



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DEL COMBUSTIBLE GLP Y
ECOPAÍS EN LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE UN VEHÍCULO
SUBCATEGORÍA M1 CON MOTOR OTTO PARA EL SERVICIO DE TAXI EN LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: KEVIN JESUS CORDOVA VASQUEZ

GUILLERMO ENRIQUE PAREDES CAMPOVERDE

TUTOR: Ing. ROGELIO SANTIAGO LEÓN JAPA, M.sc.

GUAYAQUIL - ECUADOR

2022

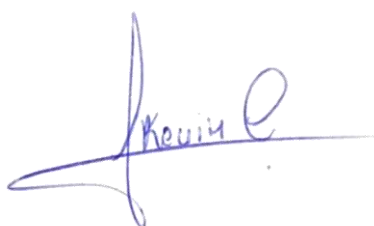
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Jesús Córdova Vásquez, con documento de identificación N.º 0931606305 y Guillermo Enrique Paredes Campoverde con documento de identificación N.º 2100686332; manifiesto que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucros la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 02 de septiembre del año 2022

Atentamente



Kevin Jesús Córdova Vásquez

0931606305



Guillermo Enrique Paredes Campoverde

2100686332

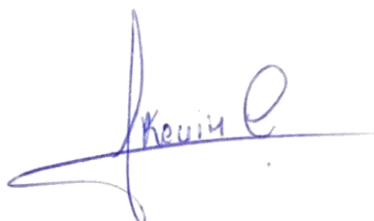
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Kevin Jesús Córdova Vásquez, con documento de identificación N.º 0931606305 y Guillermo Enrique Paredes Campoverde, con documento de identificación N.º 2100686332, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la Titulación sobre los derechos patrimoniales en virtud que somos los autores del Proyecto Técnico; “Análisis comparativo de la influencia del combustible GLP y ecopaís en los niveles de contaminación de un vehículo subcategoría M1 con motor Otto para el servicio de taxi en la ciudad de Guayaquil”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con los manifestantes, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en el formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 02 de septiembre del año 2022

Atentamente



Kevin Jesús Córdova Vásquez

0931606305



Guillermo Enrique Paredes Campoverde

2100686332

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Rogelio Santiago León Japa con documento de identificación N.º 1900393883, docente de la Universidad, declaro que mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DEL COMBUSTIBLE GLP Y ECOPAÍS EN LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE UN VEHÍCULO SUBCATEGORÍA M1 CON MOTOR OTTO PARA EL SERVICIO DE TAXI EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, realizado por los estudiantes, Kevin Jesús Córdova Vásquez con documento de identificación N.º 0931606305 y por Guillermo Enrique Paredes Campoverde con documento de identificación N.º 2100686332, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 02 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Rogelio Santiago León Japa M.Sc.

1900393883

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado especialmente a Dios por ser mi guía durante este trayecto estudiantil.

A mi padre por ser mi columna vertebral y fuente primordial de energía para la construcción y realización de mis sueños.

A mi novia quien ha sido apoyo vital en mi vida estudiantil.

Guillermo Paredes

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de tesis a mi hermosa hija, quién es la persona más importante en mi vida. Gracias a ella he decidido subir un escalón más y crecer como persona y profesional. Esperó que un día comprenda que le debo lo que soy ahora y que este logro sirva de herramienta para guiar cada uno de sus pasos.

Kevin Cordova

AGRADECIMIENTO

Al finalizar el periodo estudiantil de la Universidad, y culminar este gran momento quiero agradecer infinitamente:

A Dios, por ser mi guía y darme sabiduría para poder culminar este viaje que un día emprendí; y por estar presente en aquellos momentos difíciles que he pasado a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi padre que ha sido pilar fundamental en mi vida, sin su apoyo, hoy no estaría culminando esta etapa de mi vida.

A mi novia quien ha sido una ayuda fundamental en esta etapa.

Mi profundo agradecimiento a la Universidad y todos los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz, en especial al director de carrera Ing. Renato Fierro, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de crecer personal y profesionalmente.

Agradezco de forma particular, a nuestro tutor Ing. Rogelio León por compartir sus conocimientos y por su acertada dirección durante la realización de este proyecto.

Guillermo Paredes

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios.

A mis padres quienes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amado padres, como una meta más conquistada. Orgulloso de haberlos elegido mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante. A mi tutor gracias por sus palabras sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

Kevin Cordova

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como objetivo realizar el análisis de los niveles de contaminación por los combustibles GLP - Eco país en la ciudad de Guayaquil, la cual se encuentra a 4 metros sobre el nivel del mar, utilizando como unidad experimental un vehículo Chery Modelo Arrizo 3 año 2022 de cilindraje de 1.500 cm³ con motor Otto, el mismo dispone de un sistema DUAL Gasolina – GLP, siendo actualmente un sistema empleado por compañías que presta el servicio de taxi en la ciudad de Guayaquil, la unidad experimental cuenta con un sistema de quinta generación de sistema GLP, por ende es el sistema más moderno del mercado en comparación con otros tipos de sistemas, más aún la instalación está certificada.

En primer lugar, se realizará el marco teórico a través de una recopilación y análisis bibliográfico sobre normativas de emisiones nacionales e internacionales respecto a motores de encendido provocado, así como el análisis del avance de los sistemas de inyección electrónico a gasolina - GLP y fundamento para análisis estadístico en el software Minitab.

Después, se procede a desarrollar una planificación del proceso para la adquisición de datos a través de un diseño experimental, definiendo en primer lugar las variables que intervienen en el proceso de adquisición de datos y luego la correspondiente planificación para el proceso de toma de datos.

Luego, se desarrollará el análisis de resultados obtenidos a través de la planificación del proceso definido con el diseño experimental. Los resultados serán analizados mediante la herramienta estadística del software Minitab, empleando estadística básica e histogramas de datos, entre otros. Además, los resultados de emisiones serán comparados con los niveles de emisiones permitidos en otras normativas. Por último, el proceso de validación se realizará a través de la herramienta Minitab con aplicación de un análisis estadístico que permite obtener resultados con una fiabilidad al 95%.

Palabras claves: *GLP, emisiones de gases de escape, Ciclo Otto, octanaje, HC, dióxido de carbono, monóxido de carbono.*

ABSTRACT

The objective of this degree work is to analyze the levels of contamination by LPG-Eco country fuels in the city of Guayaquil, which is located 4 meters above sea level, using as experimental unit a vehicle Chery Arrizo 3 model year 2022 with a displacement of 1.500 cm³ with Otto engine. 500 cm³ with Otto engine, it has a DUAL Gasoline - LPG system, being currently a system used by companies that provide cab service in the city of Guayaquil, the experimental unit has a fifth generation system of LPG system, therefore it is the most modern system on the market compared to other types of systems, moreover the installation is certified.

First of all, the theoretical framework will be developed through a bibliographic compilation and analysis of national and international emission regulations regarding spark ignition engines, as well as the analysis of the progress of gasoline-LPG electronic injection systems and the basis for statistical analysis in Minitab software.

Next, we proceed to develop a process planning for data acquisition through an experimental design, first defining the variables involved in the data acquisition process and then the corresponding planning for the data collection process.

Then, the analysis of results obtained through the planning of the process defined with the experimental design will be developed. The results will be analyzed using the statistical tool of Minitab software, using basic statistics and data histograms, among others. In addition, the emission results will be compared with the emission levels allowed in other regulations. Finally, the validation process will be carried out through the Minitab tool with the application of a statistical analysis that allows obtaining results with a reliability of 95%.

Keywords: *LPG, exhaust gas emissions, Otto Cycle, octane rating, HC, carbon dioxide, carbon monoxide.*

ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA	3
1.2 Importancia y alcance	4
1.3 Delimitación.....	5
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivo Específicos	5
2. CAPÍTULO II: DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO SOBRE NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL REFERENTE A EMISIONES, DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICO GASOLINA - GLP Y SOFTWARE ESTADÍSTICO.....	6
2.1 Normativas nacionales para vehículos con GLP y motores Otto	6
2.1.1 NTE INEN 2310:2008	6
2.1.2 NTE INEN 2311:2008	7
2.1.3 NTE INEN 2204:2002	8
2.2 Normativas internacionales	8
2.2.1 Normativas referentes a gases de escape, la norma EURO V.....	8
2.3 Sistema Alimentación con GLP	10
2.3.1 Comparación entre Gasolina y GLP.....	12
2.3.2 Elementos Constitutivos del Sistema de Alimentación de GLP	13
2.4 Componentes del equipo de GLP para motores a inyección electrónica	13
2.5 Recorrido del GLP desde su carga hasta la combustión en el motor de encendido provocado	15
2.6 Sistemas de inyección.....	17
2.6.1 Sistemas de inyección electrónica Gasolina – GLP.....	17
2.6.2 Quinta generación de Gasolina - GLP.....	18
2.7 Sistema de inyección indirecta y directa (GDI) electrónica a gasolina.....	19
2.8 Métodos estadísticos.....	20
2.8.1 Estadística básica Minitab	20
2.8.2 Análisis de varianza (ANOVA)	20
2.8.3 Análisis factorial	20
3. CAPÍTULO III: DESARROLLO DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL A TRAVÉS DE SOFTWARE ESTADÍSTICO.....	21

3.1	Revisión del estado del motor del vehículo Chery Arrizo 3 año 2022.....	21
3.2	Desarrollo del diseño experimental	28
3.2.1	Variable respuesta	29
3.2.2	Variable de Bloqueo.....	29
3.2.3	Variable de Ruido.....	30
3.2.4	Variable de Estudio	30
3.3	Unidad Experimental	31
3.3.1	Característica de la unidad experimental Chery Arrizo3	31
3.3.2	Vehículo de prueba.....	31
3.4	Analizador de Gases	33
3.4.1	Reconocimientos partes del analizador de emisiones AGS-688.....	33
3.4.2	Contador de revoluciones del motor	34
3.5	Pasos para realizar el diseño experimental	37
3.6	Estructura del diseño experimental.....	40
4.	CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE MINITAB PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE GLP Y ECOPAÍS	41
4.1	Análisis de resultados en diversos regímenes del MEP	41
5.2	Análisis ralentí con los combustibles GLP y Ecopaís	42
5.3	Análisis media carga con los combustibles GLP y Ecopaís	44
5.4	Análisis carga alta con los combustibles GLP y Ecopaís.....	46
5.	CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE RESULTADOS A TRAVÉS DE UN MÉTODO ESTADÍSTICO.....	47
4.1	Emisión CO	47
4.2	Emisión CO2.....	50
4.3	Emisión HC	52
4.4	Emisión O2	55
6.	CONCLUSIONES	58
7.	RECOMENDACIONES.....	60
8.	BIBLIOGRAFÍA	61
9.	ANEXOS	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Despacho del GLP en Ecuador desde marzo 2020 hasta junio 2020. Fuente: (EP PETROECUADOR, 2020).....	10
Figura 2. Componentes del sistema de alimentación con GLP. Fuente: (Rodriguez, 2012). .	11
Figura 3. KIT de instalación a GLP. Fuente: (Carranza, 2012).	13
Figura 4. Componentes del equipo GLP para motores a inyección electrónica. Fuente: (Carranza, 2012).....	14
Figura 5. Esquema de instalación en un vehículo a inyección fuente: (Carranza, 2012).....	14
Figura 6. Recorrido del GLP líquido hasta el evaporador o regulador de presión. Fuente: (Carranza, 2012).....	15
Figura 7. Paso de fase líquida a fase gaseosa del GLP en el evaporador o regulador de presión. Fuente: (Carranza, 2012).....	16
Figura 8. Distribución de GLP gaseoso a los cilindros del motor. Fuente: (Carranza, 2012). 16	
Figura 9. Sistema DUAL-Combustible. Fuente: (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011)..	18
Figura 10. Sistema de gas convencional lazo cerrado de quinta generación. Fuente: (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011).....	18
Figura 11. Sistema de inyección directa. Fuente: (Sanchez , 2011).....	19
Figura 12. Circuito de un sistema GLP para un vehículo. Fuente: (Rodriguez, 2012).	25
Figura 13. Unidad de almacenamiento.....	26
Figura 14. Evaporador.....	26
Figura 15. Filtro.....	27
Figura 16. Inyectores de gas.....	27
Figura 17. Proceso de diseño experimental.....	28
Figura 18. Variables del proceso de diseño experimental.....	29
Figura 19. Vehículo categoría m1 automotores.	32
Figura 20. Equipo analizador de gases Brain Bee AGS-688.	33
Figura 21. Equipo analizador de gases Brain Bee AGS-688.	33
Figura 22. Homologaciones del analizador de gases Brain Bee AGS – 800. Fuente: (Bee, 2018).	34
Figura 23. Contador de revoluciones.	35
Figura 24. La matriz de diseño experimental.	36
Figura 25. Matriz de diseño factorial de múltiples niveles.	36
Figura 26. Proceso para ejecutar.	37
Figura 27. Elegir el diseño factorial.	38
Figura 28. Selección de diseño.....	38
Figura 29. Verificación de diseño.	39
Figura 30. Selección de resultados.....	39
Figura 31. Selección de resultados.....	39
Figura 32. Resultado del diseño Factorial RON- RPM.....	40
Figura 33. Flujograma para la adquisición de datos generales.	41
Figura 34. Resultados del análisis de varianza de datos de CO.	48
Figura 35. Gráfica de residuos para CO.	48
Figura 36. Gráfica de intervalos de CO.....	49
Figura 37. Gráfica de diferencias de las medias de Tukey para CO.	50

Figura 38. Resultado del análisis de varianza de CO ₂	50
Figura 39. Comparaciones en parejas de Tukey de las medias de CO ₂	51
Figura 40. Gráficas de residuos para la emisión de CO ₂	51
Figura 41. Gráfica de Tukey para los resultados de diferencias de las medias para CO ₂	52
Figura 42. Resultado del análisis de varianza de HC.	52
Figura 43. Resultado de comparaciones en parejas de Tukey de HC.	53
Figura 44. Gráfica de residuos para HC.	54
Figura 45. Gráfica de Tukey para los resultados de diferencias de las medias para HC.....	55
Figura 46. Resultado del análisis de varianza de O ₂	55
Figura 47. Resultados en comparaciones de Tukey.	56
Figura 48. Gráficas de residuos para O ₂	56
Figura 49. Gráfica de Tukey para los resultados de diferencias de las medias para O ₂	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática). Fuente: (NTE INEN 2204:2002).....	8
Tabla 2. Valores máximos de emisiones para vehículos con motor de gasolina, gases licuados del petróleo (GLP) y gas natural. Fuente: (Rodríguez, 2012).	9
Tabla 3. Comparación entre gasolina y GLP. Fuente: (INEN 675, 2017).	12
Tabla 4. Resultados de revisión del motor de la unidad experimental.	22
Tabla 5. Variables de repuesta.	29
Tabla 6. Variables de bloqueo.	30
Tabla 7. Variables de ruido.	30
Tabla 8. Variables de estudio.	30
Tabla 9. Clasificación vehicular. Fuente: (NTE INEN, 2656, 2016).	31
Tabla 10. Especificaciones técnicas del vehículo. Fuentes: (Arrizo3, 2022).	32
Tabla 11. Parámetros de medición del equipo Brain Bee AGS -800. Fuente: (Bee, 2018).....	33
Tabla 12. Parámetros mediciones del equipo MGT – 300 Fuente: (Bee, 2018).....	35
Tabla 13. Parámetros técnicos generales del equipo MGT – 300 equipo. Fuente: (Bee, 2018)	35
Tabla 14. El número de corridas del diseño experimental.	36
Tabla 15. Resultados estadísticos a media carga con el combustible ECOPAIS.	44
Tabla 16. Resultados estadísticos a media carga con el combustible GLP.	44
Tabla 17. Resultados estadísticos carga alta con el combustible ECOPAIS.	46
Tabla 18. Resultados estadísticos carga alta con el combustible GLP.	46

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El petróleo es la principal materia prima para obtener combustibles fósiles para motores de combustión interna alternativos, lo cual según las cifras del Banco Central del Ecuador a nivel internacional su precio ha tenido en los últimos años una tendencia al alza (BCE, 2021). El precio del petróleo WTI (referencia para Ecuador) creció 60% en el 2021 (enero-agosto) con respecto al año anterior en esos mismos meses (BCE, 2021).

En la actualidad, por el impacto financiero debido al COVID-19 en el mundo y el conflicto entre Ucrania y Rusia los combustibles fósiles que se comercializan en el mundo han elevado su precio, en específico en Ecuador se ha elevado el precio de la gasolina Súper. A inicios del año 2022 la gasolina Súper empezó en \$3,40 y actualmente en el mes de mayo se encuentra en \$4,49 (COMERCIO, 2022). En Ecuador el aumento del precio del combustible Súper constituye uno de los productos con mayor incidencia en los índices de inflación (El Universo, 2022). Por otro lado, el combustible Eco país obtuvo un alza de 0,04 centavos por mes, llegando actualmente a un precio de \$2,55 (El Universo, 2022).

Según El Universo (2022) a través de un artículo de investigación indica que George Mera presidente de la Unión de Taxis del Guayas confirma que hay una migración hacia el consumo de GLP taxis, aunque dice que es leve. En todo caso George Mera, explica que los taxistas consideran una buena opción el uso del GLP pues es un combustible limpio y muy rendidor para sus unidades. El problema, mencionan es que existen pocas gasolineras que les surten el combustible GLP y se generan colas en las mismas, también considera que el precio del cambio de tecnología a gas representa una inversión: alrededor de \$ 800. Indica que el combustible alternativo GLP no es el mismo de uso doméstico, está amparado en un decreto del 2002, y más bien cuesta 33,4 centavos por cada kilo. Recalca que, para utilizar el gas los taxis deben ser sometidos a modificaciones debidamente autorizadas. El auto que trabaja con gas debe adaptar un cilindro de 20 kilos que queda fijo a la unidad y que luego se recarga en los surtidores (El Universo, 2022).

