



Diseño y construcción de un sistema de estimación de combustible y autonomía de los motores de inyección directa funcionando con gas licuado del petróleo.

Guano Rocha, Santiago Joel e Ibarra López, Ángel David

Departamento Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

01 de marzo del 2024

Latacunga



Plagiarism and AI Content Detection Report

UIC GUANO_IBARRA CORREGIDO 1.do...

Leonidas Delgado
0502509995

Scan details

Scan time:
March 1th, 2024 at 19:41 UTC

Total Pages:
76

Total Words:
18927

Plagiarism Detection

2.8%

Types of plagiarism

Types of plagiarism		Words
Identical	1%	188
Minor Changes	0.3%	57
Paraphrased	1.5%	280
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection

5%

Text coverage

Text coverage	Words
AI text	5% 952
Human text	95% 17975

[Learn more](#)

Plagiarism Results: (15)

Gas, el combustible barato que aumenta entre taxistas de Guayaquil - La... 1.4%

<https://lanacion.com.ec/gas-el-combustible-barato-que-aumenta-entre-taxistas-de-guayaquil/>

Skip to content Ini...

Gas, el combustible barato que aumenta entre taxistas de Guayaquil 1.3%

<https://www.primicias.ec/noticias/economia/aumenta-demanda-sistemas-gas-taxismo-guayaquil/>

X x Facebook Telegram LinkedIn YouTube Instagram Home Lo Último Políti...

Nueva estación de servicio de gas 0.4%

<https://www.duragas.com.ec/nueva-estacion-de-servicio-de-gas-para-taxis-duragas-pro/>

CANAL DE ÉTICA Denuncias, reclamos, atención de consultas 1700 387242 043803402 Ok ...

Detalles de: Investigación, adaptación y pruebas de los sistemas GLP en I... 0.3%

https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=3766&shelfbrowse_itemnumber=3994

Saltar al contenido principal SISTEMA DE BIBLIOTECAS EPN - Su carrito está vacío. C...



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: **"Diseño y construcción de un sistema de estimación de combustible y autonomía de los motores de inyección directa funcionando con gas licuado del petróleo"** fue realizado por los señores **Guano Rocha, Santiago Joel e Ibarra López, Ángel David**; el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 01 de marzo de 2024

Ing. Quíroz Erazo, Leonidas Antonio MSc.

C.C 0502509995



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Guano Rocha, Santiago Joel e Ibarra López Ángel David**, con cédula de ciudadanía C.C. 1722252614 y 1750512124, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **Diseño y construcción de un sistema de estimación de combustible y autonomía de los motores de inyección directa funcionando con gas licuado del petróleo**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, teóricos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciado las citas bibliográficas.

Latacunga, 01 de marzo de 2024

Guano Rocha Santiago Joel

C.C: 1722252614

Ibarra López Ángel David

C.C: 1750512194



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Guano Rocha, Santiago Joel e Ibarra López, Ángel David**, con cédulas de ciudadanía C.C. 1722252614 y 1750512194, autorizamos a la Universidad de las Fuerza Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **Diseño y construcción de un sistema de estimación de combustible y autonomía de los motores de inyección directa funcionando con gas licuado del petróleo** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad

Latacunga, 01 de marzo de 2024

Guano Rocha, Santiago Joel

C.C: 1722252614

Ibarra López, Ángel David

C.C: 1750512194

Dedicatoria I

A mis padres Hernán Guano y Rocío Rocha, quienes fueron pilar fundamental e impulsaron para seguir adelante en mis estudios, con su amor y paciencia han velado por ver el bienestar mío y de mis hermanos, por su sacrificio y confianza pese a todos los inconvenientes que se presentaron durante mi vida universitaria.

A mis hermanos Brandon y Karolina quienes me motivaron en mi educación y crecimiento personal, siempre estuvieron apoyándome durante toda esta etapa.

A mis abuelitos quienes estuvieron pendientes de mí durante mi vida universitaria a pesar de su avanzada edad.

Santiago Joel Guano Rocha

Dedicatoria II

A mi hermana, debido a que siempre ha sido mi referente y fuente de motivación para cumplir con éxito este gran paso.

A mi madre, por su apoyo incondicional y ser un pilar clave en mi vida, siendo mi ejemplo de perseverancia, disciplina y trabajo.

A mis abuelas, que supieron depositar su confianza y fe en la culminación de este proyecto.

A mi padre, por inculcarme la buena voluntad y la constancia a la hora de tener un objetivo planteado.

Ángel David Ibarra López

Agradecimiento I

Agradezco a mis padres y abuelos por estar pendientes de mi en todo momento,
apoyándome y motivándome durante este ciclo universitario.

Agradezco a mis hermanos que durante momentos difíciles de mi vida universitaria
supieron motivarme y solucionar cualquier inconveniente.

Agradezco a mi compañero de investigación, por su esfuerzo, dedicación y compromiso
logramos concluir el proyecto.

Finalmente agradezco a todas las personas con quienes he compartido momentos y
experiencias durante el transcurso de mi vida universitaria.

Santiago Joel Guano Rocha

Agradecimiento II

Manifiesto mi más profundo agradecimiento a mi querida hermana, que estuvo conmigo en cada dificultad y acierto a lo largo de toda mi vida universitaria.

A mis padres que son mi mayor fuente de inspiración, y estuvieron presentes en cada parte del proceso de este trabajo de investigación.

A mi compañero de tesis por su amistad, respaldo y compromiso en la ejecución del presente trabajo de titulación.

A mi persona por haberme mantenido fiel a mis principios y convicciones, conservando mi esencia en pro de mi autorrealización.

A los ciudadanos de Latacunga por su gentileza y buena disposición para apoyar a los estudiantes en los diversos proyectos y actividades a lo largo de la vida universitaria.

Ángel David Ibarra López

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenidos	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria I.....	6
Dedicatoria II.....	7
Agradecimiento I.....	8
Agradecimiento II.....	9
Índice de contenidos.....	10
Índice de Tablas	16
Índice de Figuras	17
Resumen.....	20
Abstract.....	21
Capítulo I: Generalidades.....	22
Antecedentes	22
Planteamiento del problema	24
Justificación, importancia y alcance	24
Objetivos de la investigación	25
<i>Objetivo general</i>	25

	11
<i>Objetivos específicos</i>	25
Descripción detallada.....	26
Hipótesis.....	26
Capítulo II: Marco teórico.....	27
Autonomía del vehículo.....	27
Consumo de combustible del vehículo.....	28
Aplicaciones Android.....	28
<i>Diagnóstico de vehículos</i>	28
Scanner ELM 327.....	29
Geo Tracker.....	30
Ciclos de conducción	30
<i>WLTP</i>	31
Límites de velocidad en urbano, perimetral carretera.....	32
Combustible	33
Estaciones de servicio en el Ecuador.....	34
<i>Gasolina Extra</i>	34
Estaciones de servicio de GLP en Ecuador	35
<i>GLP</i>	36
Recarga de gas licuado de petróleo.....	37
Métodos de medición	38
<i>Método gravimétrico</i>	38

	12
Densidad	38
Variación de masa.....	39
Conversión de unidades	39
Capítulo III: Diseño de la propuesta de estimación de combustible y autonomía.....	40
Introducción.....	40
Requerimientos previos	40
Equipo tecnológico	40
Interfase ELM327	41
<i>Uso de la interfase ELM 327</i>	41
Aplicación Car Scanner.....	43
<i>Uso de la aplicación Car Scanner</i>	43
Aplicación Geo Tracker	48
<i>Uso de la aplicación Geo Tracker</i>	48
Google maps	50
Vehículo de prueba	50
Prueba de consumo de combustible	51
<i>Ruta urbana</i>	51
<i>Ruta carretera</i>	52
<i>Ruta combinada</i>	53
Prueba de autonomía del vehículo.....	54
<i>Ruta de autonomía</i>	54

	13
Software Landi Renzo System A	54
Rutas para la investigación con gas licuado de petróleo - GLP	57
<i>Implementación del método gravimétrico</i>	57
Método de estimación de consumo de gas licuado de petróleo	58
<i>Indicador del carburante en el tablero de instrumentos</i>	58
<i>Indicador de nivel del depósito de gas licuado de petróleo</i>	58
<i>Estimación para el consumo del gas licuado de petróleo</i>	59
Resultados de consumo de combustible con gasolina	59
<i>Ruta Urbana</i>	59
<i>Ruta Carretera</i>	62
<i>Ruta Combinada</i>	64
Resultados de consumo de combustible con gas licuado de petróleo – GLP	67
<i>Ruta Urbana</i>	67
<i>Ruta Carretera</i>	70
<i>Ruta Combinada</i>	74
Resultados de autonomía con gasolina	78
Resultados de autonomía con GLP	80
Comparativa de resultados del consumo de combustible	85
<i>Ruta Urbana</i>	85
<i>Ruta Carretera</i>	86
<i>Ruta Combinada</i>	88

	14
Comparativa de resultados de autonomía.....	90
Capítulo IV: Análisis de resultados de estimación de combustible y autonomía.....	92
Análisis de consumo de combustible gasolina.....	92
<i>Ruta Urbana</i>	92
<i>Ruta Carretera</i>	94
<i>Ruta Combinada</i>	96
Análisis consumo de combustible DUAL gasolina / GLP.....	98
<i>Ruta Urbana</i>	98
<i>Ruta Carretera</i>	100
<i>Ruta Combinada</i>	103
Análisis autonomía de gasolina	105
Análisis autonomía de GLP	106
Análisis de las comparativas de los resultados.....	107
<i>Ruta Urbana</i>	108
<i>Ruta Carretera</i>	109
<i>Ruta Combinada</i>	111
Capítulo V: Marco Administrativo	114
Recursos	114
Recursos Humanos.....	114
Recursos financieros.....	115
Recursos físicos	116

<i>Desarrollo práctico</i>	116
<i>Desarrollo teórico</i>	116
Recursos tecnológicos	117
<i>Desarrollo práctico</i>	117
<i>Desarrollo teórico</i>	117
Conclusiones.....	119
Recomendaciones	122
Bibliografías	124
Anexos	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Consumos de combustible y capacidad de los carburantes en el vehículo de ensayo.</i>	50
Tabla 3	<i>Datos obtenidos de la Ruta Urbana - Gasolina</i>	61
Tabla 4	<i>Datos obtenidos de la Ruta Carretera - Gasolina</i>	63
Tabla 5	<i>Datos obtenidos de la Ruta Combinada - Gasolina</i>	66
Tabla 6.	<i>Datos Obtenidos de la Ruta Urbana - DUAL</i>	69
Tabla 7	<i>Datos obtenidos de la Ruta Carretera - DUAL</i>	72
Tabla 8	<i>Datos obtenidos de la ruta combinado - DUAL</i>	76
Tabla 9	<i>Datos obtenidos de autonomía- gasolina</i>	79
Tabla 10	<i>Datos obtenidos de la Ruta Autonomía - DUAL</i>	82
Tabla 11.	<i>Datos comparativos entre las Rutas Urbanas Gasolina vs DUAL</i>	85
Tabla 12	<i>Datos Obtenidos de la Ruta Carretera Gasolina vs DUAL</i>	87
Tabla 13	<i>Datos comparativos entre las Rutas Combinadas Gasolina vs DUAL</i>	89
Tabla 14	<i>Datos comparativos entre las autonomías Gasolina vs DUAL</i>	90
Tabla 15	<i>Recursos financieros para la investigación</i>	115
Tabla 16	<i>Localizaciones para el desarrollo de la investigación</i>	116
Tabla 17	<i>Lugares para la redacción de la investigación</i>	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Panel de instrumentos</i>	27
Figura 2 <i>Aplicativo de celular</i>	29
Figura 3 <i>ELM 327</i>	29
Figura 4 <i>App GeoTracker</i>	30
Figura 5 <i>Ciclos de conducción</i>	31
Figura 6 <i>Ciclo WLTP</i>	32
Figura 7 <i>Límites de velocidad</i>	33
Figura 8 <i>Combustible</i>	33
Figura 9 <i>Estaciones de servicio</i>	34
Figura 10 <i>Precio de la gasolina extra</i>	35
Figura 11 <i>Precio de combustible en Ecuador</i>	37
Figura 12 <i>Estación de servicio Terpel en Manta</i>	37
Figura 13 <i>Interfase ELM 327</i>	41
Figura 14 <i>Interfase OBD II conectada al puerto DLC del vehículo de ensayo</i>	42
Figura 15 <i>Interfase ELM327 vinculado vía bluetooth dispositivo Android</i>	42
Figura 16 <i>Aplicación CarScanner</i>	43
Figura 17 <i>Conexión Bluetooth de la interfase con el teléfono celular Android</i>	44
Figura 18 <i>Llave de encendido en la posición "START"</i>	45
Figura 19 <i>Comunicación de la ECU con CamScanner</i>	45
Figura 20 <i>Comunicación entre CamScanner con la ECU</i>	46
Figura 21 <i>Selección del perfil de conexión del vehículo de ensayo</i>	47
Figura 22 <i>Parámetros de consumo de combustible y combustible usado en CamScanner</i>	47
Figura 23 <i>Aplicación GeoTracker</i>	48
Figura 24 <i>Mapa de la app GeoTracker</i>	49

Figura 25 Datos proporcionados por la App GeoTracker.....	49
Figura 26 Consumo de combustible - Ruta Urbana.....	52
Figura 27 Consumo de combustible - Ruta Carretera	53
Figura 28 Consumo de combustible - Ruta Combinada	53
Figura 29 Ruta de autonomía.....	54
Figura 30 Software Landi Renzo	55
Figura 31 Pantalla Principal Software Landi Renzo.....	55
Figura 32 Pestaña de configuración Landi Renzo	56
Figura 33 Pestaña de sensores - Landi Renzo.....	56
Figura 34 Nivel del carburante con el software Landi Renzo	57
Figura 35 Indicador de leds del nivel de carburante	58
Figura 36 Indicador de pluma del carburante.....	59
Figura 37 Resultados Ruta Urbana - Gasolina	60
Figura 38 Resultados Ruta Carretera - Gasolina.....	62
Figura 39 Resultados Ruta Combinada - Gasolina.....	65
Figura 40 Resultados Ruta Urbana - DUAL	68
Figura 41 El valor de la masa del GLP se expresa en 30kg al inicio de la ruta urbana	70
Figura 42 Datos finales de las condiciones de manejo de la ruta carretera - DUAL.....	71
Figura 43 Variación del peso del carburante GLP – ruta carretera del software Landi Renzo ..	74
Figura 44 Datos finales de las condiciones de manejo de la ruta combinada - DUAL	75
Figura 45 Variación del peso del carburante GLP – ruta combinada software Landi Renzo.....	77
Figura 46 Datos finales de las condiciones de manejo de la ruta de autonomía - gasolina	78
Figura 47 Datos finales de las condiciones de manejo de la ruta de autonomía - DUAL.....	81
Figura 48 Variación del peso del carburante GLP para autonomía - software Landi Renzo	84
Figura 49 Consumo de combustible en la ruta urbana	92
Figura 50 Combustible usado en la ruta urbana - gasolina	93

Figura 51 <i>Consumo de combustible en la ruta carretera - gasolina</i>	94
Figura 52 <i>Galones consumidos en la ruta carretera - gasolina</i>	95
Figura 53 <i>Consumo de combustible en la ruta combinada - gasolina</i>	96
Figura 54 <i>Galones consumidos en la ruta combinada- gasolina</i>	97
Figura 55 <i>Consumo de combustible en la ruta urbana - DUAL</i>	98
Figura 56 <i>Galones consumidos de ruta urbana - Dual</i>	99
Figura 57 <i>Consumo de combustible en la ruta carretera - DUAL</i>	101
Figura 58 <i>Galones consumidos en la ruta de carretera - DUAL</i>	102
Figura 59 <i>Consumo de combustible en la ruta combinada - DUAL</i>	103
Figura 60 <i>Galones consumidos en la ruta combinada - DUAL</i>	104
Figura 61 <i>Galones consumidos en la ruta de autonomía - gasolina</i>	105
Figura 62 <i>Galones consumidos ruta autonomía - DUAL</i>	107
Figura 63 <i>Comparación del consumo de combustible en la ruta urbana</i>	108
Figura 64 <i>Comparación del gasto económico en la ruta urbana</i>	109
Figura 65 <i>Comparación del consumo de combustible en la ruta de carretera</i>	110
Figura 66 <i>Comparación con el gasto económico en la ruta de carretera</i>	111
Figura 67 <i>Comparación de consumo de combustible en la ruta combinada</i>	112
Figura 68 <i>Comparación de gasto económico en la ruta combinada</i>	113

Resumen

La investigación diseño y construcción de un sistema de estimación de combustible y autonomía de los motores de inyección directa GDI funcionando con gas licuado del petróleo; de tal manera de analizar el estudio de consumo de combustible y autonomía del sistema de alimentación de combustible gasolina/GLP de quinta generación, mediante pruebas de ruta en ciclos de conducción armonizados fundamentados a través de protocolos internacionales con el fin de obtener datos de estimación por método gravimétrico de consumo de combustible en recorridos de urbana, carretera y combinada. En las pruebas de ruta se utilizó equipos e interfaces de comunicación con el vehículo como: ECO OBDII, ELM 327, CarScanner, Geo Tracker para desarrollar la medición y la estimación del consumo de gas licuado de petróleo y gasolina. Se implementó un sistema de visualización del nivel del carburante en el tablero de instrumentos y depósito de combustible para establecer el porcentaje de GLP utilizado. Se aplicó el protocolo apoyado en ciclos WLTP el cual se basa en parámetros de velocidad, tiempo y distancia en distintas condiciones, de tal forma de realizar un análisis comparativo, es así, que existe un ahorro de combustible superior al 28% y un incremento de la autonomía 784,53 km del vehículo de ensayo con el sistema DUAL respecto del automotor trabajando con gasolina.

Palabras Clave: GLP, DUAL, Consumo de combustible, Autonomía, Vehículo GDI

Abstract

The research design and construction of a fuel and autonomy estimation system for GDI direct injection engines running on liquefied petroleum gas; in such a way to analyze the study of fuel consumption and autonomy of the fifth generation gasoline/LPG fuel supply system, through road tests in harmonized driving cycles based on international protocols in order to obtain estimation data by gravimetric method of fuel consumption in urban, road and combined routes. In the road tests, equipment and communication interfaces with the vehicle were used, such as: ECO OBDII, ELM 327, CarScanner, Geo Tracker to develop the measurement and estimation of liquefied petroleum gas and gasoline consumption. A fuel level display system was implemented on the dashboard and fuel tank to establish the percentage of LPG used. The protocol supported by WLTP cycles was applied, which is based on speed, time and distance parameters in different conditions, in order to perform a comparative analysis. Thus, there is a fuel saving of more than 28% and an increase of 784.53 km in the autonomy of the test vehicle with the DUAL system with respect to the vehicle running on gasoline.

Key words: LPG, Fuel consumption, Range, GDI vehicle

Capítulo I

Generalidades

Antecedentes

La Resolución MME 40246 de 2016 establece que el gas licuado de petróleo (GLP) es una mezcla de hidrocarburos compuesta por propano y butano. En Ecuador, este recurso desempeña un papel importante en su cartera energética y puede ser utilizado para generar energía en motores de combustión interna M.E.P, reemplazando a la gasolina. No obstante, se enfatiza la necesidad de garantizar la fiabilidad del rendimiento de los motores de combustión de inyección directa asistidos por la gestión electrónica. (Ministerio de Energía y Minas, 2016).

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) en general emerge como una alternativa de combustible que contribuye a reducir la huella de carbono en sistemas de combustión interna presentes en vehículos equipados con sistemas de quinta y sexta generación, tanto para el transporte público como privado en diversos países (Johnson, 2019)

Este combustible se posiciona como una opción viable en el parque automotor debido a su menor costo y alto rendimiento, especialmente en el ámbito del transporte masivo o público. Su uso común en el transporte público y vehículos livianos se destaca por la reducción de emisiones de gases tóxicos y partículas sólidas al medio ambiente, siendo una alternativa que no contamina el aire. Además, se presenta como un método rentable, económico y respetuoso con el medio ambiente, según (Mallón, 2023).

La modificación de un vehículo de gasolina a GLP presenta dos beneficios principales: es económica y tiene menores costos de mantenimiento. Este ahorro se estima en aproximadamente un 50% en comparación con el uso de gasolina. Además, garantiza la vida útil de los componentes del vehículo, como mantener las bujías limpias, evitar la contaminación del aceite y reducir la necesidad de recambios frecuentes. Según (Mallón, 2023)

Desde el año 2008, las empresas de taxis cuentan con la autorización para cambiar su sistema de combustible por gas licuado de petróleo (GLP), lo que implica un gasto hasta tres veces menor en comparación con la gasolina. Entre enero y marzo de 2022, el consumo de GLP en el sector automotor se triplicó en relación con el año anterior, pasando de 26.829 barriles a 60.960, según datos de (PETROECUADOR, 2020).

El aumento en la demanda de GLP en el sector de taxis se inició en 2019, cuando se eliminó parcialmente el subsidio al precio del combustible Extra o Ecopaís. Antes de 2019, la demanda para la instalación de sistemas GLP era de dos o tres vehículos al día, mientras que en la actualidad se ha elevado a 10 a 12 autos diarios. Para las compañías de taxis, el GLP tiene un precio fijo de USD 0,33 por cada kilogramo, por debajo del precio real de importación que es de USD 1,18, lo que representa una subvención estatal de USD 0,85 por kilo (Mella, 2022)

En 2007, mediante Decreto Ejecutivo, se autorizó a los taxistas a utilizar el GLP como alternativa al combustible. Esta decisión se tomó debido a que algunos conductores ya empleaban el gas de manera precaria y al margen de la ley. Aunque se realizó un plan piloto en Guayaquil, no se extendió a otras ciudades, y hasta la fecha, no se ha llevado a cabo una prueba para evaluar su efecto positivo en lugares con altitudes superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar. La Federación de taxistas de Ecuador ha solicitado al Gobierno que promueva el uso del GLP a nivel nacional, como se estableció en el decreto 630.

En Guayaquil, solo cinco estaciones de servicio privadas ofrecen GLP para los taxistas. El sistema de GLP implica la instalación en el motor del vehículo, conectándolo con un cilindro diseñado específicamente para automóviles y colocado en el maletero. Se utiliza un sistema italiano que no elimina por completo el sistema de gasolina, ya que el vehículo se enciende y apaga con combustible.

Duragas Pro ha inaugurado recientemente una nueva estación de servicio de gas para taxis, ubicada en Primax de Pascuales en la ciudad de Guayaquil, con el objetivo de ampliar su cobertura. Ahora, los taxis equipados con el sistema dual de combustible tienen acceso a más estaciones para abastecerse de energía, aprovechando las ventajas del uso de gas en sus vehículos y ahorrando combustible mientras contribuyen al cuidado del medio ambiente. La instalación de este sistema de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para taxis con sistemas de inyección electrónica GDI tiene un costo cercano a los USD 850, y requiere de dos mantenimientos anuales, cuyo costo es de USD 120 (Mella, 2022)

Planteamiento del problema

La industria automotriz se halla constantemente en la búsqueda de vehículos con motores de combustión interna más eficientes, centrándose en la reducción de emisiones de gases y el consumo de combustible.

