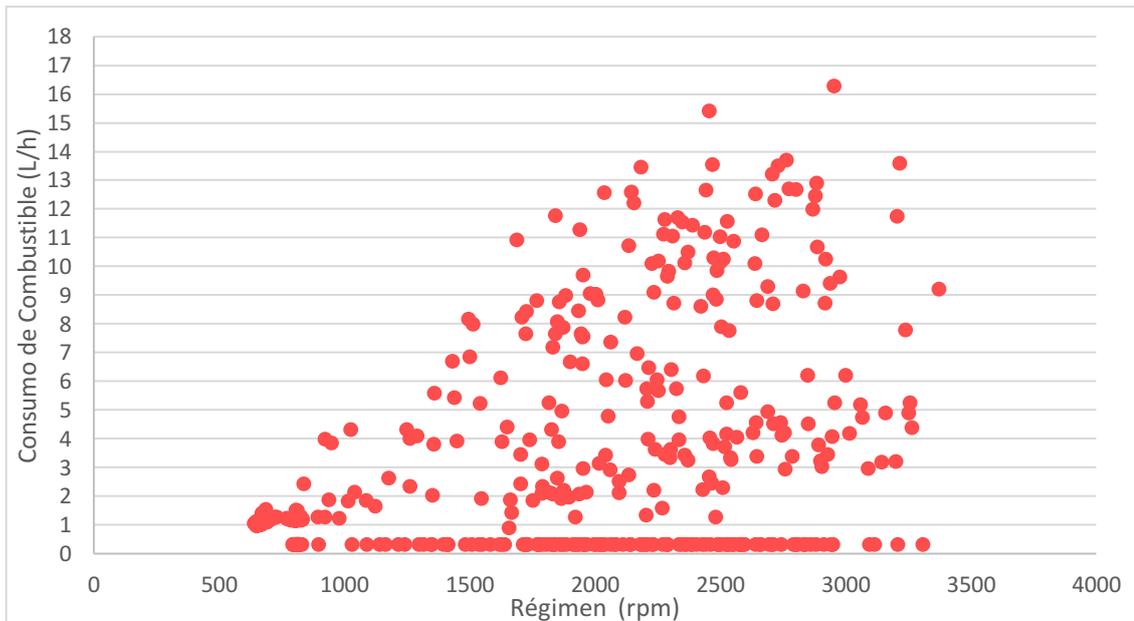


Gráfico 10-3. Gasto de combustible en función del régimen del motor - Extra HA 1.6L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.3.4. Régimen de motor en función al consumo de combustible Ecopaís - HA 1.6L

A partir de la gráfica 11-3, que muestra régimen de motor en comparación al consumo de combustible por hora del motor en la prueba con combustible Ecopaís. En el eje horizontal se observa el régimen del motor en rpm y en el eje vertical se observa el gasto de combustible por hora en [L/h].

En la gráfica de dispersión se muestra una máxima acumulación de puntos de caudal de combustible por hora que se encuentran entre 1500 a 2800 rpm, de esta manera se logra resultados que están desde 0.32 L/h hasta 13.85 L/h. Por lo que se demuestra en las pruebas, el gasto de combustible por hora va a permanecer en este rango de revoluciones.

Los puntos de dispersión del gasto de combustible que están por encima de los límites se dan por la característica de la ruta, puesto que existe pendientes, descensos o en el caso de rebasar un vehículo, se realizara cambios de marcha.

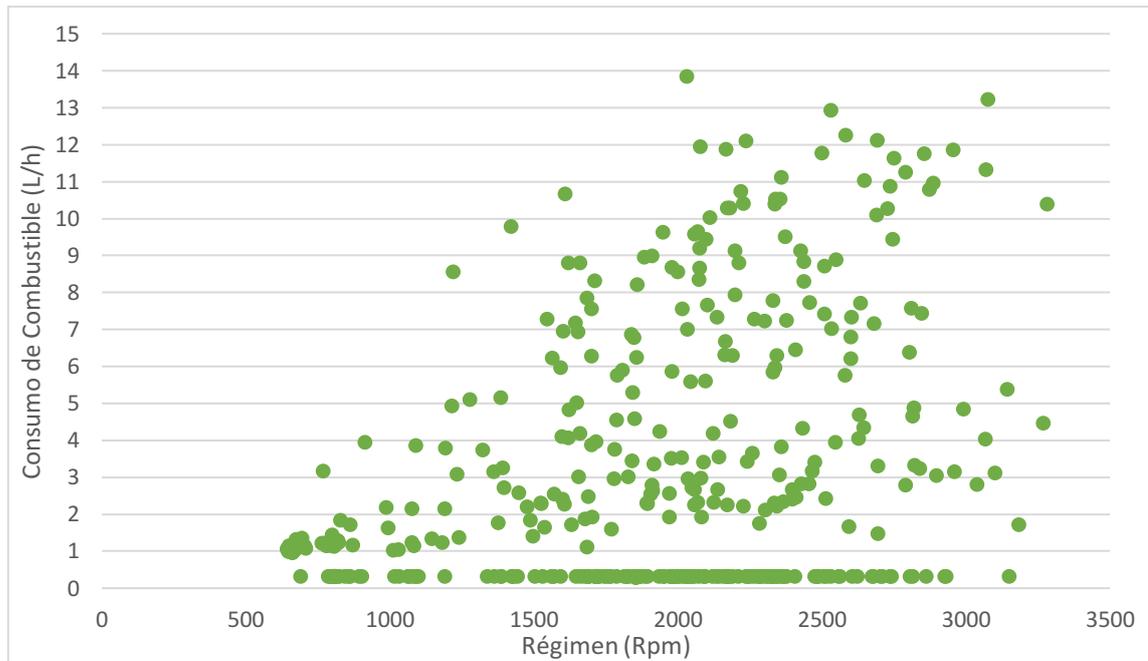


Gráfico 11-3. Gasto de combustible en función al régimen - Ecopaís - HA 1.6L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.3.5. Régimen en función de la carga del motor en pruebas del combustible Extra - HA 1.6L

A partir de la gráfica 12-3, se presenta el régimen del motor en comparación al porcentaje de carga calcula del motor en relación al combustible Extra. En el eje horizontal se encuentra los valores del régimen del motor en rpm, mientras que en el eje vertical se muestra la carga calculada por el motor en %.

En la gráfica de dispersión se observa a un régimen bajo que se establece entre 1500 a 3000 rpm, de esta manera existe mayor acumulación de carga que varía entre 12% y 30%. Por lo que, se denota que la mayor parte de las pruebas se realizó a una alta carga a bajas revoluciones, determinante en el gasto de combustible puesto que a medida que la carga del motor va variando el consumo va incrementado o disminuyendo esto puede ir variando dependiendo las irregularidades de la ruta de conducción y el grado de pendiente.

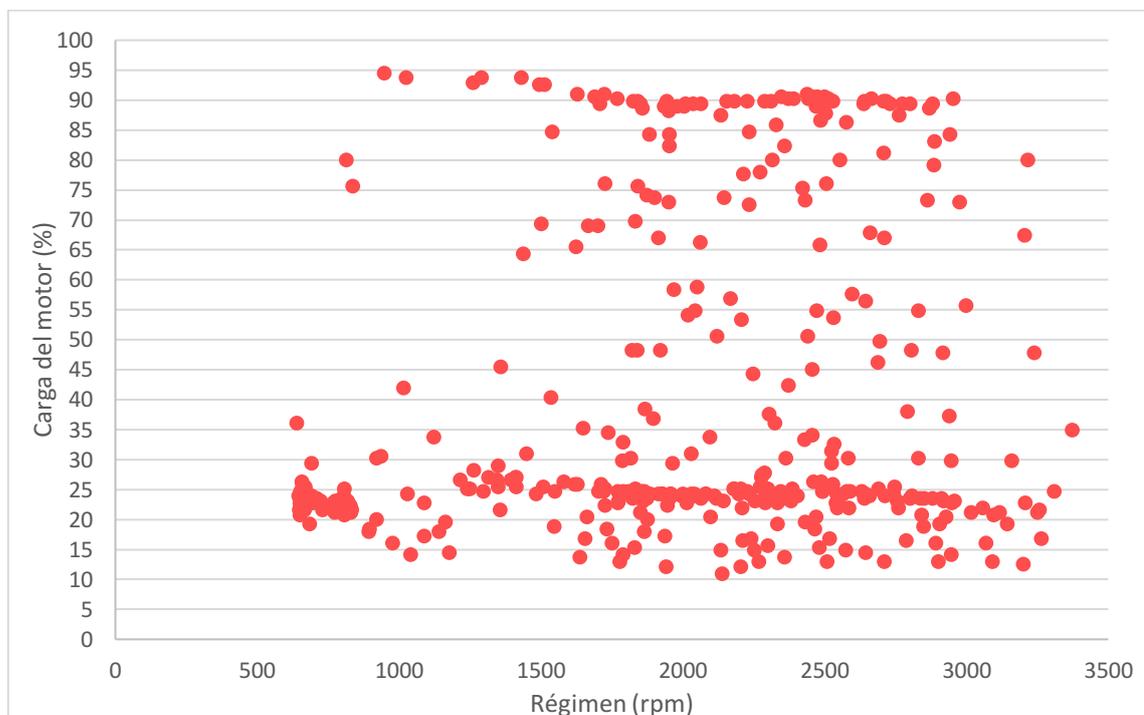


Gráfico 12-3. Carga del motor en función del régimen - Extra - HA 1.6L
Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.3.6. Régimen en función de la carga del motor en pruebas del combustible Ecopaís - HA 1.6L

A partir de la gráfica 13-3, se presenta el régimen del motor en comparación al porcentaje de carga calcula del motor en relación al combustible Ecopaís. En el eje horizontal se encuentra los valores del régimen del motor en rpm, mientras que en el eje vertical se muestra la carga calculada por el motor en %.

En la gráfica de dispersión se observa a un régimen bajo que se establece entre 1000 hasta 2800 rpm, de esta manera existe mayor acumulación de carga que varía entre 11% y 30%. Por lo que, se denota que en la mayor parte de las pruebas se realizó a una alta carga a bajas revoluciones, determinante en el gasto de combustible puesto que a medida que la carga del motor va variando el consumo va incrementado o disminuyendo esto puede ir variando dependiendo las irregularidades de la ruta de conducción y el grado de pendiente.

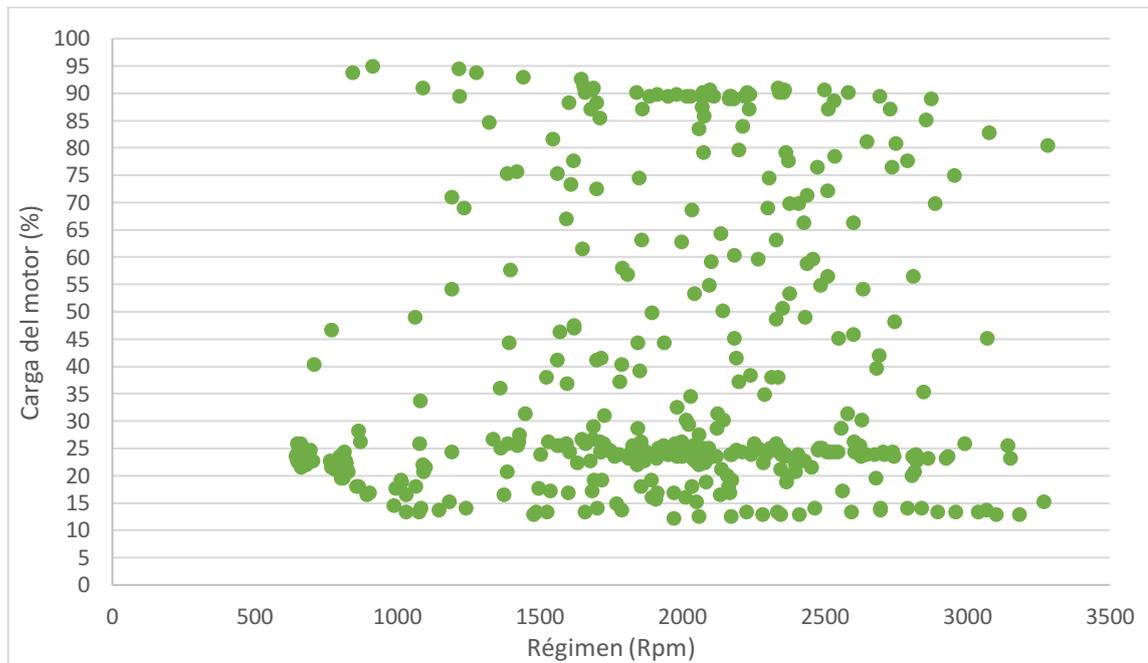


Gráfico 13-3. Carga del motor en función del régimen - Ecopaís - HA 1.6L
Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.3.7. Comportamiento del factor lambda en la ruta recorrida - HA 1.6L

En la gráfica 14-3, se indica la relación entre el comportamiento del factor Lambda y la distancia recorrida de la ruta para ambos combustibles, el combustible Extra tiene un comportamiento más oscilante que varía entre 0.95, 1, 1.05 de factor lambda, mientras que el combustible Ecopaís varía entre 0.96, 1, 1.03 de factor lambda, el comportamiento de lambda en el combustible Extra nos refleja que durante la prueba el comportamiento de lambda fue más oscilante que en el combustible Ecopaís, por lo que se establece que el comportamiento del combustible Ecopaís fue mejor y logro un mejor desempeño con este combustible al no tener mucha variación entre mezcla rica y pobre y estar más cerca de una mezcla ideal (aire/ combustible).