Debido a los subsidios eliminados en el Ecuador, la gasolina Eco país ha aumentado su consumo tanto en la sierra como en el oriente ecuatoriano, el cual tiene 85 octanos y posee un 5 % de etanol en su composición (El Universo, 2022). Otro combustible que también se está utilizando como alternativo, es el gas licuado de petróleo (GLP), pero no existe estudios en la ciudad de Guayaquil sobre los niveles de contaminación que provoca en el medio ambiente y afectación

a personas, además no existe estudios sobre las prestaciones en el motor térmico del vehículo (Beltran & Velasteguí, 2020).

Con respecto a las normativas anticontaminación para vehículos se tiene como referencia las normas Euro, esta normativa tiene un elevado control por la calidad del aire en el continente europeo para vehículos que consumen combustibles fósiles. En Sur América los países que tienen calidad Euro 5 vigente desde el 2014 son: Brasil (97 octanos), Chile (95 octanos) y Argentina (98 octanos). Los países que mantienen calidad Euro 2 creada en 1996 son: Bolivia (97 octanos), Ecuador (92 octanos), y Venezuela (95 octanos) (AEADE, 2022). En el caso de Paraguay se encuentra en Euro 3 con 95 octanos. Otros países como Colombia y México tienen calidad euro 5 con 95 de octanaje ambos países (AEADE, 2022).

Desde otro punto de vista, el impacto que ocasiona en el motor térmico del vehículo el combustible Eco país tiende a aumentar el riesgo de cambiar bujías, limpieza periódica de inyectores por las impurezas de la gasolina, pero la diferencia con el combustible GLP al momento de su combustión no produce el tipo de carbón que hace que la vida de las bujías sea menor, sino todo lo contrario, aumenta la vida útil (Calderón Sierra & Calderón Calderón, 2018).

Por estos antecedentes, el presente proyecto técnico llevará a cabo un análisis comparativo de la influencia de los combustibles GLP – Eco país en las emisiones de gases de escape en un vehículo marca Chery modelo Arrizo 3 año 2022 con motor 1.500 cc, por lo que se analizará los niveles de contaminación de emisiones de estos combustibles en el funcionamiento de un vehículo con motor Otto de la subcategoría M1 en pruebas estáticas. El desarrollo del trabajo de investigación se llevará a cabo en la ciudad de Guayaquil, específicamente en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.

Para llevar a cabo el análisis comparativo de la influencia de los combustibles GLP-Eco país en emisiones, la investigación se estructurará en cuatro capítulos, el primer capítulo corresponde al desarrollo del marco teórico, es decir, se recopilará información sobre fundamentos de motores Otto, normas nacionales e internacionales sobre control de emisiones para MEP, avance de los sistemas de inyección electrónico a Gasolina y GLP, y por último fundamento para el análisis estadístico en Minitab. En el segundo capítulo se desarrolla un diseño experimental para obtener una planificación del proceso para la adquisición de datos en las pruebas estáticas con la unidad experimental. El tercer capítulo corresponde al análisis de resultados mediante el software

Minitab y comparación de resultados con normativas de emisiones. Y, por último, el cuarto capítulo corresponde a la evaluación de los resultados, lo cual se realizará a través del software Minitab empleando un método estadístico.

1.1 PROBLEMA

Según las reformas económicas expuestas por el Gobierno Nacional del Ecuador en el 2018 se dio a conocer la eliminación del subsidio del combustible Super, por lo que los ciudadanos optaron por empezar a utilizar la gasolina Ecopaís (EL PAÍS, 2019).

A inicios del año 2022 la gasolina Súper empezó en \$3,40 y actualmente en mayo se encuentra en \$4,49 (COMERCIO, 2022). La gasolina Súper es uno de los productos con mayor incidencia en los índices de inflación (El Universo, 2022). Por otro lado, el combustible Ecopaís obtuvo un alza de 0,04 centavos por mes, llegando actualmente a un precio de \$2,55, por esta razón los usuarios de automotores optan por utilizar más este combustible por obtener un precio más razonable que la Súper, sin embargo, por fabricación requieren de gasolinas con mayor octanaje por tener un motor de mayor relación de compresión, pero decidieron optar por un combustible de menor costo disminuyendo el rendimiento del MEP, reduciendo el período de mantenimiento de sistemas de inyección y encendido, aumentando costos de mantenimiento y reduciendo vida útil del MEP (El Universo, 2021).

Mediante este estudio se busca conocer los efectos del combustible GLP y Eco país en emisiones contaminantes, considerando que no existen estudios sobre niveles de contaminación y comportamiento de los motores de encendido provocado con el empleo de este tipo de combustibles a una altura de 4 msnm, surge la necesidad de realizar un estudio que brinde este tipo de información acerca de los efectos del uso de estos combustibles, se analizará las concentraciones de emisiones con combustibles de menor y mayor octanaje, respectivamente Eco país y GLP, en la ciudad de Guayaquil, debido a que se tiene un aumento del parque automotor en los últimos años en la ciudad.

En un estudio realizado por Llanes Cedeño & Checa Ramírez (2020) concluyen que la gasolina Eco país presenta una mayor emisión de hidrocarburos no combustionado (HC) siendo sus valores entre 0.141 g/s a 0.147 g/s, en comparación con la gasolina Súper.

Además, se establecerá un análisis comparativo con los resultados, mediante las normativas europeas y ecuatorianas, formando una base de datos sobre los niveles de emisiones de

monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no combustionados (HC), dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂) y factor lambda, de tal manera que el análisis servirá como fundamento para formar una norma base que regula el GLP en este tipo de vehículos con estos sistemas Dual GLP- Gasolina de quinta generación en Ecuador. Por tanto, se podrá obtener conclusiones y recomendaciones específicas sobre qué tan amigables son con el medio ambiente este tipo de combustible en el sistema Dual Gasolina-GLP en un MEP.

Bajo estos estándares según la ATM (2021) en el último censo del 2021 alrededor de 15.000 unidades del parque automotor del gremio amarillo (taxis) en Guayaquil ha optado como combustible alternante el gas licuado de petróleo (GLP) por su bajo costo y por poseer 110,12 de octanos de presión.

Esta propuesta además pretender ampliar los conocimientos en MEP, formar una base de datos e información para nuevas alternativas de combustibles u otros temas afines al proyecto planteado, esperando servir de fuente de información secundaria para futuras investigaciones, como, por ejemplo, en áreas: mantenimientos preventivos y predictivos, desarrollo de sistemas de diagnósticos a través de inteligencia artificial en base a los datos obtenidos.

1.2 Importancia y alcance

El alcance de este proyecto será académico, experimental y medio ambiental, por tanto, la información y datos permitirán beneficiar a todos los consumidores del mercado que se ha llegado a utilizar como combustible alternativo (GLP), personas interesadas en el mundo del automóvil y estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana y específicamente a asignaturas como Motores de encendido provocado, Dinámica del automóvil y Tren de fuerza motriz.

Este proyecto de grado dará a conocer la factibilidad e importancia de aplicación de usar técnicas para el control y diagnóstico de emisiones en el área automotriz, y usar estos datos para futuras investigaciones para desarrollar sistemas de diagnóstico en base a inteligencia artificial (IA).

Este estudio servirá para futuros trabajos o investigaciones que se realicen ya sea a nivel nacional e internacional, en área de mantenimiento automotriz preventivo y predictivo.

1.3 Delimitación

El presente estudio se realizará en la ciudad de Guayaquil, en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, donde se usará un vehículo liviano Chery Arrizo 3 año 2022 como unidad experimental, el proceso del estudio se hará con el vehículo de forma estática, el cual es un estado que permanece el vehículo en mayor tiempo en situación de alto tráfico y que se emplea en la revisión técnica vehicular (RTV).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Realizar un análisis comparativo de los niveles de emisiones de gases de escape de un vehículo perteneciente a la subcategoría M1 con motor Otto con los combustibles Ecopaís y GLP, en pruebas estáticas en la ciudad de Guayaquil.

1.4.2 Objetivo Específicos

- Desarrollar un marco teórico a través de la recopilación y análisis bibliográfico sobre normativas nacionales e internacionales respecto a emisiones de motores Otto, sistemas de inyección electrónico Gasolina - GLP y fundamento para análisis estadístico en Minitab.
- Realizar un diseño experimental para determinar el proceso de adquisición de datos de emisiones de gases de escape mediante la herramienta estadística de Minitab.
- Analizar los resultados obtenidos mediante métodos estadísticos con la herramienta de Minitab para establecer los niveles de contaminación de los combustibles GLP y Eco país, y comparación de niveles de emisiones permitidos en normativas.
- Evaluar los resultados obtenidos a través de un método estadístico con la aplicación de la herramienta estadística de Minitab.

2. CAPÍTULO II: DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO SOBRE NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL REFERENTE A EMISIONES, DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICO GASOLINA - GLP Y SOFTWARE ESTADÍSTICO.

2.1 Normativas nacionales para vehículos con GLP y motores Otto

A continuación, se presenta las normativas nacionales relevantes para el trabajo de investigación, de tal manera que se presenta las más importantes que tratan sobre el control de emisiones de gases de escape e instalación del sistema GLP en vehículos.

2.1.1 NTE INEN 2310:2008

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos que deben cumplir los equipos para carburación a GLP en la conversión de motores con carburación de gasolina a carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP, utilizados en motores de combustión interna (NTE INEN 2310:2008).

- **Alcance de la norma:** Las disposiciones establecidas en la presente norma están referidas a las partes componentes del sistema y al sistema en conjunto desde la boquilla remota de llenado, hasta el múltiple de admisión de combustible (ver notas 1 y 2). Esta norma no es aplicable a la conversión de: Vehículos equipados con motor de ciclo Diesel y equipos acoplados a motores estacionarios (NTE INEN 2310:2008).
- **Disposiciones generales de la norma:** Los equipos utilizados para la conversión a sistema dual (GLP/gasolina) o solo de GLP deben certificarse de acuerdo con esta norma y garantizar un desempeño seguro en su función (NTE INEN 2310:2008).

Los equipos de carburación pueden ser para uso exclusivo a GLP o para sistema dual (GLP/gasolina) y deben trabajar con sistema abierto, cerrado o secuencial de carburación a GLP, igualmente, los equipos instalados en sistema de carburación dual GLP/gasolina deben utilizar el equipo de corrección electrónico de avance de la chispa, en caso de que sea necesario, el cual puede ir separado o integrado al microprocesador (NTE INEN 2310:2008).

2.1.2 NTE INEN 2311:2008

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos que se deben cumplir al realizar las conversiones de motores de combustión interna con carburación de gasolina por carburación dual (GLP/Gasolina) o solo de GLP (NTE INEN 2311:2008).

- **Alcance de la norma:** Esta norma no es aplicable a la conversión de: Vehículos equipados con motor de ciclo Diésel y equipos acoplados a motores estacionarios (NTE INEN 2311:2008).
- **Disposiciones generales de la norma:** Indispensable tener conocimiento de las NTE INEN 675, 2310, 2316 y 2317 aplicables a la instalación y selección de equipos de GLP como carburante, de tal manera que las disposiciones que se indica en la presente norma hacen referencia a los requisitos que deben cumplirse en cada una de las etapas en que se realiza la conversión (NTE INEN 2311:2008).

En la revisión general del vehículo debe realizarse antes de hacer la instalación de cualquier componente del nuevo sistema de carburación para dictaminar la conveniencia o no de realizar la conversión; por tanto, la revisión de los procesos de instalación para los diferentes componentes del sistema bien sea para aplicación dedicada GLP o dual (GLP/gasolina). Las conversiones de motores de combustión interna con carburación de gasolina por carburación dual (GLP/gasolina) o solo de GLP, deben garantizar un funcionamiento libre de situaciones de riesgo que comprometan al usuario (NTE INEN 2311:2008).

- Las tuberías y mangueras conductoras de GLP deben estar protegidas contra golpes, fricción o esfuerzos de tensión que puedan afectar su normal desempeño (NTE INEN 2311:2008).
- En el momento de realizar la conversión es muy importante que las válvulas del motor y los asientos de estas se encuentren en excelentes condiciones operativas (NTE INEN 2311:2008).
- **Requisitos:** En general, la conversión de un motor de gasolina por un motor solo de GLP o dual (GLP/gasolina) no conlleva la realización de modificaciones en la parte interna del motor; tan solo requiere la instalación de una serie de equipos adicionales para lograr las condiciones adecuadas en la operación del combustible carburante que se esté empleando (NTE INEN 2311:2008).

- **Diagnóstico mínimo inicial para registrar en las hojas de trabajo:** Kilometraje recorrido, lecturas de la compresión por cada cilindro del motor, emisión de contaminantes, ruidos, presión de aceite, temperatura de operación y estado de las bujías (NTE INEN 2311:2008).

2.1.3 NTE INEN 2204:2002

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes provocadas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina, según se muestra los valores en la tabla 1.

Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietario del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella (NTE INEN 2204:2002).

Tabla 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática). Fuente: (NTE INEN 2204:2002).

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 -1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200
* Volumen				
**Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).				

2.2 Normativas internacionales

2.2.1 Normativas referentes a gases de escape, la norma EURO V

Las normas Euro limita las emisiones contaminantes de los gases de escape de los vehículos nuevos en sus valores máximos, estos valores son establecidos en los parámetros europeos. La norma Euro I hasta la VI se dio en el 2014 para vehículo con la categoría M1, M2, N1 y N2 son vehículos e turismo, comerciales y camionetas ligeras (Rodríguez, 2012). Según Venega & Rocha (2018) refieren que el gas licuado de petróleo es un combustible que proporciona energía

a equipos y maquinarias para su funcionamiento, y es utilizado en el Ecuador en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales. El GLP proviene de una mezcla de dos principales hidrocarburos que son el propano y butano después de un proceso de refinación y otros en menor proporción. Según NTE INEN 2311 (2008) refiere que los requisitos específicos para poder utilizar GLP son la instalación de una serie de equipos adicionales para lograr las condiciones adecuadas en la operación del combustible carburante que se esté empleando.

En la tabla 2 se muestra los valores máximos de emisiones para vehículos con motor de gasolina, gases licuados de petróleo (GLP) y gas natural (Rodríguez, 2012).

Tabla 2. Valores máximos de emisiones para vehículos con motor de gasolina, gases licuados del petróleo (GLP) y gas natural. Fuente: (Rodríguez, 2012).

Tipo EURO	Valido a partir de (entrada en vigor)	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC+ NOx (g/km)
Euro I	12/1992	2,72	-	--	0,97
Euro II	01/1997	2,2	-	--	0.50
Euro III	01/2000	2,30	0,20	0,15	-
Euro IV	01/2005	1,0	0,10	0,08	-
Euro V	09/2009	1,0	0,10	0,06	-
Euro VI	08/2014	1,0	0,10	0,06	-

Según Sánchez (2021) menciona que la demanda de GLP en Ecuador es de 3,54 millones de barriles trimestrales en promedio, lo que representa aproximadamente 1,61 millones de barriles mensuales. En junio 2020, en promedio, los 13 miembros de la OPEP bombearon 22,62 millones de barriles por día (bpd), 1,92 millones de bpd menos que la cifra revisada de mayo (PrecioPetroleo, 2020).

En la figura 1, se indica los valores de gas licuado de petróleo vehicular del año 2020, por lo que a partir del mes de junio obtuvo una mayor comercialización en comparación a los meses de marzo y abril, llegando a un 97% de lo normal de su comercialización (El Universo, 2022). El gas Licuado de Petróleo (GLP) no decayó de manera considerable; en abril se despacharon 86'310.999 kilogramos, mientras que en junio fue de 95'526.017 kilogramos de GLP, lo cual representa un incremento del 9%. Hasta junio se atendió el 94% de la demanda a escala nacional (EP PETROECUADOR, 2020).

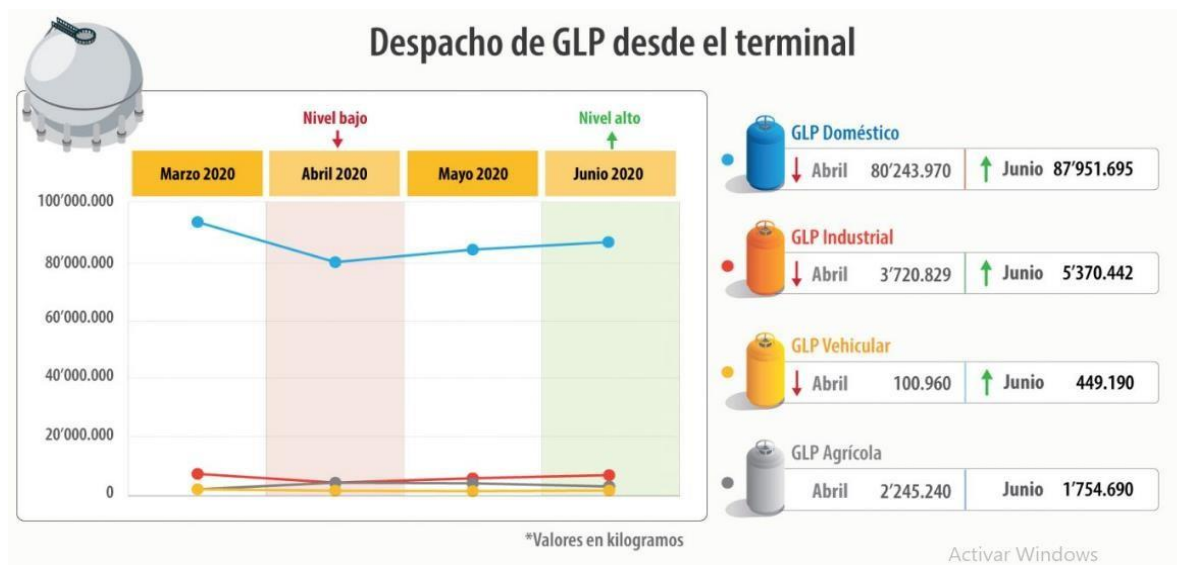


Figura 1. Despacho del GLP en Ecuador desde marzo 2020 hasta junio 2020. Fuente: (EP PETROECUADOR, 2020).