El propósito es obtener beneficios como el ahorro de combustible, el control óptimo del funcionamiento del vehículo en distintos rangos de carga del motor, el cumplimiento de normativas y el uso de kits de conversión homologados.

El objetivo es determinar la incidencia del consumo de combustible y GLP al inyectar directamente ambos carburantes en los cilindros, cumpliendo con las normativas técnicas ecuatorianas y otros reglamentos pertinentes. La investigación también busca identificar los beneficios para los propietarios de vehículos que realizan la conversión de vehículos livianos con sistemas de GLP a una mayor altura de las zonas costeras del país.

Justificación, importancia y alcance

La justificación de emprender una investigación en los sistemas de alimentación de combustible GLP de quinta generación en motores GDI se sustenta en la imperante necesidad

de abordar los desafíos actuales relacionados con la autonomía, consumo de combustible y la sostenibilidad en el sector del transporte y la industria automotriz.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) emerge como una alternativa prometedora para mitigar las emisiones contaminantes y reducir la dependencia del petróleo, especialmente en el contexto de los motores GDI (Inyección Directa de Gasolina), que se han vuelto ampliamente populares debido a su eficiencia.

Este estudio tiene como propósito colmar un vacío de conocimiento al profundizar en la interacción y rendimiento de ambos sistemas, con el objetivo de optimizar su funcionamiento y contribuir a una movilidad más sostenible.

Al explorar la interacción entre los sistemas GLP y GDI, se busca comprender cómo lograr una transición fluida entre estos combustibles y maximizar la eficiencia en términos de autonomía y consumos de combustible. Además, esta investigación tiene el potencial de impulsar la adopción del GLP como una alternativa viable y sostenible a los combustibles tradicionales en el contexto de los motores GDI.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de estimación de consumo de combustible y autonomía de los motores de inyección directa funcionando con gas licuado del petróleo.

Objetivos específicos

Desarrollar un método matemático de estimación y consumo de combustible y autonomía del sistema de alimentación de combustible GLP de quinta generación en motores GDI.

Realizar pruebas dinámicas por ciclos homologados para la determinación del consumo de combustible y autonomía desde el punto de vista técnico, ambiental y económico como alternativa en movilidad sostenible, efectiva y ecológica.

Descripción detallada

Se desarrolló un sistema para estimar el consumo de combustible y la autonomía de motores de inyección directa que utilicen gas licuado del petróleo – GLP. Este sistema fue sometido a pruebas dinámicas experimentales tomando de referencia al ciclo homologado WLTP, validando el rendimiento del sistema de alimentación de combustible GLP de quinta generación en motores GDI.

Se evaluó los aspectos técnicos, ambientales y económicos para posicionar esta alternativa como una solución de movilidad sostenible, eficaz y respetuosa con el medio ambiente, adaptada a las demandas del mercado nacional.

Hipótesis

El sistema de alimentación de combustible GLP implementado en un motor de combustión interna MEP de inyección directa GDI tiene mayor autonomía y menor consumo de combustible que el sistema de alimentación de combustible convencional de gasolina.

Capítulo II

Marco teórico

Autonomía del vehículo

La autonomía de un motor de combustión interna puede variar debido a varios factores, en los vehículos de combustión interna, el rendimiento del motor y el estilo de conducción influyen en la eficiencia del combustible. Aspectos como el tipo de ruta y la calidad del camino también son determinantes, ya que carreteras en mal estado o con pendientes pronunciadas pueden afectar la capacidad de recorrido. (Lopez, 2021).

Según (Catalá, 2019) los vehículos autónomos tienen sus orígenes en 1830 y a través del tiempo han tenido diferentes avances tecnológicos que han permitido que los automóviles eléctricos se conviertan en una opción viable para la movilidad sostenible. Entre los ventajas más evidentes se encuentran cero emisiones directas, menor cantidad de ruido y una dependencia de combustibles fósiles baja. A diferencia de los motores de combustión interna los motores eléctricos no tienen partes móviles y ofrecen un par instantáneo, las baterías almacenan energía eléctrica y alimentan al motor.

Figura 1

Panel de instrumentos



Nota. La gráfica detalla un panel indicador de consumo de combustible y autonomía en tiempo real de un vehículo. Tomado de (Vázquez, 2019)

Consumo de combustible del vehículo

Según (Olguin, 2023), el consumo de combustible de un vehículo se refiere a la cantidad de gasolina que el motor utiliza por unidad de distancia recorrida. Se expresa en términos de eficiencia del carburante, representando cuántos kilómetros puede recorrer el vehículo con una cierta cantidad de combustible.

Aplicaciones Android

Las aplicaciones Android son programas que para el campo automotriz son programas diseñados específicamente para ofrecer funciones y características relacionadas con la industria automotriz, con diversos propósitos y abordan diferentes aspectos. (Ribas, 2018)

Diagnóstico de vehículos

Una aplicación de diagnóstico de vehículos es un software diseñado para interactuar con el sistema de diagnóstico a bordo (OBD-II) de un automóvil y de esta manera proporciona información detallada sobre su rendimiento y estado. Este tipo de sistemas se encuentra en la mayor parte de vehículos modernos, este sistema proporciona datos sobre el motor, el sistema de emisiones y otros componentes importantes. Este tipo de aplicaciones permiten que los usuarios y los técnicos automotrices tengan conocimiento acerca del funcionamiento de vehículo y de esta manera realizar tareas de mantenimiento preventivo. (Garcés, 2022)

Las aplicaciones móviles en general buscan mejorar la experiencia del usuario y proporcionar herramientas útiles para los propietarios de los vehículos y profesionales de la industria automotriz. (Espinoza, 2021)

Figura 2

Aplicativo de celular



Nota. La gráfica muestra al aplicativo de celular para diagnóstico a bordo (OBD-II) vía Bluetooth.

Tomado de (Stereon, 2023)

Scanner ELM 327

El escáner ELM 327 es un dispositivo para el diagnóstico automotriz que se utiliza para leer información del sistema de control electrónico de un vehículo, se conecta al puerto de diagnóstico OBD-II de un vehículo, que generalmente se encuentra cerca del volante. Una vez conectado, el escáner puede comunicarse con la computadora a bordo del vehículo para obtener información sobre el rendimiento del motor, los códigos de error, el estado de los sensores y otros datos relevantes. (Sellén, 2023)

Figura 3

ELM 327



Nota. La ilustración indica el OBD II de 16 pines para establecer comunicación con el vehículo de ensayo.

Geo Tracker

Geo Tracker es una aplicación que permite a los usuarios registrar y compartir sus viajes utilizando tecnología GPS, tiene las funciones de: registrar rutas y revisirlas en cualquier momento, proporcionar un análisis detallado de las rutas esto incluirá la distancia recorrida, la velocidad a la que se recorren ciertos tramos, tiempos aproximados de los viajes además que permite marcar puntos de interés durante los viajes. (Cartas, 2018)

Figura 4

App GeoTracker



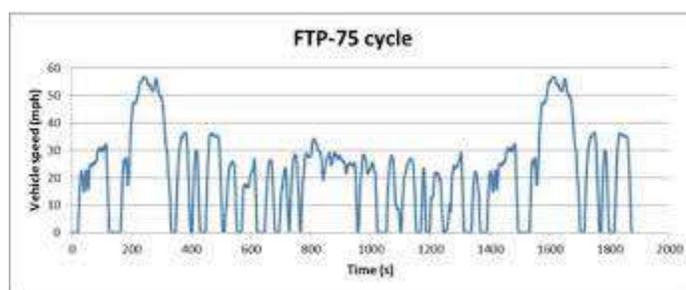
Nota. La imagen indica la aplicación proporciona datos numéricos y gráficas sobre la altitud, velocidad media en función de los kilómetros recorridos. Tomado de (Shop, 2023)

Ciclos de conducción

Los ciclos de conducción son patrones estandarizados de aceleración, desaceleración y velocidad constante que se utilizan en pruebas de emisiones y eficiencia de combustible para evaluar el rendimiento de los vehículos en condiciones de manejo simuladas. Estos ciclos están diseñados para representar situaciones de conducción típicas y se utilizan como herramientas de prueba en laboratorios para evaluar las emisiones de escape y el consumo de combustible de los vehículos en condiciones controladas. (Salazar, 2023)

Figura 5

Ciclos de conducción



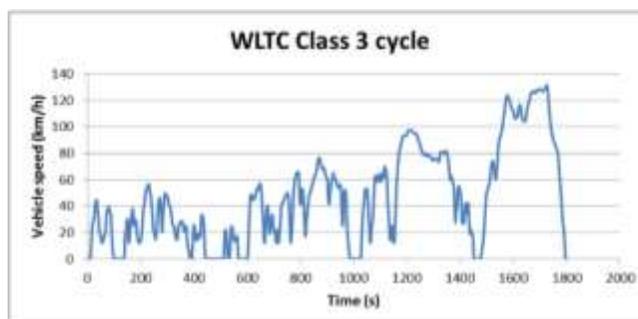
Nota. La ilustración muestra una gráfica representativa de un ciclo transitorio (FTP-75). Tomado de (Shop, 2023)

WLTP

Según (Pérez, 2018), el protocolo WLTP es un conjunto de pruebas que se realizan en los vehículos livianos para determinar consumo y niveles de contaminantes de forma más real, este protocolo comenzó en la Unión Europea, India y Japón bajo la supervisión Europea. Esta prueba tiene una duración aproximada de 1800 segundos y alrededor de 34 kilómetros, consta de 3 fases urbano, extraurbano y combinado con sus diferentes variantes.

Figura 6

Ciclo WLTP



Nota. La gráfica señala una representación del ciclo WLTP. Tomado de (Car Engineer, 2013)

Límites de velocidad en urbano, perimetral carretera

Según (CSGG, 2018), los límites de velocidad son restricciones establecidas por las autoridades de tránsito que especifican la velocidad máxima permitida en una determinada carretera, autopista, calle, o área en particular.

Los límites de velocidad en Ecuador pueden variar según el tipo de carretera y área urbana. A modo de referencia, en áreas urbanas, el límite de velocidad puede ser de aproximadamente 50 kilómetros por hora. En carreteras perimetrales, los límites pueden oscilar entre 60 kilómetros por hora y 90 kilómetros por hora, mientras que, en carreteras principales, los límites pueden llegar a 100 kilómetros por hora o más. Es importante prestar atención a las señales de tráfico locales para conocer los límites específicos en cada área. (ANT, 2019)

Figura 7

Límites de velocidad



Nota. La imagen muestra los valores de velocidad límite en zona urbana, perimetral y carretera en el país. Tomado de (Ejército Ecuatoriano, 2010)

Combustible

Según el (Rentingfinders, 2020), el combustible es una sustancia que, al combinarse con un agente oxidante en condiciones controladas, produce energía en forma de calor y luz. En el contexto de los vehículos, el combustible se utiliza para alimentar el motor y generar la energía necesaria para el funcionamiento del vehículo. Algunos tipos de combustibles utilizados en vehículos son: gasolina, diésel, gas natural y electricidad.

Figura 8

Combustible



Nota. La fotografía señala la distribución de los distintos combustibles en el país. Tomado de (Pacheco, 2023)

Estaciones de servicio en el Ecuador

Las estaciones de servicio son lugares donde los vehículos pueden abastecerse de combustible. En Ecuador, hay más de 1000 estaciones de servicio, entre las que destacan: Primax, Masgas, EP Petroecuador, Terpel, entre otras. Estas estaciones de servicio ofrecen diferentes tipos de combustible, incluyendo gasolina Super, Extra y Diesel, y algunos también ofrecen servicios adicionales como tiendas. (Primicias, 2022)

Figura 9

Estaciones de servicio



Nota. La fotografía indica una estación de servicio convencional en el Ecuador. Tomado de (Gallegos, 2015)

Gasolina Extra

Según (ARC, 2022), en Ecuador, la gasolina Extra es uno de los combustibles más comunes que se venden en las estaciones de servicio, desde octubre de 2021, el precio de la gasolina Extra se ha mantenido en \$ 2,40 por galón, a pesar de su precio económico en comparación con otros tipos de gasolina, es importante tener en cuenta que la gasolina Extra

es más contaminante. Esto se debe a que no contiene etanol, un componente presente en otros tipos de gasolina como la Ecopaís.

Además, el uso de gasolina Extra puede tener un impacto en la vida útil y el rendimiento de los vehículos, sobre todos en aquellos fabricados a partir del año 2002, estos vehículos suelen requerir un octanaje alto. Por lo tanto, aunque la gasolina Extra puede ser más barata, su uso continuado podría afectar el rendimiento del vehículo. (EP PETROECUADOR, 2024)

Figura 10

Precio de la gasolina extra



Nota. La ilustración señala el precio establecido de la gasolina en el Ecuador. Tomado de (Diario Primicias, 2024)

Estaciones de servicio de GLP en Ecuador

Según (Vistazo, 2023) en Ecuador, el Gas Licuado de Petróleo (GLP), es una opción de combustible que se ofrece en varias estaciones de servicio, es una alternativa a los combustibles convencionales y es ampliamente utilizado en turismos y furgonetas. Una de las principales empresas que ofrece GLP es Terpel, que fue pionera en abrir una estación de

servicio pública con surtidores, POS y tanques de almacenamiento para GLP. Actualmente, Terpel tiene más de 250 clientes que utilizan GLP.

GLP

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es considerado un combustible más limpio en comparación con la gasolina y el Diesel debido a varias razones. Durante la combustión, el GLP emite menos contaminantes atmosféricos, como dióxido de azufre, partículas en suspensión y óxidos de nitrógeno, lo que mejora la calidad del aire. Además, su combustión produce menos compuestos de carbono, reduciendo las emisiones de monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles, que son precursores de problemas de salud y smog. El contenido de azufre en el GLP es significativamente menor que en algunos combustibles convencionales, disminuyendo las emisiones de dióxido de azufre y mitigando impactos en la salud humana y el medio ambiente. (Córdova & Paredes, 2022)

El Gas Licuado de Petróleo en Ecuador tiene un precio establecido de \$ 0.33 por cada kilo de carburante, este precio se mantiene constante y es aplicable a nivel nacional. El Ecuador ha establecido un subsidio para el GLP para cubrir los altos costos de las importaciones. Según datos presentados, los subsidios de combustibles en el año 2021 llegarán a \$1.900 millones, de los cuales \$813 millones se destinan a gas licuado de petróleo o gas doméstico. Para el mes de septiembre del 2021, el subsidio fue de \$44,4 por barril. (ARC, 2022)

Figura 11

Precio de combustible en Ecuador



Nota. La imagen muestra los precios establecidos para gasolina súper, extra, diésel premium y GLP en el Ecuador.

Recarga de gas licuado de petróleo

Según (ARC, 2022), El trasvase o recarga de GLP doméstico se realiza en las estaciones de servicio autorizadas. Según la Ley de Hidrocarburos, la comercialización, almacenamiento, distribución y venta al público de GLP debe ser realizada directamente por las empresas públicas, o por delegación por empresas nacionales o extranjeras.

Figura 12

Estación de servicio Terpel en Manta



Nota. La imagen indica una gasolinera de Terpel, de Manta que distribuye GLP. Tomado de (Diario Expresso, 2023)

Métodos de medición

Existen normas como: CFR 40 de los Estados Unidos, la NBR 7024 de Brasil o el reglamento 83 de la UNECE, las cuales presentan metodologías que sirven para definir un estándar de medición. (Spath & Antokoletz)

Método gravimétrico

El método gravimétrico es una técnica analítica utilizada para determinar la cantidad de sustancia que se presenta en una muestra, basada en la medida de un cambio de masa. Este método implica la formación de un precipitado o la liberación de un gas seguido por la separación y pesaje del componente de interés. (Spath & Antokoletz)

La fórmula general utilizada en el método gravimétrico se puede expresar:

$$C = \frac{\rho_c * D}{m_c}$$

Donde:

ρ_c = densidad del carburante GLP $\rho = 0,557 \frac{kg}{l}$ (INEN, 2020)

D = distancia recorrida de la ruta (km)

m_c = variación de la masa antes y después de la ruta

C = consumo establecido $\frac{km}{l}$

Densidad

La densidad es una propiedad física que se refiere a la masa de un material por unidad de volumen. (INEN, 2020)

Variación de masa

Según (Lopez & Antolin, 2016) la variación de masa se refiere a los cambios en el peso o la masa de un objeto o sistema a lo largo del tiempo o debido a diversas circunstancias. En el ámbito automotriz, la variación de masa puede ser causada por diferentes factores, como modificaciones en el vehículo, carga de pasajeros, cambios en la carga de carga, desgaste de componentes, entre otros. Las modificaciones en un automóvil, como la instalación de accesorios o mejoras de rendimiento, pueden alterar su masa original. Asimismo, la carga de pasajeros y la incorporación de carga adicional también generan variaciones en la masa del vehículo. Estos cambios pueden afectar directamente el rendimiento, la eficiencia del combustible y la dinámica de conducción.

Conversión de unidades

La conversión de unidades es el proceso de cambiar la expresión de una cantidad de una unidad a otra, sin alterar su valor numérico. Este proceso es común en matemáticas, física, ingeniería y diversas disciplinas científicas y técnicas. La razón principal para realizar conversiones de unidades es expresar medidas de una manera que sea más conveniente o relevante para un determinado contexto. (Openstax, 2019)

Capítulo III

Diseño de la propuesta de estimación de combustible y autonomía

Introducción

Esta investigación se enfoca en la estimación del consumo de combustible y la autonomía de un motor de inyección directa funcionando con Gas Licuado de Petróleo (GLP). Se centra en la instalación de un sistema de quinta generación de GLP en un vehículo de ensayo equipado con motor de inyección directa de gasolina (GDI).

El proceso de investigación comprendió la ejecución de pruebas de consumo en tres modalidades de ruta: urbana, carretera y combinada. Estas pruebas se llevaron a cabo antes de proceder con la instalación del sistema GLP. Se seleccionaron rutas representativas para evaluar el desempeño del motor en diferentes condiciones de manejo, proporcionando así datos relevantes para la estimación precisa del consumo de combustible en situaciones reales.

Requerimientos previos

Antes de iniciar las pruebas de ruta en el marco de la investigación, se establecieron requisitos previos esenciales. Estos incluyeron la verificación del óptimo funcionamiento del vehículo de prueba y la planificación detallada de las rutas a seguir. Se llevaron a cabo inspecciones exhaustivas que abarcaron los aspectos mecánicos, eléctricos y electrónicos del vehículo.

Equipo tecnológico

Los equipos tecnológicos utilizados para el desarrollo de la investigación facilitaron la obtención de datos y/o estudio de parámetros durante las rutas de prueba. Comprendieron como primera parte el vehículo de ensayo turboalimentado con inyección directa. Por otro lado existen aplicaciones para dispositivos Android enfocadas en la obtención de datos sobre el

vehículo en tiempo real. Además, en el mercado se encuentran softwares especializados para el monitoreo del nivel de GLP para distintos tipos de configuraciones de motores.

Interfase ELM327

(KitoSDev - CMS,2019) la interfaz ELM327 es una herramienta para diagnosticar vehículos con sistemas OBD II, abarcan gran parte del mercado americano, europeo y asiático, cuenta con el conector de diagnóstico de 16 pines. Es un dispositivo electrónico que funciona mediante el protocolo de comunicación automáticamente con la ECU del vehículo, para leer datos (PID'S) en tiempo real y borrar códigos de falla o DTC'S y visualizar valores de funcionamiento de sensores y actuadores. La información se envía vía bluetooth al teléfono a aplicaciones con tecnología Android o con disco de instalación de la interfase se conecta al computador.

Figura 13

Interfase ELM 327



Nota. La imagen indica la interfaz para obtener parámetros del vehículo de ensayo

Uso de la interfase ELM 327

Conectar la interfase en el puerto OBDII del vehículo, ubicado en la parte inferior del volante, colocar en posición "ON" (contacto) la llave de encendido, y verificar que la luz led indicador roja de la interfase este prendida, está listo para ser vinculado por bluetooth al dispositivo con aplicaciones Android.

Figura 14

Interfase OBD II conectada al puerto DLC del vehículo de ensayo



Nota. La imagen muestra la conexión establecida de OBDII con el puerto DLC del vehículo de ensayo

Acceder a configuración en el teléfono celular Android y activar el bluetooth. Realizar la búsqueda de dispositivos debe aparecer OBD2 ELM 327, escribir la clave “0000” o “1234” y se vinculará con la interfase.

Figura 15

Interfase ELM327 vinculado vía bluetooth dispositivo Android



Nota. La imagen representa la vinculación de la interfaz ELM327 con el dispositivo requiere de una clave de activación para el emparejamiento.

Aplicación Car Scanner

(Car Scanner.info, 2019) menciona que Car Scanner ELM OBD II es un aplicativo informático para teléfono celular Android y computadores portátiles los cuales tengan disponibilidad de bluetooth, los cuales permiten al operario grabar y leer datos de los diferentes parámetros del vehículo donde la ECU este monitoreando.

De igual forma se observa los PID'S y los DTC'S generados por mal funcionamiento del vehículo el cual provoca que se encienda la luz de "Check Engine"

Esta aplicación para que logre acceder a los datos de la ECU, se conecta a la interfase ELM 327 la cual está colocada en el puerto OBDII y envía información inalámbricamente desde la ECU hacia el dispositivo Android.

Figura 16

Aplicación CarScanner



Nota. La imagen indica la App Car Scanner que se utilizó para comunicarse con al interfase.

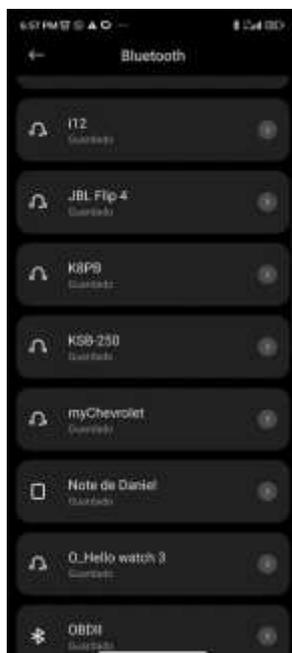
Uso de la aplicación Car Scanner

(CarScanner, 2023) indica que: “Para la configuración de la aplicación Car Scanner ELM OBDII existen algunos procedimientos para su uso, esto depende del tipo de tecnología para la transmisión inalámbrica de datos y hardware que se emplea.”

El teléfono celular Android se vinculó vía bluetooth a la interfase ELM 327, y se monitoreo los parámetros de: consumo de combustible y combustible usado, durante las rutas realizadas.