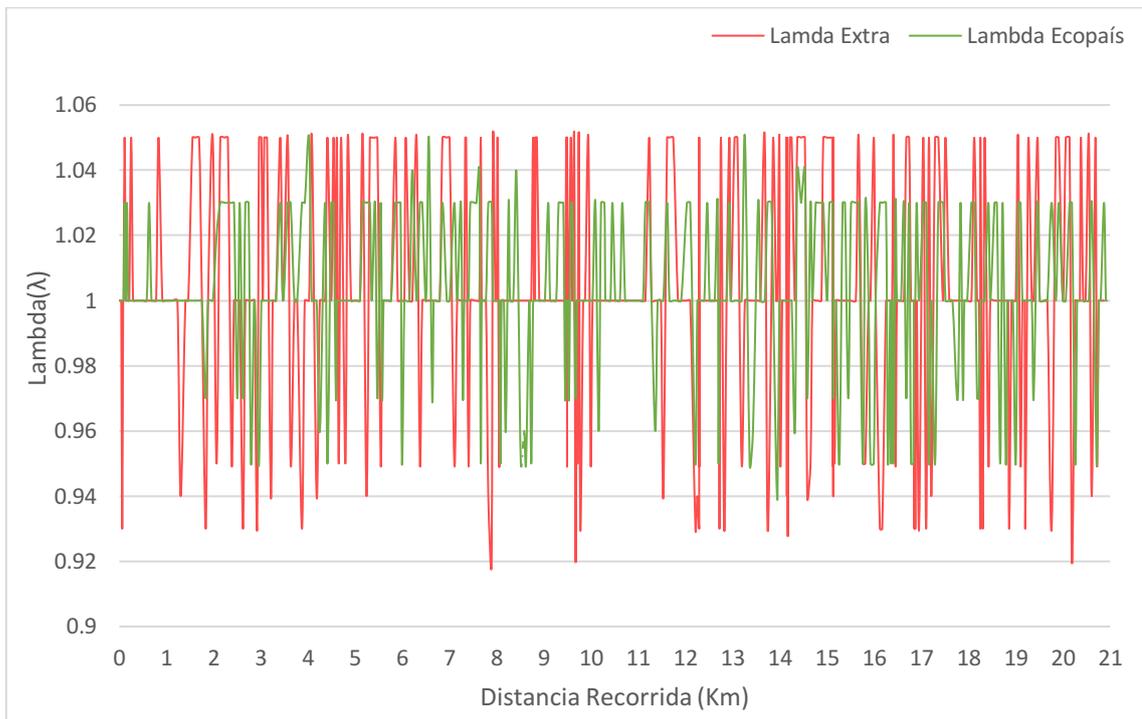


Gráfico 14-3. Comportamiento del factor lambda - Extra vs Ecopaís - HA 1.6L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.3.8. Comportamiento del CO2 en la ruta recorrida - HA 1.6L

En la gráfica 15-3, se indica la relación entre el comportamiento del CO2 promedio en g/Km con respecto al tiempo en segundos, en el combustible Extra se encuentra un mayor promedio de CO2 en el total del recorrido este va variando desde los 300 g/Km hasta los 425 g/Km como punto máximo y va descendiendo hasta alcanzar 260 g/Km mientras que el combustible Ecopaís que se encuentra en menor proporción iniciando en 250 g/Km hasta 450g/Km como punto máximo y descendiendo hasta alcanzar 230 g/Km, el CO2 es un factor muy importante a tomar en cuenta en el gasto de combustible ya que a una mayor emisión de gas CO2 mayor es el aumento del gasto de combustible.

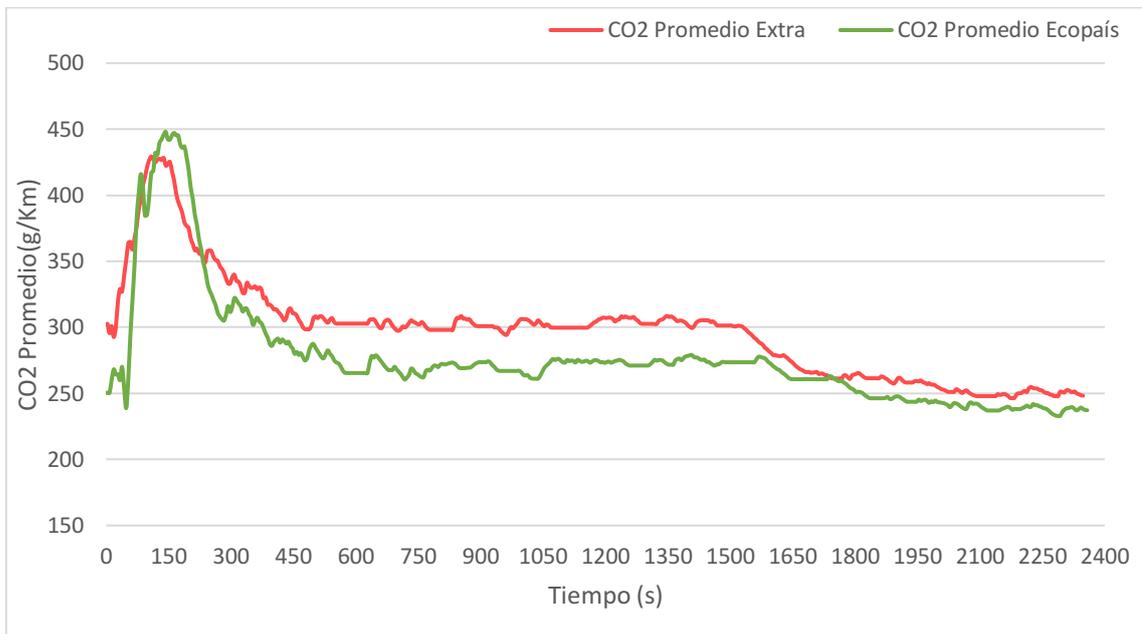


Gráfico 15-3. CO2 promedio Extra vs Ecopaís - HA 1.6L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.4. Consumo de combustible en tiempo real por tanque externo del vehículo HA 1.6L

Como se puede observar en la tabla 18-3, están los parámetros que se registró durante las 4 pruebas de ruta que se aplicó al vehículo Hyundai Accent aplicando los dos combustibles, calculando el rendimiento de cada litro en kilómetros recorridos. Como se puede observar en las gráficas 16-3 y 17-3, se establece gráficos de barras en donde se puede apreciar mejor los resultados en donde la relación del rendimiento de ambos combustibles denota una gran diferencia entre combustible Extra con el combustible Ecopaís.

Tabla 18-3: Comparación de la gasolina Extra y Ecopaís - HA 1.6L

#	Gasolina Extra				Gasolina Ecopaís			
	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Velocidad Promedio (Km/h)	Consumo (Km/L)	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Velocidad Promedio (Km/h)	Consumo (Km/L)
Prueba 1	21.991	39.717	32.543	12.217	21.831	40.817	31.744	14.652
Prueba 2	21.890	37.950	34.035	13.681	21.830	36.550	35.472	15.055
Prueba 3	20.991	38.330	33.711	12.722	21.690	38.120	35.472	14.084
Prueba 4	21.890	38.117	33.792	13.682	21.791	39.733	32.589	14.431

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

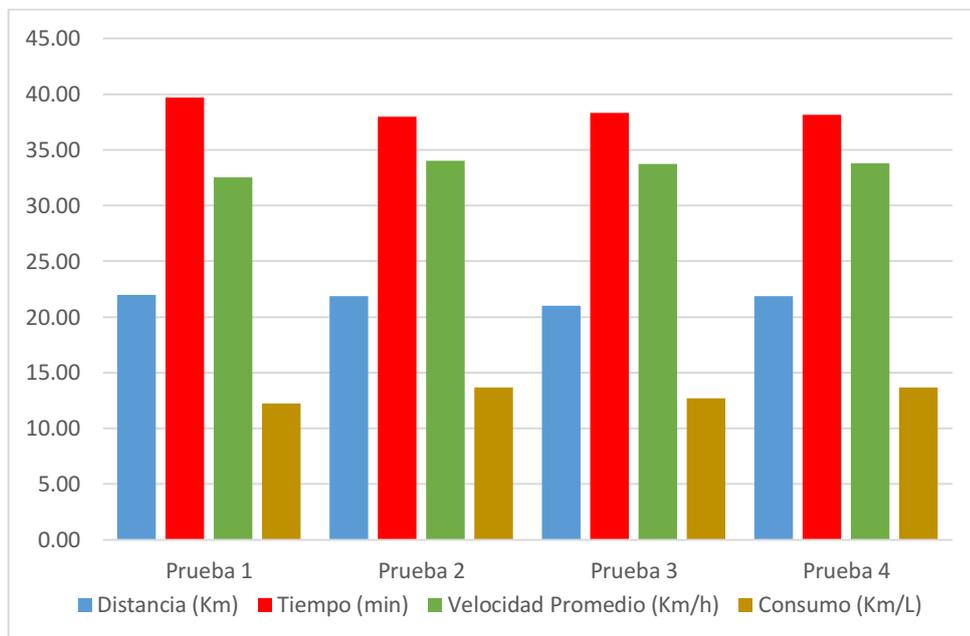


Gráfico 16-3. Distancia recorrida y consumo de combustible Extra - HA 1.6L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

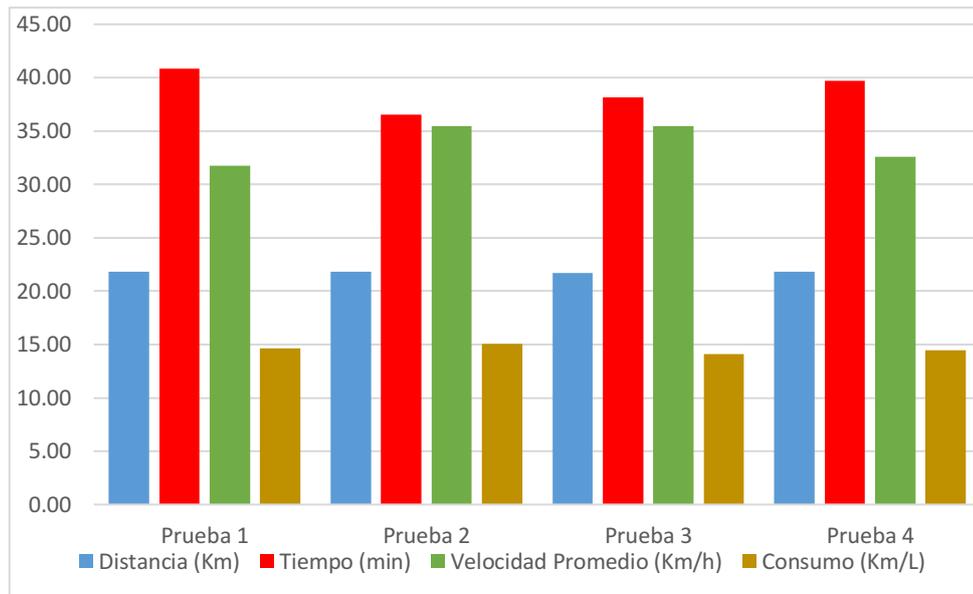


Gráfico 17-3. Distancia recorrida y consumo de combustible Ecopaís - HA 1.6L
Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.4.1. Rendimiento de combustible por tanque externo - HA 1.6L

Una vez realizado la ruta de prueba, 4 veces, se obtuvo las siguientes tablas en donde el gasto de combustible de la gasolina Extra y Ecopaís en el vehículo. En la gasolina Extra se obtuvo tras recorrer un promedio de 21.82 Km un consumo de 1.663 litros, alcanzando 49.798 Km de rendimiento con un galón de gasolina.

Tabla 19-3: Rendimiento del combustible Extra - HA 1.6L

Pruebas	1	2	3	4	Promedio
Consumo en Litros	1.8	1.6	1.65	1.6	1.663
Rendimiento Km/L	12.122	13.638	13.224	13.638	13.155
Rendimiento Km/gal	45.888	51.624	50.059	51.624	49.798

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Para la gasolina Ecopaís se obtuvo tras recorrer un promedio de 21.82 Km con un consumo de 1.498 litros, alcanzando 55.183 Km de rendimiento con un galón de gasolina.

Tabla 20-3: Rendimiento del combustible Ecopaís - HA 1.6L

Pruebas	1	2	3	4	Promedio
Consumo en Litros	1.49	1.45	1.54	1.51	1.498
Rendimiento Km/L	14.644	15.048	14.169	14.450	14.578
Rendimiento Km/gal	55.435	56.964	53.635	54.700	55.183

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Al momento de realizar una comparación entre las tablas 19-3 y 20-3, se puede denotar que tanto como el consumo y el rendimiento de combustible es mucho mejor en el caso del Ecopaís, en donde a breves rasgo se podrá decir que es mucho más recomendable el uso de dicho combustible ya que nos da un mayor rendimiento en kilómetros usando un galón de combustible.

3.1.5. Consumo de combustible en tiempo real por dispositivo OBD2 vehículo CS 1.5L

3.1.5.1. Comportamiento del consumo de combustible instantáneo en las pruebas de ruta - CS 1.5L

Con ayuda de los gráficos 18-3 y 19-3, representa el gasto de combustible por hora en comparación a la velocidad en relación de la distancia recorrida en las distintas pruebas efectuadas en las cuales se realizó 4 pruebas en ruta de conducción, obteniendo así las mediciones para estos dos tipos de combustible.

Con la ayuda del eje horizontal a partir del cual se obtiene la distancia recorrida, mientras que con ayuda del eje vertical primario se evidencia el gasto de combustible y en el eje vertical secundario se evidencia la velocidad. En el combustible Extra en las pruebas se evidencia valores máximos de combustible que ascienden hasta 11.79 L/h en las cuatro pruebas y mínimo de 0.38 L/h, además se observa un comportamiento semejante en cada prueba por la velocidad que viaja el vehículo en cada punto del recorrido. En el combustible Ecopaís se puede observar cómo valor máximo en las cuatro pruebas un consumo de 8.50 L/h y mínimo de 0.38 L/h, además se observa un comportamiento parecido en cada una de las pruebas por la influencia de la velocidad. También se puede denotar una velocidad máxima de 66.31 Km/h en la gasolina Extra, mientras que una velocidad máxima de 64.37 Km/h en la gasolina Ecopaís.

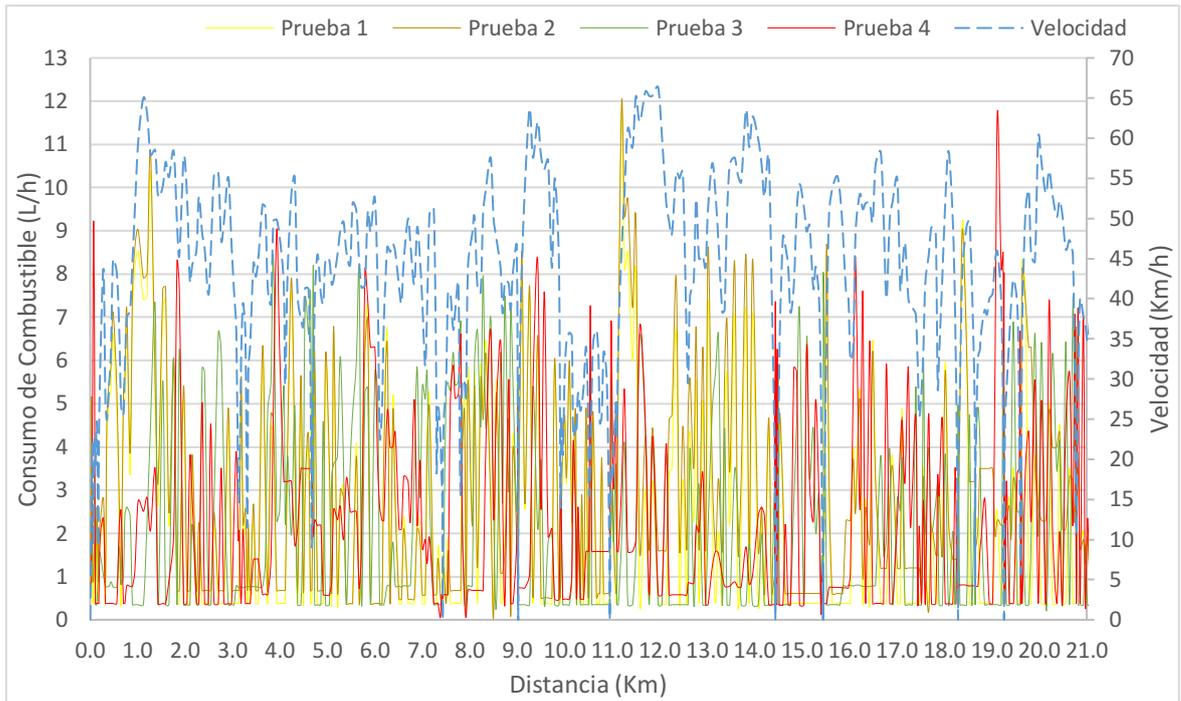


Gráfico 18-3. Consumo instantáneo – Extra - CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