Las propiedades del GLP, según Calderón y Calderón (2018):

- ✓ No tóxico.
- ✓ No contiene ningún aditivo añadido ni plomo.
- ✓ Económico en comparación a los otros combustibles.
- ✓ Excesivamente frío.
- ✓ No genera impacto dañino sobre el medio ambiente.
- ✓ No produce tanto desgaste a los cilindros.
- ✓ No ensucia a el aceite.
- ✓ Menor cantidad de residuos en el sistema.
- ✓ La combustión del GLP no genera el tipo de carbón que hace que el tiempo de las bujías sea menor, sino por lo contrario que sea más prolongado.

Las desventajas del GLP, según Calderón y Calderón (2018):

- Deteriora las válvulas a mayor velocidad.
- El GLP pesa más que el aire.
- Dificulta la lubricación.

2.3 Sistema Alimentación con GLP

En la figura 2 se muestra el diagrama del sistema de alimentación GLP, donde este combustible es depositado en el tanque de gas, se traslada en forma líquida por medio de una cañería hasta

el evaporador localizado en el vano motor, siendo este evaporador, es el responsable de modificar el estado líquido del GLP a gas, el cual transita por un filtro hasta llegar a los inyectores de gas controlados por una centralita independiente a la que se proyecta minuciosamente para el correcto desempeño del motor (Rodríguez, 2012).

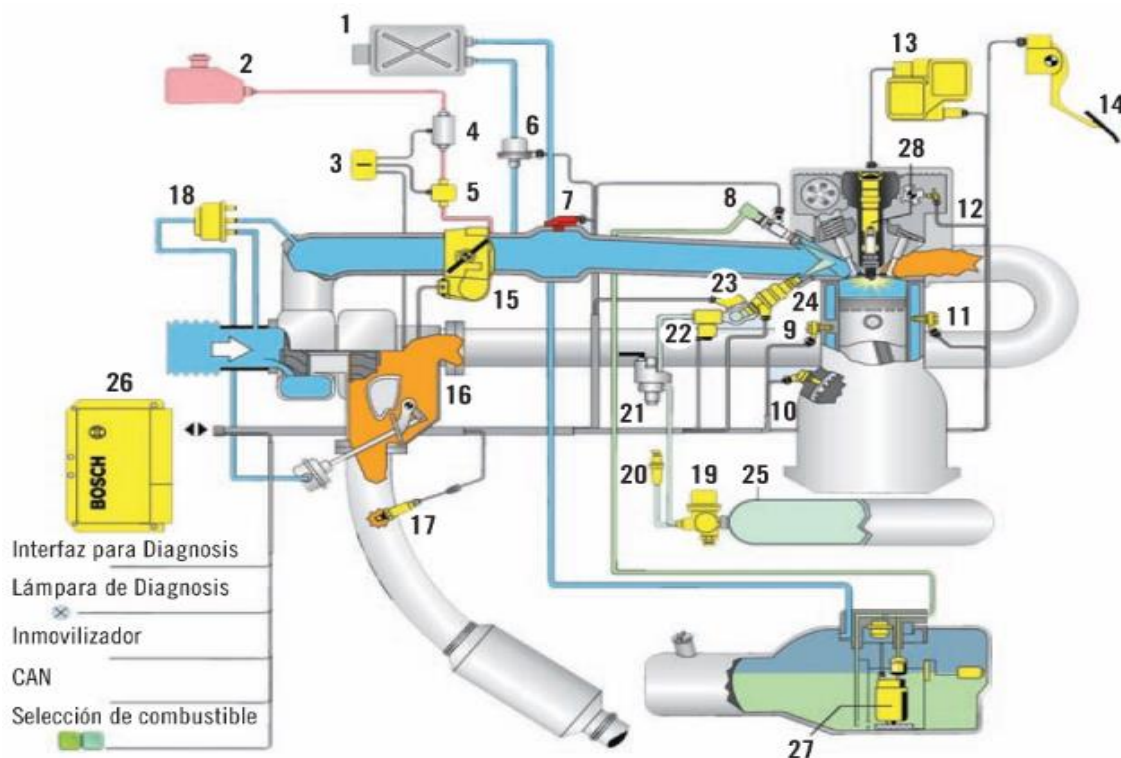


Figura 2. Componentes del sistema de alimentación con GLP. Fuente: (Rodríguez, 2012).

1. Canister.
2. Reserva de gasolina para arranques en frío.
3. Relé.
4. Bomba eléctrica combustible.
5. Válvula solenoide o electroválvula de vapores de gasolina.
6. Válvula purga de canister.
7. Sensor presión/temperatura del aire.
8. Conducto combustible/injector.
9. Sensor de detonación o picado.
10. Sensor revoluciones.
11. Sensor temperatura.

12. Sensor de fase o posición del árbol de levas.
13. Bobina de encendido.
14. Pedal acelerador.
15. Cuerpo electrónico de mariposa.
16. Turbo compresor.
17. Sonda lambda.
18. Válvula control de turbocompresor.
19. Electroválvula de corte gas del depósito.
20. Válvula de abastecimiento o de llenado.
21. Regulador de presión de gas.
22. Electroválvula de corte de gas.
23. Tubería.
24. Inyector gas.
25. Depósito gas licuado.
26. UCE.
27. Bomba de combustible.
28. Bujía de encendido.

2.3.1 Comparación entre Gasolina y GLP

En la tabla 3, se compara las principales características entre los combustibles: gasolina y GLP.

En el GLP por el tamaño molecular se obtiene de una manera efectiva una gasificación, la cual se presta para una aportación de combustión limpia a comparación de la gasolina el cual su valor masa volumen y su poder calorífico son respectivamente más bajo, al contrario, en el índice de octanos el GLP llega a 100 octanos y la gasolina se queda en 100, el cual nos arroja un resultado del combustible GLP es más limpio y genera menos contaminaciones (INEN 675, 2017).

Tabla 3. Comparación entre gasolina y GLP. Fuente: (INEN 675, 2017).

CARACTERÍSTICAS	GLP	GASOLINA
Masa/volumen a 15°C	0.557 Kg/l	0.750 Kg/l
Poder calorífico	11000 Kcal/Kg	10500 Kcal/Kg
índice de octanos	95 a 110	85 a 100

2.3.2 Elementos Constitutivos del Sistema de Alimentación de GLP

Para la instalación (Ver Figura 3) del sistema se requiere de un KIT homologado, el cual se instala en el vehículo gasolina, sin la necesidad de modificar o realizar ninguna operación directamente en el motor. En la conversión de un vehículo a Gas (GLP) el motor no sufre ningún tipo de manipulación ni modificación (Carranza, 2012).

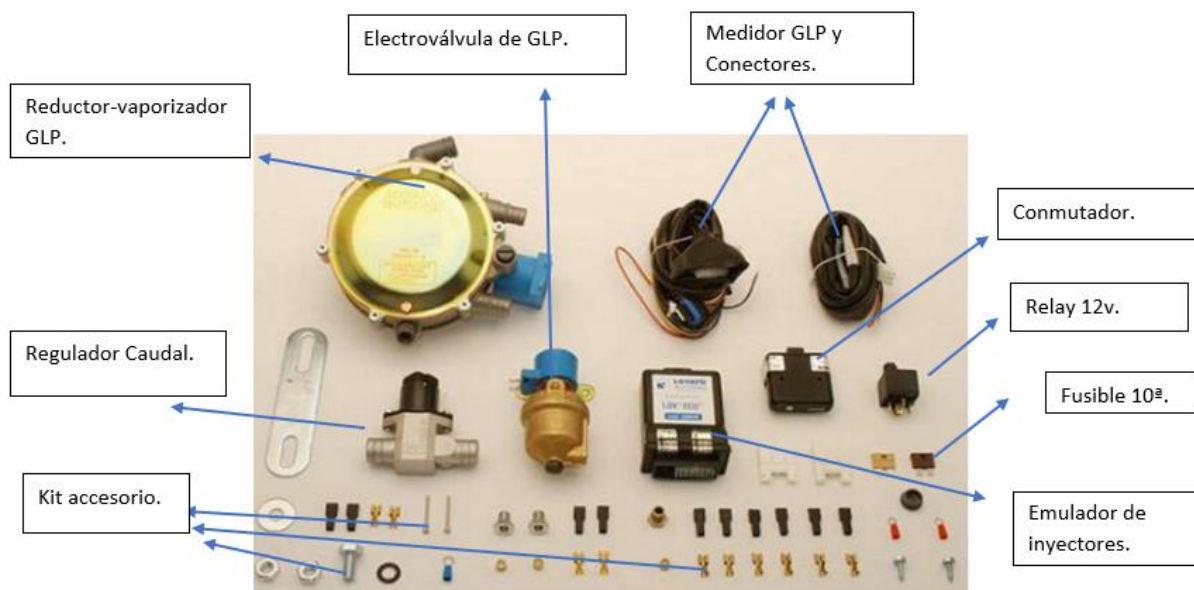


Figura 3. KIT de instalación a GLP. Fuente: (Carranza, 2012).

2.4 Componentes del equipo de GLP para motores a inyección electrónica

La ubicación y el esquema de los elementos GLP en un vehículo con motor a inyección electrónica se muestra en la siguiente figura 4.

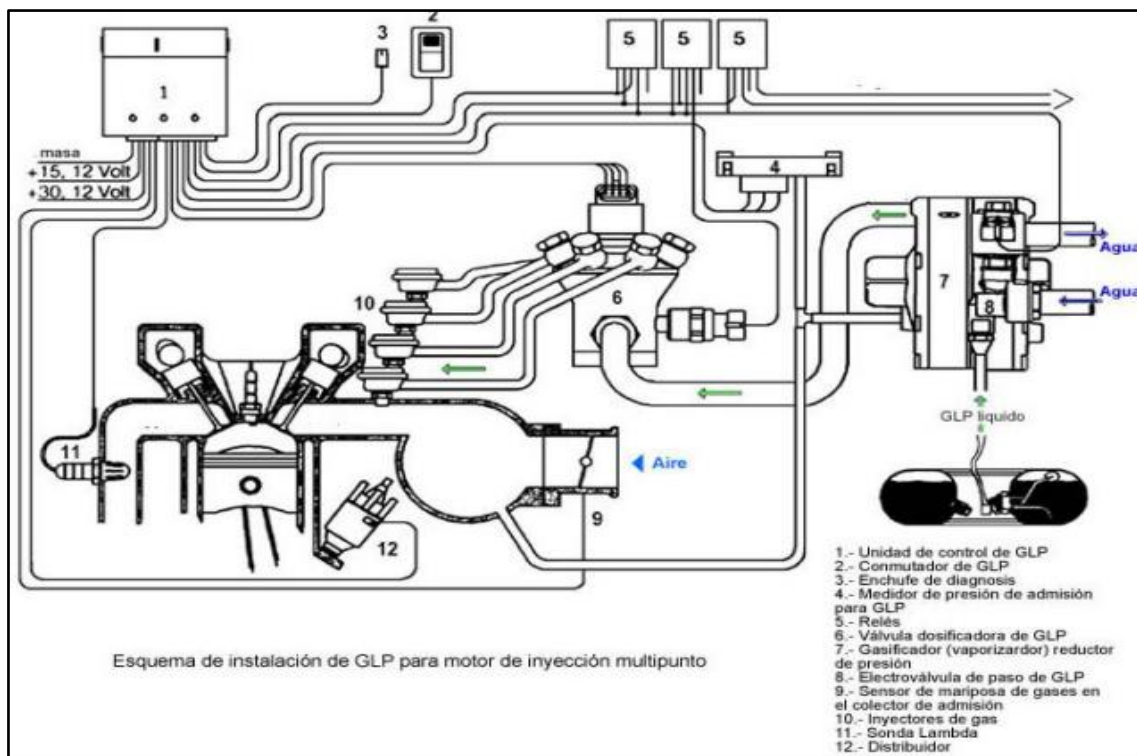


Figura 4. Componentes del equipo GLP para motores a inyección electrónica. Fuente: (Carranza, 2012).

El equipo en la parte delantera del vehículo (Ver figura 5) sirve para procesar el gas y permitir su integración al motor y el tanque que va en la parte trasera, usado para almacenamiento de combustible, además el tanque tiene una electroválvula múltiple que bloquea la salida del gas en caso de accidente (Carranza, 2012).

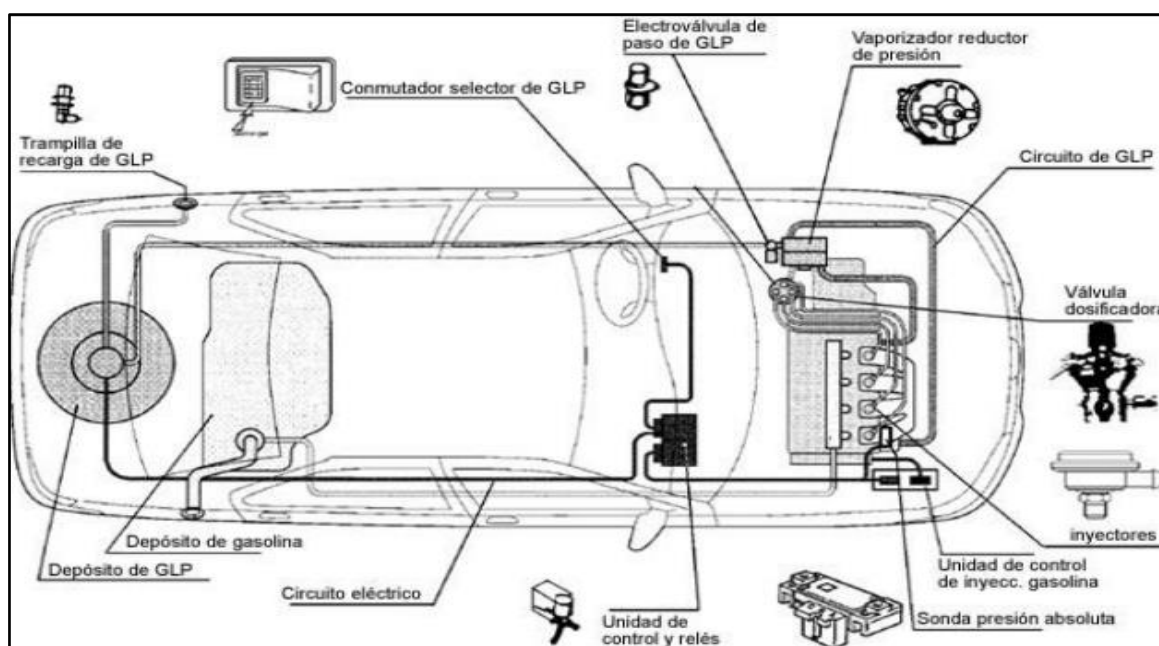


Figura 5. Esquema de instalación en un vehículo a inyección fuente: (Carranza, 2012).

2.5 Recorrido del GLP desde su carga hasta la combustión en el motor de encendido provocado

El GLP es introducido (Ver figura 6) pasando por la válvula de carga hasta el tanque de almacenamiento. El tanque de almacenamiento del GLP en estado líquido se dirige por medio de una tubería de cobre hasta el evaporador pasando por un filtro que retiene las posibles impurezas presentes en este; a este recorrido se le conoce como circuito de alta presión (Carranza, 2012).



Figura 6. Recorrido del GLP líquido hasta el evaporador o regulador de presión. Fuente: (Carranza, 2012).

Según Carrazan (2012), el evaporador tiene en su interior una serie de cámaras que realizan varias funciones que permitirán regular, vaporizar y dosificar el GLP, el cual es suministrado al motor (Ver figura 7), por otra parte, en el regulador de presión el gas llega en fase líquida y pierde presión hasta llegar a vaporizarse, transformándose a fase gaseosa. De igual manera, Carrazan (2012) indica que esta pérdida de presión hace que el gas pierda temperatura pudiendo llegar hasta el congelamiento, por lo cual se hace necesario calentarlo utilizando una derivación del sistema de refrigeración, haciendo circular agua caliente del radiador por el interior del equipo, esta derivación del sistema de refrigeración del motor al evaporador se conoce como circuito de calefacción.