Figura 17

Conexión Bluetooth de la interfase con el teléfono celular Android



Nota. La imagen señala la conexión de la interfase OBDII vinculado con el dispositivo móvil Android

La llave de encendido debe estar en posición “ON” (contacto) o “START” (prendido), se ingresó a la aplicación Car Scanner. Seleccionar “Conectar” en ese momento la aplicación reconocerá el dispositivo ELM 327 y se conectará con el dispositivo móvil Android.

Nota. La Interfase señala la interfaz se comunicó mediante el protocolo establecido con la ECU.

Al momento en que la comunicación sea establecida, indicará mediante el mensaje “Succesfull connection” y en ese momento la aplicación comenzará a registrar y solicitar la información de los parámetros varios del vehículo a la ECU.

Cuando finalice el proceso de sincronización y tenga los parámetros necesarios, los iconos en el dispositivo móvil Android se colocarán de color azul indicando su acceso, protocolo de comunicación que se usó para tener comunicación con la ECU del vehículo.

Figura 20

Comunicación entre CamScanner con la ECU



Nota. La imagen indica la conexión a ELM y ECU estén de color verde.

Al ingresar a “Dashboard” (menú de la aplicación), se observó en tiempo real varios parámetros del vehículo los cuales se actualizan conforme avance el vehículo. Se seleccionó el vehículo de ensayo para la investigación y el “perfil de conexión”

Figura 21

Selección del perfil de conexión del vehículo de ensayo



Nota. La imagen señala la variedad de vehículos que se encontró con la comunicación establecida con la interfase

Se ingresa a “Datos en tiempo real” y se selecciona “Combustible usado”, “Consumo medio de combustible (l/100 km)”, “Nivel de combustible”. Además, el aplicativo permitió la posibilidad de visualizar dos gráficas combinadas.

Figura 22

Parámetros de consumo de combustible y combustible usado en CamScanner



Nota. Las gráficas obtenidas indican en la parte superior el consumo de combustible, los L/100km vs el tiempo, y en la parte inferior los litros usados durante el tiempo de la ruta.

Para desconectar la aplicación, se escoge la opción “Disconnect” en la página principal, y la interfase ELM 327 se desvincula del dispositivo Android.

Aplicación Geo Tracker

Es una aplicación que aportaron información como la localización, valores de tiempo, distancias y velocidades para las rutas establecidas. Proporcionaron gráficas de distancia y duración, elevación.

Figura 23

Aplicación GeoTracker



Nota. La imagen se indica la aplicación para obtener datos de ubicación y demás de la ruta.

Uso de la aplicación Geo Tracker

El dispositivo móvil Android debe tener conexión a internet y activada la ubicación para proporcionar los datos en tiempo real. Al ingresar a la aplicación se muestra la localización exacta del punto de partida.

Figura 24

Mapa de la app GeoTracker

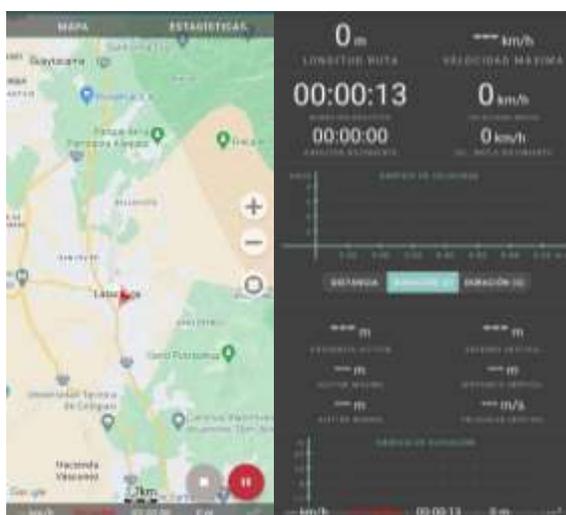


Nota. La ilustración indica el punto de partida de la ruta

Al momento de presionar el icono rojo ubicado en la parte derecha inferior, empieza a grabar la ruta y los datos como: velocidad, distancia, tiempo y empieza a graficar los mismos. Para ver los mismo se cambió a la pestaña de estadísticas.

Figura 25

Datos proporcionados por la App GeoTracker



Nota. La fotografía detalla los parámetros iniciales por parte de la aplicación.

Al finalizar cada ruta estipulada se debe presionar el ícono gris que tiene un cuadro en el centro para detener la grabación de los datos.

Google maps

El uso de Google maps proporcionó la información sobre la ruta a seguir antes de realizar las rutas, estableciendo el punto de partida y punto de llegada. Para las diferentes rutas que se establecieron se tomó en cuenta la normativa vigente en la Ciudad de Latacunga – Cotopaxi o Baños – Latacunga con respecto a límites de velocidad.

Vehículo de prueba

Las características del vehículo de detallan en la ficha técnica Anexo A; aporta información de parámetros específicos del vehículo que fueron obtenidos por pruebas en laboratorios donde se somete al vehículo a distintas condiciones.

Tabla 1

Consumos de combustible y capacidad de los carburantes en el vehículo de ensayo

Descripción		Datos	
Capacidad de depósito de gasolina	69.0 L	18.2 US gal	15.2 Imp gal
Depósito de gas doméstico (GLP)	15 kg	30 kg	
Consumo de combustible promedios			
Consumos – medios	11 L/100 km	26 MPG UK	21 MPG US
Consumos – extraurbanos	9.8 L/100 km	29 MPG UK	24 MPG US
Consumo - urbano	13.1 L/100 km	22 MPG UK	18 MPG US

Descripción	Datos	
Autonomía	667 km	415 millas

Nota. Datos de capacidades en los depósitos de gasolina y GLP, la capacidad del depósito de GLP del vehículo de ensayo es de 60 kg, las unidades del odómetro del vehículo de ensayo están en millas.

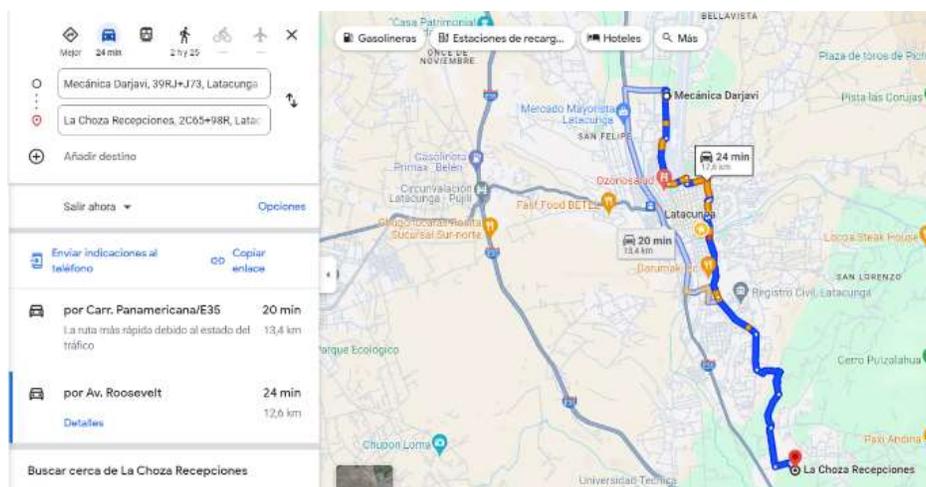
Prueba de consumo de combustible

En la prueba se midió parámetros de interés al recorrer con el vehículo la ruta establecida. Los videos proporcionaron el registro de datos para en caso de necesitar valores más específicos durante el trayecto de la ruta.

Se conectó las interfases ya mencionadas como el ELM 327 y alistar la App Geo Tracker y nuevamente al realizar las rutas mientras que con el combustible de GLP tener listo el software Landi Renzo System A.

Ruta urbana

Con el vehículo de ensayo se colocaron los instrumentos de medición, y cerca al punto de inicio de la ruta, en la Ciudad de Latacunga establece un rango moderado de velocidad de >50 km/h - <60 km/h. La ruta establecida fue desde el Sector Belisario Quevedo 0°59'20.5"S, 78°35'30.8"W de coordenadas hasta 0°54'30.8"S, 78°37'10.7"W – Sector Aeropuerto.

Figura 26**Consumo de combustible - Ruta Urbana**

Nota. La imagen señala el punto de partida Sector de Belisario Quevedo y el punto de llegada cerca al aeropuerto.

Nota. Trayectoria recorrida para la ruta urbana.

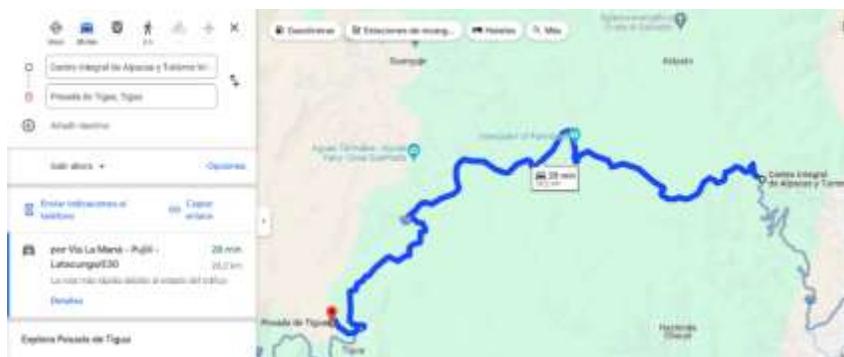
Con el odómetro se verificó el kilometraje con el que se comenzó y finalizó la ruta; los datos proporcionados por la aplicación Car Scanner y Geo Tracker se constató mediante las gráficas.

Ruta carretera

Con el vehículo de ensayo estático se colocaron los instrumentos de medición; siguiendo la ruta establecida indicó un rango moderado de velocidad de >100 km/h - <135 km/h. La ruta establecida fue desde los puntos $0^{\circ}56'56.9''S$, $78^{\circ}50'52''W$ hasta $0^{\circ}54'16.3''S$, $78^{\circ}43'26.8''W$, sectores de Wiracocha – Tigua.

Figura 27

Consumo de combustible - Ruta Carretera



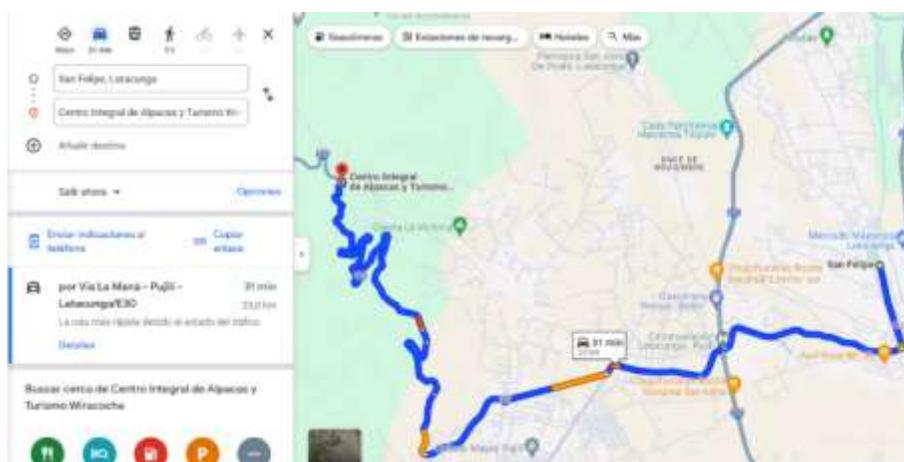
Nota. La imagen señala el punto de partida Sector de Tigua y el punto de llegada Wiracocha

Ruta combinada

Se realizó una continuación de la ruta de carretera donde los rangos moderados de velocidad son de <math><50\text{ km/h}</math> - <math><135\text{ km/h}</math>. La ruta establecida fue desde las coordenadas

Figura 28

Consumo de combustible - Ruta Combinada



Nota. La imagen señala el punto de partida Sector de Wiracocha y el punto de llegada Sector de San Felipe

Prueba de autonomía del vehículo

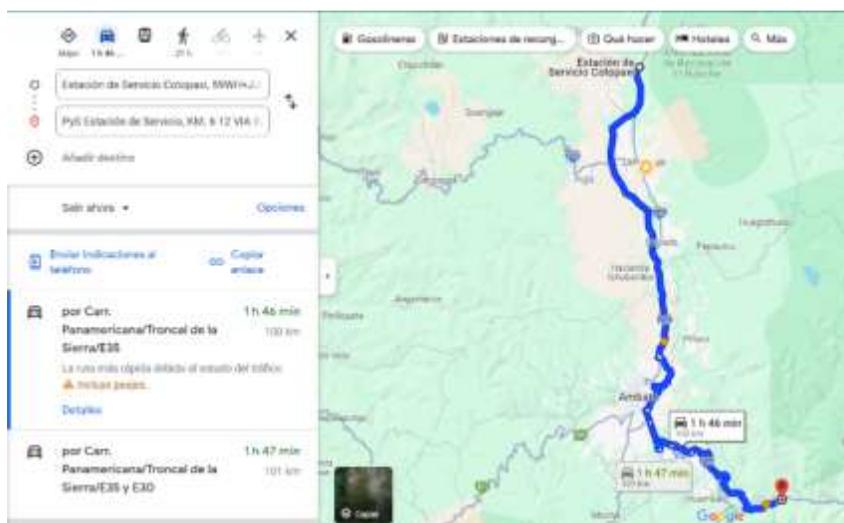
Se estableció una ruta de al menos 100 km para determinar la autonomía total del vehículo. Comprobando así la distancia máxima que pueda alcanzar o recorrer hasta que se termine el combustible del depósito.

Ruta de autonomía

Para esta ruta se estableció mediante Google maps, el punto de inicio fue la estación de servicio Cotopaxi Tanicuchi ($0^{\circ}48'19.8''S$, $78^{\circ}37'18.5''W$) hasta la Estación de servicio Km 6-1/2 Vía a Baños – Ambato ($1^{\circ}23'42.6''S$, $78^{\circ}25'33.2''W$) siguiendo toda la carretera E35.

Figura 29

Ruta de autonomía



Nota. La imagen indica el punto de partida en el sector de Cotopaxi y el punto de llegada en la ciudad de Baños

Software Landi Renzo System A

Es un software que se usó en la investigación para determinar el porcentaje que existe en el indicador de pluma del depósito y del indicador de leds ubicado en la parte izquierda del volante. Este software se usa mediante un cable que comunica la ECU de GLP del vehículo con el ordenador y aportó varios parámetros de los cuales se destacar el nivel en el depósito. Se conectó el cable con el socket ubicado a lado de la batería en el motor del vehículo, el socket de 4 pines y la entrada USB al computador para comenzar con la comunicación.

Figura 30

Software Landi Renzo



Nota. La imagen indica el icono del software Landi Renzo

Figura 31

Pantalla Principal Software Landi Renzo

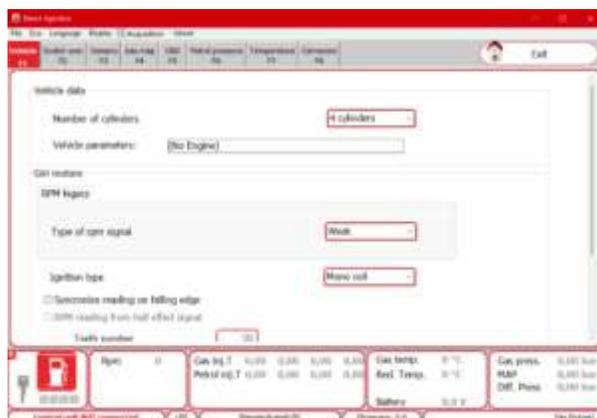


Nota. La imagen señala la pantalla principal de la interfaz del Software Landy Renzon Injection

Después se ingresó a la pestaña “CONFIGURE”, seleccionando el número de cilindros del vehículo de ensayo que son 4.

Figura 32

Pestaña de configuración Landi Renzo



Nota. La imagen proporciona configurar del número de cilindros y el tipo de ignición del vehículo de ensayo.

Posterior se ingresó a la pestaña “Sensors” y se pulsó F3, para monitorear el nivel del carburante disponible dentro del depósito de gas licuado de petróleo.

Figura 33

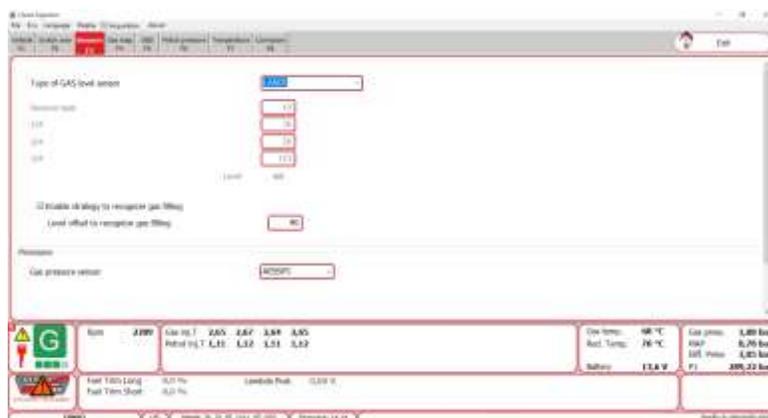
Pestaña de sensores - Landi Renzo



Nota. La imagen indica el nivel de GLP existente en el depósito y proporciona valores referenciales a 1/4, 2/4 y 3/4 de llenado.

Figura 34

Nivel del carburante con el software Landi Renzo



Nota. La imagen indica el nivel de GLP existente en el depósito ya conectado con el vehículo de ensayo.

Rutas para la investigación con gas licuado de petróleo - GLP

Para el desarrollo de la investigación con el combustible GLP, se empleó las mismas rutas en las que se determinó el consumo de gasolina previo a la implementación de sistema GLP. En estas rutas se monitorearon tanto el consumo de gasolina y el Gas Licuado de Petróleo.

Implementación del método gravimétrico

Para determinar el consumo de combustible de acuerdo con Ec.1 durante la ruta de prueba se necesita datos proporcionados por la interfaz ELM 327, y GeoTracker. Los datos necesarios son la distancia recorrida (km), densidad del combustible del GLP.

Para facilidad de este método, se realizó el trasvase del GLP, con dos tanques de gas doméstico (30 kg cada uno), llegando a completar todo el depósito con 60 kg, es necesario verificar el contenido del carburante en el depósito de GLP con el indicador led y el software Landi Renzo. A fin de realizar las distintas rutas de consumos de combustible y autonomía; mientras se monitorea la variación del peso mediante el software.

Método de estimación de consumo de gas licuado de petróleo

Indicador del carburante en el tablero de instrumentos

Este indicador del carburante está ubicado en el tablero de instrumentos, en el lado izquierdo del volante, proporciona información del nivel de depósito del gas licuado de petróleo, 4 leds encendidos de color verde indican el depósito completo (60 kg de GLP domestico) y 1 led encendido de color rojo indica que ya está por terminarse el carburante.

Figura 35

Indicador de leds del nivel de carburante



Nota. La imagen señala el conmutador para pasar de gasolina a DUAL e indicador de leds de nivel del carburante GLP.

Indicador de nivel del depósito de gas licuado de petróleo

Este indicador trabaja de forma mecánica con una boya ubicada dentro del depósito del carburante, a su vez este tiene un indicador de pluma para visualizar, de igual forma envía la información al indicador led ubicado en el tablero de instrumentos.

Figura 36

Indicador de pluma del carburante



Nota. La imagen señala al indicador lleno del nivel de pluma del carburante en el depósito

Estimación para el consumo del gas licuado de petróleo

Para calcular el consumo del carburante durante las diferentes rutas, los indicadores leds y de pluma solo corroboran la información obtenida por medio del software Landi Renzo. Mediante el software Landi Renzo System A, proporciona la información de la masa antes y después de realizar cada ruta, fue útil para el desarrollo del método gravimétrico.

Resultados de consumo de combustible con gasolina

Los datos obtenidos durante la ruta, con el aplicativo GeoTracker y mediante el scanner son los presentados:

Ruta Urbana

Figura 37

Resultados Ruta Urbana - Gasolina



Nota. La imagen indica los datos finales de las condiciones de manejo de la ruta urbana con gasolina. a) Gráfica de la duración (km/h vs m:s) y la elevación que existió (m vs m:s) . b) Gráfica de la distancia de la ruta (km/h vs km) y su elevación (m vs km). c) Gráfica de la velocidad (km/h vs m:s) y su elevación (m vs m:s)

La ruta finalizada, la app reflejo los datos obtenidos donde la distancia total de la ruta fue de 13.05 km, se llegó a una velocidad máxima de 59 km/h, con una duración de 24.46 minutos el trayecto, se obtuvo gráficas de duración y distancia, con la elevación de 2938 m como máximo y 2750 m de altura como mínimo.

Tabla 2*Datos obtenidos de la Ruta Urbana - Gasolina*

Datos ruta urbana						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustib	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	le usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
0,00	0,00	0,00	15,85	60,00	0,00	0,00
3,80	0,61	1,00	13,21	50,00	0,16	0,04
6,83	1,23	2,00	11,10	42,00	0,27	0,07
8,33	1,84	3,00	9,78	37,00	0,50	0,13
9,83	2,46	4,00	8,72	33,00	0,63	0,17
11,33	3,07	5,00	7,66	29,00	0,69	0,18
12,83	3,68	6,00	6,08	23,00	0,95	0,25
14,33	4,30	7,00	5,55	21,00	1,10	0,29
15,83	4,91	8,00	5,28	20,00	1,27	0,34
17,33	5,53	9,00	5,02	19,00	1,32	0,35
18,83	6,14	10,00	4,76	18,00	1,54	0,41
20,33	6,75	11,00	4,21	15,92	1,71	0,45
21,83	7,37	12,00	4,16	15,75	1,84	0,49
24,46	7,98	13,00	4,13	15,62	2,03	0,54

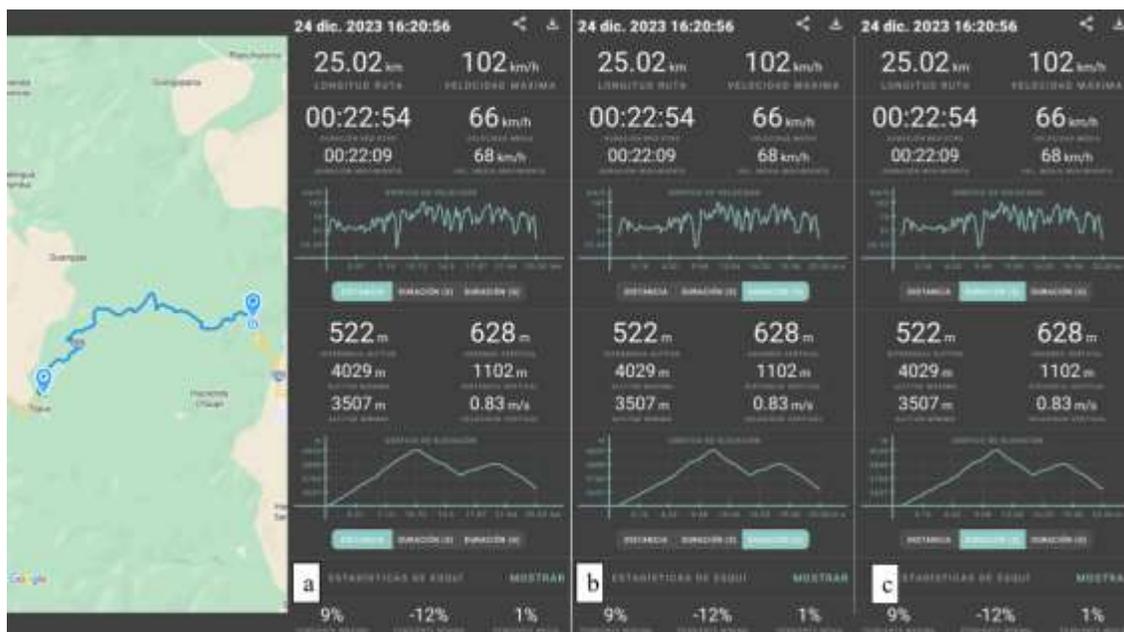
Nota. Datos finales de la ruta urbana con gasolina.