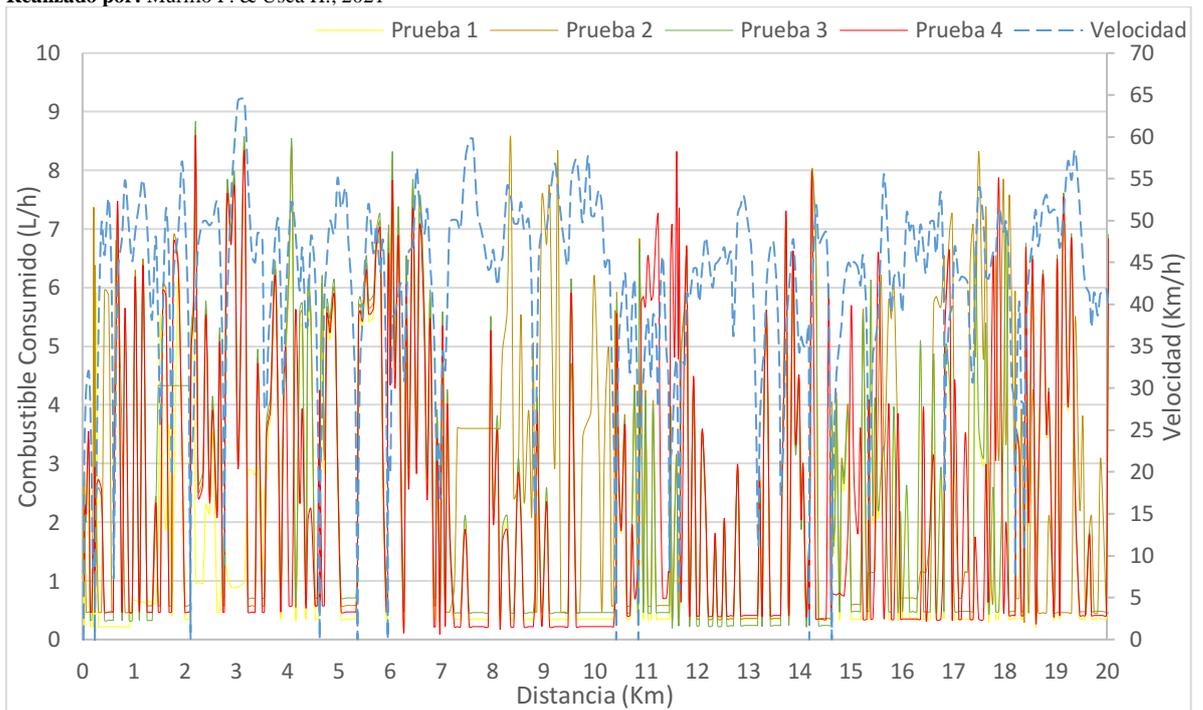


Gráfico 19-3. Consumo instantáneo - Ecopais - CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.5.2. Comparación del consumo de combustible instantáneo - CS 1.5L

Con ayuda de la gráfica 20-3, se representa el gasto de combustible por hora en relación a la distancia recorrida, de esta manera se contrasta las mediciones promedio con la ayuda de las pruebas utilizando combustible Extra y combustible Ecopaís.

Se evidencia que en el eje horizontal se encuentra la distancia recorrida, en cambio en el eje vertical el consumo de combustible. Existe valores máximos al utilizar combustible Extra que ascienden hasta 11.76 L/h, mientras que con combustible Ecopaís los valores máximos son de 8.4 L/h. El valor mínimo de consumo es de 0.32 L/h con el motor a ralentí, para los dos tipos de gasolina.

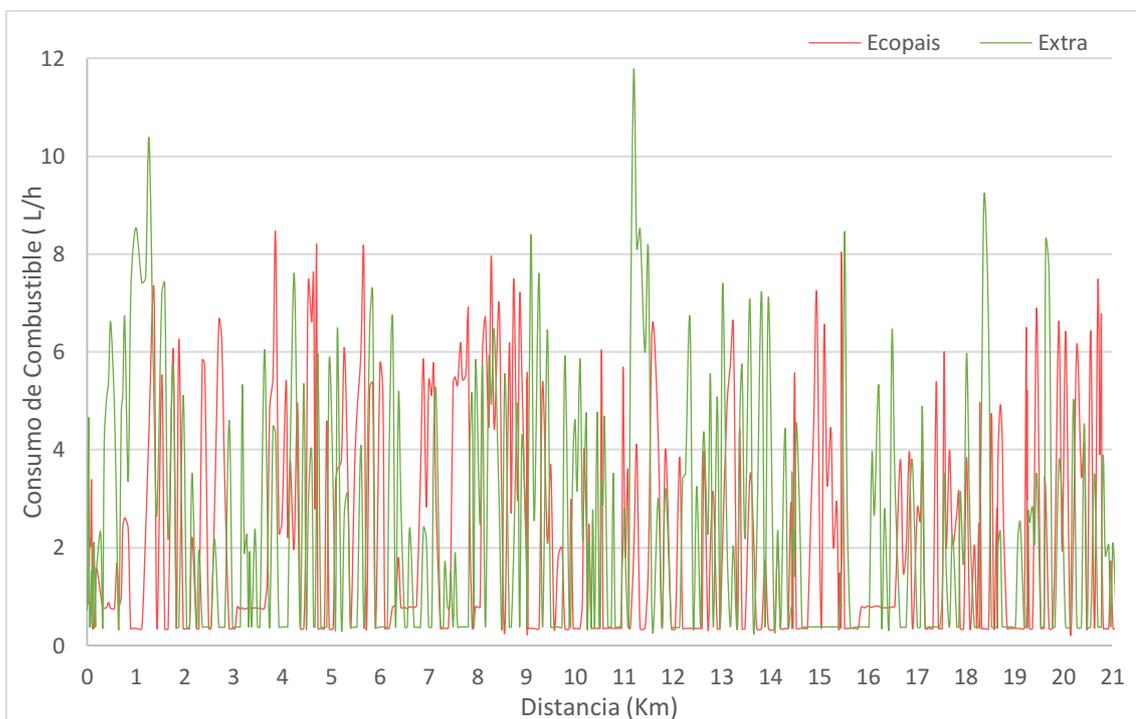


Gráfico 20-3. Consumo de combustible L/h en función de la distancia - CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.5.3. Régimen de motor en función al consumo de combustible Extra - CS 1.5L

A partir de la gráfica 21-3, que muestra régimen de motor en comparación al consumo de combustible por hora del motor en la prueba con combustible Extra. En el eje horizontal se observa el régimen del motor en rpm y en el eje vertical se denota el gasto de combustible por hora en [L/h].

En la gráfica de dispersión se muestra una máxima acumulación de puntos de caudal de combustible por hora que se encuentran entre 1500 a 3000 rpm, de esta manera se logra resultados que están desde 0.38 L/h hasta 11.76 L/h. Por lo que se demuestra en las pruebas, el gasto de combustible por hora va a permanecer en este rango de revoluciones.

Los puntos de dispersión del gasto de combustible que están por encima de los límites se dan por la característica de la ruta, puesto que existe pendientes, descensos o en el caso de rebasar un vehículo, se realizara cambios de marcha.

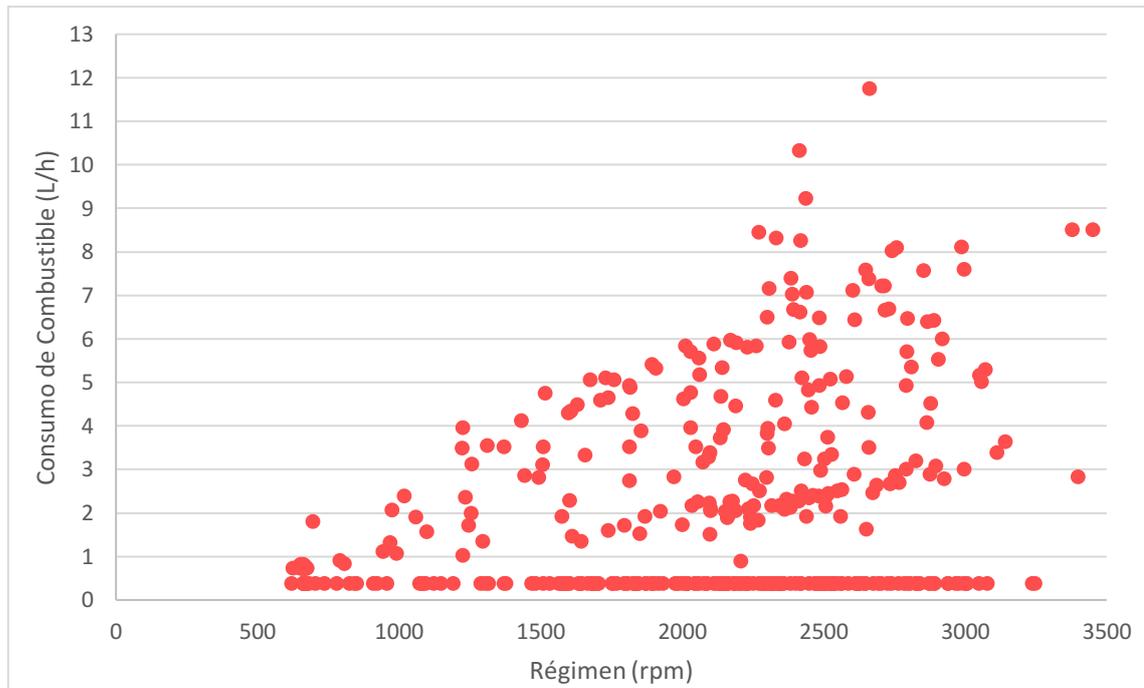


Gráfico 21-3. Gasto de combustible en función del régimen del motor - Extra - CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.5.4. Régimen de motor en función al consumo de combustible Ecopaís - CS 1.5L

A partir de la gráfica 22-3, que muestra régimen de motor en comparación al consumo de combustible por hora del motor en la prueba con combustible Ecopaís. En el eje horizontal se observa el régimen del motor en rpm y en el eje vertical se denota el gasto de combustible por hora en [L/h].

En la gráfica de dispersión se muestra una máxima acumulación de puntos de caudal de combustible por hora que se encuentran entre 1250 a 3000 rpm, de esta manera se logra resultados que están desde 0.35 L/h hasta 8.42 L/h. Por lo que se demuestra en las pruebas, el gasto de combustible por hora se va a establecer en este nivel de revoluciones.

Los puntos de dispersión del gasto de combustible que están por encima de los límites se dan por la característica de la ruta, puesto que existe pendientes, descensos o en el caso de rebasar un vehículo, se realizara cambios de marcha.

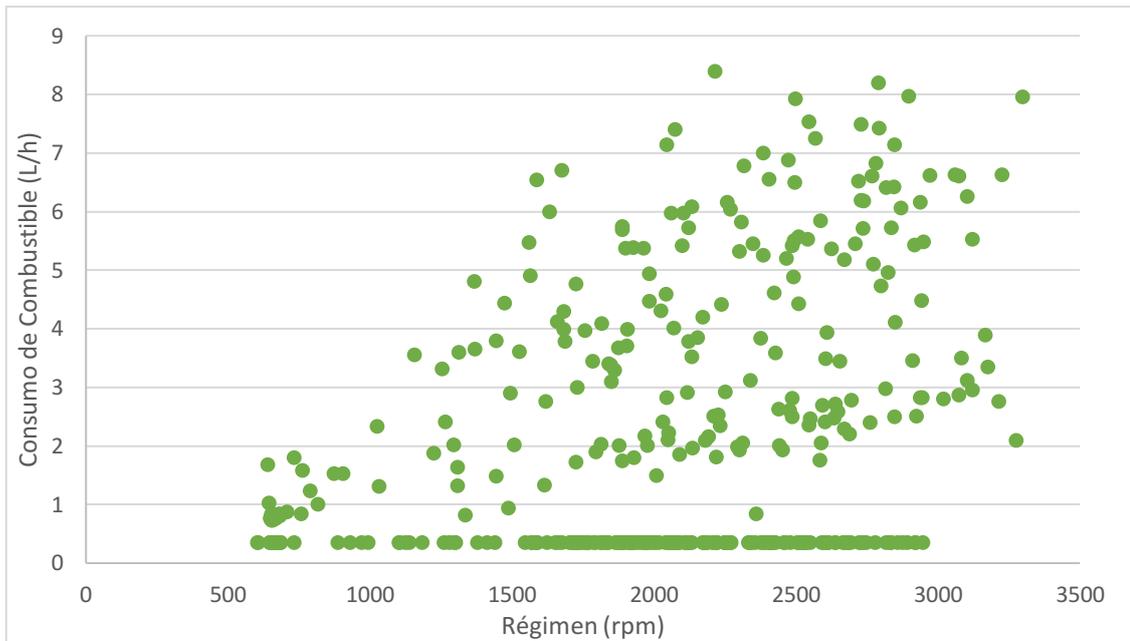


Gráfico 22-3. Gasto de combustible en función al régimen – Ecopaís – CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.5.5. Régimen en función de la carga del motor en pruebas del combustible Extra - CS 1.5L

A partir de la gráfica 23-3, se presenta el régimen del motor en comparación al porcentaje de carga calcula del motor en relación al combustible Extra. En el eje horizontal se encuentra los valores del régimen del motor en rpm, mientras que en el eje vertical se muestra la carga calculada por el motor en %.

En la gráfica de dispersión se observa a un régimen bajo que se establece entre 1500 a 3000 rpm, de esta manera existe mayor acumulación de carga que varía entre 20% y 98%. Por lo que, se denota que la mayor parte de las pruebas se realizó a una alta carga a bajas revoluciones, determinante en el gasto de combustible puesto que a medida que la carga del motor va variando el consumo va incrementado o disminuyendo esto puede ir variando dependiendo las irregularidades de la ruta de conducción y el grado de pendiente.