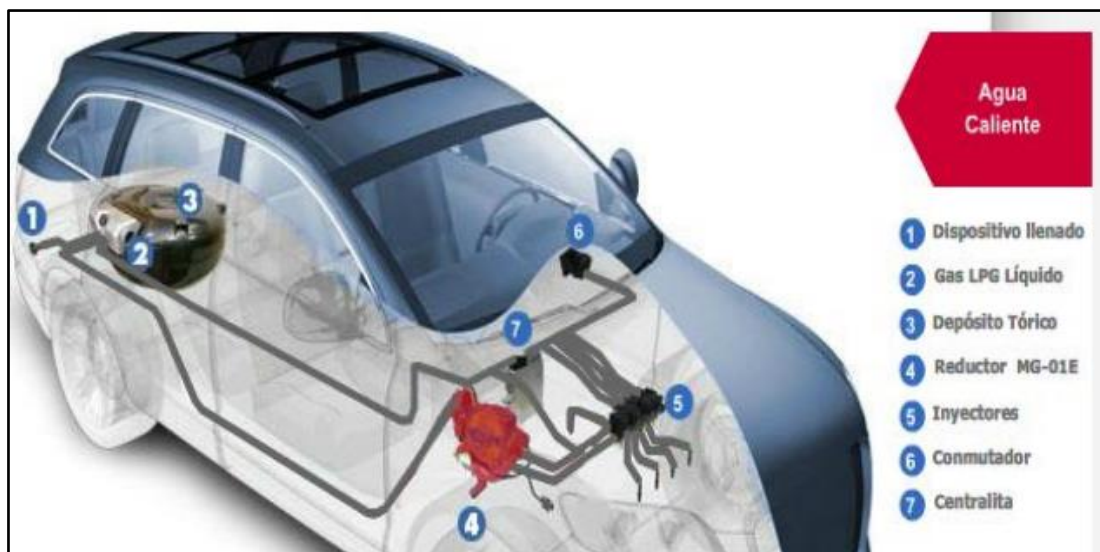


Figura 7. Paso de fase líquida a fase gaseosa del GLP en el evaporador o regulador de presión. Fuente: (Carranza, 2012).

El GLP es suministrado a una presión inferior a la atmosférica (Ver Figura 8), de forma que, si los cilindros no aspiran el gas, este no sale, de igual forma que el nivel de la cuba es inferior al del surtidor de la gasolina y si no hay vacío en el colector de admisión esta no sale (el vacío evidentemente se genera con el giro del motor, a motor parado no hay vacío) (Carranza, 2012).

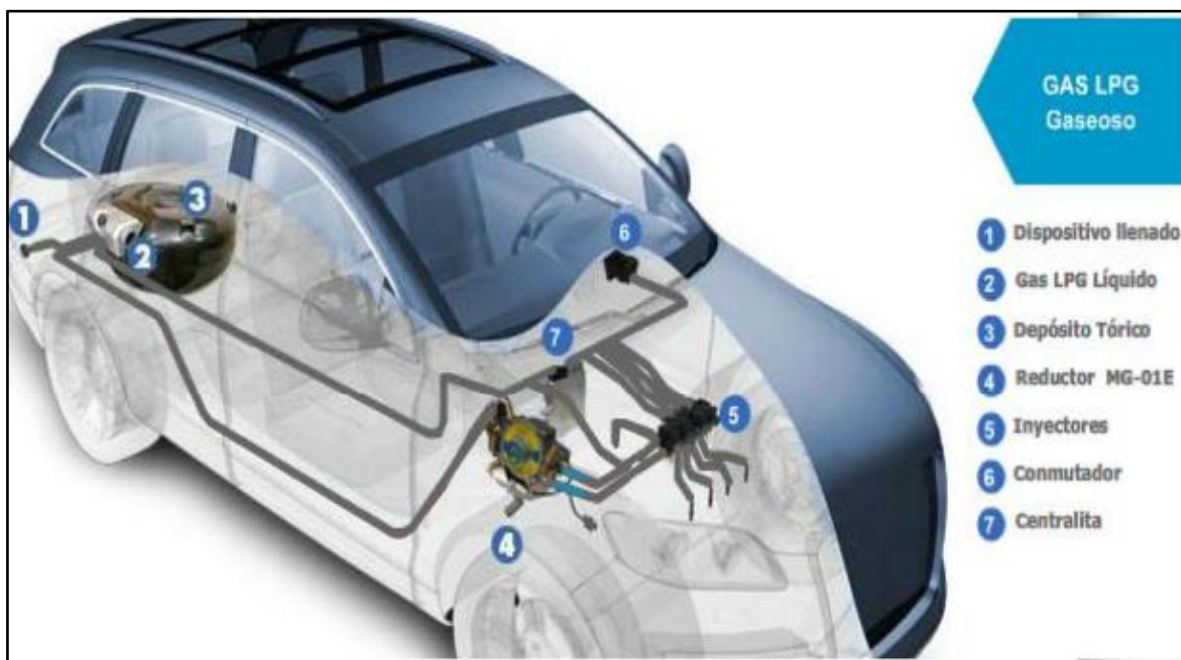


Figura 8. Distribución de GLP gaseoso a los cilindros del motor. Fuente: (Carranza, 2012).

En su investigación Carrazan (2012) indica que el sistema de GLP provee una llave conmutadora que es un dispositivo electrónico y sirve para seleccionar el tipo de combustible

y se encuentra instalada al alcance del conductor, en la cabina del vehículo. El conmutador hace imposible que los dos combustibles GLP y gasolina puedan alimentar a la vez al motor, consecuentemente para vaporizar el GLP se necesita una gran cantidad de calor, por ello si el clima es demasiado frío, los vehículos que tienen este sistema se ponen en marcha con gasolina y cuando están calientes más o menos unos 3 - 5 minutos pasan a funcionar con GLP; en los motores a inyección electrónica, éste paso puede ser automático.

2.6 Sistemas de inyección

2.6.1 Sistemas de inyección electrónica Gasolina – GLP

Sistema Dual - Combustible: Los sistemas dual-combustible es el conjunto de elementos (equipos de conversión), que permite que el vehículo gasolina este operativo con el diseño original o alternativo con gas licuado de petróleo, por lo que el cambio de uso de combustible se lo puede realizar cuando el vehículo se encuentra en marcha (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011).

Este sistema Dual - Combustible son fabricados en Europa, es decir en Italia y España, representados por Lovato y Auto Gas respectivamente, los sistemas Dual-Combustible se puede adaptar a los sistemas de alimentación como sistemas a carburado y sistemas a inyección (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011).

El sistema Dual se puede trabajar con GLP o con Gasolina como se observa en la figura 9, en el caso de GLP se oprime el conmutador el cual activa el sistema de GLP el cual es electrónico envía la señal el solenoide a la computadora y se activa los inyectores electrónicos de GLP y el tanque envía el gas licuado pasa por el evaporador y sus cañerías el cual se mezcla en la cámara da combustión y general el trabajo.

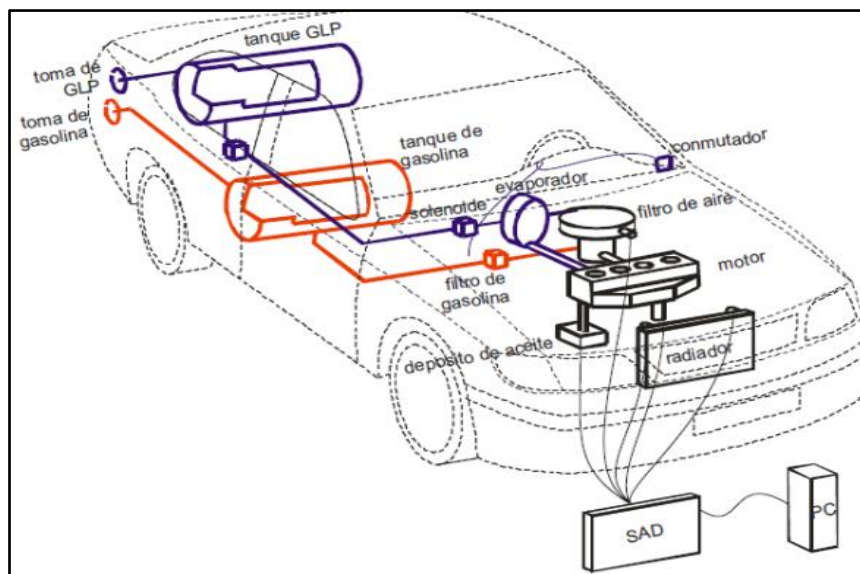


Figura 9. Sistema DUAL-Combustible. Fuente: (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011).

2.6.2 Quinta generación de Gasolina - GLP

En la figura 10 se observa la última generación de conversiones hasta el presente. Su principal diferencia con la cuarta generación era el hecho de que se controlaban inyectores individuales para cada cilindro, se suministraba gas a cada cilindro del motor de forma secuencial, instalado en serie con el sistema de gasolina original, cumpliendo fielmente con el pulso de inyección, estos comandos son enviados por la computadora de gasolina (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011).



Figura 10. Sistema de gas convencional lazo cerrado de quinta generación. Fuente: (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011).

2.7 Sistema de inyección indirecta y directa (GDI) electrónica a gasolina

En este sistema el combustible es alimentado por una electrobomba de combustible que se encuentra en la cercanía o en el interior del depósito de combustible, en un caudal suficiente para mantener constante la presión de alimentación necesaria (Sanchez , 2011).

En este sistema las válvulas de inyección como se muestra en la figura 11, se encuentran colocadas directamente en la culata del motor, mirando al interior de las cámaras de combustión, estas son controladas por una UCE que determina el tiempo de inyección en función del conjunto de informaciones que recibe de los diferentes sensores colocados sobre el motor y el vehículo, además, el combustible se inyecta de diferentes modos (estratificado u homogéneo) en función del estado de funcionamiento o servicio del motor; por tanto, el caudal de inyección depende directamente del caudal de aire admitido y del régimen, y otras informaciones adicionales que optimizan el funcionamiento del motor (Sanchez , 2011).

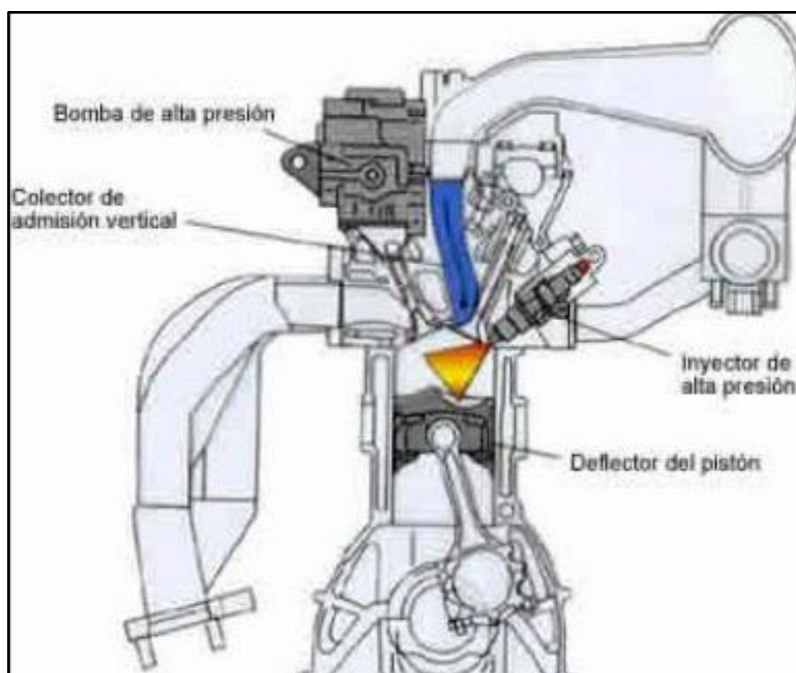


Figura 11. Sistema de inyección directa. Fuente: (Sanchez , 2011).

- ✓ **Sistema de inyección indirecta electrónica a gasolina:** El combustible se introduce en el colector de admisión a través de una válvula de admisión esta puede estar abierta o no. Es la más utilizada en la actualidad (Sanchez , 2011).
- ✓ **Sistema de inyección directa electrónica a gasolina:** Su funcionamiento se basa en inyectar combustible directamente en la cámara de combustión del cilindro. Este

sistema está evolucionando rápidamente y expandiéndose a más y más modelos (Sanchez , 2011).

2.8 Métodos estadísticos

2.8.1 Estadística básica Minitab

El campo de la estadística proporciona principios y métodos para recopilar, resumir, analizar e interpretar datos. Los valores estadísticos se utilizan para describir datos y hacer inferencias (Minitab, 2022).

El software Minitab (2022), proporciona una variedad de análisis estadísticos como regresión, ANOVA, herramientas de calidad y series de tiempo, además los gráficos incorporados lo ayudan a visualizar sus datos y confirmar sus resultados, también puede ver y almacenar valores estadísticos y medidas de diagnóstico.

2.8.2 Análisis de varianza (ANOVA)

El análisis de varianza (ANOVA) es un método estadístico para probar las diferencias en las medias de tres o más grupos, se usa cuando tenemos una variable o factor independiente y el objetivo es determinar si las diferentes variaciones o niveles de ese factor tienen un efecto medible en la variable dependiente (JMP Statistical Discovery LLC, 2022).

El ANOVA solo se puede usar cuando se consideran un factor y una variable dependiente, Al comparar las medias de tres o más grupos, puede indicar si al menos un par de medias es significativamente diferente, pero no puede referirse a ningún par, también es necesario que la variable dependiente se distribuya normalmente dentro de cada grupo y que el cambio dentro de cada grupo sea el mismo en todos los grupos (JMP Statistical Discovery LLC, 2022).

2.8.3 Análisis factorial

El análisis factorial es una técnica de reducción de datos que sirve para encontrar grupos homogéneos de variables a partir de un conjunto numeroso de variables. Su propósito último consiste en buscar el número mínimo de dimensiones capaces de explicar el máximo de información contenida en los datos (IBM Corporation, 2021). El análisis factorial se suele utilizar en la reducción de los datos para identificar un pequeño número de factores que explique

la mayoría de la varianza observada en un número mayor de variables manifiestas. También puede utilizarse para generar hipótesis relacionadas con los mecanismos causales o para inspeccionar las variables para análisis subsiguientes (IBM Corporation, 2021).

El análisis factorial intenta identificar las variables subyacentes o los factores que explican el patrón de asociación en un conjunto de variables observadas. El análisis factorial se usa a menudo en el desglose de datos para identificar una pequeña cantidad de factores que explican la mayor parte de la varianza observada en una gran cantidad de variables (IBM Corporation, 2021).

3. CAPÍTULO III: DESARROLLO DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL A TRAVÉS DE SOFTWARE ESTADÍSTICO.





3.1 Revisión del estado del motor del vehículo Chery Arrizo 3 año 2022




En la tabla 4, para obtener datos y resultados correctos del estudio se verifica el estado de funcionamiento del motor, debido a que los datos adquiridos tienen alta relevancia al momento del diagnóstico del MEP, y las mismas servirán como base de datos para análisis (León & Maldonado , 2018).




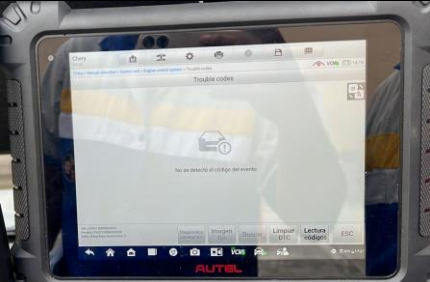
Es necesario realizar un mantenimiento de diferentes sistemas del motor, para garantizar el correcto funcionamiento del motor en la experimentación, y reducir la adquisición de datos erróneos que provocarían dificultad al momento analizar el diseño de experimento, a lo que se realizara una revisión absoluta, de los siguientes componentes (León & Maldonado , 2018).

1. Estado del filtro de aire.
2. Estado de bujías.
3. Estado de filtro de combustible.
4. Comprobación del estado del Sensor de posición del cigüeñal (CKP).
5. Verificación de los Inyectores según la condición de trabajo.
6. Comprobación del estado del Sensor Lambda.
7. Verificación del circuito secundario de la ignición bobina.
8. Estado de los cables de bujías.
9. Estado de la banda de distribución.
10. Voltaje de la batería del vehículo.
11. Revisión electrónica mediante el Scanner Automotriz.

Tabla 4. Resultados de revisión del motor de la unidad experimental.