Durante la ruta, se monitoreó 13 datos los cuales se tabuló durante cada kilómetro de la ruta, el consumo de combustible inicial fue de 15,85 Gal/100km por que tiene a estabilizarse acorde se realiza la ruta y la forma de conducir, se obtuvo un consumo de 4,13 Gal/100 km, con un gasto total de consumo de 0,54 galones durante todo el trayecto.

Ruta Carretera

Figura 38

Resultados Ruta Carretera - Gasolina



Nota. La imagen indica los datos finales de las condiciones de manejo de la ruta carretera con gasolina. a) Gráfica de distancia (km/h vs km) y la elevación que existió (m vs km) . b) Gráfica de la duración (km/h vs m:s) y su elevación (m vs m:s). c) Gráfica de la duración (km/h vs m:s) y su elevación (m vs m:s)

Con la ruta concluida, se obtuvo una distancia de la ruta de 25.02 km, alcanzando una velocidad máxima de 106 km/h, con duración de 22.54 minutos, se realizó la ruta a una altura desde 3508 m a 4027 m, para tener rutas mayormente despejadas de tráfico vehicular.

Tabla 3*Datos obtenidos de la Ruta Carretera - Gasolina*

Datos ruta carretera						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	Usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
0,00	0,00	0,00	15,85	60,00	0,00	0,00
1,16	0,61	1,00	13,21	50,00	0,12	0,03
2,32	1,23	2,00	11,89	45,00	0,21	0,06
3,48	1,84	3,00	10,83	41,00	0,34	0,09
4,64	2,46	4,00	9,78	37,00	0,44	0,12
5,80	3,07	5,00	8,72	33,00	0,53	0,14
6,96	3,68	6,00	7,93	30,00	0,69	0,18
8,12	4,30	7,00	7,13	27,00	0,75	0,20
9,28	4,91	8,00	6,34	24,00	0,89	0,24
10,44	5,53	9,00	6,08	23,00	0,99	0,26
11,60	6,14	10,00	5,81	22,00	1,12	0,30
12,76	6,75	11,00	5,55	21,00	1,23	0,32
13,92	7,37	12,00	5,02	19,00	1,32	0,35
15,08	7,98	13,00	4,52	17,12	1,45	0,38
16,24	8,60	14,00	4,26	16,13	1,58	0,42
17,40	9,21	15,00	4,18	15,84	1,63	0,43
18,56	9,82	16,00	4,16	15,76	1,77	0,47
19,72	10,44	17,00	4,10	15,51	1,91	0,50
20,88	11,05	18,00	3,99	15,11	1,98	0,52

Datos ruta carretera						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	Usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
22,04	11,67	19,00	3,55	13,45	2,09	0,55
23,20	12,28	20,00	3,24	12,25	2,20	0,58
24,36	12,89	21,00	3,05	11,56	2,31	0,61
25,52	13,51	22,00	3,02	11,42	2,42	0,64
26,68	14,12	23,00	2,96	11,22	2,55	0,67
27,84	14,74	24,00	2,95	11,18	2,69	0,71
29,00	15,35	25,00	2,93	11,08	2,77	0,73

Nota. Datos finales de la ruta carretera – gasolina

Se tabuló 25 datos que corresponden a los kilómetros recorridos de la ruta, se evidenció un consumo de 2,93 Gal/100 km, con un consumo final de 0,73 galones durante toda la ruta, además se identificó un consumo menor en esta ruta, el motivo se puede atribuir al tráfico ligero que existió en aquel trayecto.

Ruta Combinada

Figura 39

Resultados Ruta Combinada - Gasolina



Nota. La imagen indica los datos finales de las condiciones de manejo de la ruta combinada con gasolina. a) Gráfica de distancia (km/h vs km) y elevación (m vs km). b) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s). c) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y su elevación (m vs m:s)

Los datos obtenidos en la ruta combinada reflejan una duración total de la ruta de 22,43 km alcanzando una velocidad máxima 99 km/h y una duración de 27,18 minutos, al ser combinada las gráficas de duración reflejan el número de paradas el aumento o reducción significativa de la velocidad desde el kilómetro 8, donde se daba la transición de la ruta carretera a urbana, esta ruta se realizó desde 3646 m de altura (carretera - Wiracocha) llegando hasta 2811 (urbana – San Felipe).

Tabla 4*Datos obtenidos de la Ruta Combinada - Gasolina*

Datos ruta combinado						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	Combustible	Usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
0,00	0,00	0,00	15,85	60,00	0,00	0,00
1,22	0,61	1,00	14,59	55,23	0,13	0,03
2,48	1,23	2,00	12,52	47,40	0,26	0,07
3,73	1,84	3,00	11,00	41,65	0,39	0,10
5,04	2,46	4,00	9,89	37,45	0,52	0,14
6,25	3,07	5,00	8,78	33,24	0,65	0,17
7,46	3,68	6,00	8,07	30,56	0,78	0,21
8,67	4,30	7,00	7,25	27,43	0,91	0,24
9,88	4,91	8,00	6,25	23,65	1,04	0,27
11,09	5,53	9,00	5,60	21,21	1,17	0,31
12,30	6,14	10,00	5,17	19,56	1,30	0,34
13,51	6,75	11,00	4,53	17,13	1,43	0,38
14,72	7,37	12,00	4,19	15,85	1,56	0,41
15,93	7,98	13,00	3,69	13,96	1,69	0,45
17,14	8,60	14,00	3,67	13,89	1,82	0,48
18,35	9,21	15,00	3,63	13,73	1,95	0,52
19,56	9,82	16,00	3,61	13,65	2,08	0,55
20,77	10,44	17,00	3,58	13,54	2,21	0,58
21,98	11,05	18,00	3,55	13,43	2,34	0,62

Datos ruta combinado						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de combustible	Consumo de Combustible	Combustible Usado	Combustible Usado
(min)	(millas)	(km)	(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
23,19	11,67	19,00	3,52	13,31	2,47	0,65
24,40	12,28	20,00	3,50	13,23	2,60	0,69
25,61	12,89	21,00	3,44	13,01	2,73	0,72
26,82	13,51	22,00	3,39	12,85	2,80	0,74
28,03	14,12	23,00	3,34	12,63	2,91	0,77

Nota. Datos finales de la ruta combinada - gasolina

Se registró 23 datos acorde a la distancia recorrida durante la ruta, se obtuvo un consumo de combustible de 3,34 Gal/100 km, con 0,77 galones consumidos durante todo el trayecto. Se evidencia a partir del kilómetro 13 una menor variación entre los datos finales para el consumo de combustible para 100 kilómetros.

Resultados de consumo de combustible con gas licuado de petróleo – GLP

Para estas pruebas de igual forma se verificó el comportamiento del consumo de gasolina con el carburante GLP.

Ruta Urbana

Figura 40

Resultados Ruta Urbana - DUAL



Nota. La imagen indica los datos finales de las condiciones de manejo de la ruta urbana con carburante GLP. a) Gráfica de distancia (km/h vs km) y elevación (m vs km). b) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s). c) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s)

Al realizar esta ruta con el sistema DUAL, se obtuvo una distancia recorrida de 13.01 km, llegando a una velocidad máxima de 56 km/h, y con una duración de 23,27 minutos, la altura máxima de la ruta fue de 2836 m y la altura mínima 2744 m, estos factores geográficos involucran en la cantidad de aire que ingresa al vehículo.

Tabla 5.*Datos Obtenidos de la Ruta Urbana - DUAL*

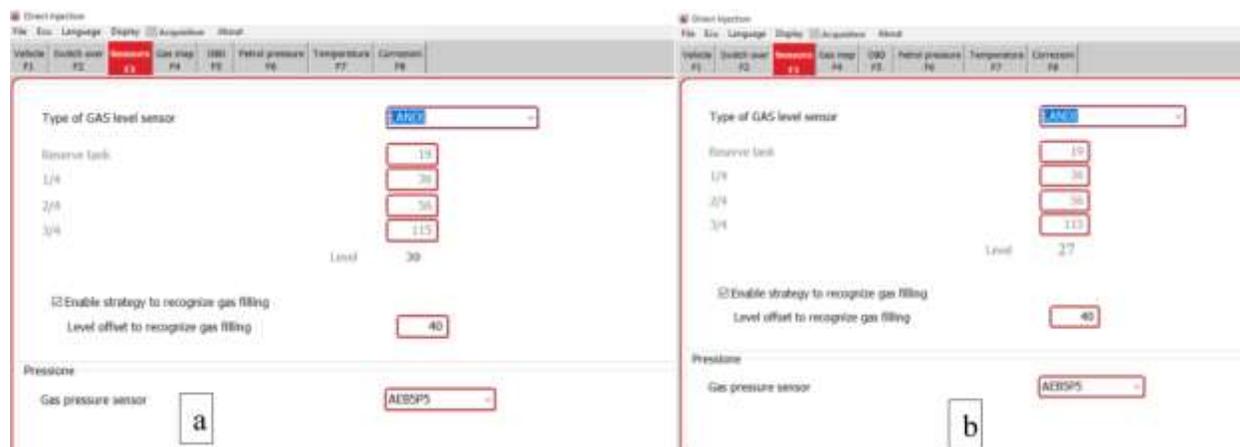
Datos ruta urbana gasolina / GLP						
Tiempo (min)	Odómetro (millas)	Odómetro (km)	Consumo de combustible (Gal /100 km)	Consumo de combustible (l/100 km)	Combustible Usado (l/km)	Combustible Usado (Gal/km)
0,00	0,00	0,00	15,85	60,00	0,00	0,02
3,80	0,61	1,00	13,21	50,00	0,11	0,03
6,83	1,23	2,00	11,10	42,00	0,17	0,05
8,33	1,84	3,00	9,78	37,00	0,38	0,10
9,83	2,46	4,00	8,72	33,00	0,45	0,12
11,33	3,07	5,00	7,66	29,00	0,49	0,13
12,83	3,68	6,00	6,08	23,00	0,68	0,18
14,33	4,30	7,00	5,55	21,00	0,79	0,21
15,83	4,91	8,00	5,28	20,00	0,91	0,24
17,33	5,53	9,00	5,02	19,00	0,95	0,25
18,83	6,14	10,00	4,76	18,00	1,10	0,29
20,33	6,75	11,00	4,21	15,92	1,17	0,31
21,83	7,37	12,00	3,43	13,00	1,31	0,35
24,46	7,98	13,00	2,95	11,15	1,48	0,39

Nota. Datos finales de la ruta urbana – combustible DUAL

Acorde a la ruta establecida, se tabuló 13 datos acorde a los kilómetros recorridos (7,98 millas), con el sistema DUAL, existió un consumo de combustible de 2,95 Gal/100 km, donde consumió un total de 0,39 galones. Existe una reducción del consumo gasolina, con respecto a la ruta realizada con combustible solo gasolina. Para determinar el consumo del carburante durante la ruta se comprobó la variación de peso que existió en el depósito de GLP. El peso inicial con se inició la ruta es de 30 kg.

Figura 41

El valor de la masa del GLP se expresa en 30kg al inicio de la ruta urbana



Nota. Las imágenes señalan la variación de peso durante la ruta urbana: a) Peso inicial del carburante GLP. b) Peso final del carburante GLP.

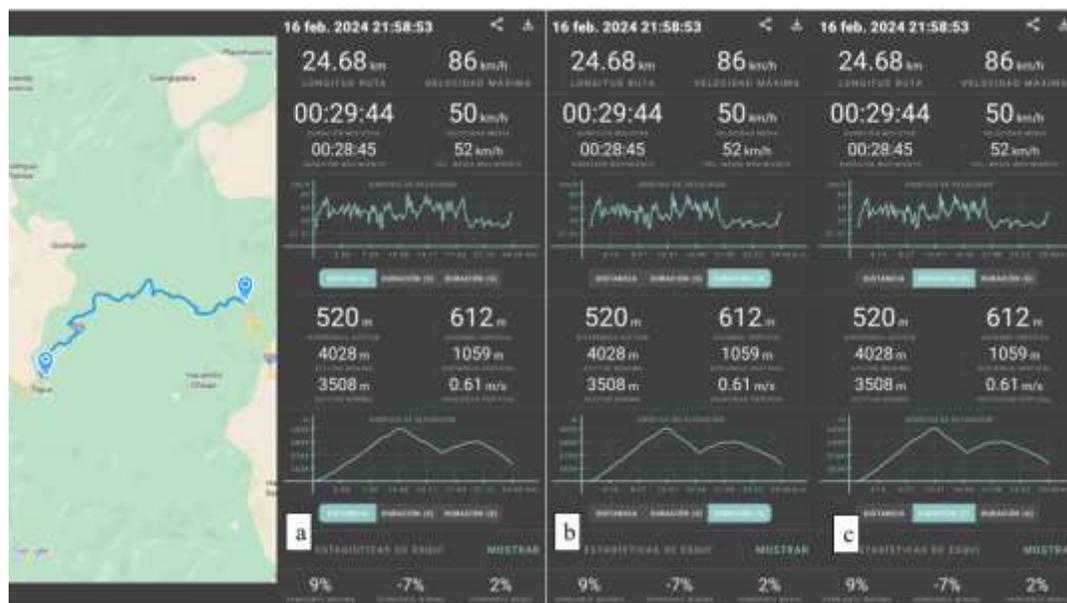
La ruta urbana se realizó con peso inicial de 30 kg y al finalizar se obtuvo un peso de 27 kg durante el transcurso de la prueba. lo que se obtuvo un cambio neto de 3 kg en este segmento específico del recorrido.

Ruta Carretera

Los datos obtenidos durante la ruta, con el aplicativo GeoTracker y mediante el scanner son los presentados a continuación:

Figura 42

Datos finales de las condiciones de manejo de la ruta carretera - DUAL



Nota. La imagen indica los datos finales de las condiciones de manejo de la ruta de carretera con carburante GLP. a) Gráfica de distancia (km/h vs km) y elevación (m vs km). b) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s). c) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s)

En la ruta de carretera con la activación del sistema DUAL, se recorrió 24.68 kilómetros, alcanzando una velocidad máxima de 86 km/h y una duración de 29,44 minutos; la altura que se realizó la ruta fue de 4028 (altura máxima) y 3508 (altura mínima), limitando la cantidad de aire que ingresa al vehículo de ensayo, la velocidad al llegar a una velocidad más alta y mantenerla constante permite al vehículo reducir la cantidad de galones consumidos por kilómetro.

Tabla 6*Datos obtenidos de la Ruta Carretera - DUAL*

Datos ruta carretera gasolina/GLP						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
0,00	0,00	0,00	15,85	60,00	0,00	0,00
1,16	0,61	1,00	13,21	50,00	0,12	0,02
2,32	1,23	2,00	11,89	45,00	0,21	0,03
3,48	1,84	3,00	10,83	41,00	0,34	0,06
4,64	2,46	4,00	9,78	37,00	0,44	0,08
5,80	3,07	5,00	8,72	33,00	0,53	0,09
6,96	3,68	6,00	7,93	30,00	0,69	0,13
8,12	4,30	7,00	7,13	27,00	0,75	0,14
9,28	4,91	8,00	6,34	24,00	0,89	0,16
10,44	5,53	9,00	6,08	23,00	0,99	0,19
11,60	6,14	10,00	5,81	22,00	1,12	0,20
12,76	6,75	11,00	5,55	21,00	1,23	0,22
13,92	7,37	12,00	5,02	19,00	1,32	0,23
15,08	7,98	13,00	4,52	17,12	1,45	0,26
16,24	8,60	14,00	4,26	16,13	1,58	0,29
17,40	9,21	15,00	4,18	15,84	1,63	0,30
18,56	9,82	16,00	4,16	15,76	1,77	0,32
19,72	10,44	17,00	4,10	15,51	1,91	0,35
20,88	11,05	18,00	3,99	15,11	1,98	0,36

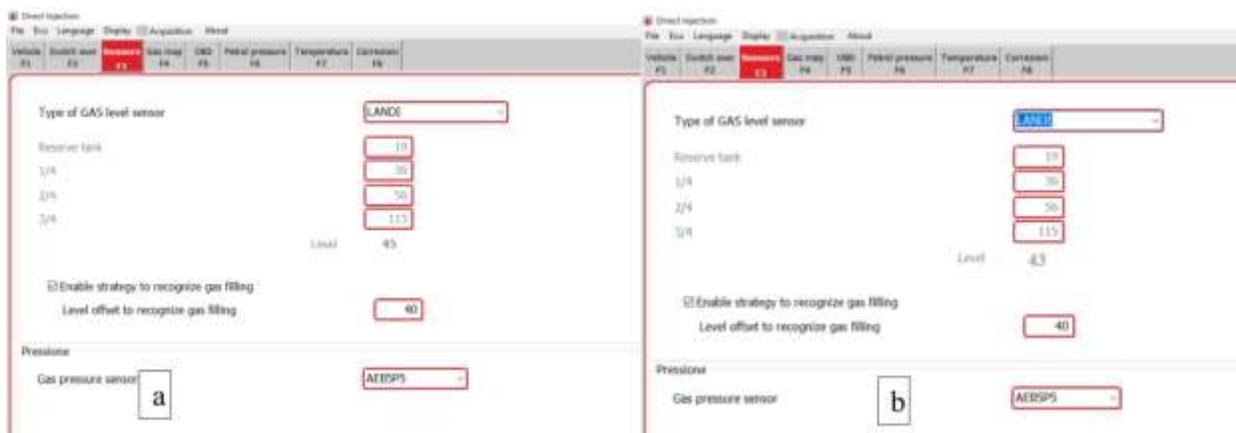
Datos ruta carretera gasolina/GLP						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
22,04	11,67	19,00	3,55	13,45	2,09	0,38
23,20	12,28	20,00	3,24	12,25	2,20	0,40
24,36	12,89	21,00	3,05	11,56	2,31	0,41
25,52	13,51	22,00	3,02	11,42	2,42	0,44
26,68	14,12	23,00	2,96	11,22	2,55	0,46
27,84	14,74	24,00	2,95	11,18	2,69	0,48
29,00	15,35	25,00	2,93	11,08	2,77	0,51

Nota. Datos finales de la ruta carretera – combustible DUAL

Los datos obtenidos en la ruta de carretera evidencia 25 kilómetros recorridos durante el trayecto, se obtuvo un consumo de combustible de 2,93 Gal/100 km con un consumo final de 0,51 galones. La tendencia de consumo se reduce a partir del kilómetro 3 de la ruta (1,84 millas) donde las condiciones de conducción permiten al vehículo de ensayo un mayor ahorro de combustible. El consumo del carburante durante la ruta se comprobó la variación de peso en el depósito de GLP. El peso inicial de la ruta es de 45 kg.

Figura 43

Variación del peso del carburante GLP – ruta carretera del software Landi Renzo



Nota. Las imágenes señalan la variación de peso durante la ruta carretera: a) Peso inicial del carburante GLP. b) Peso final del carburante GLP.

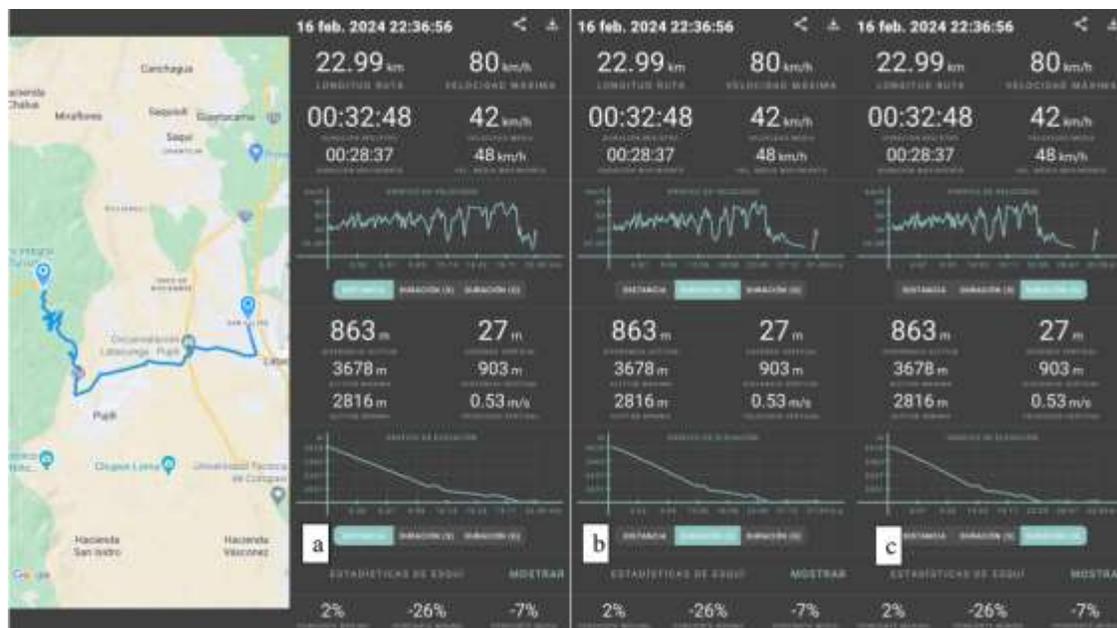
La ruta de carretera se realizó con peso inicial de 45 kg y al finalizar se obtuvo un peso de 43 kg durante el transcurso de la prueba, lo que sugiere un cambio neto de 2 kg en este segmento específico del recorrido.

Ruta Combinada

Los datos obtenidos durante la ruta, con el aplicativo GeoTracker y mediante el scanner son los presentados a continuación:

Figura 44

Datos finales de las condiciones de manejo de la ruta combinada - DUAL



Nota. La imagen indica los datos finales de las condiciones de manejo de la ruta combinada con combustible DUAL. a) Gráfica de distancia (km/h vs km) y elevación (m vs km). b) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s). c) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s)

Los datos proporcionados por la aplicación, se obtuvo una distancia recorrida de 22.99 km, velocidad máxima de 80 km/h y 32.48 minutos de duración de la ruta. Con una altura máxima de 3678 metros y altura mínima de 2816 metros.