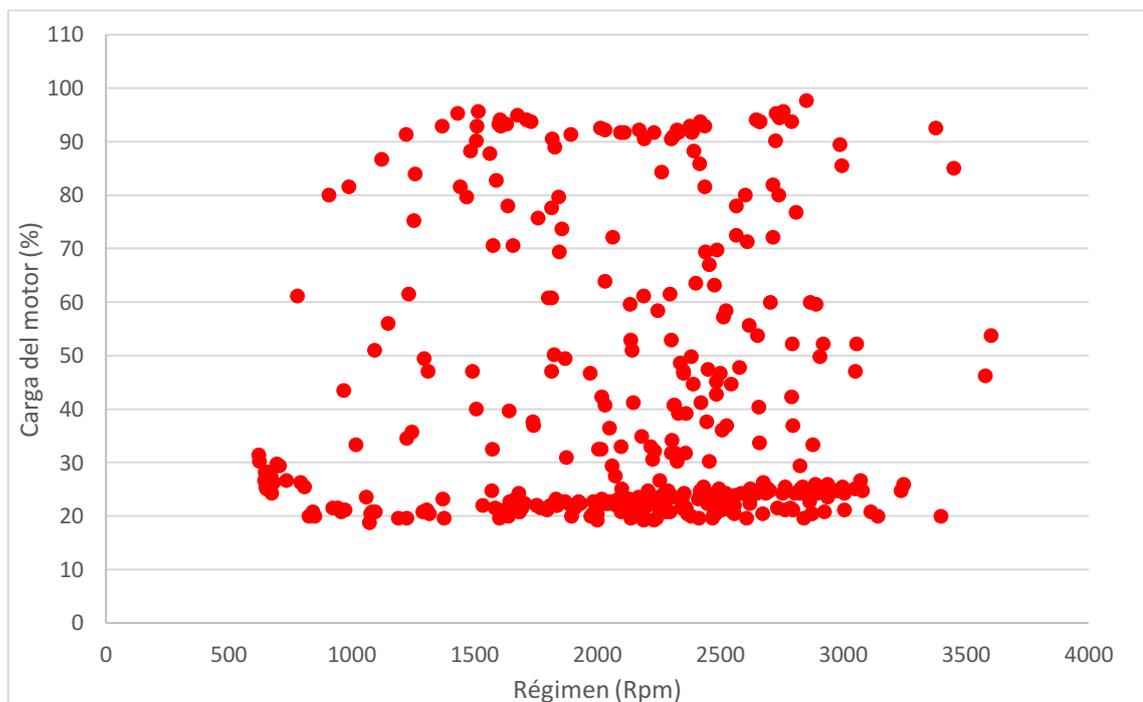


Gráfico 23-3. Carga del motor en función del régimen – Extra – HA 1.6L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.5.6. Régimen en función de la carga del motor en pruebas del combustible Ecopaís - CS 1.5L

A partir de la gráfica 24-3, se presenta el régimen del motor en comparación al porcentaje de carga calcula del motor en relación al combustible Ecopaís. En el eje horizontal se encuentra los valores del régimen del motor en rpm, mientras que en el eje vertical se muestra la carga calculada por el motor en %.

En la gráfica de dispersión se observa a un régimen bajo que se establece entre 1550 a 2900 rpm, de esta manera existe mayor acumulación de carga que varía entre 20% y 100%. Por lo que, se denota que la mayor parte de las pruebas se realizó a una alta carga a bajas revoluciones, determinante en el gasto de combustible puesto que a medida que la carga del motor va variando el consumo va incrementado o disminuyendo esto puede ir variando dependiendo las irregularidades de la ruta de conducción y el grado de pendiente.

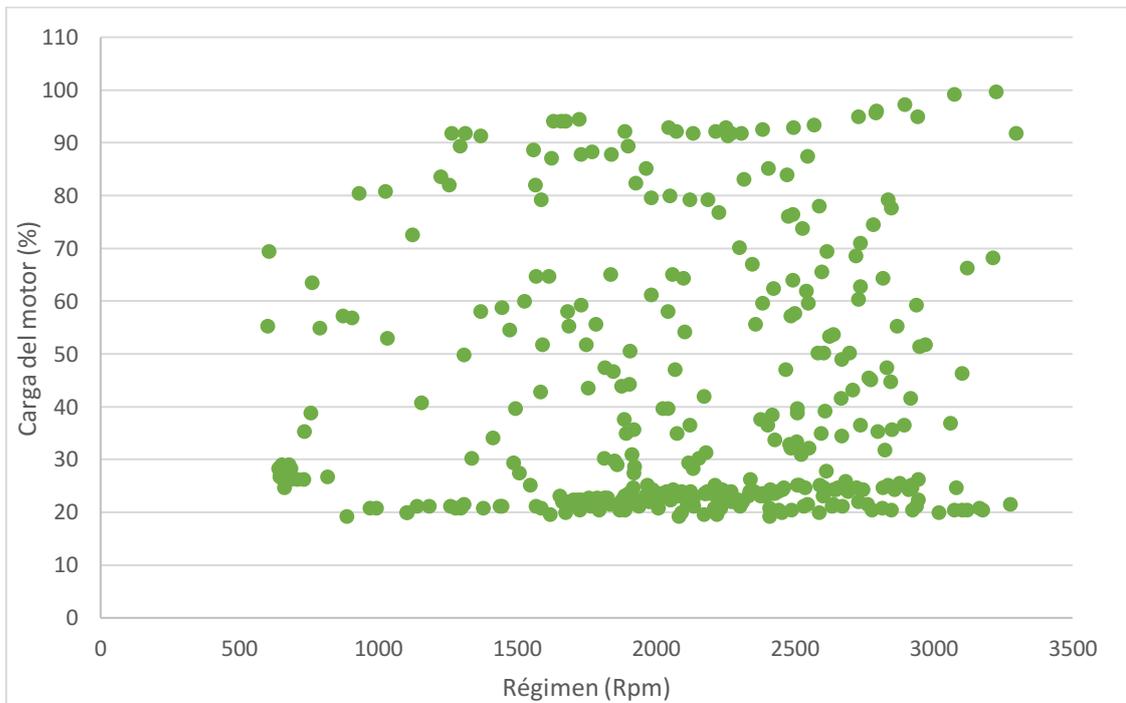


Gráfico 24-3. Carga del motor en función del régimen - Ecopaís - CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.5.7. Comportamiento del factor lambda en la ruta recorrida - CS 1.5L

En la gráfica 25-3, se indica la relación entre el comportamiento del factor Lambda y la distancia recorrida de la ruta para ambos combustibles, el combustible Extra tiene un comportamiento más oscilante que varía entre 0.9, 1, 1.13 de factor lambda, mientras que el combustible Ecopaís varía entre 0.95, 1, 1.06 de factor lambda, el comportamiento de lambda para el combustible Extra nos refleja que durante la prueba el comportamiento de lambda fue más oscilante que en el combustible Ecopaís, por lo que se establece que el comportamiento del combustible Ecopaís fue mejor y logro un mejor desempeño con este combustible al no tener mucha variación entre mezcla rica y pobre y estar más cerca de una mezcla ideal (aire/ combustible).

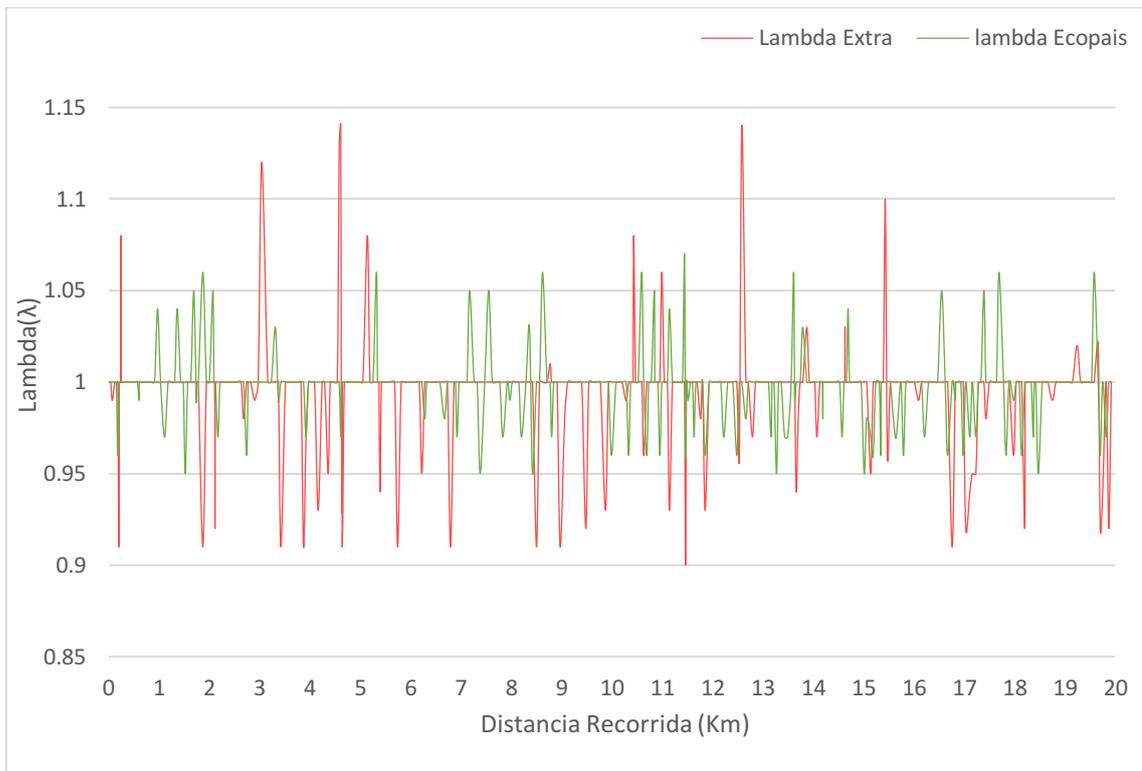


Gráfico 25-3. Comportamiento del Factor Lambda - Extra vs Ecopaís - CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.5.8. Comportamiento del CO2 en el ruta recorrida - CS 1.5L

En la gráfica 26-3, se indica la relación entre en comportamiento del CO2 promedio en g/Km en función al tiempo recorrido en segundos, en el combustible Extra se encuentra un mayor promedio de CO2 en el total del recorrido este va variando desde los 175 g/Km hasta los 220 g/Km como punto máximo y va descendiendo hasta alcanzar 160 g/Km mientras que el combustible Ecopaís que se encuentra menor proporción iniciando en 150 g/Km hasta 170g/Km como punto máximo y descendiendo hasta alcanzar 140 g/Km, el CO2 es un factor muy importante a tomar en cuenta en el gasto de combustible ya que una mayor emisión del gas CO2 tiene un mayor aumento de gasto de combustible.

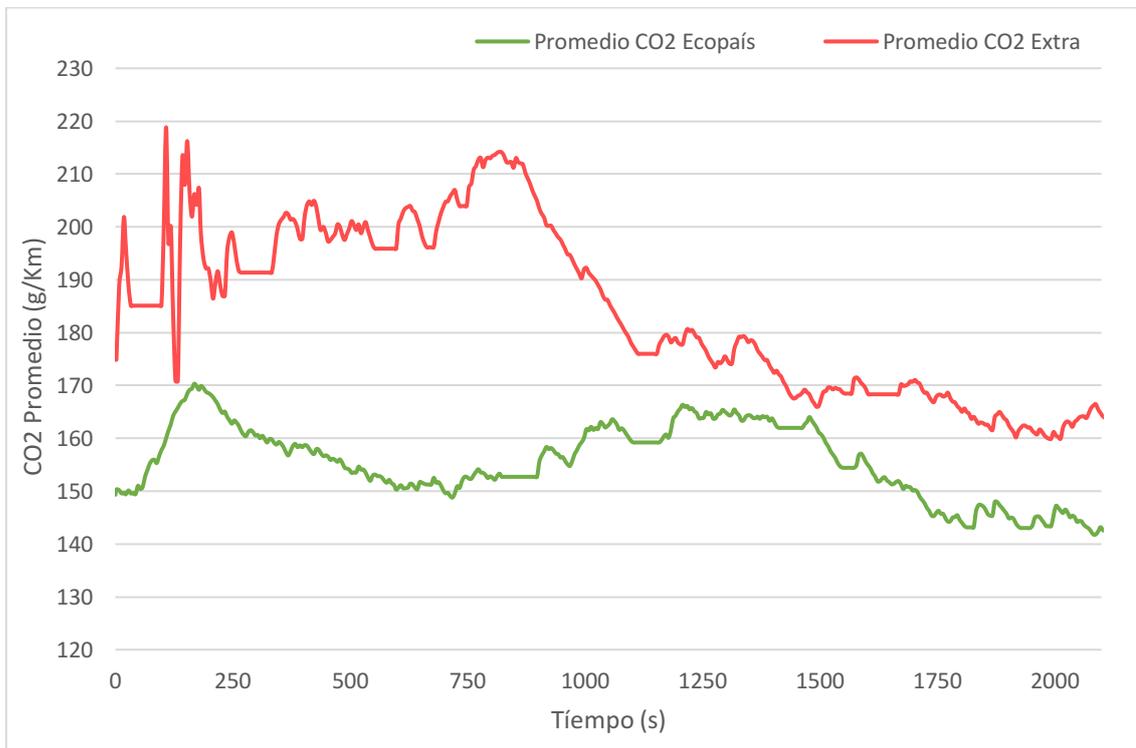


Gráfico 26-3. CO2 promedio Extra vs Ecopaís - CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.6. Consumo de combustible en tiempo real por tanque externo del vehículo CS 1.5L

Como se puede observar en la tabla 21-3, están los parámetros que se registró durante las 4 pruebas de ruta que se aplicó al vehículo Chevrolet Sail aplicando los dos tipos de combustible, calculando el rendimiento de cada litro en kilómetros recorridos. Como se puede observar en las gráficas 27-3 y 28-3, se establece gráficos de barras en donde se puede apreciar mejor los resultados en donde la relación del rendimiento de ambos combustibles denota una gran diferencia entre combustible Extra con el combustible Ecopaís.