REVISIÓN DE ESTADO MECÁNICO DEL MEP CHERY ARRIZO 3 AÑO 2022				
PARÁMETROS	VALOR MEDIDO	ESTADO	OBSERVACIONES	FOTOS DE COMPONENTES VERIFICADOS
Verificación de filtro de aire		OK		
Verificación de las bujías		OK	Para motores que tienen sistema de inyección electrónica lo recomendable es una holgura en las bujías de 1 mm.	
Verificación de filtro de combustible		OK		
Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	860 Ω	OK	La resistencia en (Ω) en la lectura de multímetro un valor intermedio 948 (Ω)	

Verificación de los inyectores	11 - 17 (Ω) (a 20°C)	OK	La resistencia en (Ω) en la lectura de multímetro un valor intermedio 12.5 (Ω)	
Sensor Lambda	7 – 11 (Ω)	OK	La resistencia en (Ω) en la lectura de multímetro un valor intermedio 10.5 (Ω)	
Verificación del circuito secundario de la ignición bobina.	8.36 - 10.64 (K Ω)	OK	Post 1 – Post 4 Post 2 – Post 3	

Cables de bujías	7.5 - 11.2 (K Ω)	OK	La resistencia en (K Ω) en la lectura de multímetro un valor intermedio 9.32 K Ω	
Revisión de banda de la distribución		OK		
Voltaje de batería	14.5 V	OK	Voltaje recomendado de 12.70 V, para el encendido del motor	
Análisis con Scanner Automotriz	No trouble codes	OK		

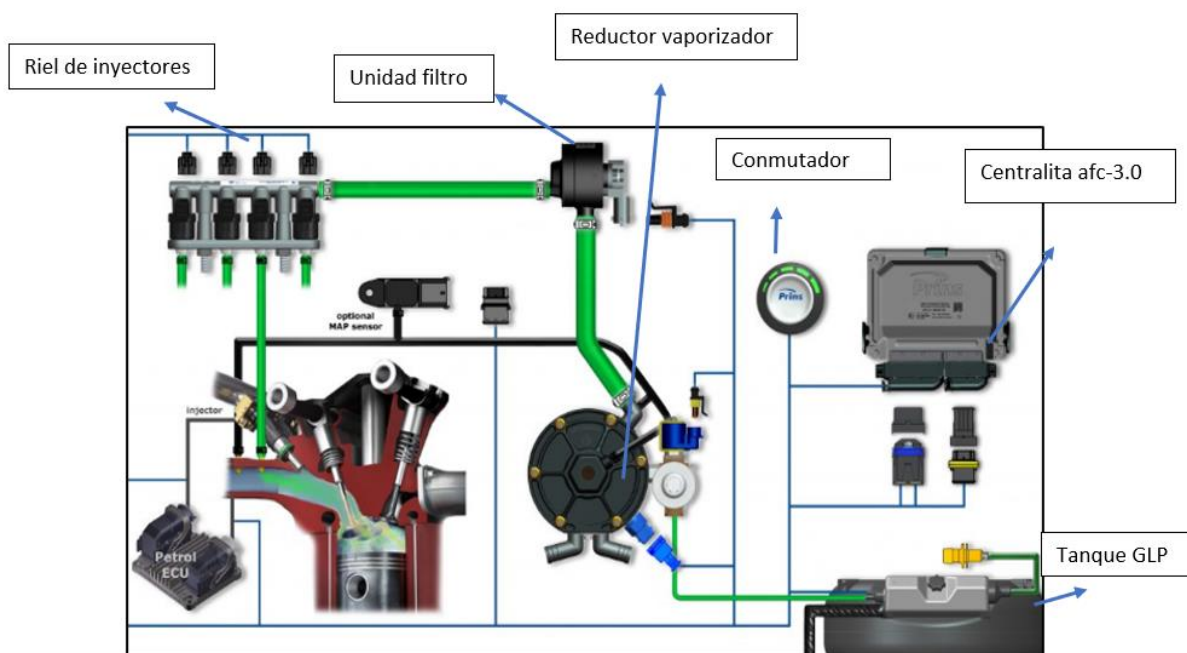


Figura 12. Circuito de un sistema GLP para un vehículo. Fuente: (Rodríguez, 2012).

En la figura 12, el GLP es depositado en el tanque de gas, se traslada en forma líquida por medio de una cañería hasta el evaporador localizado en el vano motor, siendo este evaporador, es el responsable de modificar el estado líquido del GLP a gas, el cual transita por un filtro hasta llegar a los inyectores de gas controlados por una centralita independiente a la que se proyecta minuciosamente para el correcto desempeño del motor (Rodríguez, 2012).

Unidad de almacenamiento. - El gas o GLP debe ser almacenado en un tanque de acero, (Ver Figura13), diseñado para vehículos, el cual tiene dos opciones. Una es el tanque toroidal o redondo, y el otro es cilindro estándar o cilíndrico, estos dos tipos de tanques de almacenamiento cumplen con todas las medidas de seguridad según la normativa NTE INEN 2311. Sus válvulas están fabricadas acorde con la seguridad del depósito. La válvula de servicio del combustible al motor está asegurada contra roturas que produzcan un cambio brusco del caudal de GLP utilizado, cerrándose inmediatamente (Alvarez Muñoz & Velasco Aguaiza, 2022).



Figura 13. Unidad de almacenamiento.

Cañería GLP. - Transporta el GLP en forma líquida desde el almacenamiento hasta el reductor vaporizador localizado en la parte delantera del vehículo y se conecta a la electroválvula de corte (FERNANDEZ, 2022).

Evaporador. - Es aquel responsable de convertir el estado líquido del GLP a gas (Ver figura 14), así como la reducción de presión del GLP, pasando de 8-10 bares a 1 bar, y regula la cantidad de gas suministrado al motor (Pérez Bello, 2017).



Figura 14. Evaporador.

Filtro. - Similar al filtro de gasolina, (Ver figura 15) estando igualmente sometido a intervalos de replazos periódicos de tal manera esta intercalado entre el evaporador y el conjunto rampa-inyectores (Pérez Bello, 2017).



Figura 15. Filtro.

Inyectores de gas. - Tienen la misión de proporcionar de forma secuencial gas a cada cilindro del vehículo, de tal manera esta función se atribuye a los inyectores separados e independientes entre ellos que reciben la señal eléctrica del contador ECU, los inyectores de gas que se muestran en la figura 16, admiten el gas del reductor a una presión constante y lo dispensan a cada uno de los colectores de aspiración de los cilindros del motor del vehículo en la proporción adecuada (Barrera, 2012).



Figura 16. Inyectores de gas.

Computadora. - Se encarga de alistar directamente los tiempos de inyección de los inyectores de combustible original de gasolina y transformarlos en el tiempo de inyección de gas, esto asegura las estrategias establecidas por el fabricante del vehículo con respecto a la manipulación y las emisiones (Barrera, 2012).

Sensor de presión. - Encargado de medir la presión del múltiple de admisión y el carril de inyectores, recibe los datos de la depresión del colector de aspiración del vehículo y de la presión del gas en el reductor y los traslada a la centralita (Barrera, 2012).

Conmutador. - Es un módulo electrónico muy pequeño ubicado en una posición cómoda y ergonómica para el usuario, gracias a la disminución del tamaño se pueden introducir en lugar de un tablero de instrumento, con espacios disponibles (Barrera, 2012).

Plug de combustible. - Consiste en un dispositivo para el llenado de Gas o GLP para ser depositado en un tanque de acero especialmente diseñado para vehículos, esta válvula se fija en la carrocería del vehículo y se conecta mediante un tubo a la válvula de llenado del depósito, esta válvula alojada en una caja está protegida con su tapa correspondiente (Barrera, 2012).

3.2 Desarrollo del diseño experimental

El diseño de experimento es una metodología científica que se encuentra trabajando en los conocimientos en el estudio de variables, empleando pruebas que se forman correctamente en la figura 17.



Figura 17. Proceso de diseño experimental.

Los experimentos son un punto de partida para mejorar un sistema o proceso. Esto se debe a que puede manipular las condiciones operativas iniciales para obtener información sobre las consecuencias de cambiar el sistema o el proceso en su totalidad o en parte. En segundo lugar, los resultados del experimento nos ayudarán a obtener más y mejor información sobre el sistema responsable del estudio.

El proyecto de experimento planteado que se observa en la figura 18, se procede en un diseño experimental que consta de 2 factores; según el octanaje, así como las revoluciones del vehículo, las cuales las variables de estudio van a tener influencia en las variables de respuestas. (Urgilés & Erreyes , 2018).



Figura 18. Variables del proceso de diseño experimental.

3.2.1 Variable respuesta

El uso de este tipo de variable permite observar los resultados de las pruebas experimentales. En la tabla 5, las variables que le permiten obtener el rendimiento del sistema en ejecución, por tanto, el motivo del experimento es mejorar y afinar este tipo de variables para conseguir un sistema con mejores características (Urgilés & Erreyes , 2018).

Tabla 5. Variables de repuesta.

Variable De Respuesta	Símbolo	Unidad
Monóxido de carbono	CO	%
Hidrocarburos no combustionados	HC	ppm
Dióxido de Carbono	CO2	%

3.2.2 Variable de Bloqueo

En la tabla 6, las variables que caracterizan un proceso que se origina en un nivel particular y algunos de estos factores son controlados durante el proceso, estos factores se pueden cambiar o controlar a nivel operativo y se pueden cambiar experimentalmente para distinguirlos (Urgilés & Erreyes , 2018).

Tabla 6. Variables de bloqueo.

Variable de bloque	Unidad
Temperatura del motor	°C
Temperatura Ambiente	°C
Rpm del Motor	rpm
Carga Relativa	%

3.2.3 Variable de Ruido

En la tabla 7, tipo de variable de ruido no se pueden controlar a la hora de realizar el proceso de experimentación, el cual se da a los factores ambientales y el lugar en donde se procede a realizar el estudio (Arias & Ludeña, 2018).

Tabla 7. Variables de ruido.

Variable de Ruido	Unidad
Presión Atmosférica	Kpa
Humedad Relativa del aire	%
Temperatura	°C

3.2.4 Variable de Estudio

En la tabla 8, los estudios de las variables desarrolladas son basadas a la experimentación, para poder definir qué tipo de influencia poseen las variables de respuesta; este tipo de variables pueden ser controlables o no controlables, mediante este proceso se puedan controlar estas variables durante el experimento.

Tabla 8. Variables de estudio.









Variable de Estudio	Unidad
Revolución Motor	Rpm
Combustible	RON

3.3 Unidad Experimental

3.3.1 Característica de la unidad experimental Chery Arrizo3

En la tabla 9, se observar la norma ecuatoriana, donde se indica el vehículo para el estudio, el cual es un vehículo subcategoría M1 (NTE INEN, 2656, 2016).

Tabla 9. Clasificación vehicular. Fuente: (NTE INEN, 2656, 2016).

CÓDIGO	TIPO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN
SED	SEDÁN		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.1 
SWG	STATION WAGON		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.4
HBK	HATCHBACK		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.9
CPE	COUPÉ		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.5
CNV	CONVERTIBLE		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.2 y 3.1.1.6
SUV	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO		Vehículo utilitario fabricado con carrocería cerrada o abierta, con techo fijo o desmontable y rígido o flexible. Para cuatro o más asientos en por lo menos dos filas. Los asientos pueden tener respaldos abatibles o removibles para proveer mayor espacio de carga. Con dos o cuatro puertas laterales y apertura posterior. Por su configuración (altura libre del piso, ángulos de ataque, ventral y de salida) generalmente puede ser utilizado en carreteras en mal estado o fuera de ellas. La tracción puede estar en las cuatro ruedas o en dos. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.9.
LIM	LIMUSINA		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.3

3.3.2 Vehículo de prueba

En la tabla 10, el apartado se indica las características del vehículo usado como unidad experimental Chery Arrizo3 2022 y las características técnicas principales del vehículo.

Tabla 10. Especificaciones técnicas del vehículo. Fuentes: (Arrizo3, 2022).

MOTOR		CONFORT		LUXURY
Tipo	Acteco SOHC			
Cilindrada	1.497 C.C.			
Cilindros	4 en línea			
Número de válvulas	16 (4 válvulas por cilindro)			
Potencia	107 HP @ 6.000 rpm			
Torque	140 Nm @ 4.500 rpm			
Tren de válvulas	Conducido por banda			
Tipo de combustible	Gasolina			
Estándar de emisiones	EURO V			
TRANSMISIÓN		CONFORT		LUXURY
Caja	Manual 5 velocidades + reversa			
Tracción	Delantera			
DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN Y NEUMÁTICOS		CONFORT		LUXURY
Tipo de dirección	Hidráulica			
Suspensión delantera	McPherson independiente con amortiguadores de doble acción y barra estabilizadora.			
Suspensión trasera	Semi-independiente tipo barrera de torsión con amortiguadores de doble acción.			
Neumáticos	185/60 R15			
Tipo de aro	Acero con tapacubos Rin 15		Aluminio Rin 15	

En la figura 19 se encuentra el vehículo categoría M1 que se ha seleccionado, para la obtención de los datos.

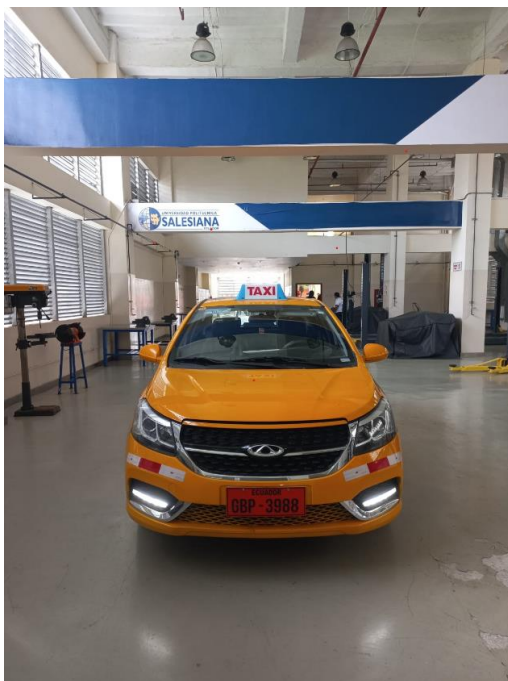


Figura 19. Vehículo categoría m1 automotores.

3.4 Analizador de Gases

El analizador gases tiene un software que tiene el nombre de OMNIBUS – 800 en el que se observa en la figura 20, el cual se puede realizar pruebas. La prueba estática se pone a correr el software, el siguiente paso es enciende el equipo de análisis de gases, de igual manera se procede a encender el vehículo y se procede a colocar la sonda en el tubo de escape del vehículo, tomando en cuenta el rpm del motor y así nos arrojas las tomas de datos en el software (Bee, 2018).



Figura 20. Equipo analizador de gases Brain Bee AGS-688.

3.4.1 Reconocimientos partes del analizador de emisiones AGS-688

En la figura 21 se aprecia las partes del analizador de gases brain bee AGS-688

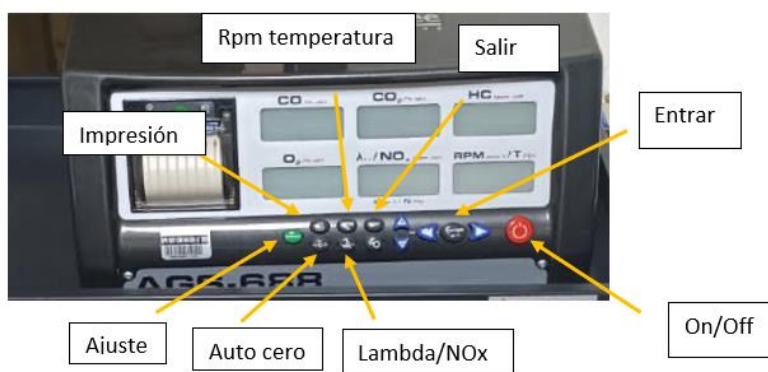


Figura 21. Equipo analizador de gases Brain Bee AGS-688.

En la tabla 11 se observa los parámetros del equipo de medición gases:

Tabla 11. Parámetros de medición del equipo Brain Bee AGS -800. Fuente: (Bee, 2018)

Parámetros	Rango	Unidad	Resolución
CO	0-9,99	% vol.	0,01
CO ₂	0-19,9	% vol.	0,1
HC	0-9999	Ppm vol.	1
O ₂	0-25	% vol.	0,01
NO _x	0-5000	Ppm vol.	1

Lambda	0,5-5,0	-	0,001
Rpm	300-9990	Rpm	10
Temperatura aceite	20-150	°C	1

En la figura 22, se puede observar los gases que tienen homologaciones para ciertos países:

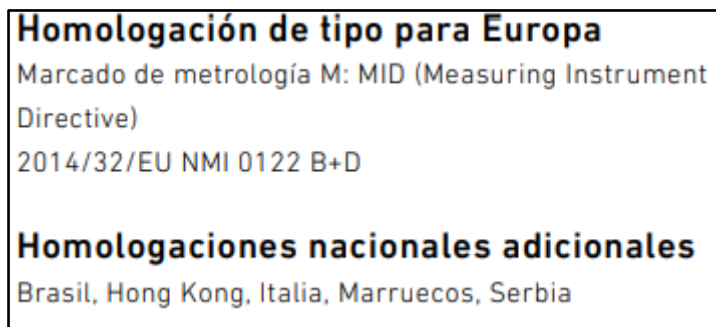


Figura 22. Homologaciones del analizador de gases Brain Bee AGS – 800. Fuente: (Bee, 2018).

Por recomendación de los fabricantes y teniendo en cuenta la ficha técnica de Brain Bee, el tiempo del analizador de gases para obtener los datos es de < 30 segundos, por lo tanto, se ha considerado 60 segundos, los datos de nuestras pruebas, ya que así se genera mayor cantidad de datos y así poder tener un mayor grado de análisis y comparación (Bee, 2018).

3.4.2 Contador de revoluciones del motor

En la figura 23, el contador de revoluciones llamado MGT – 300 EVO refleja la rpm mediante la señal de un acelerómetro, el contador de rpm se alimenta con carga de la batería del vehículo. La información de la temperatura a la cual está trabajando el motor gracias al sensor de temperatura estándar (Bee, 2018).



Figura 23. Contador de revoluciones.

En la tabla 12 tenemos los parámetros de la medición del equipo:

Tabla 12. Parámetros mediciones del equipo MGT – 300 Fuente: (Bee, 2018)

Parámetro	Rango	Unidad	Resolución
Rpm	300-9990	Rpm	10
temperatura	20-200	°C	1

Características técnicas generales

En la tabla 13 tenemos los parámetros técnicos del equipo MGT-300:

Tabla 13. Parámetros técnicos generales del equipo MGT – 300 equipo. Fuente: (Bee, 2018)

Parámetros	Campo de medición
Rpm del motor	300-9990 min-1
Resolución	10 min-1
Intervalo de temperatura del aceite	20-200 °C
Resolución	1 °C
Alimentación/Carga con el cargador incluido	12 Vdc, 10W
Alimentación (batería del vehículo)	8-35 Vdc 10W
Consumo	0.5 A DC
Temperatura de funcionamiento	5- 40 °C
Dimensiones	20 x 35 x 100 mm
Peso	0.38 kg

En la tabla 14 se puede observar el número de corridas del diseño experimental:

Tabla 14. El número de corridas del diseño experimental.