Tabla 7*Datos obtenidos de la ruta combinado - DUAL*

Datos ruta combinado						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustibl	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	e Usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
0,00	0,00	0,00	15,85	60,00	0,00	0,00
1,22	0,61	1,00	14,59	55,23	0,09	0,02
2,48	1,23	2,00	12,52	47,40	0,19	0,05
3,73	1,84	3,00	11,00	41,65	0,27	0,07
5,04	2,46	4,00	9,89	37,45	0,34	0,09
6,25	3,07	5,00	8,78	33,24	0,49	0,13
7,46	3,68	6,00	8,07	30,56	0,53	0,14
8,67	4,30	7,00	7,25	27,43	0,57	0,15
9,88	4,91	8,00	6,25	23,65	0,64	0,17
11,09	5,53	9,00	5,60	21,21	0,82	0,22
12,30	6,14	10,00	5,17	19,56	0,87	0,23
13,51	6,75	11,00	4,53	17,13	1,01	0,27
14,72	7,37	12,00	4,19	15,85	1,10	0,29
15,93	7,98	13,00	3,69	13,96	1,21	0,32
17,14	8,60	14,00	3,67	13,89	1,28	0,34
18,35	9,21	15,00	3,63	13,73	1,40	0,37
19,56	9,82	16,00	3,61	13,65	1,47	0,39
20,77	10,44	17,00	3,58	13,54	1,59	0,42
21,98	11,05	18,00	3,55	13,43	1,65	0,44

Datos ruta combinado						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de combustible	Consumo de combustible	Combustible e Usado	Combustible Usado
(min)	(millas)	(km)	(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
23,19	11,67	19,00	3,20	12,11	1,78	0,47
24,40	12,28	20,00	3,00	11,36	1,85	0,49
25,61	12,89	21,00	2,80	10,60	1,92	0,51
26,82	13,51	22,00	2,50	9,46	2,05	0,54
28,03	14,12	23,00	2,22	8,39	2,16	0,57

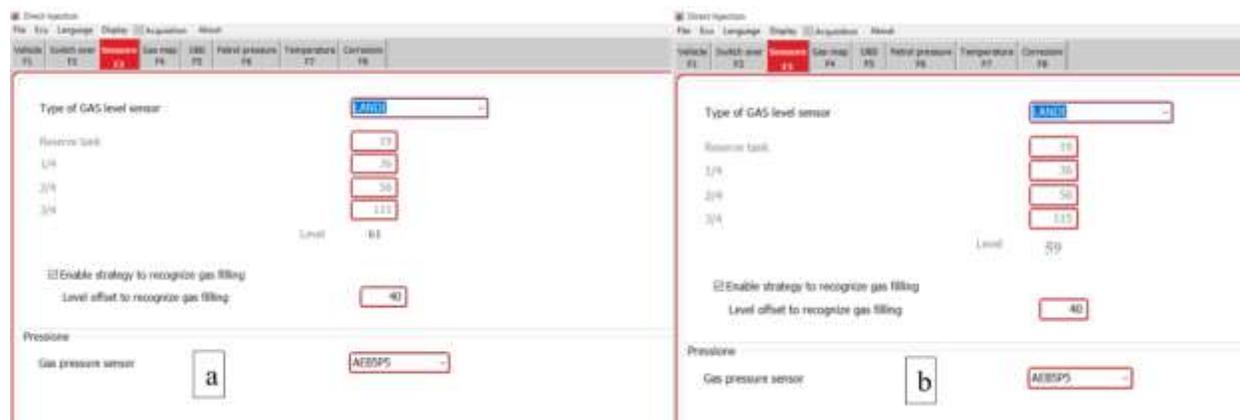
Nota. Datos finales de la ruta combinado – DUAL resaltados en la tabla

Acorde a los datos obtenidos, se evidenció un consumo de gasolina de 2,22 Gal/100 km, consumiendo un total de 0.57 Galones durante toda la ruta, a partir del kilómetro 8 de recorrido de la ruta (4,91 millas) la tendencia del consumo va disminuyendo.

Para determinar el consumo del carburante durante la ruta se comprobó la variación de peso en el depósito de GLP. El peso inicial con el que inició la ruta es de 61 kg.

Figura 45

Variación del peso del carburante GLP – ruta combinada del software Landi Renzo



Nota. Las imágenes señalan la variación de peso durante la ruta carretera: a) Peso inicial del carburante GLP. b) Peso final del carburante GLP.

La ruta combinada se realizó con peso inicial de 61 kg y al finalizar se obtuvo un peso de 59 kg durante el transcurso de la prueba, lo que sugiere un cambio neto de 3 kg en este segmento específico del recorrido.

Resultados de autonomía con gasolina

Figura 46

Datos finales de las condiciones de manejo de la ruta de autonomía - gasolina



Nota. La imagen indica los datos finales de las condiciones de manejo de la ruta de autonomía con gasolina. a) Gráfica de distancia (km/h vs km) y elevación (m vs km). b) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s). c) Gráfica de duración (km/h vs m:s) y elevación (m vs m:s)

La aplicación, suministró información de la distancia de 101 km, velocidad máxima de 107 km/h y duración de 124,04 minutos, La altura donde comenzó la ruta fue de 1957 m, finalizando con 1839 m. La ruta establecida tiene mayor cantidad de paradas o semáforos.

Tabla 8

Datos obtenidos de autonomía- gasolina

Datos ruta autonomía 100k - Gasolina						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	Usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
0,00	0,00	0,00	13,21	50,00	0,00	0,00
6,25	3,07	5,00	10,57	40,00	0,53	0,14
12,50	6,14	10,00	7,93	30,00	0,95	0,25
18,75	9,21	15,00	6,61	25,00	1,59	0,42
25,00	12,28	20,00	5,94	22,50	2,27	0,60
31,25	15,35	25,00	5,55	21,00	2,65	0,70
37,50	18,42	30,00	5,28	20,00	3,18	0,84
43,75	21,49	35,00	5,02	19,00	3,71	0,98
50,00	24,56	40,00	4,76	18,00	4,50	1,19
56,25	27,63	45,00	4,49	17,00	4,77	1,26
62,50	30,70	50,00	4,23	16,00	5,30	1,40
68,75	33,77	55,00	3,96	15,00	5,83	1,54
75,00	36,84	60,00	3,70	14,00	6,36	1,68
81,25	39,91	65,00	3,43	13,00	6,89	1,82
87,50	42,98	70,00	3,17	12,00	7,50	1,98

Datos ruta autonomía 100k - Gasolina						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	Usado	Usado
			(Gal /100 km)	(l/100 km)	(l/km)	(Gal/km)
93,75	46,05	75,00	3,04	11,50	8,03	2,12
100,00	49,12	80,00	2,91	11,00	8,34	2,20
106,25	52,19	85,00	2,88	10,90	8,69	2,30
112,50	55,26	90,00	2,79	10,56	9,20	2,43
118,75	58,33	95,00	2,73	10,32	9,71	2,57
125,00	61,40	100,00	2,64	9,99	9,99	2,64

Nota. Datos finales de la autonomía - gasolina

Con los datos obtenidos, se tabuló 20 datos repartidos durante todo el trayecto de la ruta, obteniendo 2,64 galones consumidos en los 100 kilómetros (61.4 millas). Para determinar la autonomía del vehículo de ensayo, se realizó cambio de unidades.

$$\frac{69 \text{ litros totales del deposito} \times 100 \text{ km recordados}}{9,99 \text{ litros consumidos en la ruta}} = 690,69 \text{ kilómetros totales de autonomía}$$

Para llenar el depósito de gasolina se realizó un cambio de unidades para cumplir los 690,69 kilómetros:

$$69 \text{ litros} \times \frac{1 \text{ Galon}}{3,785 \text{ litros}} \times \frac{\$ 2,40}{1 \text{ Galon}} = \$ 43,75$$

Resultados de autonomía con GLP

Tabla 9*Datos obtenidos de la Ruta Autonomía - DUAL*

Datos ruta autonomía BAÑOS						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	Usado	Usado
			(Gal/100 km)	(litros/100km)	(litros)	(Gal)
0,00	0,00	0,00	13,21	50,00	0,00	0,00
4,68	3,07	5,00	10,57	40,00	0,36	0,09
9,35	6,14	10,00	7,93	30,00	0,61	0,16
14,03	9,21	15,00	6,61	25,00	1,07	0,28
18,70	12,28	20,00	5,94	22,50	1,59	0,42
23,38	15,35	25,00	5,55	21,00	1,70	0,45
28,05	18,42	30,00	5,28	20,00	2,16	0,57
32,73	21,49	35,00	5,02	19,00	2,46	0,65
37,40	24,56	40,00	4,76	18,00	3,02	0,80
42,08	27,63	45,00	4,49	17,00	3,22	0,85
46,75	30,70	50,00	4,23	16,00	3,52	0,93
51,43	33,77	55,00	3,43	13,00	3,94	1,04
56,10	36,84	60,00	3,17	12,00	4,26	1,13
60,78	39,91	65,00	2,91	11,00	4,62	1,22
65,45	42,98	70,00	2,38	9,00	5,03	1,33
70,13	46,05	75,00	1,85	7,00	5,30	1,40
74,80	49,12	80,00	1,59	6,00	5,60	1,48
79,48	52,19	85,00	1,54	5,83	5,83	1,54
84,15	55,26	90,00	1,63	6,17	6,17	1,63

Datos ruta autonomía BAÑOS						
Tiempo	Odómetro	Odómetro	Consumo de	Consumo de	Combustible	Combustible
(min)	(millas)	(km)	combustible	combustible	Usado	Usado
			(Gal/100 km)	(litros/100km)	(litros)	(Gal)
88,83	58,33	95,00	1,72	6,51	6,51	1,72
93,50	61,40	100,00	1,82	6,89	6,89	1,82
98,18	64,47	105,00	1,92	7,27	7,27	1,92
102,85	67,54	110,00	2,02	7,65	7,65	2,02
107,53	70,61	115,00	2,12	8,02	8,02	2,12
112,20	73,68	120,00	2,22	8,40	8,40	2,22
116,88	76,75	125,00	2,32	8,78	8,78	2,32
121,55	79,82	130,00	2,42	9,16	9,16	2,42
126,23	82,89	135,00	2,52	9,54	9,54	2,52
130,90	85,96	140,00	2,62	9,92	9,92	2,62
135,58	89,03	145,00	2,72	10,30	10,30	2,72
140,25	92,10	150,00	2,82	10,67	10,67	2,82
144,93	95,17	155,00	2,92	11,05	11,05	2,92
149,60	98,24	160,00	3,02	11,43	11,43	3,02
154,28	101,31	165,00	3,12	11,81	11,81	3,12
158,95	104,38	170,00	3,22	12,19	12,19	3,22
163,63	107,45	175,00	3,32	12,57	12,57	3,32
168,30	110,52	180,00	3,42	12,94	12,94	3,42
172,98	113,59	185,00	3,52	13,32	13,32	3,52
177,65	116,66	190,00	3,62	13,70	13,70	3,62
182,33	119,73	195,00	3,72	14,08	14,08	3,72

Datos ruta autonomía BAÑOS

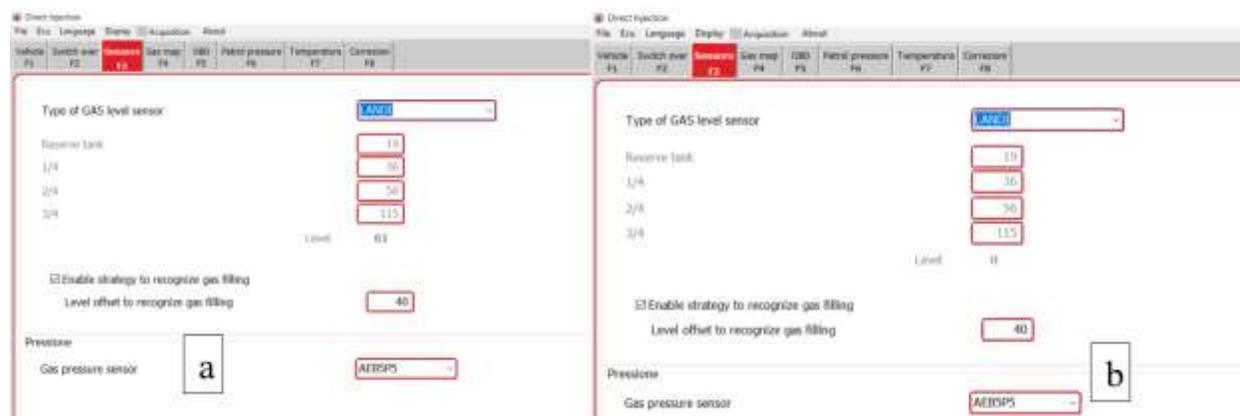
Tiempo (min)	Odómetro (millas)	Odómetro (km)	Consumo de combustible (Gal/100 km)	Consumo de combustible (litros/100km)	Combustible Usado (litros)	Combustible Usado (Gal)
187,00	122,80	200,00	3,82	14,46	14,46	3,82
191,68	125,87	205,00	3,92	14,84	14,84	3,92
196,35	128,94	210,00	4,02	15,22	15,22	4,02
201,03	132,01	215,00	4,12	15,59	15,59	4,12

Nota. Datos finales de la autonomía – combustible DUAL

La ruta de autonomía con el combustible dual se verificó que el sistema con GLP fue de 214,89 km, con el carburante y gasolina. Al finalizar esta ruta el sistema de indicadores leds cambia a color rojo y solo este encendido el primer led de forma intermitente, pasando el vehículo automáticamente a gasolina nuevamente, a su vez en el software mostró el nivel de 0 en el depósito.

Figura 48

Variación del peso del carburante GLP para autonomía del software Landi Renzo



Nota. Las imágenes señalan la variación de peso durante la ruta carretera: a) Peso inicial del carburante GLP. b) Peso final del carburante GLP

La autonomía final del vehículo de ensayo se realizó cambio de unidades

$$4,12 \text{ galones} \times \frac{3,785 \text{ litros}}{1 \text{ Gal}} = 15.59 \text{ litros}$$

$$\text{litros restantes} = 69 \text{ lt} - 15.59 \text{ lt} = 53.40 \text{ litros sobrantes durante la ruta}$$

$$\frac{690.69 \text{ km} * 53.40 \text{ litros}}{69 \text{ litros}} = 534.53 \text{ km}$$

Posterior se le suma la autonomía con el sistema DUAL

$$\text{Autonomia total} = 534,53\text{km (gasolina)} + 214 \text{ km (DUAL)} = 784,53\text{km}$$

Comparativa de resultados del consumo de combustible

Ruta Urbana

Tabla 10.

Datos comparativos entre las Rutas Urbanas Gasolina vs DUAL

Comparación Ruta Urbana Gasolina- Dual (GLP & GASOLINA)					
Distancia Recorrida (km)	Consumo de combustible				% de ahorro de combustible por kilómetro
	Gasolina (gal/km)	Precio (USD) Gasolina	Dual (gal/km)	Precio (USD) Dual	
1,00	0,01	0,02	0,02	0,04	33,33
2,00	0,04	0,10	0,03	0,07	28,79
3,00	0,07	0,17	0,05	0,11	36,92
4,00	0,13	0,32	0,10	0,24	24,30

5,00	0,17	0,40	0,12	0,29	27,90
6,00	0,18	0,44	0,13	0,31	28,69
7,00	0,25	0,60	0,18	0,43	28,28
8,00	0,29	0,70	0,21	0,50	27,74
9,00	0,34	0,81	0,24	0,57	28,73
10,00	0,35	0,84	0,25	0,60	28,31
11,00	0,41	0,98	0,29	0,70	28,72
12,00	0,45	1,08	0,31	0,74	31,38
13,00	0,49	1,17	0,35	0,83	28,73
14,00	0,54	1,29	0,39	0,94	27,28
Porcentaje de ahorro combustible promedio					28,91

Nota. Comparación de los consumos de combustible y precios en la ruta urbana.

Comparando los datos de consumo de gasolina se verificó que el primer dato existe mayor consumo con el sistema DUAL, esto fue debido a que el vehículo de ensayo al cambiar de sistema y vuelva a estabilizarse indica datos no muy precisos, pero acorde se realiza la ruta va reduciendo el consumo con el sistema, llegando a un ahorro de combustible 0,15 Gal/km o 28.91%, teniendo un ahorro promedio general de 28,91% Por consiguiente un ahorro de USD 0.35 USD en gasolina.

Ruta Carretera

Tabla 11*Datos Obtenidos de la Ruta Carretera Gasolina vs DUAL*

Distancia Recorrida (km)	Consumo de combustible				% de ahorro de combustible por kilómetro
	Gasolina (gal/km)	Precio (USD)		Precio (USD) Dual	
		Gasolina	Dual (gal/km)		
1,00	0,03	0,08	0,02	0,05	31,12
2,00	0,06	0,13	0,03	0,07	45,93
3,00	0,09	0,22	0,06	0,14	33,21
4,00	0,12	0,28	0,08	0,19	31,12
5,00	0,14	0,34	0,09	0,22	35,73
6,00	0,18	0,44	0,13	0,30	31,12
7,00	0,20	0,48	0,14	0,33	31,12
8,00	0,24	0,56	0,16	0,39	31,12
9,00	0,26	0,63	0,19	0,46	27,36
10,00	0,30	0,71	0,20	0,49	31,12
11,00	0,32	0,78	0,22	0,54	31,12
12,00	0,35	0,84	0,23	0,55	34,05
13,00	0,38	0,92	0,26	0,63	31,12
14,00	0,42	1,00	0,29	0,69	31,12
15,00	0,43	1,03	0,30	0,72	30,34
16,00	0,47	1,12	0,32	0,77	31,12
17,00	0,50	1,21	0,35	0,84	30,64

 Comparación Ruta Carretera Gasolina- Dual (GLP & GASOLINA)

Distancia Recorrida (km)	Consumo de combustible				% de ahorro de combustible por kilómetro
	Gasolina (gal/km)	Precio (USD) Gasolina	Dual (gal/km)	Precio (USD) Dual	
18,00	0,52	1,26	0,36	0,86	31,12
19,00	0,55	1,33	0,38	0,91	31,12
20,00	0,58	1,39	0,40	0,96	31,12
21,00	0,61	1,46	0,41	0,98	32,82
22,00	0,64	1,53	0,44	1,06	31,12
23,00	0,67	1,62	0,46	1,11	31,12
24,00	0,71	1,71	0,48	1,15	32,46
25,00	0,73	1,76	0,51	1,22	30,31
Porcentaje de ahorro combustible promedio					31,99

Nota. Comparación de los consumos de combustible y precios en la ruta carretera.

Comparando ambos datos de consumo de gasolina tiene una tendencia de ahorro desde que comenzó la ruta, llegando a un ahorro de combustible de 0,22 Gal/km que equivale al 30,31%, teniendo un ahorro promedio general de 31,99%. Con un ahorro de 0.54 USD en gasolina.

Ruta Combinada

Tabla 12*Datos comparativos entre las Rutas Combinadas Gasolina vs DUAL*

Comparación Ruta Combinado Gasolina- Dual (GLP & GASOLINA)					
Distancia Recorrida (km)	Consumo de combustible				% de ahorro de combustible por kilómetro
	Gasolina (gal/km)	Precio (USD) Gasolina	Dual (gal/km)	Precio (USD) Dual	
1,00	0,03	0,08	0,02	0,06	29,50
2,00	0,07	0,16	0,05	0,12	27,21
3,00	0,10	0,25	0,07	0,17	29,50
4,00	0,14	0,33	0,09	0,22	34,49
5,00	0,17	0,41	0,13	0,31	24,30
6,00	0,21	0,49	0,14	0,34	32,06
7,00	0,24	0,58	0,15	0,36	37,61
8,00	0,27	0,66	0,17	0,41	38,13
9,00	0,31	0,74	0,22	0,52	29,50
10,00	0,34	0,82	0,23	0,55	33,03
11,00	0,38	0,91	0,27	0,64	29,50
12,00	0,41	0,99	0,29	0,70	29,50
13,00	0,45	1,07	0,32	0,77	28,33
14,00	0,48	1,15	0,34	0,81	29,50
15,00	0,52	1,24	0,37	0,89	28,18
16,00	0,55	1,32	0,39	0,93	29,50
17,00	0,58	1,40	0,42	1,01	28,07
18,00	0,62	1,48	0,44	1,05	29,50

19,00	0,65	1,57	0,47	1,13	27,98
20,00	0,69	1,65	0,49	1,18	28,67
21,00	0,72	1,73	0,51	1,22	29,50
22,00	0,74	1,78	0,54	1,30	27,00
23,00	0,77	1,85	0,57	1,37	25,86
Porcentaje de ahorro combustible promedio					29,84

Nota. Comparación de los consumos de combustible y precios en la ruta combinada.

Acorde a la comparación realizada en la ruta combinada, entre el combustible gasolina y Dual hay un porcentaje de ahorro de 0.20 Gal/km que equivale al 25,86% al usar el sistema gasolina / GLP, 29.73% de ahorro promedio durante toda la ruta, y con respecto al costo se ahorró USD 0,48.

Comparativa de resultados de autonomía

Tabla 13

Datos comparativos entre las autonomías Gasolina vs DUAL

Comparación Ruta 100 km - AUTONOMÍA Gasolina- Dual (GLP & GASOLINA)					
Distancia Recorrida (km)	Consumo de combustible			% de ahorro de combustible por kilómetro	
	Gasolina (gal/km)	Precio (USD) Gasolina	Dual (gal/km)	Precio (USD) Dual	
5,00	0,14	0,34	0,09	0,23	33,00
10,00	0,25	0,60	0,16	0,38	36,01
15,00	0,42	1,01	0,28	0,68	33,00
20,00	0,60	1,44	0,42	1,01	30,01

25,00	0,70	1,68	0,45	1,08	35,72
30,00	0,84	2,02	0,57	1,37	32,15
35,00	0,98	2,35	0,65	1,56	33,68
40,00	1,19	2,86	0,80	1,91	33,00
45,00	1,26	3,02	0,85	2,04	32,55
50,00	1,40	3,36	0,93	2,23	33,58
55,00	1,54	3,70	1,04	2,50	32,47
60,00	1,68	4,03	1,13	2,70	33,00
65,00	1,82	4,37	1,22	2,93	33,00
70,00	1,98	4,76	1,33	3,19	32,88
75,00	2,12	5,09	1,40	3,36	33,97
80,00	2,20	5,29	1,48	3,55	32,83
85,00	2,30	5,51	1,54	3,70	32,90
90,00	2,43	5,83	1,63	3,91	32,93
95,00	2,57	6,16	1,72	4,13	32,95
100,00	2,64	6,34	1,82	4,37	31,07

Porcentaje de ahorro combustible promedio	33,04
---	-------

Nota. Comparación de los consumos de combustible y precios en la ruta de autonomía.

Con los datos tabulados, hubo un ahorro de combustible de 0,82 Gal/km que equivale el 31,07%, se obtuvo un ahorro promedio de combustible de 33,04% durante toda la ruta, con una reducción del costo de USD 1,97 durante la ruta.