Tabla 21-3: Comparación de gasolina Extra y Ecopaís - CS 1.5L

#	Gasolina Extra				Gasolina Ecopaís			
	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Velocidad Promedio (Km/h)	Consumo (Km/L)	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Velocidad Promedio (Km/h)	Consumo (Km/L)
Prueba 1	22.978	34.847	37.127	14.361	22.990	37.400	34.797	16.421
Prueba 2	21.829	33.933	37.989	14.175	21.830	36.550	35.106	15.705
Prueba 3	21.829	33.683	38.622	13.993	21.823	20.783	33.650	14.745
Prueba 4	21.830	36.500	35.539	14.651	21.830	37.050	34.844	14.651

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

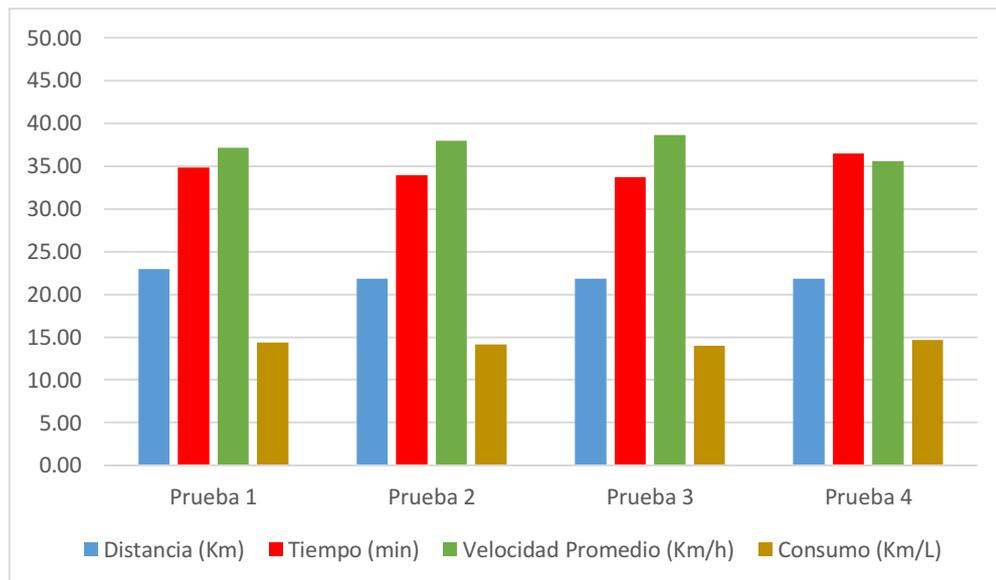


Gráfico 27-3. Distancia recorrida y consumo de combustible Extra - CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

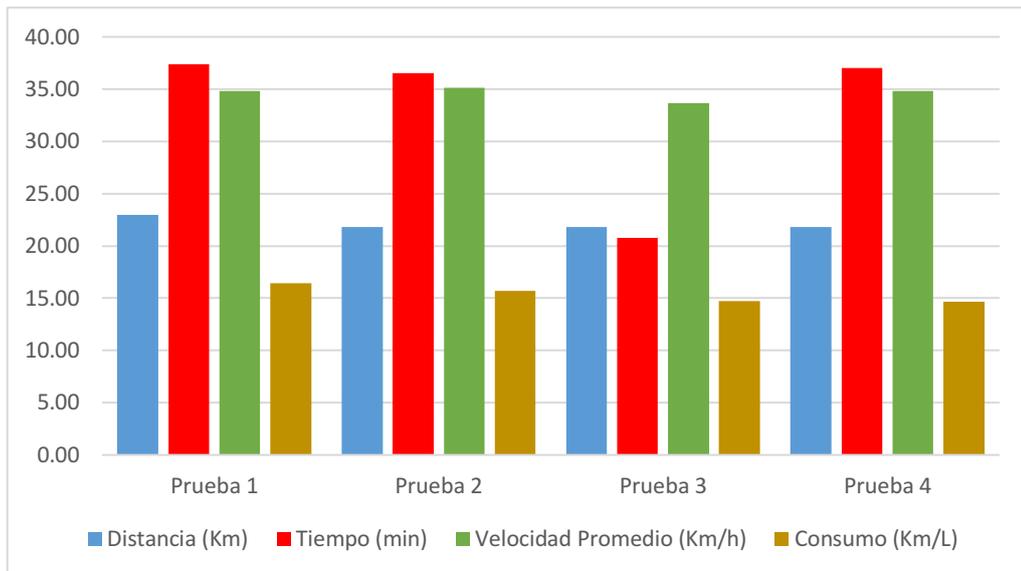


Gráfico 28-3. Distancia recorrida y consumo de combustible Ecopaís - CS 1.5L
Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.1.6.1. Rendimiento de combustible por tanque externo - CS 1.5L

Para este vehículo se realizó la misma ruta que se aplicó para el caso anterior, realizando 4 veces la ruta respectivamente, obteniendo así las siguientes tablas en donde se muestra el gasto de combustible en las gasolinas aplicadas en la investigación.

En la gasolina Extra se obtuvo tras recorrer un promedio de 21.82 Km un consumo de 1.548 litros, alcanzando 53.410 Km de rendimiento con un galón de gasolina.

Tabla 22-3: Rendimiento del combustible Extra - CS 1.5L

Pruebas	1	2	3	4	Promedio
Consumo en Litros	1.6	1.54	1.56	1.49	1.548
Rendimiento Km/L	13.638	14.169	13.987	14.644	14.109
Rendimiento Km/gal	51.624	53.635	52.947	55.435	53.410

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

En la gasolina Ecopaís se obtuvo tras recorrer un promedio de 21.82 Km un consumo de 1.440 litros, alcanzando 57.416 Km de rendimiento con un galón de gasolina.

Tabla 23-3: Rendimiento del combustible Ecopaís - CS 1.5L

Pruebas	1	2	3	4	Promedio
Consumo en Litros	1.4	1.39	1.48	1.49	1.44
Rendimiento Km/l	15.586	15.698	14.743	14.644	15.168
Rendimiento Km/gal	58.998	59.423	55.809	55.435	57.416

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Al momento de realizar una comparación entre las tablas 22-3 y 23-3, se puede denotar que tanto como el consumo y el rendimiento de combustible es mucho mejor en el caso del Ecopaís, en donde a breves rasgo se podrá decir que es mucho más recomendable el uso de dicho combustible ya que nos da un mayor rendimiento en kilómetros usando un galón de combustible.

3.2. Discusión de Resultados

3.2.1. Rendimiento de combustible instantáneo de los vehículos HA 1.6L y CS 1.5L

El rendimiento de combustible instantáneo real será calculado en función a la necesidad de combustible que el motor requiere bajo una demanda de carga en cierto régimen de revoluciones. Los datos se obtuvieron en una ruta periférica en la provincia de Chimborazo a una altura aproximada de 2876 msnm, por lo tanto, las condiciones de altura afectaran en la combustión del motor por la cantidad de oxígeno que ingresa a la cámara de combustión en consecuencia influirá en el gasto de combustible.

La Tabla 24-3, se muestra los dos vehículos y la comparación de los dos combustibles aplicados para las pruebas, en donde el método de la medición se dio por el dispositivo OBD II ELM327 y el tanque externo o también conocido como canister, en cómo se puede observar la variación entre estos métodos aplicando el mismo combustible es mínima, mientras que la diferencia entre los dos tipos de combustible ya es significativa.

Tabla 24-3: Rendimiento del combustible instantáneo

Vehículos	Parámetros	Rendimiento Instantáneo (Km/L)			
		Extra (Ext)		Ecopaís (Eco)	
		OBD II	Taq	OBD II	Taq
HA 1.6L	Prueba 1	12.72189	12.05000	14.14570	14.55705
	Prueba 2	13.77358	13.55625	14.13158	14.95862
	Prueba 3	13.44444	13.14545	15.07534	14.08442
	Prueba 4	13.02439	13.55625	14.15033	14.36424
	Promedio	13.24108	13.07699	14.37574	14.49108
CS 1.5L	Prueba 1	13.45399	13.55625	14.73103	15.49286
	Prueba 2	14.05844	14.08442	15.33566	15.60432
	Prueba 3	14.39869	13.90385	15.58993	14.65541
	Prueba 4	13.75000	14.55705	15.12500	14.55705
	Promedio	13.91528	14.02539	15.19541	15.07741

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

El rendimiento de los dos tipos de combustible en los vehículos se determina si tienen diferencia significativa a partir del siguiente método, se plantean hipótesis en donde si el valor P es mayor

que α , no se rechazará la hipótesis nula esto quiere decir que los promedios de los rendimientos entre los combustibles Extra y Ecopaís será igual. Si el valor P es menor que α , se rechazara la hipótesis nula, esto quiere decir que los promedios del rendimiento entre los combustibles Extra y Ecopaís serán diferentes.

Hipótesis nula Medidas iguales

Hipótesis alterna Mínimo una media diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Con la ayuda de la aplicación del análisis ANOVA (Tabla 25-3), para determinar si existe diferencia significativa entre los grupos experimentales en cuanto al rendimiento de combustible. La tabla ANOVA utiliza los resultados obtenidos a partir de la varianza del rendimiento en [Km/L] y de esta manera los divide en dos partes: la primera parte se denomina entre grupos, mientras que la segunda parte se denomina dentro de grupos.

El cociente entre las dos partes mencionadas anteriormente es 10.3296 a esto se denomina razón-F. Para determinar la existencia de una diferencia significativa se debe saber que el valor-P de la prueba-F debe ser menos que 0.05.

Tabla 25-3: ANOVA aplicado a los grupos experimentales del rendimiento instantáneo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16.6538	7	2.37912	10.33	0.0000
Intra grupos	5.5277	24	0.230321		
Total (Corr.)	22.1815	31			

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Para definir las medias si son significativas se utiliza el LSD de Fisher, en concreto la prueba llamada comparación múltiple de medias. Con ayuda de la tabla 26-3, se puede estipular que para el caso del rendimiento de combustible instantáneo con gasolina Extra y Ecopaís, existe diferencia significativa entre la medición con tanque y OBD II entre ambos vehículos, es decir, que va existir diferencia entre la medición del rendimiento en el HA_Taq y HA_OBD II con CS_Taq y CS_OBD II tanto para la gasolina Extra como para la gasolina Ecopaís, por el contrario, no existe diferencia significativa entre las mediciones en el mismo vehículo con tanque y OBD II empleando el mismo combustible.

Tabla 26-3: Método LSD del rendimiento instantáneo

Vehículos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
HA_Ext_Taq	4	13.077	X
HA_Ext_OBDII	4	13.2411	XX
CS_Ext_OBDII	4	13.9153	XX
CS_Ext_Taq	4	14.0254	X
HA_Eco_OBDII	4	14.3757	X
HA_Eco_Taq	4	14.4911	XX
CS_Eco_Taq	4	15.0774	XX
CS_Eco_OBDII	4	15.1954	X

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

En la gráfica 29-3, de cajas y bigotes se muestra la comparación de medias de los rendimientos instantáneos de combustible de los vehículos aplicado a la misma diferencia mínima significativa. En el HA 1.6L con la utilización del combustible Extra en la medición con OBD II se recorre 13.242 Km/L y con la utilización del tanque se recorre 13.077 Km/L, existiendo una diferencia del 1.24% entre el método de medición, por otra parte en el CS 1.5L en la medición con OBD II se recorre 13.915 Km/L y con la utilización del tanque se recorre 14.023 Km/L, existiendo una diferencia del 0.77% entre el método de medición. Por otra parte con la utilización del combustible Ecopaís en HA 1.6L en la medición con OBD II se recorre 14.376 Km/L y con la utilización del tanque se recorre 14.491 Km/L, existiendo una diferencia del 0.79% entre el método de medición, mientras que con el vehículo CS 1.5L con la medición del OBD II se recorre 15.195 Km/L y con la utilización del tanque se recorre 15.077 Km/L, existiendo una diferencia de 0.78% entre el método de medición. Por lo que la variación entre el método de medición tanto por OBD II como la utilización del tanque es mínima.

En el HA 1.6L con la utilización del combustible Extra se recorre 13.159 Km/L en promedio, en cambio para el CS 1.5L se recorre 13.970 Km/L en promedio, existiendo 5.81% de eficiencia, es decir que el CS 1.5L va hacer más eficiente que el HA 1.6L en ese valor de porcentaje. Por el contrario, en la utilización del combustible Ecopaís el HA 1.6L recorre 14.433 Km/L en promedio, por otro lado, para el CS 1.5L se recorre 15.136 Km/L en promedio, existiendo 4.64% de eficiencia, es decir que el CS 1.5L va hacer más eficiente que el HA 1.6L en ese valor de porcentaje.

En el HA 1.6L con la utilización del combustible Extra se recorre 13.159 Km/L en promedio, en cambio para el combustible Ecopaís se recorre 14.433 Km/L en promedio, existiendo 8.82% de eficiencia, es decir que el combustible Ecopaís es más eficiente que el combustible Extra para el

caso del HA 1.6L. Ahora con el CS 1.5L el combustible Extra nos da un rendimiento de 13.970 Km/L en promedio, en cambio con el combustible Ecopaís se recorre 15.136 Km/L, existiendo 7.70% de eficiencia, es decir que el combustible Ecopaís es más eficiente que el combustible Extra para el caso del CS 1.5L. Por lo tanto, va existir mayor rendimiento en el CS 1.5L que presta mejores resultados con el uso del combustible Ecopaís.

Según (Leguisamo et al., 2020: pp. 1-2) en el estudio realizado en el Chevrolet Aveo Family con combustible Extra se puede recorrer con un galón de combustible 25.352 Km lo que indica que el automóvil HA 1.6L en nuestro estudio logro alcanzar un mejor rendimiento del 49.10%, mientras que con el CS 1.5L se alcanzó un mejor rendimiento del 52.53%, por otra parte en el estudio realizado por (Morquecho, 2018: pp. 135-149) en un Chevrolet Aveo Family 2017 con combustible Ecopaís se puede recorrer con un galón de combustible 35.9 Km lo que indica que el automóvil HA 1.6L utilizado en las pruebas logro un mejor rendimiento del 34.94%, en cambio con el CS 1.5L se alcanzó un mejor rendimiento del 37.57%.

Finalmente (Nunige, 2018: pp. 7-15) plantea en su estudio con un vehículo Chevrolet Aveo 1.5L utilizando una gasolina de 85 octanos a una altura de 1500 msnm en Colombia se obtiene 13.3 Km/L, lo que indica que el automóvil HA 1.6L utilizando en las pruebas logro un menor rendimiento de 1.48% y para el CS 1.5L un mayor rendimiento del 4.79%.

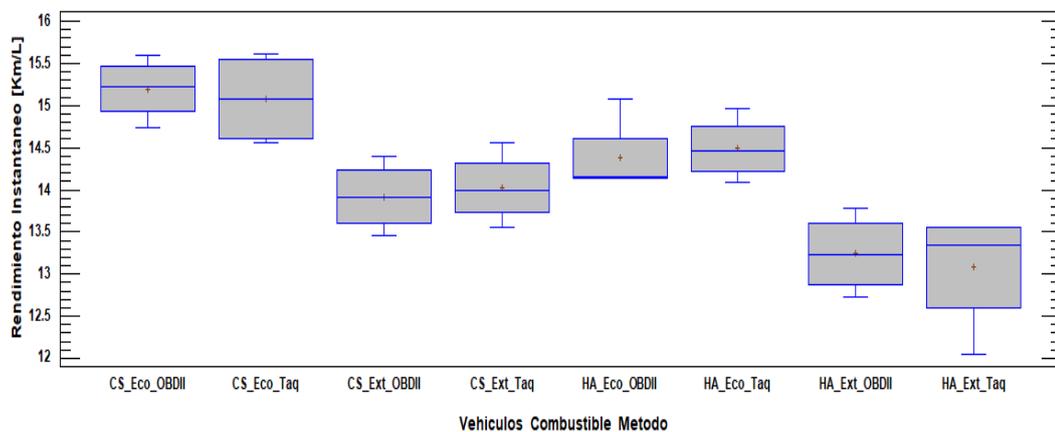


Gráfico 29-3. Gráfica de Cajas y Bigotes con el 95% de confianza del Rendimiento Instantáneo
Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

Con ayuda del diagrama de Pareto se puede analizar cómo influyen los factores sobre el rendimiento del combustible, donde el vehículo y el combustible son los factores principales que aportarían de manera positiva en el rendimiento instantáneo de combustible, por lo que se les considera altamente significativos.

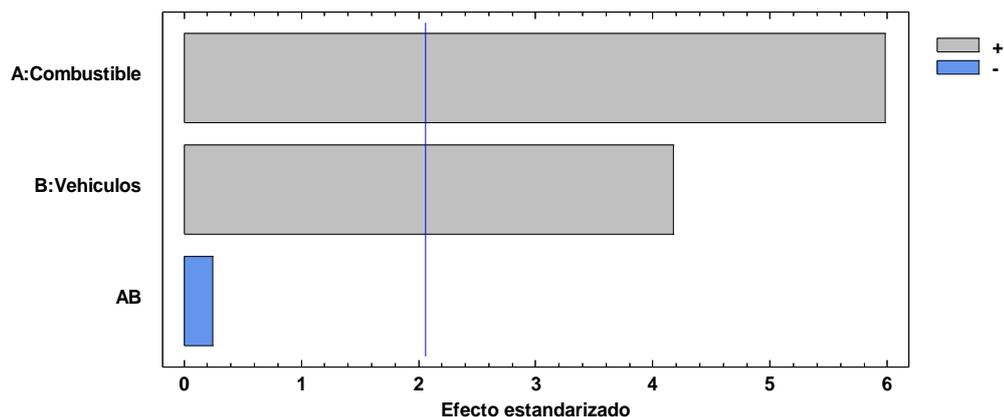


Gráfico 30-3. Diagrama de Pareto de los factores del Rendimiento Instantáneo
 Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

La superficie de respuesta es la relación entre el rendimiento instantáneo con el tipo de combustible y los dos vehículos empleados en el estudio, además proporciona con la ecuación de regresión que se ajusta a los datos obtenidos por los dos métodos, influyendo de manera positiva el factor de vehículos y combustible, en cambio la combinación de estos dos influye de manera negativa.