Factores	Niveles	Característica	Número de Corridas Experimentales
RON	2	(Ecopaís-GLP)	12
RPM	3	(650 rpm, 1500 rpm, 3000 rpm)	

En la figura 24 tenemos la matriz del diseño experimental:

Resumen del diseño

Factores: 2 Réplicas: 2
 Corridas base: 6 Total de corridas: 12
 Bloques base: 1 Total de bloques: 1

Figura 24. La matriz de diseño experimental.

En la figura 25 tenemos la matriz del diseño factorial:

Tabla de diseño

Corrida	Blq	A	B
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	1	2	1
5	1	2	2
6	1	2	3
7	1	1	1
8	1	1	2
9	1	1	3
10	1	2	1
11	1	2	2
12	1	2	3

Figura 25. Matriz de diseño factorial de múltiples niveles.

A continuación, se procede a realizar la explicación del diseño experimental:

- ✓ La columna uno (Izquierda) señala el número de corridas experimentales para el análisis, siendo 12.
- ✓ La columna dos nos revela el bloque de base el mismo que será igual a 1.
- ✓ La columna A y B nos hace referencia a:
 - A (RON): El tipo de combustible.
 - B (RPM): Revela el nivel de rpm del motor.

3.5 Pasos para realizar el diseño experimental

A continuación, se detalla los pasos para el diseño experimental.

1. Se procede a abrir el Minitab Statistical Software.
2. Dar clic izquierdo en la opción Estadísticas, después en DOE, factorial, y por último dar clic en crear diseño factorial como se observa en la figura 26.

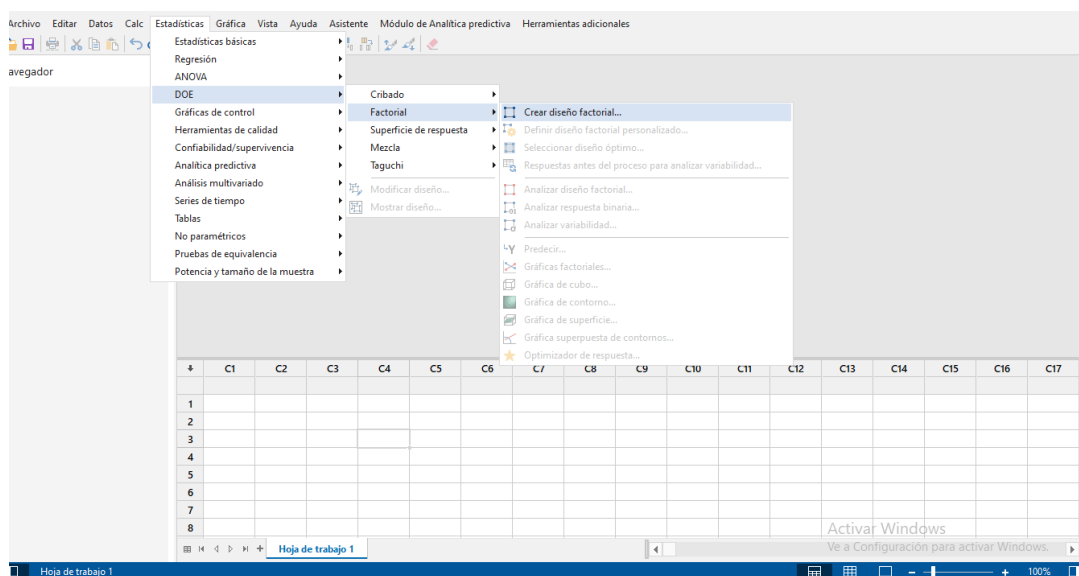


Figura 26. Proceso para ejecutar.

3. En la parte de crear diseño factorial, lo configuramos de acuerdo con nuestros datos de proceso, en este caso se da clic en la opción de diseño factorial completo con dos números de factores como se observa en la figura 27.

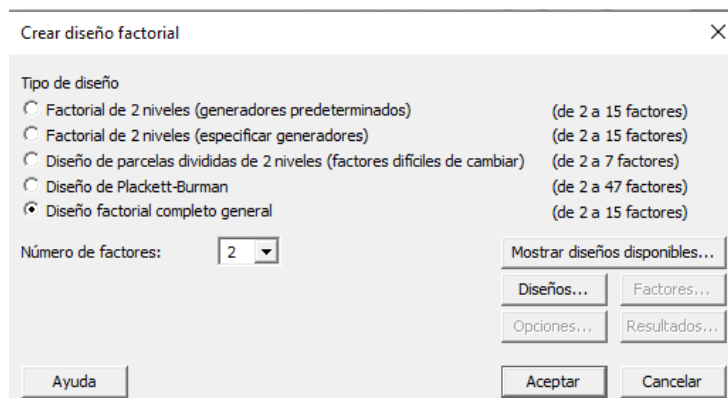


Figura 27. Elegir el diseño factorial.

4. Haga clic en la opción de diseños, para agregar el nombre de los elementos y la cantidad de niveles a considerar en cada elemento, cuando la configuración esté lista, haga clic en aceptar como se observa en la figura 28.
 - ✓ El factor A, representa el combustible (RON) con 2 número de niveles.
 - ✓ El factor B, representa las revoluciones del motor (RPM) con 3 número de niveles

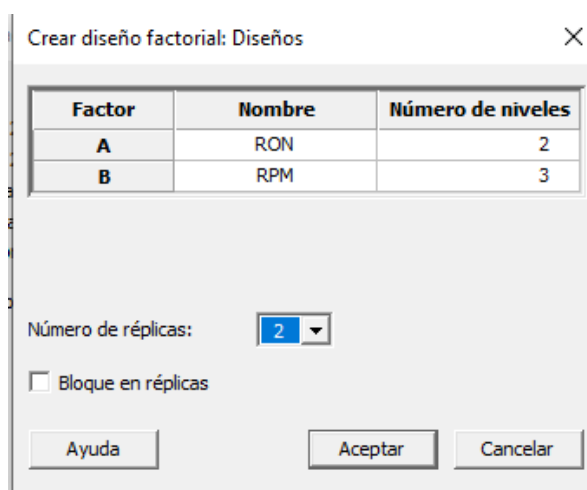


Figura 28. Selección de diseño.

5. Una vez configurado, procedemos a dar clic izquierdo a la opción factores para verificar nuestro diseño, luego dar clic en aceptar como se observa en la figura 29.

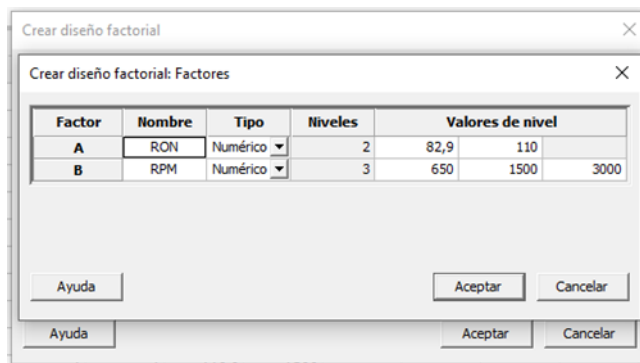


Figura 29. Verificación de diseño.

6. Damos clic en la opción Resultados, seleccionamos tabla de resumen y tabla de diseño, damos clic en Aceptar como se observa en la figura 30.

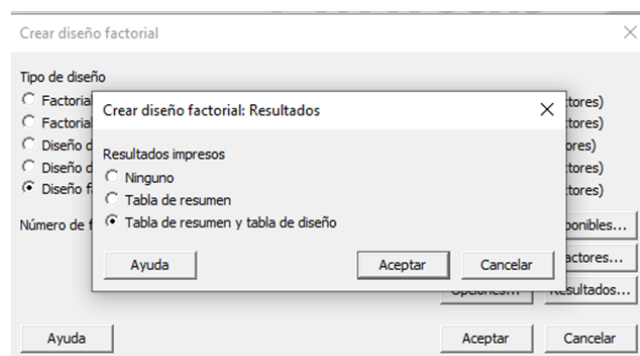


Figura 30. Selección de resultados.

7. Por último, para obtener el diseño factorial final y las combinaciones que se debe tener en cuenta en las pruebas y el número total de corridas, se realiza clic izquierdo en opciones y desactivamos la opción “Aleatoria corridas” como se observa en la figura 31.

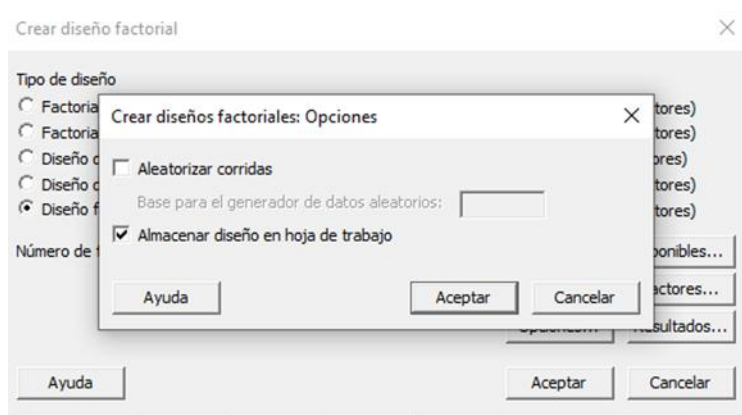


Figura 31. Selección de resultados.

En la figura 32 se detallan las combinaciones en la cual se procede a adquirir datos donde se tiene como factor RON en 2 niveles ECOPAIS (82.90) y GLP (110), además los factores de RPM, considerando en tres factores (650) ralenti, (1500) carga media y (3000) carga alta.

Resumen del diseño

Factores: 2 Réplicas: 2
Corridas base: 6 Total de corridas: 12
Bloques base: 1 Total de bloques: 1

↓	Corrida			Combinación		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	RON	RPM
1	1	1	1	1	82,9	650
2	2	2	1	1	82,9	1500
3	3	3	1	1	82,9	3000
4	4	4	1	1	110,0	650
5	5	5	1	1	110,0	1500
6	6	6	1	1	110,0	3000
7	7	7	1	1	82,9	650
8	8	8	1	1	82,9	1500
9	9	9	1	1	82,9	3000
10	10	10	1	1	110,0	650
11	11	11	1	1	110,0	1500
12	12	12	1	1	110,0	3000

Figura 32. Resultado del diseño Factorial RON- RPM.

3.6 Estructura del diseño experimental

En la figura 33, se muestra la estructura del diseño experimental, con las variables que se estiman en el diseño experimental, por tanto, se consideran las variables de estudio y respuesta antes mencionadas.

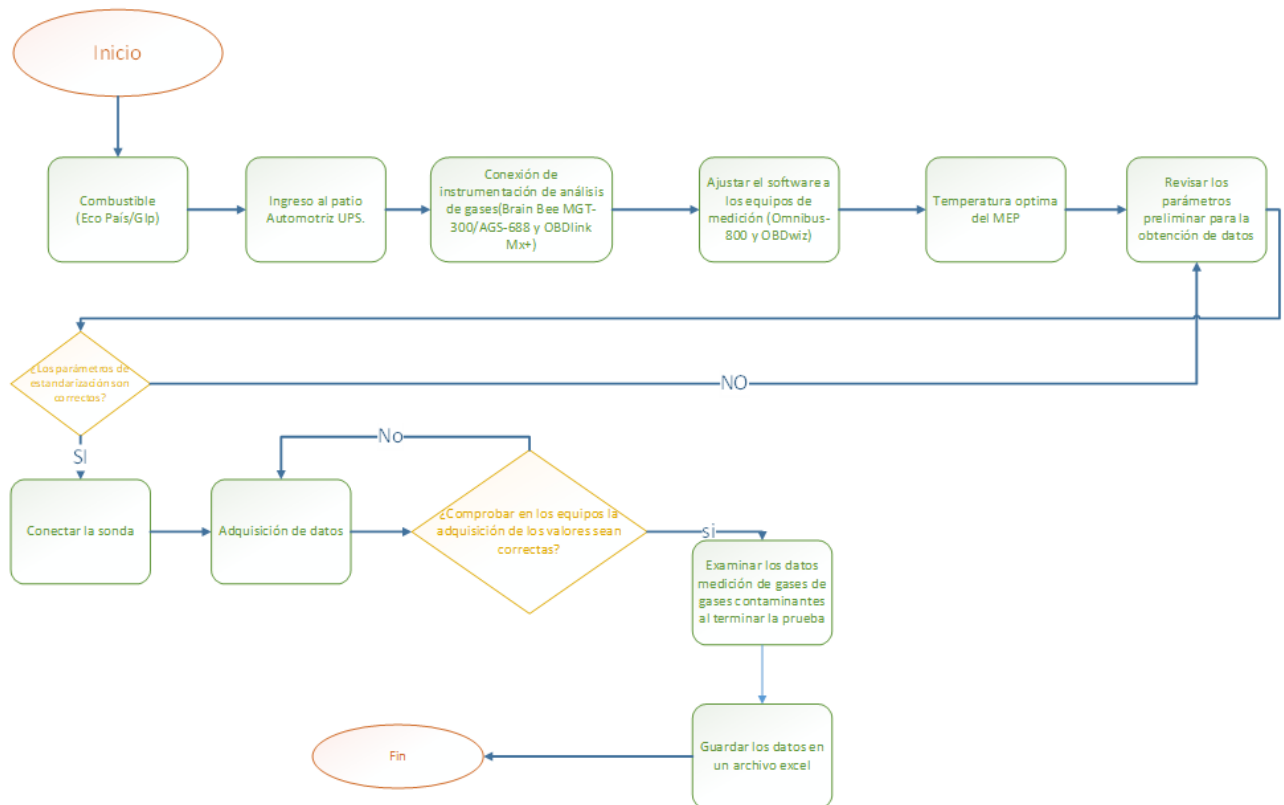


Figura 33. Flujograma para la adquisición de datos generales.

4. CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE MINITAB PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE GLP Y ECOPAÍS

4.1 Análisis de resultados en diversos regímenes del MEP

En las siguientes gráficas se muestra los resultados obtenidos de la aplicación de estadística descriptiva mediante Minitab, para las muestras obtenidas de CO, CO₂, HC y O₂, para luego analizarlos mediante valores estadísticos con un razonamiento completo del comportamiento de las emisiones que se tomaron para el estudio.

Se realiza un análisis detallado de los resultados en los 3 regímenes de estudio (ralentí, carga media y carga alta), para determinar el nivel de contaminación que genera cada combustible en el funcionamiento del motor de encendido provocado (MEP). Por esta razón, se considera para el análisis el valor de la media, error estándar de la media, desviación estándar, mínimo, máximo, rango, asimetría y variable curtosis.

5.2 Análisis ralenti con los combustibles GLP y Ecopaís

Tabla 15. Resultados estadísticos en ralenti con el combustible ECOPAÍS.

Estadísticas

Variable	Conteo total	Media	Error estándar de		Mínimo	Máximo	Rango	Asimetría
			la media	Desv.Est.				
CO	120	0,10542	0,00970	0,10630	0,00000	0,23000	0,23000	0,02
CO2	120	15,889	0,0214	0,234	15,500	16,200	0,700	-0,07
HC	120	64,06	3,14	34,44	29,00	106,00	77,00	0,02
O2	120	1,2765	0,0239	0,2613	0,8800	1,9500	1,0700	0,42

Variable	Curtosis
CO	-2,00
CO2	-1,55
HC	-2,00
O2	-0,35

Tabla 16. Resultados estadísticos en ralenti con el combustible GLP.

Estadísticas

Variable	Conteo total	Media	Error estándar de		Mínimo	Máximo	Rango
			la media	Desv.Est.			
CO	120	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
CO2	120	14,522	0,0158	0,174	14,100	14,800	0,700
HC	120	35,50	1,48	16,22	18,00	55,00	37,00
O2	120	1,3778	0,0182	0,1999	1,1100	1,9900	0,8800

Variable	Asimetría	Curtosis
CO	*	*
CO2	-0,30	-0,56
HC	0,01	-2,01
O2	1,18	1,01

En la tabla 15 y tabla 16 se muestra el valor de CO en régimen de ralenti con gasolina ECOPAÍS, del cual 0.10542 %Vol es el valor promedio, esto demuestra que el valor de CO generado por el motor de la unidad experimental se encuentra dentro del límite permisible ($0,01\% \text{ Vol} > x \leq 1,30\% \text{ Vol}$) según la normativa ecuatoriana INEN 2204 e inspección técnica vehicular de la ciudad de guayaquil. En cambio, el combustible GLP genera 0,000 %Vol de CO, por tanto, se determina que este combustible emite menor emisión de CO en comparación con el combustible Ecopaís en ralenti, por lo que, el GLP en ralenti es más amigable con el ambiente y contribuye a disminuir la contaminación crítica. En caso de tener valores elevados

de CO indicaría lo siguiente de posibles averías, debido fallos mecánicos o electrónicos de componentes del sistema de inyección, por ejemplo: inyectores, sensores de oxígeno, PCV obstruida, sistema EVAP con fallo o sistema de lazo cerrado incorrecto.

De la misma manera, la tabla 16 y tabla 17 muestra el valor promedio de HC, la tabla 1 indica un valor de 64,06 ppm en Ecopaís y la tabla 2 un valor de 35,50 ppm de GLP, por lo tanto, son valores permitidos ($0,01 > x \leq 200,00$) según la normativa ecuatoriana INEN 2204. En efecto, los valores indican que ambos combustibles permiten que el MEP cumpla la normativa ecuatoriana de control de emisiones y tener un adecuado funcionamiento del motor, más aún el combustible alternativo GLP se verifica que genera menor contaminación en comparación con el combustible Ecopaís en ralentí, por lo que, emite menores cantidades de hidrocarburos no combustionados, en promedio 35,50 ppm. En caso de tener valores elevados en un MEP puede ser debido por exceso de gasolina o aceite en la mezcla o por consecuencia de una combustión incompleta.