Capítulo IV

Análisis de resultados de estimación de combustible y autonomía

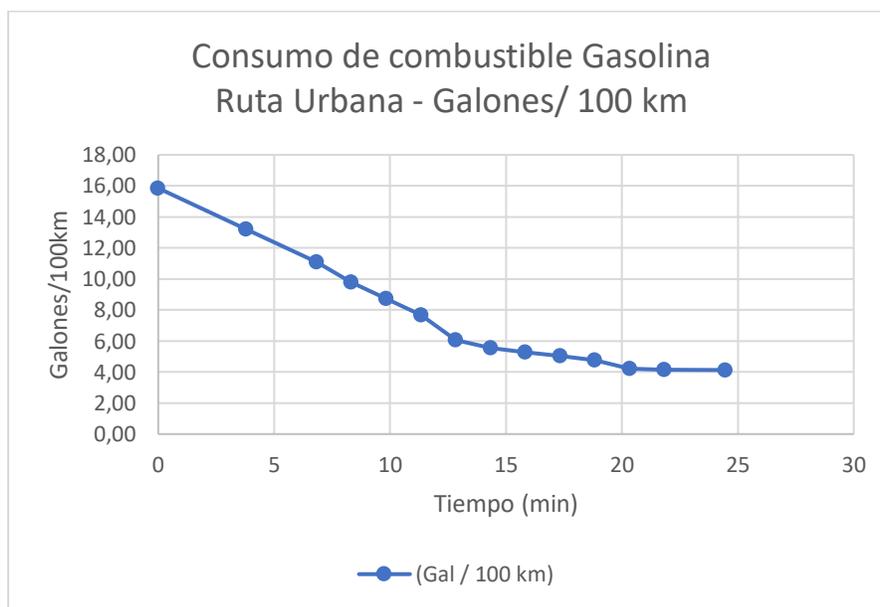
En los primeros minutos de las gráficas de consumos de combustible en las distintas rutas realizadas, se observó que las mediciones de consumo de combustible muestran valores significativamente altos. Esto se debe a la falta de datos recopilados durante este breve período inicial. La escasez de información detallada sobre cómo el vehículo de ensayo está funcionando y cuánto combustible está consumiendo al inicio del trayecto puede llevar a estimaciones poco precisas o a la percepción de que el consumo es excesivamente alto.

Análisis de consumo de combustible gasolina

Ruta Urbana

Figura 49

Consumo de combustible en la ruta urbana



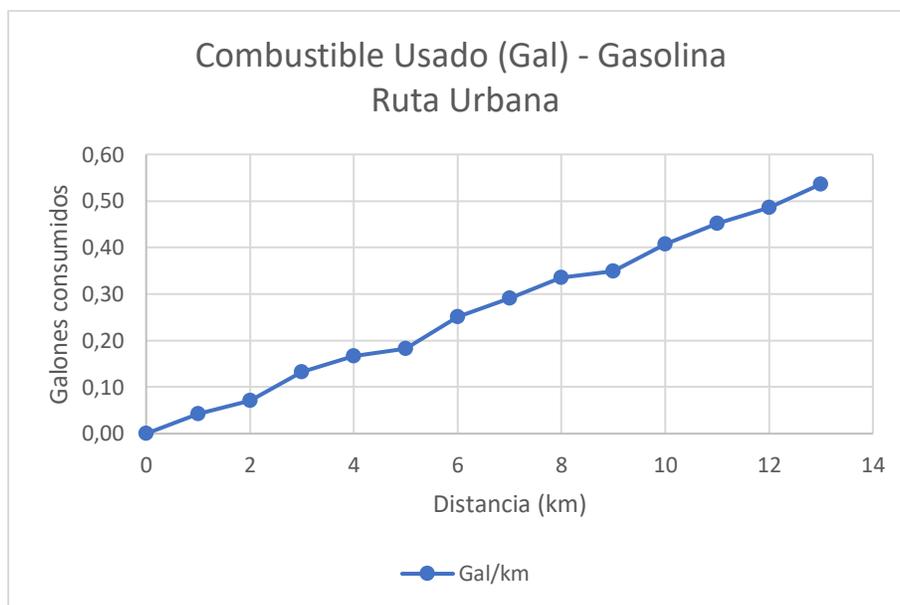
Nota. La gráfica indica variaciones en el consumo de combustible desde aproximadamente el minuto 12 de la ruta.

Se realizó un análisis del consumo de combustible a lo largo de una ruta, donde se obtuvo un consumo inicial de 15,85 Galones por cada 100 kilómetros (Gal/100 km). Durante el intervalo de tiempo de 0 a 12 minutos desde el inicio de la ruta, se observa una reducción significativa en el consumo de aproximadamente 10 Gal/100 km. A partir de los 12 minutos, se evidencia una variación más moderada en el consumo, con una fluctuación de alrededor de 2 Gal/100 km hasta la conclusión de la ruta

Al finalizar el trayecto, se registra un consumo de 4,13 Gal/100 km, lo que indica la cantidad estimada de combustible que se consumiría en 100 kilómetros de una ruta urbana típica. Este valor final puede ser considerado como una medida representativa del consumo promedio del vehículo de ensayo en condiciones urbanas específicas.

Figura 50

Combustible usado en la ruta urbana - gasolina



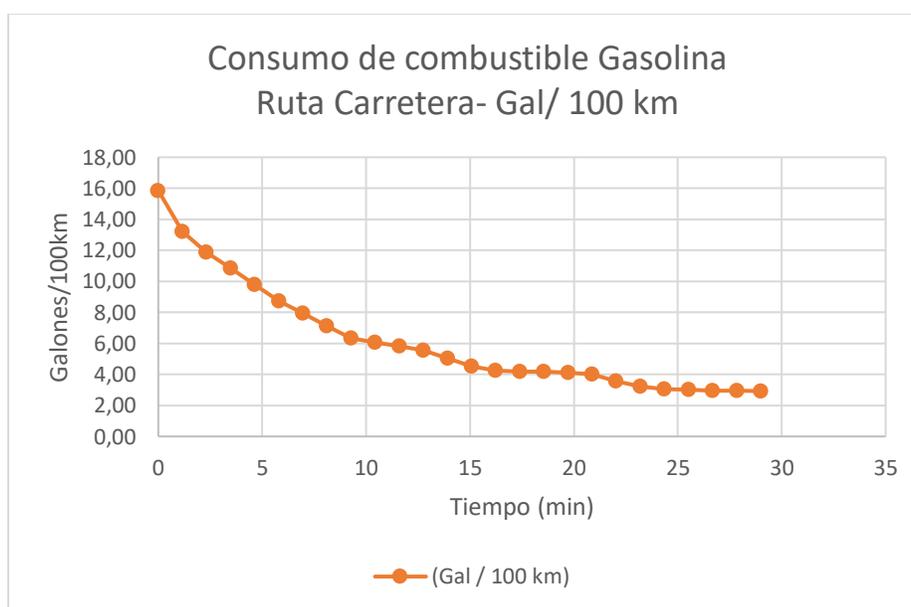
Nota. La ilustración indica cambios en los galones consumidos en los kilómetros 4, 6 y 8 durante la ruta urbana

El análisis de la gráfica revela el consumo de combustible durante un trayecto urbano específico. Se destacan variaciones significativas, particularmente en los tramos de 3 a 4 kilómetros y de 6 a 8 kilómetros de la ruta. En el primer tramo, se registró un consumo de 0,04 galones, mientras que en el segundo tramo el consumo ascendió a 0,09 galones. Estas variaciones sugieren la influencia de condiciones como congestión vehicular o paradas frecuentes en ciertos puntos del recorrido. A lo largo de la ruta, se observa una relación directamente proporcional entre la distancia recorrida y el consumo de combustible.

Ruta Carretera

Figura 51

Consumo de combustible en la ruta carretera - gasolina



Nota. La gráfica indica una variación drástica del consumo de combustible desde el comienzo de la ruta hasta el minuto 15 de la ruta de carretera

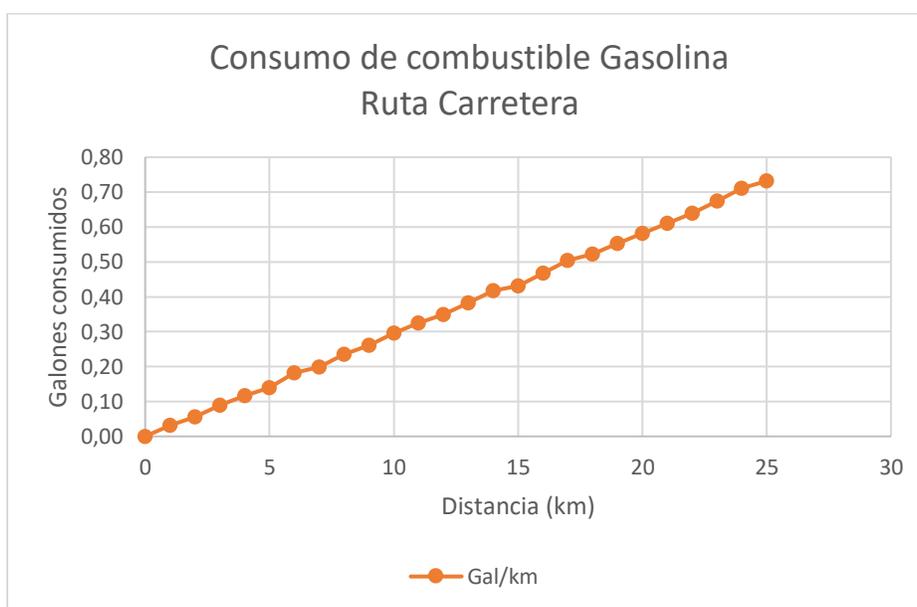
Se realizó un análisis del consumo de combustible a lo largo de una ruta, donde se obtuvo un consumo inicial de 15,85 Galones por cada 100 kilómetros (Gal/100 km). Durante el

intervalo de tiempo de 0 a 20 minutos desde el inicio de la ruta, se observa una reducción significativa en el consumo de aproximadamente 12 Gal/100 km. A partir de los 20 minutos, se evidencia una variación más moderada en el consumo, con una fluctuación de alrededor de 1,17 Gal/100 km hasta la conclusión de la ruta.

Al finalizar el trayecto, se registra un consumo de 2,93 Gal/100 km, lo que indica la cantidad estimada de combustible que se consumiría en 100 kilómetros de una ruta de carretera establecida.

Figura 52

Galones consumidos en la ruta carretera - gasolina



Nota. La gráfica señala una tendencia directamente proporcional a los galones consumidos durante la ruta combinada – gasolina.

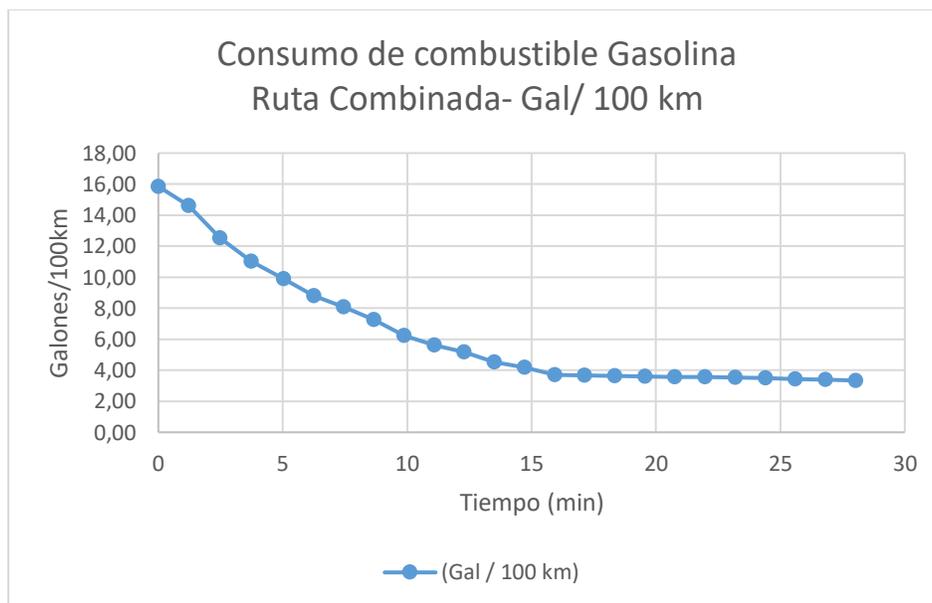
El análisis de la gráfica revela el consumo de combustible durante un trayecto urbano específico. Se destacan variaciones significativas, particularmente en los tramos de 5 a 7 kilómetros y de 13 a 15 kilómetros de la ruta. En el primer tramo, se registró un consumo de

0,06 galones, mientras que en el segundo tramo el consumo ascendió a 0,05 galones. Estas variaciones sugieren la influencia de condiciones como curvas cerradas o un vehículo delante que circulaba a baja velocidad en ciertos puntos del recorrido. A lo largo de la ruta, se observa una relación directamente proporcional entre la distancia recorrida y el consumo de combustible.

Ruta Combinada

Figura 53

Consumo de combustible en la ruta combinada - gasolina



Nota. La gráfica indica un consumo de combustible más constante desde el minuto 17 de la ruta combinada con gasolina

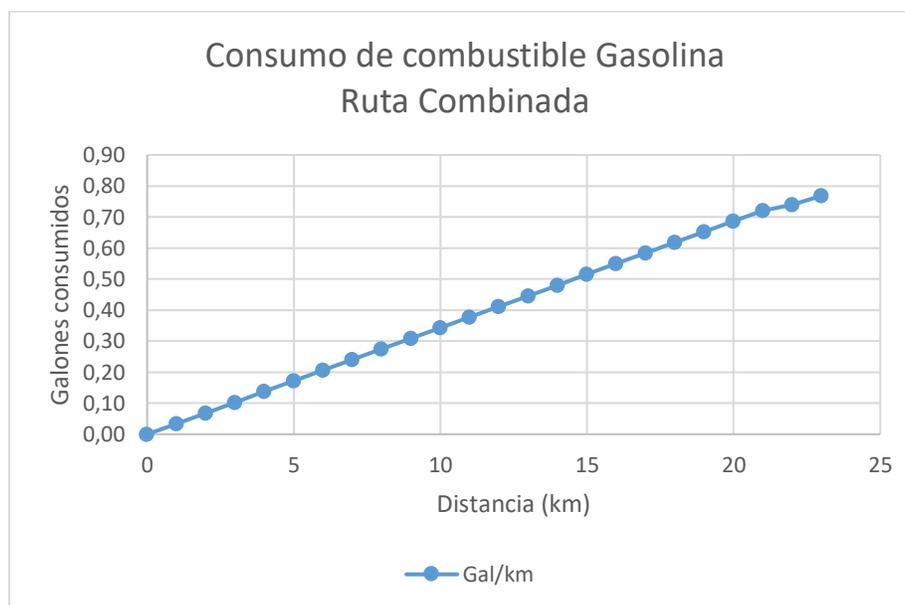
Se realizó un análisis del consumo de combustible a lo largo de una ruta, donde se obtuvo un consumo inicial de 15,85 Galones por cada 100 kilómetros (Gal/100 km). Durante el intervalo de tiempo de 0 a 16 minutos desde el inicio de la ruta, se observa una reducción significativa en el consumo de aproximadamente de 11 Gal/100 km. A partir de los 15 minutos,

se evidencia una variación más moderada en el consumo, con una fluctuación de alrededor de 1,59 Gal/100 km hasta la conclusión de la ruta

Al finalizar el trayecto, se registra un consumo de 2,93 Gal/100 km, lo que indica la cantidad estimada de combustible que se consumiría en 100 kilómetros de una ruta de carretera establecida.

Figura 54

Galones consumidos en la ruta combinada- gasolina



Nota. La imagen señala una tendencia directamente proporcional a los galones consumidos durante la ruta combinada hasta llegar a la ruta urbana.

El análisis de la gráfica revela el consumo de combustible durante un trayecto combinado específico. Se destaca una variación significativa, particularmente en el tramo de 20 kilómetros hasta finalizar la ruta. En este tramo, se registró un consumo de 0,08 galones. Esta variación sugiere la influencia del comportamiento habitual de la ruta urbana. A lo largo de la

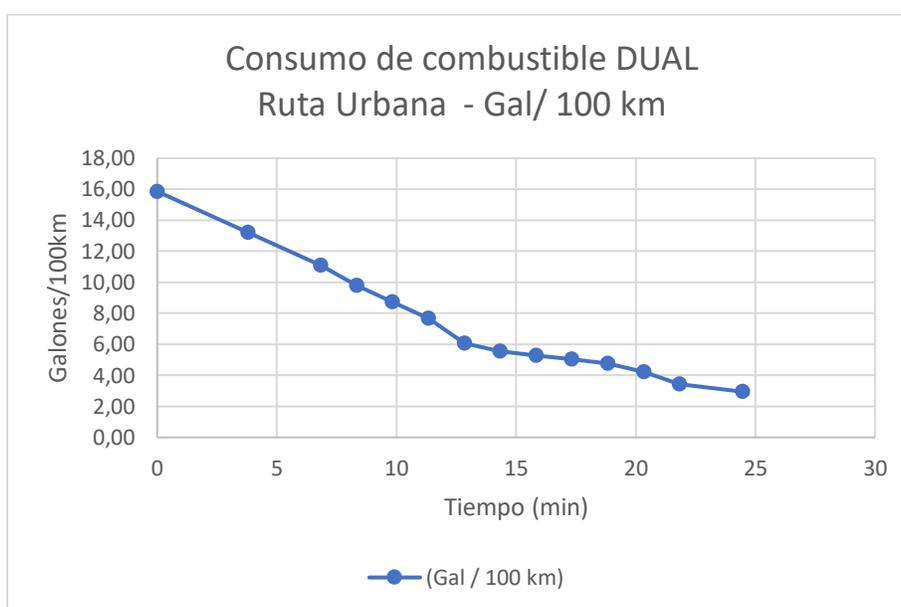
ruta, se observa una tendencia directamente proporcional entre la distancia recorrida y el consumo de combustible.

Análisis consumo de combustible DUAL gasolina / GLP

Ruta Urbana

Figura 55

Consumo de combustible en la ruta urbana - DUAL



Nota. La gráfica indica una variación del consumo de combustible en el minuto 13 de la ruta urbana con combustible DUAL.

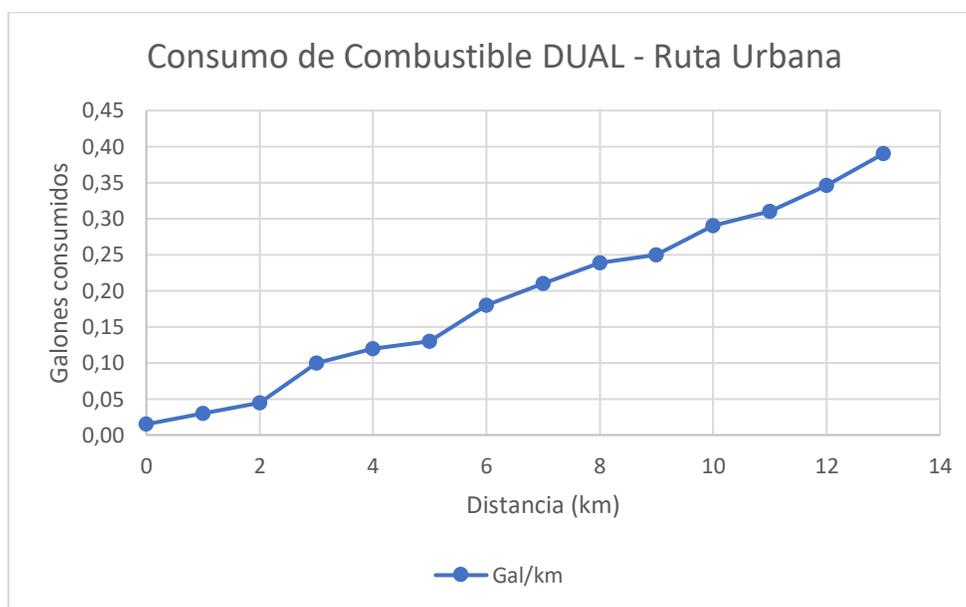
Se realizó un análisis del consumo de combustible a lo largo de la ruta con el sistema DUAL, donde se obtuvo un consumo inicial de 15,85 Galones por cada 100 kilómetros (Gal/100 km). Durante el intervalo de tiempo de 0 a 12 minutos desde el inicio de la ruta, se observa una reducción significativa en el consumo de aproximadamente 10 Gal/100 km, desde los 12 a 21 minutos, se evidencia una variación menos drástica que la anterior, con un consumo de 1,87

Gal/100 km a partir de los 21 minutos se obtuvo un cambio más moderado en el consumo, con una fluctuación de alrededor de 1,26 Gal/100 km hasta la conclusión de la ruta

Al finalizar el trayecto, se registra un consumo de 2,95 Gal/100 km, lo que indica la cantidad estimada de combustible que se consumiría en 100 kilómetros de una ruta de urbana establecida.