Con la ayuda del software Statgraphics, nos da la siguiente ecuación del rendimiento instantáneo en donde se va ajustan a los valores obtenidos de la tabla de datos en donde se puede observar con más claridad el comportamiento tanto de combustible como vehículos de manera positiva, pero en cambio al realizar la combinación de los dos se denota un comportamiento negativo.

$$\text{Rendimiento Instantáneo} = 12.9617 + 0.485257 * \text{Combustible} + 0.42762 * \text{Vehículos} - 0.0196179 * \text{Combustible} * \text{Vehículos}$$

En la gráfica 31-3 y la tabla 27-3, presenta los siguientes resultados, con mayor rendimiento podemos destacar que el vehículo CS 1.5L (1) al utilizar combustible Ecopaís (4) se obtuvo un rendimiento de 15.16 Km/L, así obteniendo una eficiencia del 6.98% mayor en relación al combustible Extra, ahora para el caso del HA 1.6L (-1) al utilizar combustible Ecopaís (4) se tiene el mayor rendimiento de 14.578 Km/L aumentando un 9.76% de eficiencia en relación al combustible Extra, la diferencia entre combustibles no es tan significativa, mientras que al momento de comparar los vehículos su diferencia tampoco es significativa ya que con el combustible Extra en él HA 1.6L se realiza un recorrido 13.155 Km por un litro de combustible, mientras que en el CS 1.5L utilizando el mismo combustible se recorre 14.109 Km por un litro, siendo así el CS 1.5L 6.46% más eficiente. Ahora aplicando el combustible Ecopaís el vehículo HA 1.6L recorre 14.578 Km por un litro, mientras que para CS 1.5L utilizando el mismo combustible se recorre 15.16 Km por un litro, siendo así el CS 1.5L 3.84% más eficiente. Como consecuencia el combustible Ecopaís brinda un mejor rendimiento en los automóviles estudiados, cabe recalcar que la cilindrada de cada vehículo influye directamente en el combustible utilizado.

Tabla 27-3: Valor máximo óptimo del rendimiento instantáneo

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Combustible (A)	1.0	4.0	4.0
Vehículos (B)	-1.0	1.0	1.0

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

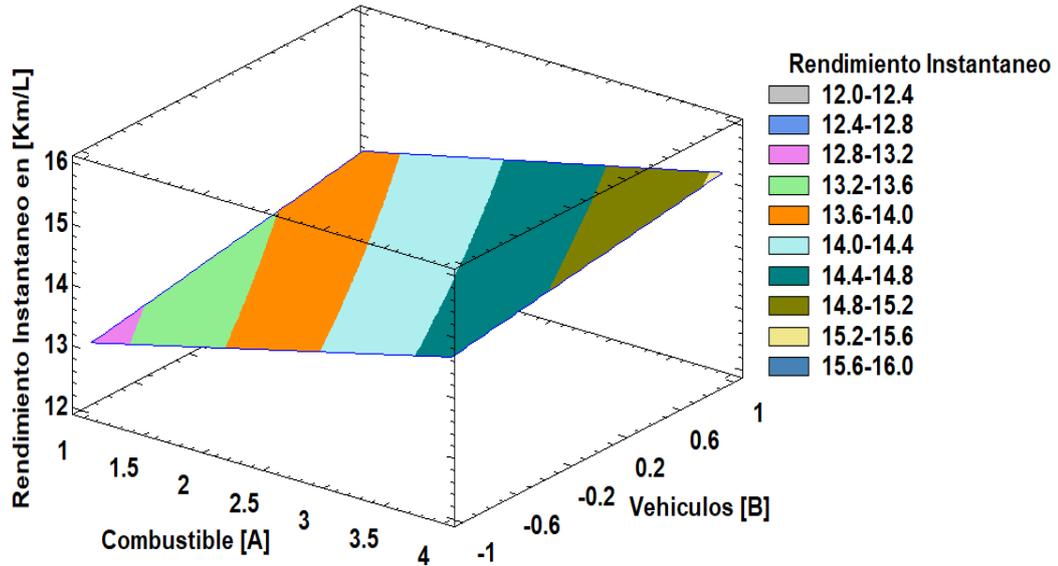


Gráfico 31-3. Superficie de Respuesta para el Rendimiento Instantáneo de los vehículos HA 1.6L y CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

3.2.2. Rendimiento de combustible a Largo Plazo de los vehículos HA 1.6L y CS 1.5L

En la tabla 28-3, se encuentra los promedios de los rendimientos a largo plazo que se obtuvo después de realizar la ruta establecida en las 4 pruebas impuestas al principio de la investigación, en donde se aprecia la comparación para obtener datos con ayuda del ELM327 y la obtención de datos mediante el tanque externo, como se aprecia en la tabla su diferencia es mínima al relacionar los dos métodos aplicando igual combustible, pero cambia significativamente al comparar entre los dos tipos de combustible.

Tabla 28-3: Rendimiento de combustible a Largo Plazo

Vehículos	Parámetros	Rendimiento a Largo Plazo (L/100Km)			
		Extra (Ext)		Ecopaís (Eco)	
		OBD II	Taq	OBD II	Taq
HA 1.6L	Prueba 1	7.6	8.2	6.9	6.8
	Prueba 2	7.4	7.3	6.8	6.6
	Prueba 3	7.2	7.9	6.9	7.1
	Prueba 4	7.8	7.3	7.3	6.9
	Promedio	7.5	7.7	7.0	6.9
CS 1.5L	Prueba 1	6.7	7.3	6.6	6.1
	Prueba 2	6.4	7.1	6.2	6.4
	Prueba 3	6.5	7.1	6.3	6.8
	Prueba 4	6.2	6.8	6.1	6.8
	Promedio	6.5	7.1	6.3	6.5

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Con la ayuda de la aplicación del análisis ANOVA (Tabla 29-3), para determinar si existe diferencia significativa entre los grupos experimentales en cuanto al rendimiento de combustible a largo plazo.

La tabla ANOVA utiliza los resultados obtenidos a partir de la varianza del rendimiento en [L/100Km] y de esta manera los divide en dos partes: la primera parte se denomina entre grupos, mientras que la segunda parte se denomina dentro de grupos.

El cociente entre las dos partes mencionadas anteriormente es 12.7377 a esto se denomina razón-F. Para determinar la existencia de una diferencia significativa se debe saber que el valor-P de la prueba-F debe ser menos que 0.05.

Tabla 29-3: ANOVA aplicado a los grupos experimentales del rendimiento a largo plazo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.79875	7	0.97125	12.74	0.0000

Intra grupos	1.83	24	0.07625		
Total (Corr.)	8.62875	31			

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

Para definir las medias si son significativas se utiliza el LSD de Fisher, en concreto la prueba llamada comparación múltiple de medias. En la tabla 30-3, se puede estipular que para el caso del rendimiento de combustible a largo plazo con gasolina Extra y Ecopaís, existe diferencia significativa entre la medición con tanque y OBD II entre ambos vehículos, es decir, que va existir diferencia entre la medición del rendimiento en el HA_Taq y HA_OBD II con CS_Taq y CS_OBD II tanto para la gasolina Extra como para la gasolina Ecopaís, por el contrario, no existe diferencia significativa entre las mediciones en el mismo vehículo con tanque y OBD II empleando el mismo combustible.

Tabla 30-3: Método LDS del rendimiento a largo plazo

Vehículos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CS_Eco_OBDII	4	6.3	X
CS_Ext_OBDII	4	6.45	XX
CS_Eco_Taq	4	6.525	XX
HA_Eco_Taq	4	6.85	XX
HA_Eco_OBDII	4	6.975	X
CS_Ext_Taq	4	7.075	X
HA_Ext_OBDII	4	7.5	X
HA_Ext_Taq	4	7.675	X

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

En la gráfica 32-3, de medias y 95% de Fisher LSD se muestra la comparación de medias de los rendimientos a largo plazo de combustible de los vehículos aplicado a la misma diferencia mínima significativa.

En el HA 1.6L con la utilización del combustible Extra en la medición con OBD II se recorre 7.5 L/100 Km y con la utilización del tanque se recorre 7.7 L/100Km, existiendo una diferencia del 2.59% entre el método de medición, por otra parte en el CS 1.5L en la medición con OBD II se recorre 6.5 L/100Km y con la utilización del tanque se recorre 7.1 L/100Km, existiendo una diferencia del 8.45% entre el método de medición. Por otra parte con la utilización del combustible Ecopaís en HA 1.6L en la medición con OBD II se recorre 7 L/100Km y con la utilización del tanque se recorre 6.9 L/100Km, existiendo una diferencia del 1.43% entre el método de medición, mientras que con el vehículo CS 1.5L con la medición del OBD II se recorre 6.3 L/100Km y con la utilización del tanque se recorre 6.5 L/100Km, existiendo una diferencia

de 3.08% entre el método de medición, la diferencia entre el método de medición tanto por OBD II como la utilización del tanque es mínima.

En el HA 1.6L con la utilización del combustible Extra se recorre 7.6 L/100Km en promedio, en cambio para el CS 1.5L se recorre 6.8 L/100 Km en promedio, existiendo 10.53% de eficiencia, es decir que el CS 1.5L va hacer más eficiente que el HA 1.6L en ese valor de porcentaje. Por el contrario, en la utilización del combustible Ecopaís el HA 1.6L recorre 6.95 L/100Km en promedio, por otro lado, para el CS 1.5L se recorre 6.4 L/100Km en promedio, existiendo 7.91% de eficiencia, es decir que el CS 1.5L va hacer más eficiente que el HA 1.6L en ese valor de porcentaje.

En el HA 1.6L con la utilización del combustible Extra se recorre 7.6 L/100 Km en promedio, en cambio para el combustible Ecopaís se recorre 6.95 L/100Km en promedio, existiendo 8.55% de eficiencia, es decir que el combustible Ecopaís es más eficiente que el combustible Extra para el caso del HA 1.6L. Ahora con el CS 1.5L el combustible Extra nos da un rendimiento de 6.8 L/100Km en promedio, en cambio con el combustible Ecopaís se recorre 6.4 L/100Km, existiendo 5.88% de eficiencia, es decir que el combustible Ecopaís es más eficiente que el combustible Extra para el caso del CS 1.5L. Por lo tanto, va existir mayor rendimiento a largo plazo en el CS 1.5L que presta mejores resultados con el uso del combustible Ecopaís.

Según (Calva y Flores, 2020: pp. 6-40) en el estudio realizado en la ciudad de Riobamba a 2700 msnm con gasolina Extra en vehículos con cilindrada entre 1400 y 1600 centímetros cúbicos se obtuvo con un gasto de combustible de 7.95 L/100 Km por lo que se demuestra que en el estudio los vehículos utilizados para la investigación alcanzaron mejor eficiencia, en el caso del HA 1.6L se obtiene 4.40% de aumento del rendimiento a largo plazo, mientras que para el CS 1.5L es más eficiente con el 14.46% en rendimiento a largo plazo, en cambio (Lima y Gálvez, 2016: pp. 5-10) en el estudio realizado en la ciudad de Cuenca a una altitud de 2560 msnm en vehículos de categoría M1 con una cilindrada 1800 cc. Chevrolet Optra del año 2008 con combustible Extra consumo 15 L/100km, en comparación al HA 1.6L que obtuvo un rendimiento del 49.33% mayor, mientras que para el CS 1.5 obtiene un rendimiento mayor del 54.66%.

Finalmente (García Joya, 2013: pp. 5-8) en el estudio de gran altura ubicado 2500 msnm en Colombia con un vehículo deportivo SUV (motor a gasolina) de cilindrada de 3956 cc. se obtuvo un consumo promedio de 12.18 L/100 Km con combustible de 85 octanos, en comparación al HA 1.6L se obtiene un mayor rendimiento del 37.60%, mientras que para el CS 1.5L se obtiene una eficiencia mayor con el 44.10% de rendimiento a largo plazo.

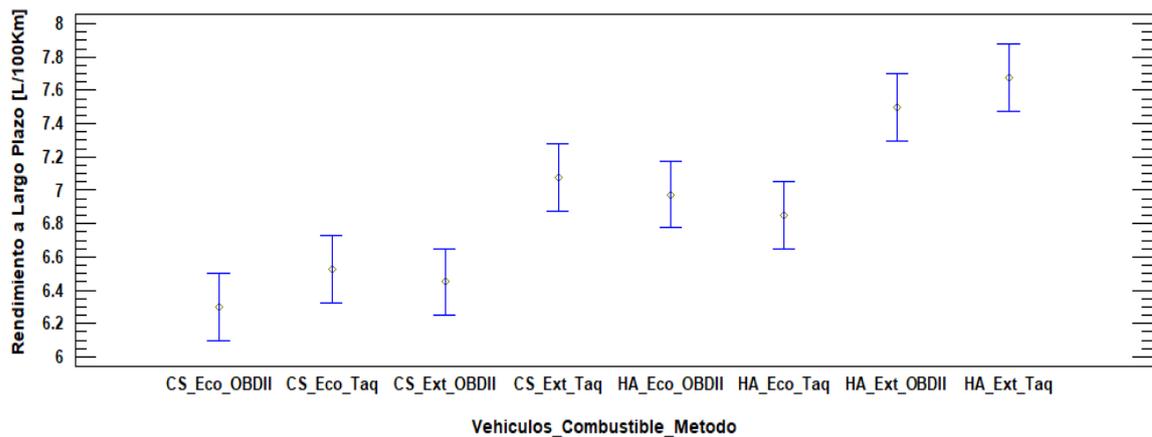


Gráfico 32-3. Medias y 95% de Fisher LSD para rendimiento a largo plazo
 Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

Con ayuda del diagrama de Pareto se puede analizar cómo influyen los factores sobre el rendimiento del combustible, donde el vehículo y el combustible son los factores principales que aportarían de manera negativa en el rendimiento de combustible a largo plazo, mientras que la combinación de ambos aporta de manera positiva, por lo que se les considera altamente significativos.