En cambio, en la tabla 16 y tabla 17 el valor de oxígeno (O_2) se refiere al oxígeno que se tiene por el tubo de escape generado por el MEP. Si la mezcla es demasiado rica o pobre, el oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces hidrocarbonados y se eliminará con el resto de los gases de escape. De manera que, con el GLP en ralentí se tiene mayor salida de oxígeno por el tubo de escape del MEP, en promedio genera 1,37 % Vol y valores máximos de 1,99 % Vol, obteniendo una mezcla pobre es decir un exceso de aire.

Así pues, con la emisión de dióxido de carbono (CO_2), es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión, el motor funciona bien cuando el dióxido de carbono está en su punto más alto, los resultados de este gas indica que en promedio oscila entre el 15,88 % Vol en Ecopaís y el 14,52 % Vol con GLP. Si es inferior el valor de CO_2 podría ser debido a una mala combustión o fallo en sistema de encendido del MEP. Por lo tanto, en régimen de ralentí con el combustible alternativo de GLP se tiene una excelente eficiencia de la combustión y contribuye a disminuir la presencia de este gas de efecto invernadero en la atmosfera.

5.3 Análisis media carga con los combustibles GLP y Ecopaís

Tabla 15. Resultados estadísticos a media carga con el combustible ECOPAÍS.

Estadísticas

Variable	Conteo total	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango	Asimetría
CO	120	0,06417	0,00645	0,07065	0,00000	0,20000	0,20000	0,50
CO2	120	16,206	0,0104	0,114	15,900	16,300	0,400	-1,12
HC	120	48,82	3,31	36,31	11,00	89,00	78,00	0,01
O2	120	1,0034	0,0228	0,2498	0,7400	1,9700	1,2300	1,50

Variable	Curtosis
CO	-1,27
CO2	0,28
HC	-2,02
O2	2,46

Tabla 16. Resultados estadísticos a media carga con el combustible GLP.

Estadísticas

Variable	Conteo total	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
CO	120	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
CO2	120	13,797	0,00793	0,0869	13,600	13,900	0,300
HC	120	89,77	1,97	21,62	66,00	113,00	47,00
O2	120	2,3300	0,0210	0,2295	2,0400	2,9900	0,9500

Variable	Asimetría	Curtosis
CO	*	*
CO2	-0,17	-1,16
HC	0,00	-2,02
O2	0,49	-0,33

En la tabla 17 y tabla 18 se muestra el valor promedio de HC, tanto para el combustible Ecopaís con un valor de 48,82 ppm y GLP con un valor de 89,77 ppm, por lo que ambos combustibles cumplen el rango permitido ($0,01 > x \leq 200,00$) según la normativa ecuatoriana INEN 2204. En el caso del GLP 89,77 ppm es mayor el resultado promedio en comparación con Ecopaís, debido por el aumento de la dosificación de 5 a 10% de más gas licuado de petróleo a mayores

revoluciones esto se debe por la configuración del sistema para mejorar las prestaciones del vehículo (NTE INEN 2204:2017, 2017).

Por otra parte, el dióxido de carbono (CO_2) es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión, el motor funciona correctamente cuando el dióxido de carbono está en su punto más alto, en este régimen de media carga el porcentaje oscila en promedio entre el 16,20 % Vol en Ecopaís y el 13,79 % Vol con GLP. Por consiguiente, el MEP en la condición de media carga con GLP genera menor CO_2 en comparación con Ecopaís, de manera que, el GLP produce en estas condiciones menor cantidad de este gas de efecto invernadero y mantiene una eficiencia en la combustión del MEP.

Así mismo, en la tabla 17 y tabla 18 el oxígeno O_2 se refiere al uso de oxígeno en el proceso de combustión. Si la mezcla es demasiado rica o pobre, la cantidad de oxígeno que resulta de la combustión y que sale por el escape es registrada por el sensor de oxígeno e indicara dicha señal al módulo de gestión del motor el mismo tomara decisiones para regular la mezcla. De tal manera, con GLP es mayor la cantidad de oxígeno que se obtiene por el escape, generando una mezcla pobre, es decir, un exceso de aire. Debido a la composición del combustible de GLP y gestión del módulo de control del MEP para GLP.

De igual manera, el monóxido de carbono CO es controlado en la revisión vehicular en base a la NTE INEN 2204, de tal manera que este gas indica si la mezcla es rica o ideal (Mezcla Estequiométrica 14,7 Kg a 1 Kg), por tanto, dentro de la tabla 17 y tabla 18 los valores estadísticos de CO se encuentran dentro de los parámetros controlados por la norma INEN 2024, más aún el combustible GLP, en esta condición de régimen de media carga un promedio de 0,00 % Vol. Entonces, las razones para tener valores bajos de CO en esta condición son debidos a la gestión del módulo de control del GLP, la unidad experimental es nueva, bajo kilometraje, y el sistema del catalizador nuevo, además elementos de los sistemas anticontaminación en perfecto estado.

5.4 Análisis carga alta con los combustibles GLP y Ecopaís

Tabla 17. Resultados estadísticos carga alta con el combustible ECOPAÍS.

Estadísticas

Variable	Conteo total	Media	Error estándar de		Mínimo	Máximo	Rango
			la media	Desv.Est.			
CO	120	0,005000	0,000458	0,005021	0,000000	0,010000	0,010000
CO2	120	16,653	0,00679	0,0744	16,300	16,800	0,500
HC	120	7,867	0,218	2,387	4,000	11,000	7,000
O2	120	0,5746	0,0172	0,1882	0,4000	1,6000	1,2000

Variable	Asimetría	Curtosis
CO	-0,00	-2,03
CO2	-0,49	3,28
HC	-0,08	-1,77
O2	2,84	10,77

Tabla 18. Resultados estadísticos carga alta con el combustible GLP.

Estadísticas

Variable	Conteo total	Media	Error estándar de		Mínimo	Máximo	Rango
			la media	Desv.Est.			
CO	120	0,002417	0,000392	0,004299	0,000000	0,010000	0,010000
CO2	120	15,282	0,0191	0,209	14,800	15,500	0,700
HC	120	10,933	0,321	3,521	6,000	16,000	10,000
O2	120	1,0820	0,0278	0,3048	0,7400	1,8700	1,1300

Variable	Asimetría	Curtosis
CO	1,22	-0,52
CO2	-0,94	-0,34
HC	-0,01	-1,89
O2	0,82	-0,59

En la tabla 19 y tabla 20, se presenta los resultados estadísticos en régimen de carga alta. En primer lugar, se muestra el valor promedio de HC, se tiene un valor de 7,86 ppm en Ecopaís y GLP un valor de 10,93 ppm, por lo que estos resultados son valores permitidos ($0,01 > x \leq 200,00$) según la normativa ecuatoriana INEN 2204.

Así pues, en comparación el resultado de GLP en HC es 10,93 ppm, siendo mayor al resultado de Ecopaís, debido al aumento de la dosificación de 5 a 10% de más gas licuado de petróleo a mayores revoluciones esto se debe por la configuración del sistema para mejorar las prestaciones del vehículo (NTE INEN 2204:2017, 2017).

Ahora bien, el dióxido de carbono CO₂ es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión del MEP, el motor funciona bien cuando el dióxido de carbono está en su punto más alto, este porcentaje oscila en régimen de carga alta entre el 16,65 % Vol en Ecopaís y 15,28 % Vol con GLP. De tal forma que, a régimen de carga alta con GLP el valor de CO₂ es eficiente, garantizando una excelente combustión y menor emisión de este gas de efecto invernadero.

Por último, el oxígeno (O₂) se refiere al uso de este en el proceso de combustión del MEP. De manera que, con GLP se tiene mayor salida de oxígeno por el sistema de escape, generando una mezcla pobre, es decir, un exceso de aire en régimen con carga alta.

5. CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE RESULTADOS A TRAVÉS DE UN MÉTODO ESTADÍSTICO.

4.1 Emisión CO

En el análisis de varianza se comprobará, según:

- El supuesto de normalidad en las muestras obtenidas.
- Verificar si existe varianza constante.
- La independencia de residuos, es decir comprobar que los datos se comporten de manera aleatoria y no sigan ningún patrón.
- Si los datos funcionan al azar y no siguen ningún patrón, entonces habrá una independencia de los residuos.

En la presente sección se muestra diversos resultados del análisis ANOVA, la figura 34 muestra el resultado de p ($p - \text{valúe}$) = 0, indica que existe una diferencia estadísticamente significativa de las muestras de CO (León, Rogelio ; Maldonado , José, 2018).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RESPUESTA	5	1,205	0,240945	88,51	0,000
Error	714	1,944	0,002722		
Total	719	3,148			

Figura 34. Resultados del análisis de varianza de datos de CO.

En la figura 35, se puede apreciar la gráfica de Residuos vs. Porcentaje, muestra la normalidad de los datos debido a que siguen la tendencia a una línea recta, por tanto, se acepta el supuesto de la normalidad de los datos. Además, en el Histograma se corrobora que los datos presentan una distribución normal. Por otro lado, en la gráfica de Valor Ajustado vs. Residuo, se observa que no existe ningún patrón determinado en forma de embudo, es decir, los datos están distribuidos de manera aleatoria en base al valor ajustado, por lo que se acepta el supuesto de varianza constante. En la gráfica de Orden de observación vs. Residuo, se muestra que los puntos no siguen ningún patrón determinado constante en toda la gráfica, pero se tiene un leve patrón en la parte intermedia de la gráfica.

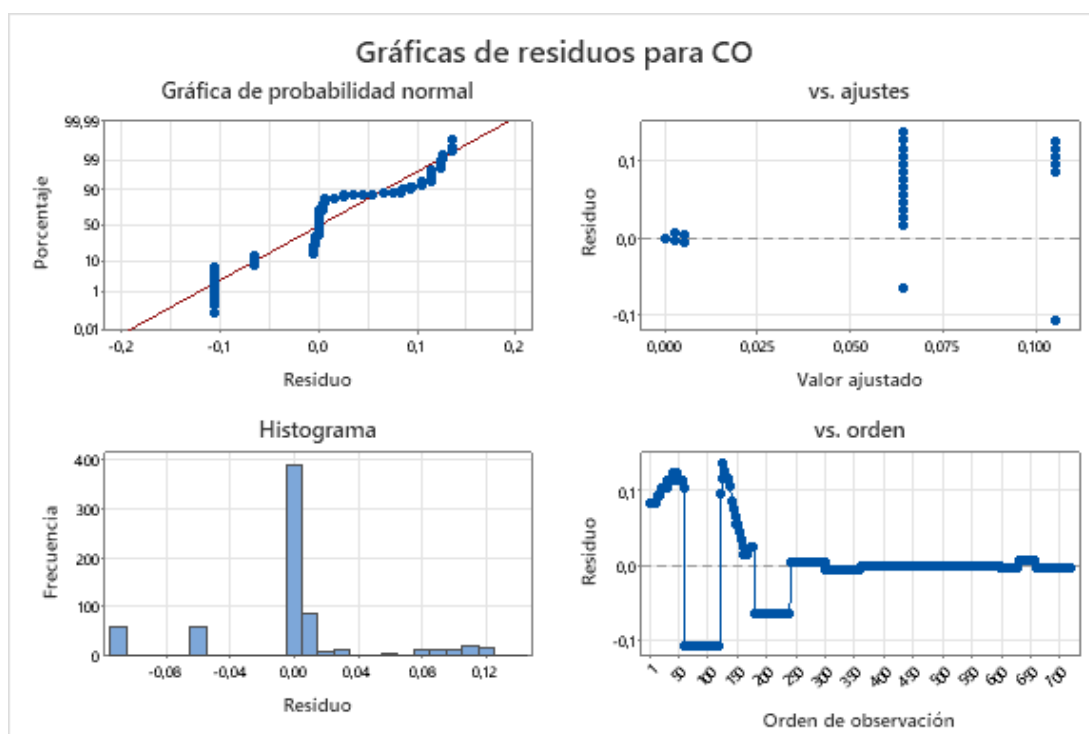


Figura 35. Gráfica de residuos para CO.

En la figura 36, se observa la gráfica de intervalos de CO y se corrobora la independencia de los datos de CO, ya que se presenta una significativa aleatoriedad.

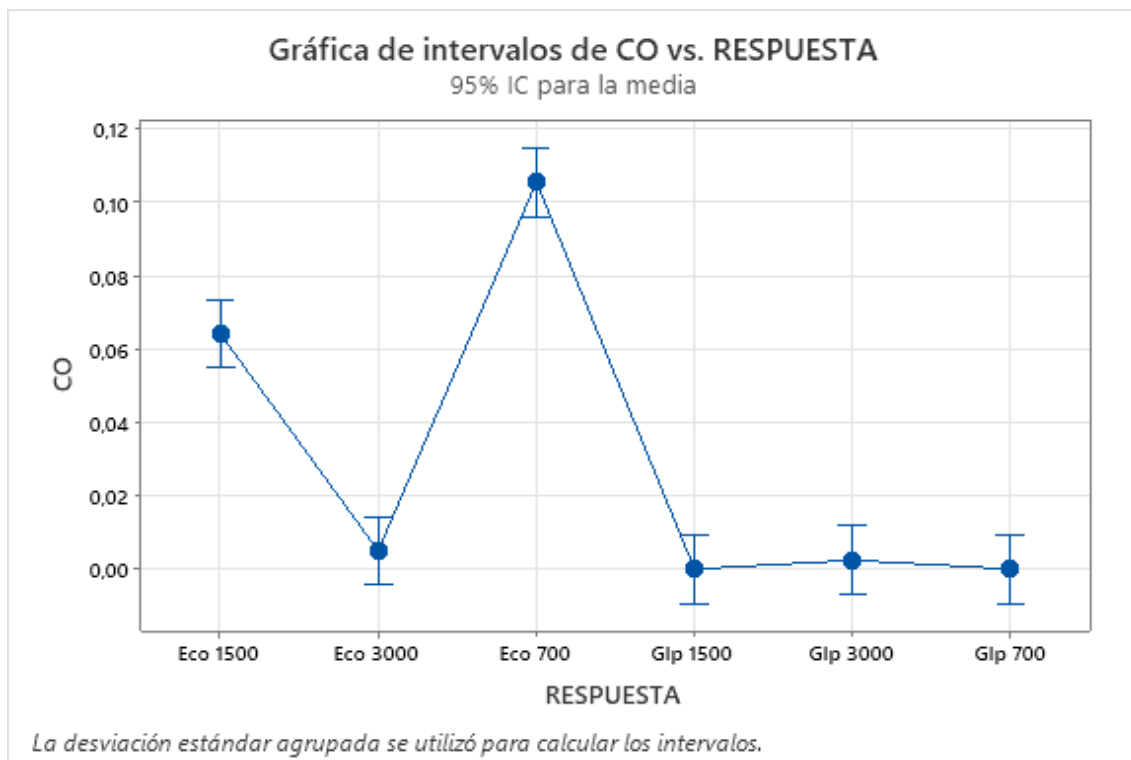


Figura 36. Gráfica de intervalos de CO.

En la figura 37 se puede observar la representación de las diferencias de medias mediante Tukey, el método demuestra que las combinaciones que más se acerquen a cero tienen una probabilidad alta de que el valor de sus medias sea igual, por lo tanto, se demuestra que, en ralentí, media carga y carga alta las emisiones CO de GLP tienen similitud siendo los valores de emisiones bajos, es decir, 0.00% Vol.

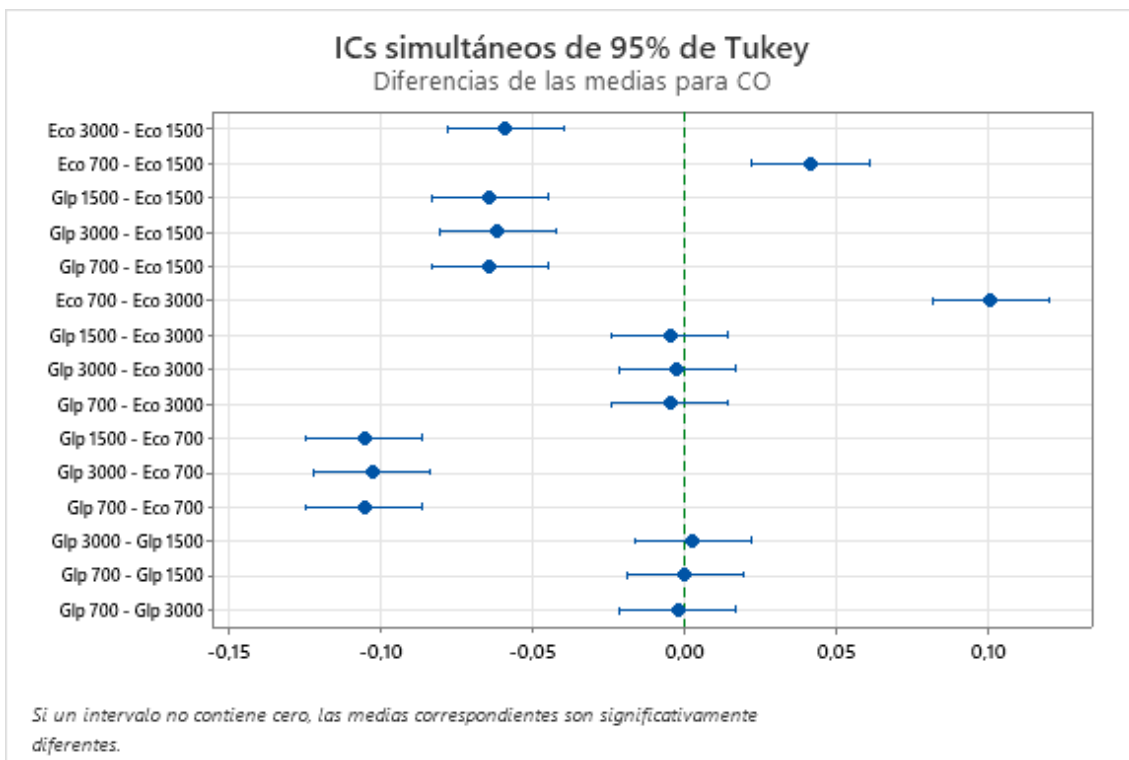


Figura 37. Gráfica de diferencias de las medias de Tukey para CO.