Figura 56

Galones consumidos de ruta urbana - Dual



Nota. La ilustración señala una variación del consumo en el kilómetro 3, 6 y 8 de la ruta urbana con el combustible DUAL en la ruta urbana

El análisis de la gráfica revela el consumo de combustible durante un trayecto urbano específico. Se destacan variaciones significativas, particularmente en los tramos de 2 a 5 kilómetros y de 5 a 9 kilómetros de la ruta. En el primer tramo, se registró un consumo de 0,08 galones, mientras que en el segundo tramo el consumo ascendió a 0,12 galones. Estas variaciones sugieren la influencia de condiciones como congestión vehicular o paradas

frecuentes en ciertos puntos del recorrido. A lo largo de la ruta, se observa una relación directamente proporcional entre la distancia recorrida y el consumo de combustible

Para el consumo del gas licuado de petróleo se comprobó, tomando en cuenta que la densidad del carburante es $\rho = 0,557 \frac{kg}{l}$ (INEN 675, 2017)

$$\Delta m = m_i - m_f$$

$$\Delta m = 30 \text{ kg} - 27 \text{ kg}$$

$$\Delta m = 3 \text{ kg}$$

$$C = \frac{\rho_c * D}{m_c} = \frac{0,557 \frac{kg}{l} * 13,01 \text{ km}}{3 \text{ kg}} = 2,41 \frac{\text{km}}{l} = 9,12 \frac{\text{km}}{\text{Gal}}$$

De acuerdo con el precio actual del carburante de una estación de servicio (GLP) los 7 kilos que se consumen durante la ruta costarían:

$$\text{Costo de la ruta} = 3 \text{ kg} \times 0,33 \frac{\text{ctvs}}{\text{kg}} = \$ 0,99$$

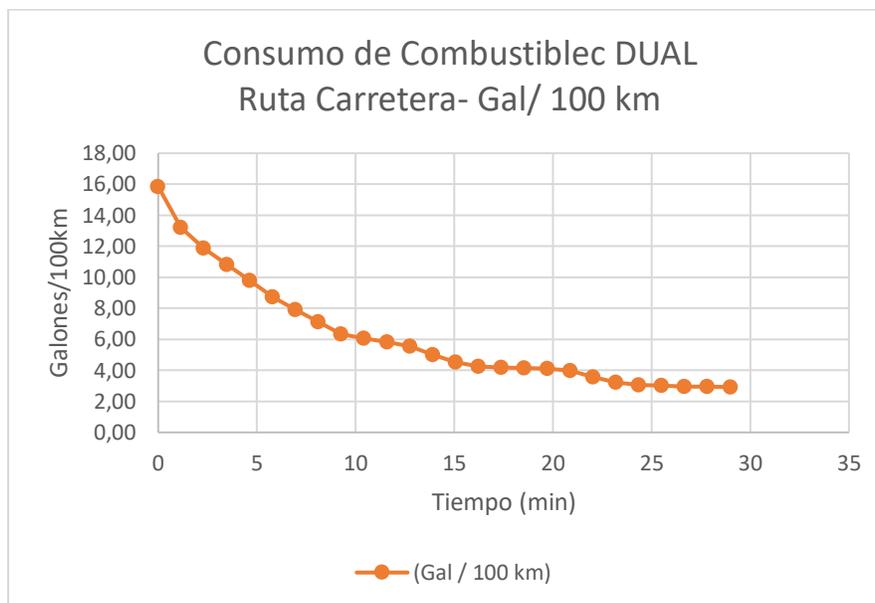
Para realizar la ruta, se realizó con gas doméstico donde el precio del cilindro es de \$3, de tal manera que:

$$\text{Costo de la ruta} = \frac{3 \text{ kg} \times \$ 3}{30 \text{ kg}} = \$ 0,30$$

Ruta Carretera

Figura 57

Consumo de combustible en la ruta carretera - DUAL

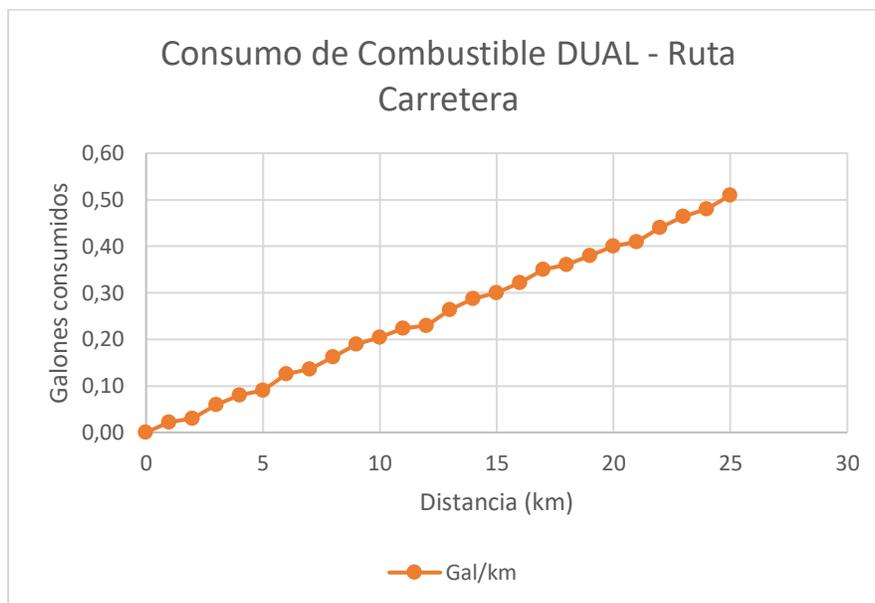


Nota. La gráfica indica una variación del consumo de combustible en el minuto 20 de la ruta de carretera con combustible DUAL.

Se realizó un análisis del consumo de combustible a lo largo de una ruta, donde se obtuvo un consumo inicial de 15,85 Galones por cada 100 kilómetros (Gal/100 km). Durante el intervalo de tiempo de 0 a 11 minutos desde el inicio de la ruta, se observa una reducción significativa en el consumo de aproximadamente 10 Gal/100 km. En el intervalo de los 11 a 22 minutos hubo una reducción de 2,31 Galo/100km. A partir de los 22 minutos, se evidencia una variación más moderada en el consumo, con una fluctuación de alrededor de 0,09 Gal/100 km hasta la conclusión de la ruta.

Figura 58

Galones consumidos en la ruta de carretera - DUAL



Nota. La imagen señala una variación del consumo en el kilómetro 12 de la ruta de carretera con el combustible DUAL

El análisis de la gráfica evidenció el consumo de combustible durante un trayecto de carretera específico. Se destacan variaciones significativas, particularmente en los tramos de 1,4,7 ,13, 17, 22 kilómetros de la ruta. En estos tramos los consumos variaron con una tendencia 0,05 a 0,09 galones. Estas variaciones sugieren la influencia de condiciones como curvas sinuosas a lo largo de la ruta. A lo largo de la ruta, se observa una relación directamente proporcional entre la distancia recorrida y el consumo de combustible

Para el consumo del gas licuado de petróleo se llevó a cabo, tomando en cuenta que la densidad del carburante es $\rho = 0,557 \frac{kg}{l}$ (INEN 675, 2017)

$$\Delta m = m_i - m_f$$

$$\Delta m = 45 \text{ kg} - 43 \text{ kg}$$

$$\Delta m = 2 \text{ kg}$$

$$C = \frac{\rho_c * D}{m_c} = \frac{0,557 \frac{\text{kg}}{\text{l}} * 24,68 \text{ km}}{2 \text{ kg}} = 6,87 \frac{\text{km}}{\text{l}} = 26 \frac{\text{km}}{\text{Gal}}$$

De acuerdo con el precio actual del carburante de una estación de servicio (GLP) los 7 kilos que se consumen durante la ruta, tuvo un coste de:

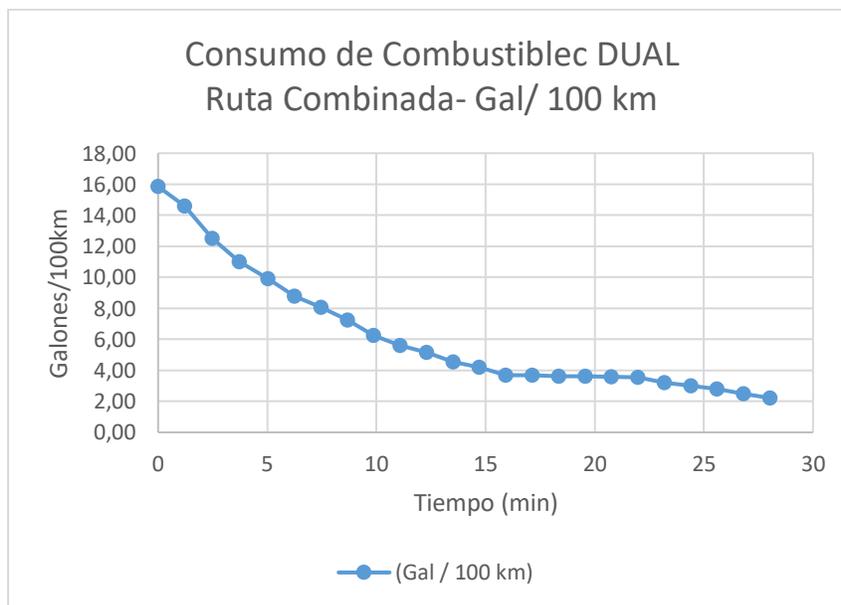
$$\text{Costo de la ruta} = 2 \text{ kg} \times 0,33 \frac{\text{ctvs}}{\text{kg}} = \$ 0,66$$

$$\text{Costo de la ruta} = \frac{2 \text{ kg} \times \$ 3}{30 \text{ kg}} = \$ 0,20$$

Ruta Combinada

Figura 59

Consumo de combustible en la ruta combinada - DUAL



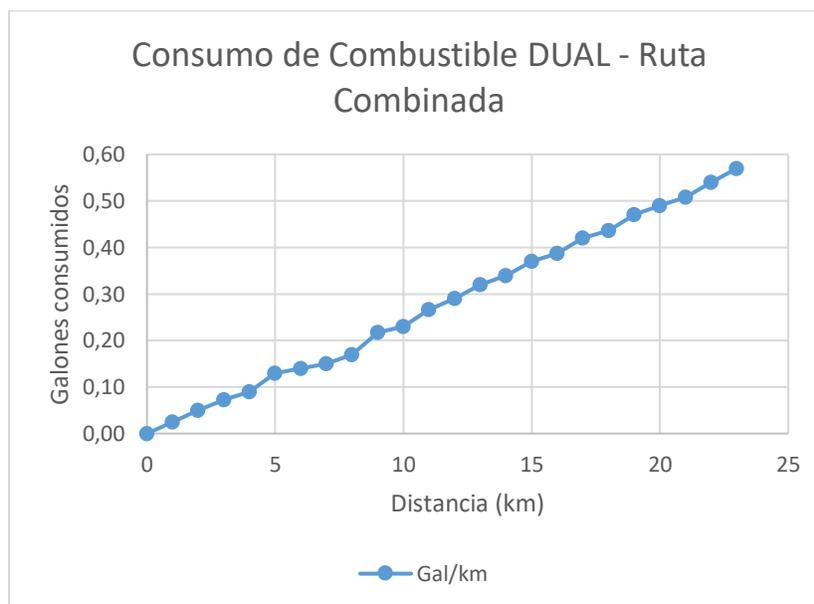
Nota. La gráfica indica una variación del consumo de combustible desde el minuto 17 en la ruta combinada con combustible DUAL.

Se realizó un análisis del consumo de combustible a lo largo de una ruta, donde se obtuvo un consumo inicial de 15,85 Galones por cada 100 kilómetros (Gal/100 km). Durante el intervalo de tiempo de 0 a 16 minutos desde el inicio de la ruta, se observa una reducción significativa en el consumo de aproximadamente 12 Gal/100 km. A partir de los 15 minutos, se evidencia una variación más moderada en el consumo, con una fluctuación de alrededor de 1,47 Gal/100 km hasta la conclusión de la ruta.

Al finalizar el trayecto, se registra un consumo de 2,22 Gal/100 km, lo que indica la cantidad estimada de combustible que se consumiría en 100 kilómetros de una ruta de carretera establecida.

Figura 60

Galones consumidos en la ruta combinada - DUAL



Nota. La gráfica señala una variación del consumo en el kilómetro 8 de la ruta combinada con el combustible DUAL en la ruta combinada

El análisis de la gráfica revela el consumo de combustible durante un trayecto combinado específico. Se destaca una variación significativa, particularmente en el tramo de 4 a 6 kilómetros y de 8 a 10 kilómetros. En el primer tramo, se registró un consumo de 0,05 galones mientras que en segundo un consumo de 0,06 galones. A lo largo de la ruta, se observa una tendencia directamente proporcional entre la distancia recorrida y el consumo de combustible hasta concluir en el sector de San Felipe.

Para el consumo del gas licuado de petróleo se desarrolló con la $\rho = 0,557 \frac{kg}{l}$ (INEN 675, 2017)

$$\Delta m = m_i - m_f$$

$$\Delta m = 61 \text{ kg} - 59 \text{ kg}$$

$$\Delta m = 2 \text{ kg}$$

$$C = \frac{\rho_c * D}{m_c} = \frac{0,557 \frac{kg}{l} * 22,9 \text{ km}}{2 \text{ kg}} = 6,37 \frac{km}{l} = 24,11 \frac{km}{Gal}$$

De acuerdo con el precio actual del carburante de una estación de servicio (GLP) los 7 kilos que se consumen durante la ruta, costaría:

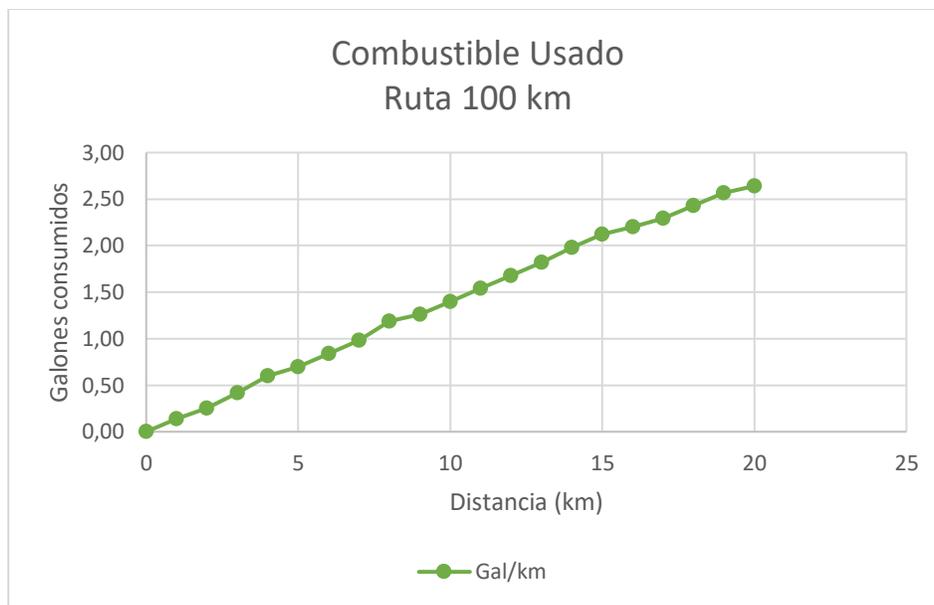
$$\text{Costo de la ruta} = 2 \text{ kg} \times 0,33 \frac{ctvs}{kg} = \$ 0,66$$

$$\text{Costo de la ruta} = \frac{2 \text{ kg} \times \$ 3}{30 \text{ kg}} = \$ 0,20$$

Análisis autonomía de gasolina

Figura 61

Galones consumidos en la ruta de autonomía - gasolina



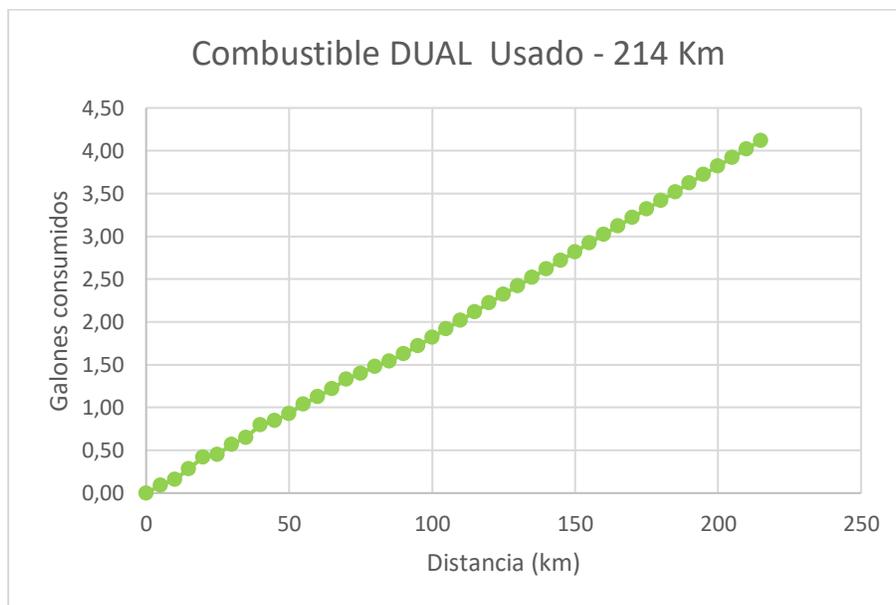
Nota. La gráfica indica una tendencia proporcional al combustible usado en la ruta de autonomía

La figura describe una tendencia de 0.70 galones (\$ 1,68) por cada 5 km verificando el comportamiento de la autonomía del vehículo de prueba, la variación de los galones consumidos el directamente proporcional a los kilómetros recorrido.

Análisis autonomía de GLP

Figura 62

Galones consumidos ruta autonomía - DUAL



Nota. La ilustración señala una tendencia directamente proporcional al combustible usado en la ruta de autonomía con combustible DUAL

La tasa de crecimiento de la gasolina consumida durante la activación del sistema DUAL es de 0,45 Galones por cada 25 km y al finalizar el trayecto fue de 4,12 galones de gasolina.

Se determinó el costo de la gasolina durante la ruta para ello se utilizó un factor de conversión de galones al costo unitario por galón en (USD).

$$4,12 \text{ Gal} \times \frac{\$ 2,40 \text{ (USD)}}{1 \text{ Gal}} = \$ 9,88 \text{ (USD)}$$

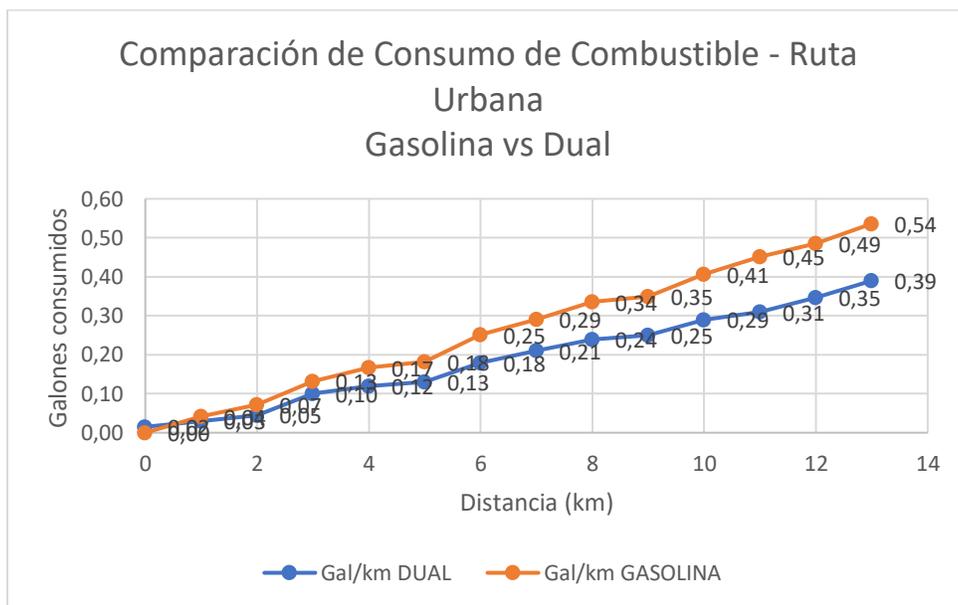
El depósito de carburante completamente lleno costo USD 6 con dos tanques de gas doméstico, recomendado por el fabricante, al no contar con una estación de servicio en la ciudad que se realizó la investigación.

Análisis de las comparativas de los resultados

Ruta Urbana

Figura 63

Comparación del consumo de combustible en la ruta urbana

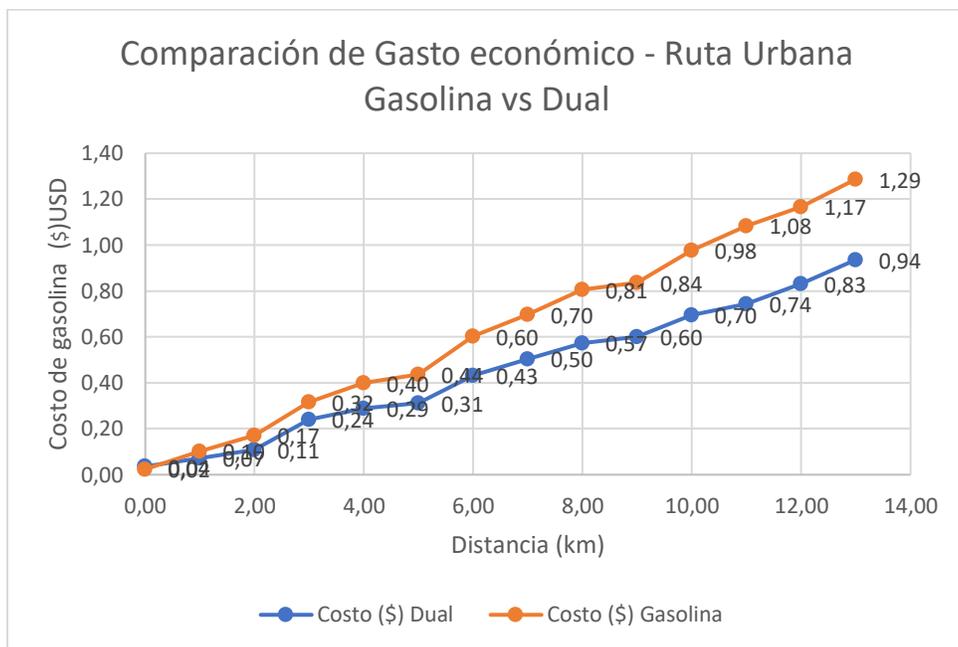


Nota. La ilustración indica variaciones en los kilómetros 5 y 9 de la ruta urbana en ambas condiciones.

El gráfico describe la tendencia del consumo de combustible de gasolina vs DUAL varía significativamente alrededor de 28.91 % de ahorro de gasolina durante ambas rutas. Ambas tienen tendencia directamente proporcional, como puntos de análisis en el kilómetro 5 de la ruta se evidenció una reducción mínima del consumo de 0,05 galones; en el kilómetro 9 tiene reducción significativa de 0,10 galones. Al finalizar el trayecto se tiene una variación de 0,15 galones consumidos.

Figura 64

Comparación del gasto económico en la ruta urbana



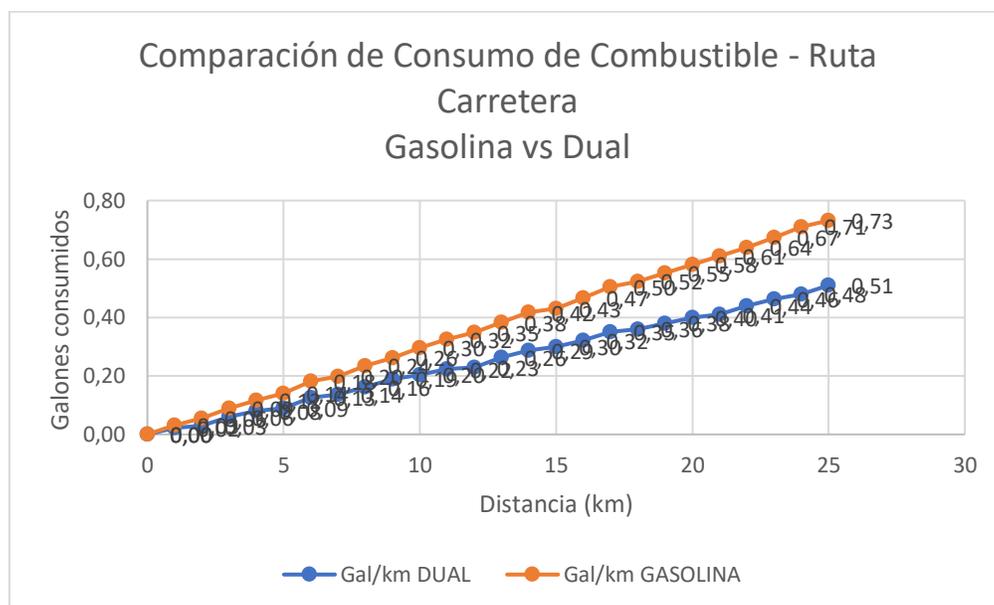
Nota. La gráfica señala un ahorro progresivo con el combustible DUAL en la ruta de carretera

La gráfica evidenció un ahorro económico al realizar la ruta con el sistema GLP, de USD 0,35 al concluir ambas rutas, el precio va directamente proporcional la ruta establecida y a la distancia recorrida.