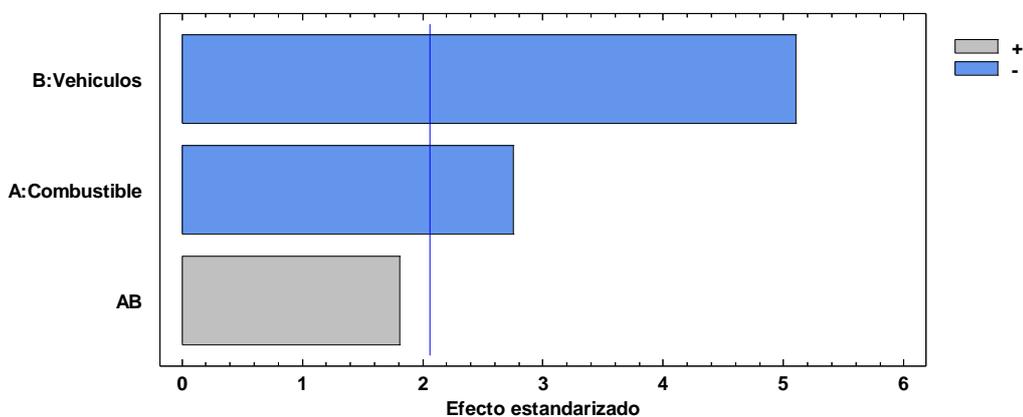


Gráfico 33-3. Diagrama de Pareto del Rendimiento a Largo Plazo
 Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

La superficie de respuesta es la relación entre el rendimiento a largo plazo con el tipo de combustible y los dos vehículos empleados en el estudio, además nos ayuda con la ecuación de regresión que se ajusta a los datos obtenidos por los dos métodos, influyendo de manera negativa el factor de vehículos y combustible, en cambio la combinación de estos dos influye de manera positiva.

Con la ayuda del software Statgraphics, nos da la siguiente ecuación del rendimiento a largo plazo en donde se va ajustan a los valores obtenidos de la tabla de datos en donde se puede observar con más claridad el comportamiento tanto de combustible como vehículos de manera negativa, pero en cambio al realizar la combinación de los dos se denota un comportamiento positivo.

$$\text{Rendimiento a Largo Plazo} = 7.31875 - 0.16 * \text{Combustible} - 0.59375 * \text{Vehículos} + 0.105 * \text{Combustible} * \text{Vehículos}$$

La gráfica 34-3 y la tabla 31-3, presenta los siguientes resultados, con mayor rendimiento a largo plazo podemos destacar que el vehículo CS 1.5L (1) al utilizar combustible Ecopaís (4) se obtuvo un rendimiento de 6.4 L/100 Km, así obteniendo una eficiencia del 5.88% mayor en relación al combustible Extra, ahora para el caso del HA 1.6L (-1) al utilizar combustible Ecopaís (4) se tiene el mayor rendimiento de 6.95 L/100 Km aumentando un 8.55% de eficiencia en relación al combustible Extra, la diferencia entre combustibles no es tan significativa, mientras que al momento de comparar los vehículos su diferencia tampoco es significativa ya que con el combustible Extra en él HA 1.6L se realiza consumo 7.6 litros en 100 kilómetros, mientras que en el CS 1.5L utilizando el mismo combustible consumo 6.8 litros en 100 kilómetros, siendo así el CS 1.5L 10.53% más eficiente. Ahora aplicando el combustible Ecopaís el vehículo HA 1.6L consumo 6.95 litros en 100 Km, mientras que para CS 1.5L utilizando el mismo combustible se recorre 6.4 litros en 100 Km, siendo así el CS 1.5L 7.91% más eficiente. Como consecuencia el combustible Ecopaís nos brinda un mejor rendimiento a largo plazo en los automóviles estudiados, cabe recalcar que también un factor importante es la cilindrada que afecta directamente al consumo de combustible.

Tabla 31-3: Valor mínimo óptimo para el rendimiento a largo plazo

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Combustible	1.0	4.0	4.0
Vehículos	-1.0	1.0	1.0

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020

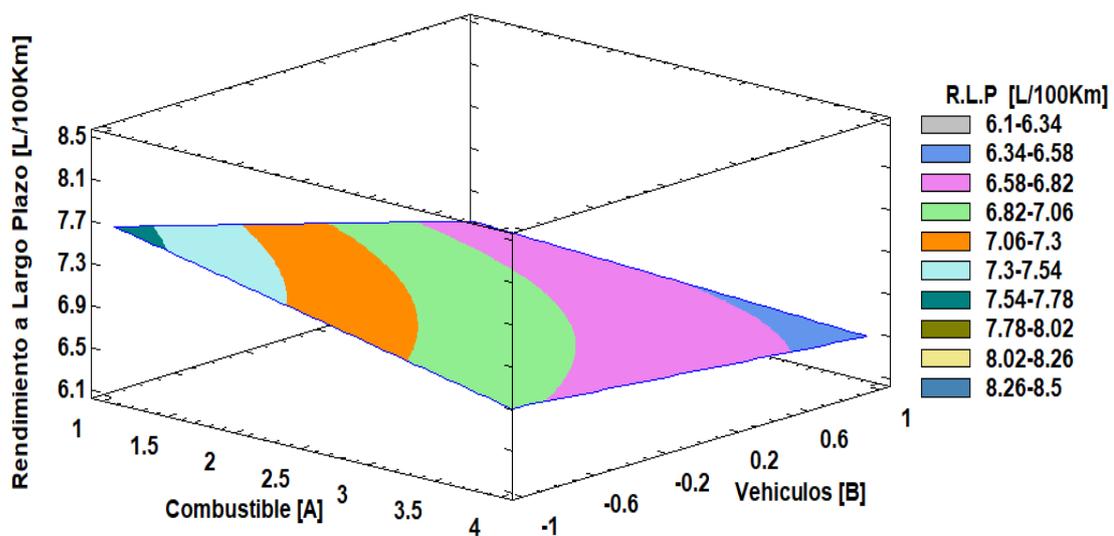


Gráfico 34-3. Superficie de Respuesta para el Rendimiento a Largo Plazo de los vehículos HA 1.6L y CS 1.5L

Realizado por: Murillo F. & Usca H., 2021

CONCLUSIONES

Con los resultados de este estudio y su análisis se puede extraer los siguientes datos relevantes:

- Se logró fundamentar los principios del consumo de combustible, de esta forma se construyó una ruta adecuada tomando en cuenta aspectos como altitud, longitud y la pendiente de la carretera obteniendo como resultados con ayuda del VSP pendientes que oscilan entre -15% y 15% es decir en grados de inclinación que van variando entre -8.5° y 8.5° la pendiente se puede encontrar que las secciones que están cuesta abajo tienen más probabilidad de tener un VSP negativo con un valor mínimo de -10 kW/t y por lo tanto tendrá un bajo valor de consumo de combustible, mientras que las pendientes empinadas de la carretera tienen un VSP promedio alto que indica un alto consumo de gasolina para tramos cuesta arriba con un valor máximo de 15 kW/t, de esta manera establecemos que cuando el vehículo tiene que recorrer por pendientes más inclinadas la carga producida por el motor será mayor y consumirá mayor cantidad de combustible.
- El combustible Ecopaís presta un mejor comportamiento en comparación al combustible Extra en ambos vehículos, en el caso del vehículo HA 1.6L se evidencia con la utilización del combustible Extra se recorre 13.159 Km/L o 7.6 L/100 Km, en cambio para el combustible Ecopaís se recorre 14.433 Km/L o 6.95 L/100Km, en cambio para el vehículo CS 1.5L el combustible Extra nos da un rendimiento de 13.970 Km/L o 6.8 L/100Km, mientras que con el combustible Ecopaís se recorre 15.136 Km/L o 6.4 L/100Km, estos datos son obtenidos a partir de los promedios en ambas mediciones en donde se evidencia que existe reducción en el gasto combustible y por ende existirá un mejor rendimiento en la distancia recorrida por cantidad de combustible utilizado.
- Los valores de rendimiento de combustible son superiores al utilizar combustible Ecopaís puesto que en él HA 1.6L brinda 8.55% más de rendimiento a largo plazo en relación al combustible Extra, aplicando el mismo caso para el CS 1.5L el combustible Ecopaís brinda un 5.88% más, en comparación al combustible Extra, esta comparación se da a partir de un promedio entre los dos métodos de medición utilizada para el estudio.
- Se determinó que la forma más exacta de medición se logra a partir del tanque externo o canister puesto que se considera que brinda mayor precisión al momento de la toma de datos porque se trabaja directamente con los combustibles utilizados comparando volúmenes iniciales y finales, de otra manera al momento de la medición por OBD II no se le considera muy exacta por el motivo de que existe caída de señal en ciertos tramos de la prueba, además de esto la información que es enviada por la ECU de vehículo sufre un retraso mínimo que no lo hace eficaz en su totalidad, por esta manera existe una variación del 2% al 5% en la aplicación entre ambos métodos.

RECOMENDACIONES

- Al momento de seleccionar los vehículos de prueba, se debe considerar la compatibilidad del protocolo de comunicación que posee el vehículo con respecto al dispositivo OBD II ELM327.
- Considerar la selección de los PIDs y el sistema de unidades que posee el software “Torque Pro” para teléfonos celulares, con ello logramos evitaras datos innecesarios dentro del documento tipo “.csv” que comparte la aplicación.
- Se recomienda la correcta instalación del tanque externo de combustible controlando la presión de alimentación, evitando que exista fugas de combustible con la finalidad de evitar daños en los componentes del vehículo.
- Después de realizar las pruebas utilizando distintos combustibles realizar un mantenimiento preventivo de las partes del motor, como inyectores, bujías, filtros de combustible, etc.
- Se recomienda realizar las pruebas de ruta utilizando un solo conductor para la mejor obtención de los datos.

BIBLIOGRAFÍA

AEADE. "Sector Automotor en cifras". *Asociación de empresas automotrices del Ecuador* [En línea], 2020 (Ecuador) 1(48), pp. 7-13. [Consulta 1 de octubre 2020]. Disponible en: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/10/Boletin-Sector-en-cifras-48-resumen-en-espanol.pdf>

BLAFUSEL. *Lista de vehículos OBD-2* [Blog]. Alemania: 2020. [Consulta: 02 de febrero 2021]. Disponible en: https://www.blafusel.de/obd/obd2_scanned.php?order=interf

CALVA MONTOYA, & FLORES DIAZ. Obtención del ciclo de conducción urbano para la ciudad de Riobamba en horas pico y no pico mediante la recolección de datos de los factores de operación y consumo energético obtenido por un dispositivo OBD II [En línea] [Trabajo de titulación]. (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 2020. pp. 6-40. [Consulta: 8 de octubre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13823/1/65T00342.pdf>

CORRAL, Álvaro; et al. "Oportunidades de evaluación de eficiencia energética en el transporte terrestre en Ecuador". *INER* [En línea], 2017, (Ecuador) 84(200). [Consulta: 30 octubre 2020] ISSN 0012-7353. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532017000100309&lng=es&nrm=iso&tlng=en

EL COMERCIO. *El nuevo octanaje de la gasolina en el Ecuador* [Blog]. Ecuador: 2012. [Consulta: 14 de octubre 2020]. Disponible en: <https://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/>

GARCÍA JOYA, Luis. Efecto de la altura en el desempeño de un vehículo a gasolina [En línea] [Trabajo de Titulación]. (Maestría) Universidad de Los Andes Bogotá, D.C. 2013. Colombia. pp. 5-8. [Consulta: 16 de diciembre 2020]. Disponible en:

IIGE (Instituto de Investigación Geológico y Energético). *Balance Energético Nacional* [Blog]. Ecuador: 2018. [Consulta: 14 de octubre 2020]. Disponible en: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2018.pdf>

JIANGCHUAN HU; & FREY, CHRISTOPHER, F. "Comparison of Real-World Light-Duty Gasoline Vehicle Emissions for High Altitude Mountainous Versus Low Altitude Piedmont Study Areas". *Annual Conference and Exhibition, Air & Waste Management Association* [En línea], 2017, (Estados Unidos), pp. 5-6. [Consulta: 13 de febrero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327449194_Comparison_of_Real_World_Light-Duty_Gasoline_Vehicle_Emissions_for_High_Altitude_Mountainous_Versus_Low_Altitude_Piedmont_Study_Areas

KITOSDEV-CMS ©. *Dispositivos ELM327* [Blog]. 2017. [Consulta 02 de febrero 2021]. Disponible en: <https://obd2-elm327.es/elm327-informacion-dispositivos>

LEGUISAMO, Julio; et al. "Impact of Ecodriving on fuel emissions and consumption on road of Quito". *Emisiones contaminantes y consumo de combustible de un motor a gasolina al aplicar Ecodriving en ciudades montañosas y de altura* [En línea], 2020, (Ecuador), pp. 1-2. [Consulta: 28 noviembre 2020] ISSN 1390-6542. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338955856_Impact_of_Ecodriving_on_fuel_emissions_and_consumption_on_road_of_Quito

LEÓN JIMÉNEZ, & CARLOS MARIO. Estimación del consumo de combustible mediante la determinación de ciclos de conducción representativos en Bucaramanga, Santander [En línea] [Trabajo de Titulación]. (Pregrado) Universidad Autónoma de Bucaramanga. Colombia. 2019. pp. 61-68. [Consulta: 28 de diciembre 2020]. Disponible en: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7051/2019_Tesis_Carlos_Mario_De_Le%c3%b3n_Jim%c3%a9nez_Neira.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LIANG QU; et al. "Dependence of pollutant emission factors and fuel consumption on driving conditions and gasoline vehicle types". *Atmospheric Pollution Research* [En línea], 2020, (China) 12(2). [Consulta: 30 de octubre 2020] ISSN 1309-1042. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1309104220303135?via%3Dihub>

LIMA OYOLA, & GÁLVEZ SANDOVAL. Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el centro histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de ciclos de conducción [En línea] [Trabajo de titulación]. (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Matriz Cuenca. Ecuador. 2016. pp. 5-10. [Consulta: 16 de octubre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12167/1/UPS-CT006109.pdf>

LIN HU; et al. "Optimal Route Algorithm Considering Traffic Light and Energy Consumption". *IEE Access* [En línea], 2018, (China) 6, pp. 1-10. [Consulta: 12 de noviembre 2020] ISSN 2619-3536. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8470928>

LÓPEZ MENA. Análisis de la incidencia del consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes de los automotores a gasolina de la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga mediante la propuesta de un protocolo de conducción eficiente [En línea] [Trabajo de Titulación]. (Pregrado) Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador. 2016. pp. 18-19. [Consulta: 20 de diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11845/1/T-ESPEL-MAI-0567.pdf>

MARTÍNEZ TAYUPANDA, & ROMERO ROMERO. Preparación y Repotenciación del motor de un vehículo Suzuki Forza 993 cm³ para competición [En línea] [Trabajo de Titulación]. (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 2012. p. 42. [Consultada: 8 de

octubre 2020]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2289/1/65T00044.pdf>

MERNNR (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables). *Estadísticas Hidrocarburífera* [Blog]. Ecuador: 2018. [Consulta: 6 de diciembre 2020]. Disponible en:
https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/ESTADISTICA-HIDROCARBURIFERA-DERIVADOS-2018_DAIEH.pdf

MORQUECHO ANDRADE, Fredy. "Análisis de Rendimiento y Costo de los Combustibles Ecopaís y Super". *INNOVA RESEARCH JOURNAL* [En línea], 2018, (Ecuador) 3(10.1), pp. 135-149. [Consulta: 19 de octubre 2020] ISSN 2477-9024. Disponible en:
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3785/12/An%C3%A1lisis%20de%20Rendimiento%20y%20Costo%20de%20los%20Combustibles%20Ecopa%C3%ADs%20y%20Super.pdf>