Ruta Carretera

Figura 65

Comparación del consumo de combustible en la ruta de carretera

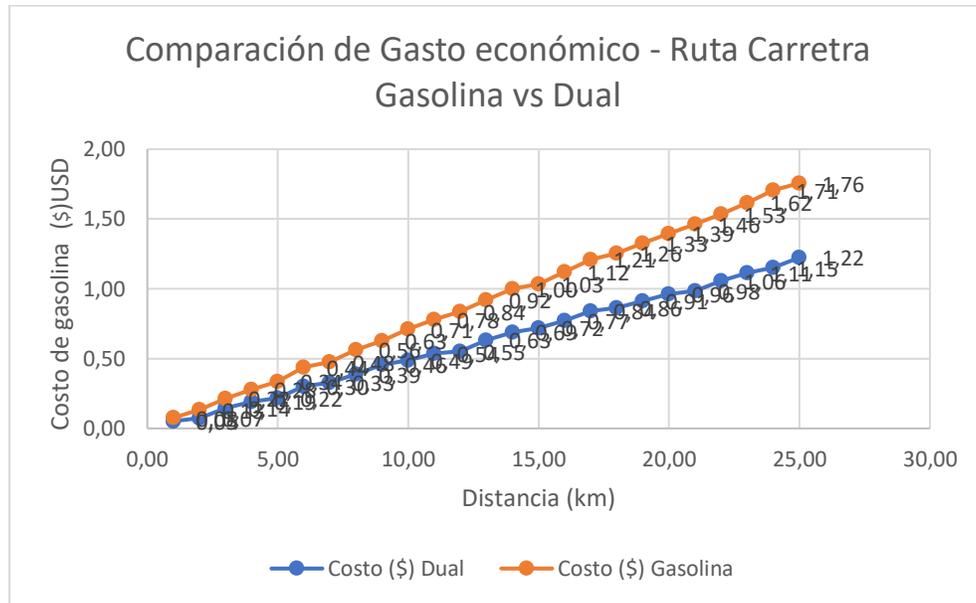


Nota. La gráfica señala un consumo de combustible con el sistema DUAL directamente proporcional reducido con relación a la gasolina.

La figura evidenció la reducción del consumo de gasolina durante el trayecto de la ruta de carretera, con un promedio de ahorro de combustible de 31,99% de gasolina (0,22 galones) , los puntos de análisis son en los kilómetros 5 y 11, donde describe una reducción en la variación del consumo, con 0,04 galones el primer kilómetro y de 0,10 galones para segundo kilómetro.

Figura 66

Comparación con el gasto económico en la ruta de carretera



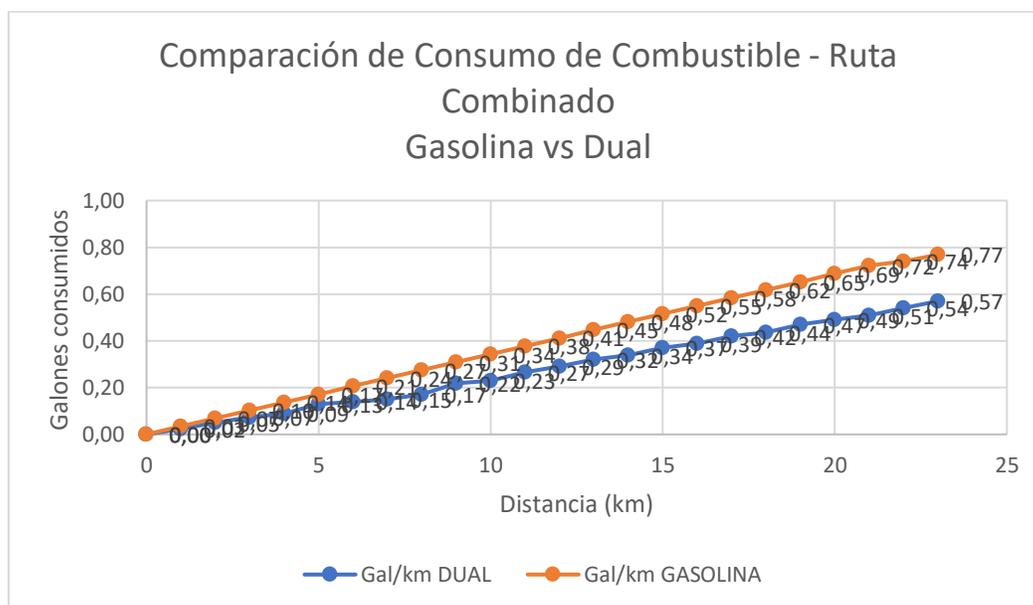
Nota. La gráfica señala un ahorro progresivo con el combustible DUAL en la ruta de carretera

La gráfica evidenció un ahorro económico al realizar la ruta con el sistema GLP, de USD 0,54 al concluir ambas rutas, el precio va directamente proporcional la ruta establecida y a la distancia recorrida.

Ruta Combinada

Figura 67

Comparación de consumo de combustible en la ruta combinada

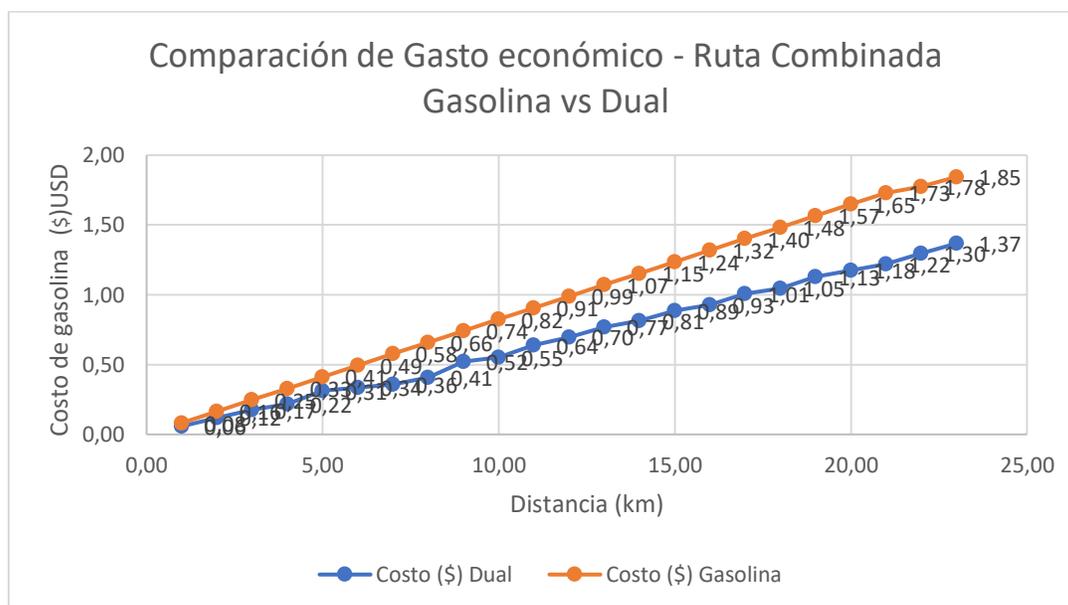


Nota. La imagen indica una variación en el consumo de combustible en el kilómetro 9 de la ruta combinada.

La gráfica evidencio un ahorro del 29,84% en el ahorro de combustible (USD 0,2) existiendo un menor ahorro debido a la combinación de las rutas, debido a que la congestión vehicular se presenta a partir de la ruta urbana. Los puntos de análisis son los kilómetros 7 y 17, donde se ve aumento en la variación del consumo con el sistema DUAL, en el primer punto obteniendo 0,10 galones de diferencia, y en el segundo punto con 0,16 galones entre ambos sistemas.

Figura 68

Comparación de gasto económico en la ruta combinada



Nota. La ilustración señala un ahorro progresivo con el combustible DUAL en la ruta combinada

La gráfica evidenció un ahorro económico al realizar la ruta con el sistema GLP, de USD 0,48 al concluir ambas rutas, el precio va directamente proporcional la ruta establecida y a la distancia recorrida.

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos

En este capítulo se menciona como se manejó los recursos invertidos para realizar la investigación, presupuestos para el desarrollo de las pruebas mencionadas anteriormente. Además, se hace un análisis de costos – beneficio para responder a la factibilidad del uso del GLP como alternativa de combustible.

Para lograr las metas de la investigación es necesario tomar en cuenta los medios empleados y los recursos: financieros, humanos, tecnológicos, físicos y materiales que fueron necesarios para su desarrollo.

Recursos Humanos

En este apartado se aborda los roles de las personas involucradas en la realización del trabajo de investigación. Se destaca la asistencia e instrucción del docente tutor que colaboró con su conocimiento y experiencia en las etapas de desarrollo de la investigación.

Orden	Personal	Función
1	Guano Rocha, Santiago Joel	Investigador
2	Ibarra López, Ángel David	Investigador Investigador
3	Ing. Quiroz Erazo, Leónidas Antonio	Director de trabajo de titulación Especialista vehículos flexibles a gas

Nota. Se detalla las involucrados para el desarrollo de la investigación.

Recursos financieros

La investigación es de carácter científico y técnico, por lo que fue necesario utilizar equipos especializados de medición, lo que con lleva recursos financieros para su adquisición, siendo estos asumidos por los investigadores, los cuales se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 14

Recursos financieros para la investigación

Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Materiales-equipo			
Kit de combustión 5ta generación	1	350	700
Motor de combustión GDI (vehículo de ensayo)	1	562,5	1125
Accesorios del sistema GLP	1	120	120
Pruebas			
Combustible - gasolina	36	2,40	87
Calibración de equipos	1	92	184
Subtotal			2216
Imprevistos			

Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Imprevistos		10% sub-total	2437,6
Suma total			2437,6

Nota. El presupuesto empelado para la investigación es de 2438 aproximadamente, en conjunto con los imprevistos que se tuvieron en el desarrollo.

Recursos físicos

Se hace referencia a los lugares geográficos donde se desarrollaron las pruebas para la investigación, los cuales brindaban las condiciones de seguridad y comodidad para obtener resultados los cuales sean confiables y veraces.

Desarrollo práctico

Tabla 15

Localizaciones para el desarrollo de la investigación

Localización
Panamericana N-35 Latacunga- Ecuador
Estación de servicio Cotopaxi, Tanicuchi
Estación de Servicio Py S Km 6 12 Vía Baños – Tungurahua, vía E-35

Nota. Lugares de partida y llegada para la ruta de autonomía

Desarrollo teórico

Tabla 16

Lugares para la redacción de la investigación

Localización

Domicilio de los investigadores, Latacunga- Ecuador

Biblioteca de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L

Nota. Lugares para desarrollar el escrito de la investigación

Recursos tecnológicos

Estos recursos optimizaron el tiempo que se empleó para desarrollar la investigación, y cumplir los objetivos propuestos, facilitando el manejo de resultados de cada prueba de ruta y su posterior análisis.

Desarrollo práctico

Equipos Tecnológicos		
Detalle	Característica	Cantidad
Vehículo de ensayo	Mazda Cx-7 2.3	1
Interfase	ELM327	1
Software	Landi Renzo Injection System	1
	A	
Aplicación Android	GeoTracker	1
Aplicación Android	CarScanner	1

Nota. Se detalla las características de los equipos tecnológicos para la investigación

Desarrollo teórico

Instrumentos		
Detalle	Características	Cantidad
Computador portátil	Windows 10	1
Impresora		1
Internet		1

Nota. Se detalla las características de los instrumentos para el proyecto

Conclusiones

El diseño y construir del sistema de estimación de consumo de combustible y autonomía de los motores de inyección directa funcionando con gas licuado del petróleo se ejecutó a partir del uso de software propio del kit de conversión de quinta generación con el vínculo de dispositivos con aplicaciones Android y OBD II.

Se desarrolló el método matemático gravimétrico para la de estimación y consumo de combustible y autonomía a través de método experimental; aplicado como medio para establecer la incidencia ambiental y económica del sistema de alimentación de combustible GLP de quinta generación en motores GDI; mediante pruebas dinámicas por ciclos homologados como alternativa en movilidad sostenible, efectiva y ecológica.

Se utilizó un sistema para estimar el consumo de combustible y la autonomía de motores de inyección directa operando con gas licuado del petróleo (GLP), integrando indicadores mecánicos y electrónicos, junto con software especializado proporcionado por el sistema DUAL.

Se implementó un sistema de medición de nivel de depósito de GLP, para una gestión más eficiente del combustible, a través de un indicador de la cantidad de combustible de propano y butano ubicados en el tablero de instrumentos y depósito de gas, facilita una visualización clara y precisa del nivel de combustible disponible, permitiendo al conductor tomar decisiones informadas sobre la gestión de su consumo.

La aplicación y desarrollo del método de medición gravimétrico que se centra en la variación de la masa del depósito de GLP, de tal manera de estimar el volumen de combustible consumido durante las diferentes rutas de pruebas realizadas; este enfoque implica la medición del peso del combustible introducido en el depósito, así como el seguimiento del cambio de masa resultante del depósito antes y después de las pruebas de ruta.

Las pruebas dinámicas realizadas se fundamentaron en el ciclo armonizado WLTP para la determinación de consumos de combustible y autonomía del vehículo de ensayo; Se obtuvo una reducción en el consumo de combustible de 28,91% en la ruta urbana, 31,99% en la ruta de carretera y 28,84% en la ruta combinada.

La autonomía del vehículo de ensayo implementado el sistema DUAL, es de 784,53 km usando en menor cantidad de gasolina y mayor cantidad de carburante GLP, consiguiendo un aumento de 13.58% en referencia a la autonomía.

Se evidencio la reducción del consumo de gasolina durante el trayecto de la ruta de carretera, con un promedio de ahorro de combustible de 31,99% de gasolina (0,22 galones) , los puntos de análisis son en los kilómetros 5 y 11, donde describe una reducción en la variación del consumo, con 0,04 galones el primer kilómetro y de 0,10 galones en el segundo.

Se evidencio la tendencia del consumo de combustible de gasolina vs DUAL varía significativamente alrededor de 28.91 % de ahorro de gasolina durante ambas rutas. Además, tienen tendencia directamente proporcional, como puntos de análisis en el kilómetro 5 de la ruta se evidenció una reducción mínima del consumo de 0,05 galones; en el kilómetro 9 tiene reducción significativa de 0,10 galones. Al finalizar el trayecto se tiene una variación de 0,15 galones consumidos.

La reducción del consumo de gasolina durante el trayecto de la ruta de carretera, con un promedio de ahorro de combustible de 31,99% de gasolina (0,22 galones) , los puntos de análisis son en los kilómetros 5 y 11, donde describe una reducción en la variación del consumo, con 0,04 galones el primer kilómetro y de 0,10 galones en el segundo.

Se evidencio un ahorro del 29,84% en el ahorro de combustible (USD 0,2) existiendo un menor ahorro debido a la combinación de las rutas, debido a que la congestión vehicular se presenta a partir de la ruta urbana. Los puntos de análisis son los kilómetros 7 y 17, donde se

ve aumento en la variación del consumo con el sistema DUAL, en el primer punto obteniendo 0,10 galones de diferencia, y en el segundo punto con 0,16 galones entre ambos sistemas

Recomendaciones

En el contexto de la optimización y mejora del sistema de estimación del consumo de GLP, se recomienda explorar la posibilidad de implementar tecnologías más avanzadas y precisas en la medición del nivel de GLP en el depósito del vehículo. Se podrían llegar a considerar la instalación de sensores ultrasónicos o de tipo capacitivo, que puedan proporcionar una lectura más exacta y en tiempo real del nivel de combustible en el tanque. Estos sensores podrían integrarse a un indicador en un LCD para de esta forma brindar información detallada y precisa sobre el consumo de GLP y la autonomía restante.

Desarrollar sistemas de estimación del consumo de GLP que incorporen algoritmos más sofisticados y adaptados a las características específicas de los motores GDI. Mediante la implementación de modelos matemáticos más avanzados que tengan en cuenta variables como la temperatura ambiente, la altitud y las condiciones de la carretera para proporcionar estimaciones aún más precisas del consumo de GLP y la autonomía del vehículo.

Realización de pruebas de consumo de combustible se sugiere llevarlas a cabo en diferentes regiones geográficas, como la región costera y la región amazónica del país, en adición ampliar el alcance de los estudios para comprender mejor cómo las condiciones geográficas y climáticas pueden influir en el rendimiento del sistema de GLP. Esto ayudaría a tener una visión más completa y representativa del rendimiento del sistema de GLP en diferentes entornos.

Enfocar una investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que ayuden a mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del sistema de alimentación de GLP. Mediante la exploración de alternativas como la optimización del sistema de inyección de GLP, el desarrollo de combustibles alternativos más ecológicos y la integración de sistemas de recuperación de energía para maximizar la eficiencia del motor y reducir las emisiones contaminantes;

especialmente dirigido al sector de la transportación de personas (taxis) en convenio con la federación FEDETAXIS, como ente autorizado por legislación vigente para el uso de este combustible como fuente de energía aplicadas a la transportación vehicular en el Ecuador.

Bibliografías

- Ministerio de Energía y Minas. (2016). *Gob.ec*. Retrieved from <https://www.gob.ec/mem>
- ANT. (2019). Retrieved from <https://www.ant.gob.ec/manual-de-seguridad-vial-urbana-de-ecuador-2/manual-de-seguridad-vial-urbana-de-ecuador-catalogo-practico/#:~:text=En%20Ecuador%20los%20l%C3%ADmites%20de,h%20en%20curvas%20de%20carreteras.>
- ARC. (2022, noviembre 04). Retrieved from <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/precios-combustibles/>
- Car Engineer*. (2013, Febrero 1). Retrieved from <https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>
- Cartas, C. (2018, octubre 31). *Complementos360*. Retrieved from <https://www.complemento360.com/gps-tracker-que-es-y-como-funciona/#:~:text=GPS%2DTRACKER%20es%20un%20dispositivo,un%20v%C3%ADculo%20controlado%20y%20seguro.>
- Catalá, J. (2019). *Todo lo que debes saber sobre el coche eléctrico*. Valencia: Publicacions de la Universitat de València.
- Córdova, K., & Paredes, G. (2022). *Repositorio UPS*. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23654/1/UPS-GT003993.pdf>
- CSGG. (2018, octubre 10). Retrieved from <https://cscg.gob.ec/index.php/noticias/item/562-conozca-los-limites-de-velocidad-en-la-via-publica/#:~:text=El%20l%C3%ADmite%20m%C3%A1ximo%20de%20velocidad,h%20y%20el%20rango%20moderado%20de>

Diario Expreso. (2023, 09 01). Una estación en Manta va despachar GLP para taxis. *Diario Expreso*.

Ejército Ecuatoriano. (2010, Octubre 3). Retrieved from https://www.facebook.com/photo/?fbid=4901151463231995&set=a.1030629900284190&locale=es_LA

EP PETROECUADOR. (2024). Retrieved from <https://www.epetroecuador.ec/?p=14762>

Espinoza, J. (2021, abril 13). *memolira*. Retrieved from <https://memolira.com/noticias/apps-aplicaciones-auto-celular.html>

Garcés, A. (2022, octubre). *Repositorio PUCE*. Retrieved from <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/3837/1/78271.pdf>

INEN. (2020). Retrieved from <https://ia802907.us.archive.org/27/items/ec.nte.0857.2010/ec.nte.0857.2010.pdf>

Johnson, R. (2019). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/260596760_Johnson_D_W_Johnson_R_T_2012_Social_interdependence_theory_In_D_J_Christie_Ed_Encyclopedia_of_Peace_Psychology_Hoboken_NJ_Wiley-Blackwell

Lopez, J., & Antolin, I. (2016). *Universidad de Valladolid*. Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/20788>

Lopez, M. (2021). *motores*. Retrieved from <https://www.motor.es/que-es/autonomia>

LOVATO GAS. (2022). *LOVATO GAS*. Retrieved from La calidad como filosofía de la empresa : http://www.lovatogas.com/php/spa/certificaciones_y_calidad/

Mallón, B. B. (2023). *Dialnet*. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=104006>

Mella, C. (2022, noviembre 17). *orcid*. Retrieved from <https://orcid.org/0000-0002-9836-3410>

Ministerio de Minas y Energía de La Republica Colombia. (2016, 7 marzo). *Resolución MME 40246 de 2016*. Diario Oficial de la República de Colombia. Retrieved from <https://www.minenergia.gov.co/documents/2616/36932-Resolucion-40246-7Mar2016.pdf>

Olguin, N. (2023, mayo 30). *El Motor*. Retrieved from <https://motor.elpais.com/conducir/asi-se-calcula-el-gasto-de-gasolina-y-el-consumo-de-litro-por-kilometro/>

Pacheco, M. (2023, enero 11). El precio de las gasolinas sin subsidio se reduce en Ecuador. *Diario El Comercio*. Retrieved from <https://www.elcomercio.com/actualidad/precio-gasolinas-subsidio-reduce-ecuador.html>

Pérez, S. (2018). *Repositorio UPS*. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15032/1/UPS-CT007421.pdf>

PETROECUADOR. (2020). Retrieved from <https://www.eppetroecuador.ec/>

Diario Primicias. (2022, junio).

Rentingfinders. (2020, enero 30). Retrieved from <https://rentingfinders.com/glosario/combustible/>

Ribas, J. (2018). *Desarrollo de aplicaciones para Android*. España: ANAYA MULTIMEDIA.

Salazar, O. (2023, junio 05). *Scielo*. Retrieved from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992023000100103#:~:text=Los%20ciclos%20de%20conducci%C3%B3n%20representan,un%20r%C3%A9gimen%20de%20velocidad%20constante.

Sellén, M. (2023, marzo 14). *Mechanic Base*. Retrieved from https://mechanicbase.com/electric/elm327-bluetooth-pin-key-code/#google_vignette

Spath, F., & Antokoletz, E. (n.d.). *Tópicos de gravimetría*. La Plata: edulp.

Vázquez, E. (2019, Enero 4). *Motor Pasión*. Retrieved from <https://www.motorpasion.com.mx/revision/verdad-porque-tu-coche-no-te-da-rendimiento-que-te-prometieron-al-comprarlo>

Vistazo. (2023, agosto 21). Retrieved from <https://www.vistazo.com/enfoque/amplia-oferta-glp-estaciones-servicio-HI5802292>

Anexos