MUNICIPIO DE RIOBAMBA. *Plan de Movilidad Informes FASE II y III 2020* [Blog]. Ecuador: 2019. [Consulta 02 de diciembre 2020]. Disponible en:
<http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/descarga/category/1126-plan-de-movilidad-2020#>

NUNIGE, OLIVIER. Evaluación y comparación de métodos de medición consumo de combustible para laboratorio y ruta en un vehículo liviano [En línea] [Trabajo de Titulación]. (Pregrado) Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 2018. pp. 7-15. [Consulta: 02 de diciembre 2020]. Disponible en:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/9465/T629.2538%20N972.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

OROZCO, M. (6 de agosto de 2018). Ecopaís es la gasolina con más demanda. *El Comercio*. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecopais-gasolina-demanda-subsidios-combustibles.html>

PACHECO, M. (29 de enero de 2020). El consumo de gasolina bajo por primera vez, en una década. *El Comercio*. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/consumo-gasolina-reduccion-petroecuador-demanda.html>

PÉREZ, Diego. "Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales". *INNOVA RESEARCH JOURNAL* [En línea], 2017, (Ecuador) 3(3), pp. 23-34. [Consulta: 25 de noviembre 2020] ISSN 2477-9024. Disponible en:
<http://201.159.222.115/index.php/innova/article/view/635/597>

S.P.M. *Torque PRO Scanner Automotriz en tu Teléfono* [Blog]. Ecuador: 2020. [Consulta: 02 de febrero 2021]. Disponible en: <https://www.soloparamecanicos.com/torque-pro-scanner-automotriz/>

SAE 3.9:2016. *SAE International Technical Paper Style Guid-. Appendix B: Color Guidelines – published*

URGILÉS SANCHEZ, & ERREYES ERREYES. Análisis de la influencia del combustible Ecopaís en emisiones contaminantes y prestaciones de un vehículo Chevrolet Grand Vitara como prototipo en la ciudad de Cuenca [En línea] [Trabajo de Titulación]. (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Matriz Cuenca. Ecuador. 2018. pp. 3-4. [Consulta: 19 de octubre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15324/1/UPS-CT007539.pdf>

VILLAFUERTE Mario, & PABON Pablo. Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales [En línea] [Artículo de Investigación]. (Pregrado) Universidad Internacional del Ecuador. Ecuador. 2017. pp. 13-15. [Consulta: 15 de diciembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2299>

WYATT, David; et al. "Examen de la influencia de la pendiente de la carretera en la potencia específica del vehículo (VSP) y la emisión de dióxido de carbono (CO₂) durante un ciclo de conducción del mundo real". *SAE* [En línea], 2013, (Inglaterra), pp. 2-14. [Consulta: 19 de noviembre 2020]. ISSN 0148-7191. Disponible en: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2013-01-1518/>

ANEXOS

ANEXO A: INSTALACIÓN DE TANQUE EXTERNO A LAS TOMAS DE ENTRADA Y RETORNO DE COMBUSTIBLE



Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO B: MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL CONJUNTO DE INYECTORES



Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO C: COMPROBACIÓN DEL CAUDAL DEL CONJUNTO DE INYECTORES



Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO D: MEDICIÓN DEL COMBUSTIBLE



Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO E: COLOCACIÓN DEL COMBUSTIBLE MEDIDO AL TANQUE EXTERNO



Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO F: EXTRACCIÓN DEL COMBUSTIBLE RESTANTE DESPUÉS DE LA PRUEBA PARA TOMA DE DATOS



Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO G: INTERFAZ DEL TORQUE PRO, DATOS EN VIVO



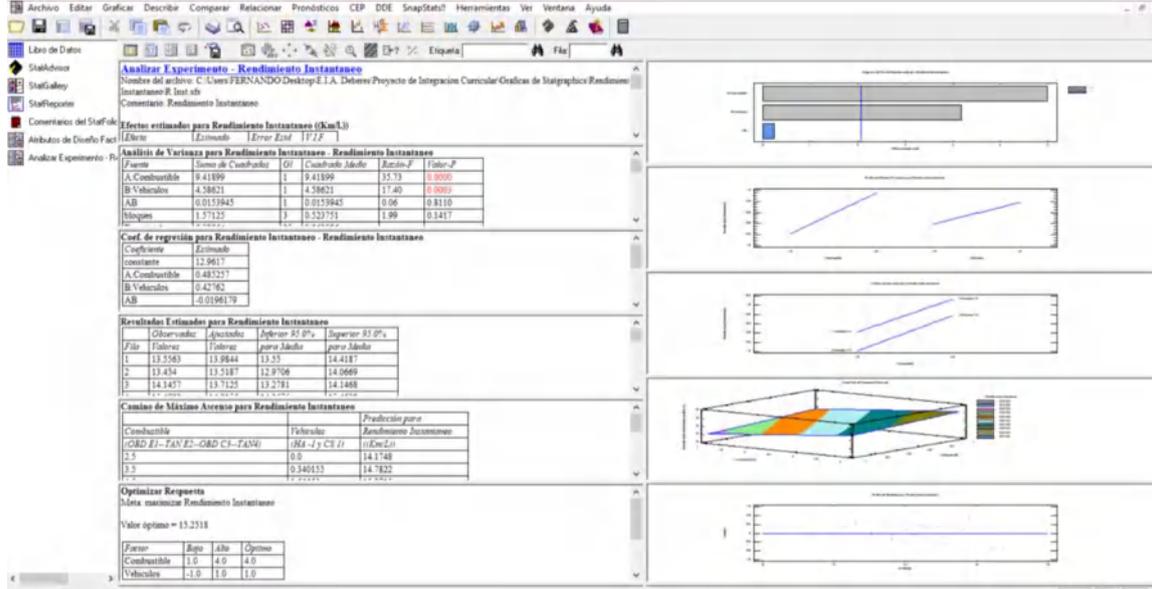
Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO H: DATOS EXTRAÍDOS MEDIANTE LA APLICACIÓN TORQUE PRO

J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	
Gly)	G(z)	G(calibrated)	Actual engine Fuel used (trip)	Fuel flow rate Kilometers Pe	Kilometers Pe	Litres Per 100	Trip average %	Engine Load(%)	Fuel flow rate Litres Per 100	Torque(Nm)	Trip average L	Fuel pressure	Air Fuel Ratio	Fuel Rate (d				
2	7.96	6.08	0.04	-	1.28	90.27	11.44	0	5.2	21.57	21.41	8.74	-	19.22	-	9.76	-	
3	7.64	6.04	0	-	1.28	90.27	11.44	0	5.2	15.29	21.41	8.74	-	19.22	-	9.76	-	
4	7.4	5.4	0.04	-	1.28	90.27	11.44	0	5.2	20	21.41	8.74	-	19.22	-	9.76	-	
5	7.74	6.37	0	-	1.28	4.92	11.44	20.31	5.2	48.24	21.41	8.74	-	19.22	-	9.76	-	
6	7.73	6.94	0.15	-	0	0	90.27	12.52	0	12.52	26.67	0	7.99	6.05	7.99	-	9.07	-
7	7.78	6.32	0.05	-	0.01	5.76	2.78	5.92	36.01	5.92	53.33	96.02	16.89	69.35	16.89	-	9.76	-
8	7.91	5.29	-0.01	-	0.02	6.63	4.37	4.14	22.88	4.14	72.94	110.58	24.17	59.96	24.17	-	9.76	-
9	7.46	6.8	0.05	-	0.03	7.77	5.54	4.21	18.06	4.21	32.55	129.45	23.76	35.94	23.76	-	10.26	-
10	8.74	4.37	0.03	-	0.03	8.83	3.85	5.49	25.96	5.49	90.2	147.13	18.23	-	18.23	-	9.76	-
11	9.09	4.22	0.05	-	0.05	9.06	3.87	5.13	25.87	5.13	89.02	150.92	19.51	9	19.51	-	9.76	-
12	8.29	5.2	0.03	-	0.06	10.1	3.86	4.82	25.9	4.82	89.8	168.35	20.73	17.44	20.73	-	9.76	-
13	7.95	5.93	0.04	-	0.07	9.16	5.35	4.68	18.69	4.68	54.9	152.61	21.35	36.52	21.35	-	9.76	-
14	5.72	9.88	0.09	-	0.08	4.08	12.98	4.89	7.7	4.89	14.12	68.03	20.43	18.87	20.43	-	10.26	-
15	8.74	6.65	0.14	-	0.09	8.25	3.76	5.55	26.61	5.55	89.41	137.46	18	19.53	18	-	9.76	-
16	8.66	6.2	0.1	-	0.1	8.78	3.99	5.38	25.08	5.38	88.63	146.29	18.6	18.6	18.6	-	9.76	-
17	8.05	5.97	0.05	-	0.11	9.05	3.87	5.23	25.85	5.23	89.02	150.79	19.11	18.54	19.11	-	9.76	-
18	7.89	6.26	0.04	-	0.13	11.2	3.84	5.01	26.06	5.01	90.98	186.73	19.97	17.44	19.97	-	9.76	-
19	8.24	5.09	-0.01	-	0.14	12.72	3.77	4.88	26.5	4.88	89.41	212.02	20.5	27.38	20.5	-	9.76	-
20	7.86	5.22	0.03	-	0.16	13.61	4.19	4.73	23.88	4.73	80	226.83	21.14	28.09	21.14	-	9.76	-
21	7.32	6.52	0.02	-	0.18	16.3	3.8	4.65	26.29	4.65	90.2	271.7	21.5	17.99	21.5	-	9.76	-
22	7.21	5.26	-0.03	-	0.2	12.54	5.19	4.77	19.29	4.77	89.8	208.93	20.95	32.61	20.95	-	9.76	-
23	8.35	5.98	0.07	-	0.22	13.22	5.07	4.8	19.73	4.8	89.8	220.28	20.85	16.58	20.85	-	9.76	-
24	7.72	6.45	0.05	-	0.24	13.51	5.11	4.72	19.58	4.72	89.41	225.22	21.19	12.43	21.19	-	9.76	-
25	7.66	6.06	0.02	-	0.25	3.39	19.77	4.85	5.06	4.85	14.51	56.47	20.61	-	20.61	-	10.26	-
26	7.66	6.51	0.04	-	0.26	11.06	5.06	5.01	19.74	5.01	89.8	184.27	19.95	11.98	19.95	-	9.76	-
27	8.26	5.27	0.06	-	0.27	11.56	4.93	5.01	20.28	5.01	90.59	192.67	19.95	12.04	19.95	-	9.76	-
28	8.13	5.34	0.03	-	0.29	11.65	5.06	5.07	19.75	5.07	27.45	194.18	19.72	11.69	19.72	-	9.76	-
29	8.16	6.14	0.1	-	0.3	4.78	11.93	5.13	8.38	5.13	19.22	79.62	19.49	12.35	19.49	-	9.76	-

Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO I: TABULACIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOFTWARE STATGRAPHICS



Realizado por: Murillo, F & Usca, H, 2020.

ANEXO J: NORMA SAE PARA EL ESTILO DE COLORES DE GRAFICAS ESTADÍSTICAS

Appendix B: Color Guidelines

COLOR

Color Palette

Our color palette is contemporary and vibrant, reflecting our energy and enthusiasm. It's a mix of warm and cool hues that work universally across our design system.

The palette consists of seven colors—two from our logo—supplemented by white, three grays and black.

These are the only colors used. Do not add colors to our palette.

Color-Pairing Strategy

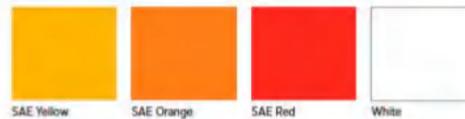
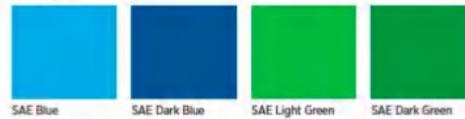
Each color, whether warm or cool, has a dark variation and a lighter counterpart. They are generally paired together in this manner.

While our colors work harmoniously, pairings must be analogous, such as a yellow background used with an orange (or white) headline and subheads.

Non-analogous pairings should never be used, for instance, pairing a yellow background with green or blue text.

The lighter color is always used as the background color. This creates the correct staging color for the Supergraphic in its analogous color variation.

Color Palette



Color Pairings



Realizado por: (SAE, 2016).

ANEXO K: TABLA DE COMPATIBILIDAD DEL DISPOSITIVO ELM327 PARA MODELOS DE VEHÍCULOS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Fabricante	Modelo	Año	Combustible	Interfaz / software	Comunicacion	Adaptador USB	Protocolo	PID
2	Alfa Romeo	2.4 JTD 20 V	2004	diesel	ELM 327	si	si		
3	Alfa Romeo	156 2.4 JTD	2002	diesel	ELM 327	si	si		
4	Alfa Romeo	156 2.0 cucharaditas	1998	gasolina	ELM 327	si	si		
5	Alfa Romeo	156 2.0TS carro deportivo	2001	gasolina	ELM 327	si	No	ISO 9141-2	
6	Alfa Romeo	156 VAGON DEPORTIVO	2001	diesel	ELM 327	si	No		
7	Alfa Romeo	156 sw	2001	diesel	ELM 327	No	No		
8	Alfa Romeo	159 Jtdm 1,9	2007	diesel	ELM 327	si	si	ISO 9141-2	
9								ISO 14230-4	
10	Alfa Romeo	166	2000	gasolina	ELM 327	si	si		
11	Alfa Romeo	166 2.4 JTD	2001	diesel	ELM 327	No	si		
12	Alfa Romeo	GTV TS 2.0	1998	gasolina	ELM 327	si	No	ISO 14230-4	
13	Alfa Romeo	camioneta gemela chispa	2001	gasolina	ELM 327	si	No		
14	Audi	A4	2001	diesel	ELM 327	si	No	ISO 9141-2	
15	Audi	a4	2005	diesel	ELM 327	si	si		
16	Audi	A4 B5	1995	gasolina	ELM 327	No	No		
17	Audi	A4 B5 de 1999	1999	gasolina	ELM 327	si	No	KW 1281	
18	Audi	A4 Kombi 2 litros / 4 cilindros.	2002	gasolina	ELM 327	si	si	ISO 14230-4	
19	Audi	A6	2006	diesel	ELM 327	si	No		
20	Audi	A6 2.5 TDI	2004	diesel	ELM 327	si	No	ISO 9141-2	
21	Audi	A6 2.7 TDI	2006	diesel	ELM 327	No	No		
22	Audi	A6 3.0 TDI (tipo: 4F)	2005	diesel	ELM 327	si	No	PUEDEN	
23	Audi	A6 C6	2006	diesel	ELM 327	si	No		
24	Audi	Audi A4 Avant (B6, tipo 8E)	2002	diesel	ELM 327	No	No		

Realizado por: (Blafusel, 2020).



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA
INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

Fecha de entrega: 16/09/2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: FERNANDO ALEJANDRO MURILLO MORENO
HENRRY GABRIEL USCA GOMEZ

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: MECÁNICA

Carrera: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Título a optar: INGENIERO AUTOMOTRIZ

f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.



16-09-2021
1379-DBRAI-UTP-2021