4.2 Emisión CO₂

En la figura 38 se muestra el resultado de p ($p - \text{valúe}$) = 0, se verifica que existe una diferencia estadísticamente significativa de los datos de CO₂.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RESPUESTA	5	697,82	139,565	5414,99	0,000
Error	714	18,40	0,026		
Total	719	716,23			

Figura 38. Resultado del análisis de varianza de CO₂.

En la figura 39 se observa las comparaciones en Parejas de la media de Tukey, se observa que la diferencia de medias es significativamente diferente, por lo que, los datos presentan aleatoriedad.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

RESPUESTA	N	Media	Agrupación
Eco 3000	120	16,6533	A
Eco 1500	120	16,2058	B
Eco 700	120	15,8892	C
Glp 3000	120	15,2817	D
Glp 700	120	14,5217	E
Glp 1500	120	13,7967	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 39. Comparaciones en parejas de Tukey de las medias de CO_2 .

En cambio, la figura 40 se muestra la gráfica de Residuo vs. Porcentaje de CO_2 , se puede comprobar que los datos siguen una dirección de la línea recta, lo cual satisface el supuesto de la normalidad de datos, de igual manera, en el Histograma se observa una distribución normal de resultados. La gráfica de Residuo vs. Valor Ajustado no sigue ningún patrón en forma de embudo o corneta, se observa que los residuos se distribuyen aleatoriamente en torno a la línea de cero, lo que prueba la hipótesis de varianza constante, por otra parte, en la gráfica Residuo vs. Orden se comprueba que los datos son independientes entre sí, los puntos se distribuyen aleatoriamente en torno a la línea 0.

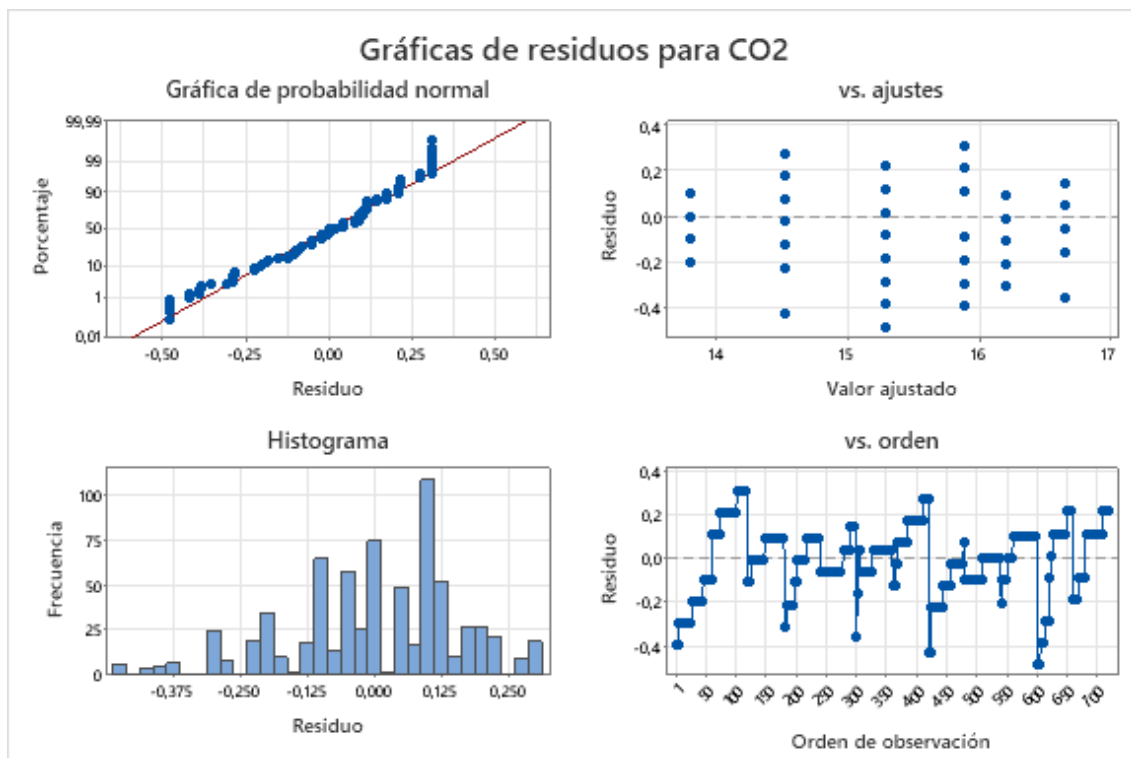


Figura 40. Gráficas de residuos para la emisión de CO_2 .

En la figura 41 se puede observar la representación de las diferencias de medias mediante Tukey, el método demuestra que las combinaciones que más se acercan a cero tienen una probabilidad alta de que el valor de sus medias sea igual, de modo que, se verifica que los valores de CO₂ en ralentí, media carga y carga alta son significativamente diferentes.

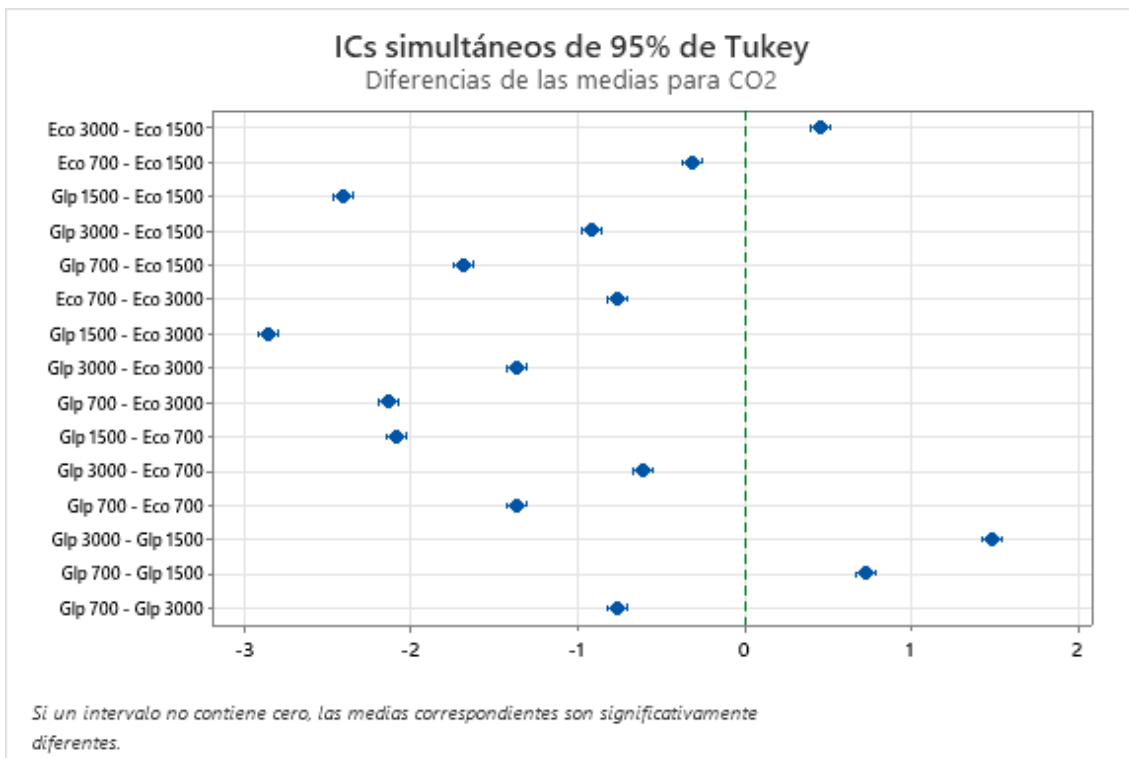


Figura 41. Gráfica de Tukey para los resultados de diferencias de las medias para CO₂.

4.3 Emisión HC

En la figura 42 se muestra que el análisis de varianza de HC tiene un resultado p (*p – valúe*) = 0, por lo tanto, los datos tienen una diferencia estadísticamente significativa.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RESPUESTA	5	597971	119594	220,59	0,000
Error	714	387107	542		
Total	719	985079			

Figura 42. Resultado del análisis de varianza de HC.

Por otra parte, en la figura 43 se observa las comparaciones en parejas de Tukey, se observa que la diferencia de medias es significativamente diferente, por lo que, los datos son válidos para un análisis estadístico descriptivo.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>RESPUESTA</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
Glp 1500	120	89,77	A
Eco 700	120	64,06	B
Eco 1500	120	48,82	C
Glp 700	120	35,50	D
Glp 3000	120	10,933	E
Eco 3000	120	7,867	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 43. Resultado de comparaciones en parejas de Tukey de HC.

La figura 44 muestra las gráficas de residuos para HC, el gráfico de Porcentaje vs. Residuos, indica que los datos siguen una tendencia en línea recta, por lo que, se cumple el supuesto de la normalidad. El Histograma tiene una representación de distribución normal de datos. Por otro lado, la gráfica de Residuos vs. Valor Ajustado muestra que los datos no tienen ningún patrón en forma de embudo y están distribuidos de manera aleatoria. En la gráfica Residuos vs Orden de observación se verifica que los residuos se distribuyen de manera aleatoria en torno a la línea 0, de tal manera que los datos de HC son aleatorios y se garantiza la independencia de residuos.

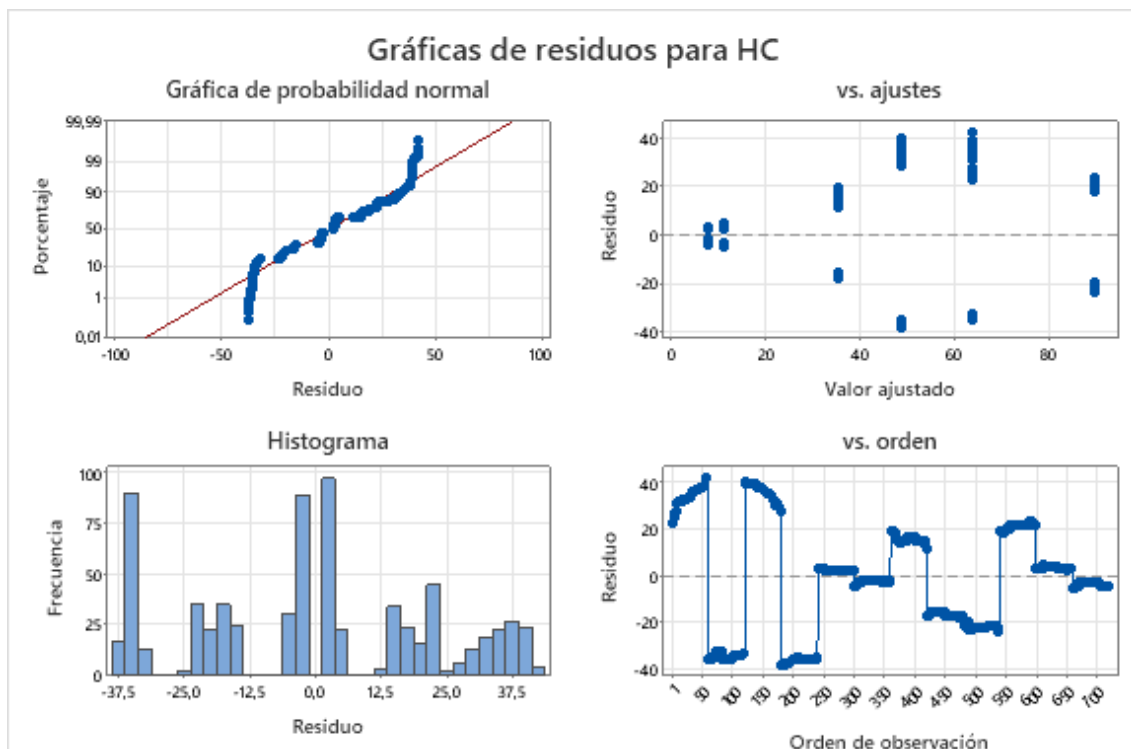


Figura 44. Gráfica de residuos para HC.

En la figura 45 se indica la representación de las diferencias de medias mediante Tukey, de tal manera que las combinaciones que más se acerquen a cero tienen una probabilidad alta de que el valor de sus medias sea igual, por ende, se corrobora que los valores de CO₂ en ralentí, media carga y carga alta son significativamente diferentes. Los valores de emisiones HC en carga alta, tanto de GLP y Ecopaís se demuestra que tienen similitud de comportamiento, siendo el valor de sus medias de 10,93 ppm GLP y 7,86 ppm Eco país.

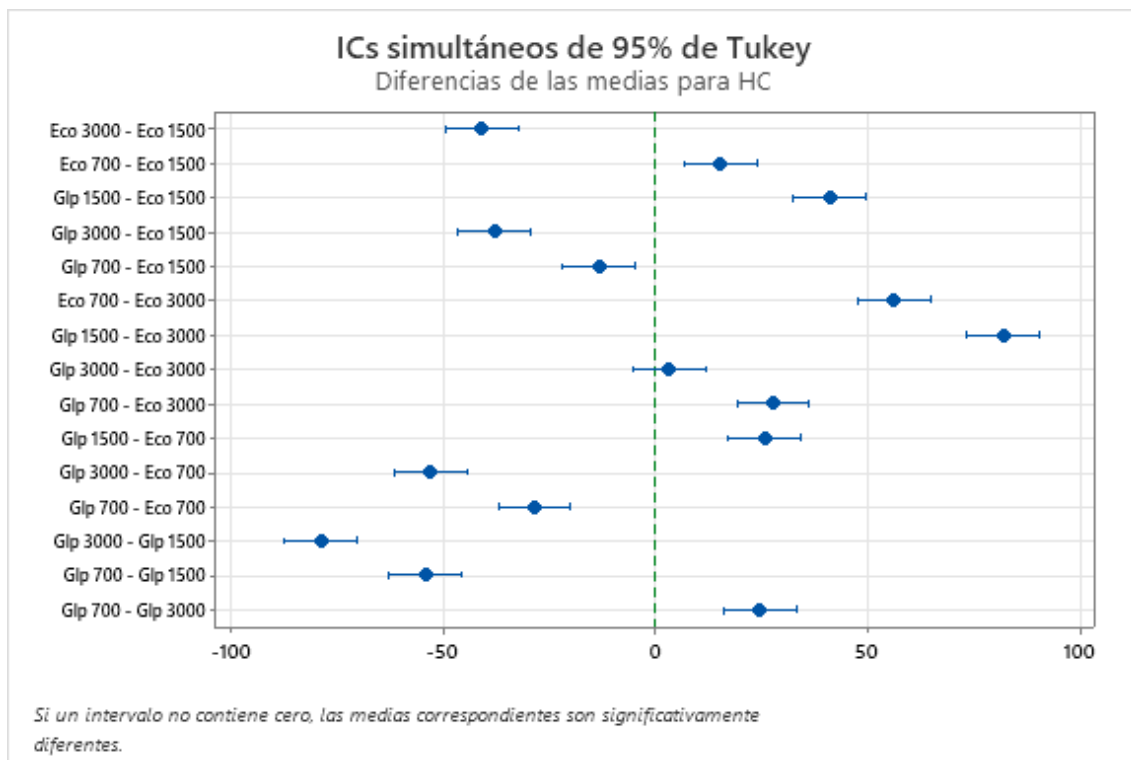


Figura 45. Gráfica de Tukey para los resultados de diferencias de las medias para HC.

4.4 Emisión O₂

En la figura 46 se muestra que el análisis de varianza de O₂ tiene un resultado p (p – *valúe*) = 0, por lo tanto, los datos tienen una diferencia estadísticamente significativa, y los datos son aptos para realizar un análisis de estadística descriptiva.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RESPUESTA	5	207,02	41,4041	706,52	0,000
Error	714	41,84	0,0586		
Total	719	248,86			

Figura 46. Resultado del análisis de varianza de O₂.

En la figura 47 se observa las comparaciones por parejas de Tukey, se muestra que las medias no comparten información y tienen una diferencia significativa, a excepción de dos medias en GLP a 3000 rpm y Ecopaís 1500 rpm.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

RESPUESTA	N	Media	Agrupación
Glp 1500	120	2,3300	A
Glp 700	120	1,3778	B
Eco 700	120	1,2765	C
Glp 3000	120	1,0820	D
Eco 1500	120	1,0034	D
Eco 3000	120	0,5746	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 47. Resultados en comparaciones de Tukey.

En la figura 48, se puede observar que la gráfica de Residuo vs. Porcentaje, los datos siguen la tendencia a una línea recta, por tanto, se acepta el supuesto de la normalidad de los datos de O_2 . En la gráfica de Valor Ajustado vs. Residuo, se corrobora que los datos de O_2 no tienen ningún patrón en forma embudo o corneta, y los residuos están distribuidos de manera aleatoria. De la misma manera, el Histograma revalida en su representación la distribución normal de residuos. Por otra parte, en la gráfica de Orden de Observación y Residuo, los datos no siguen ningún patrón determinado, por tanto, están distribuidos de manera aleatoria en torno a la línea 0.

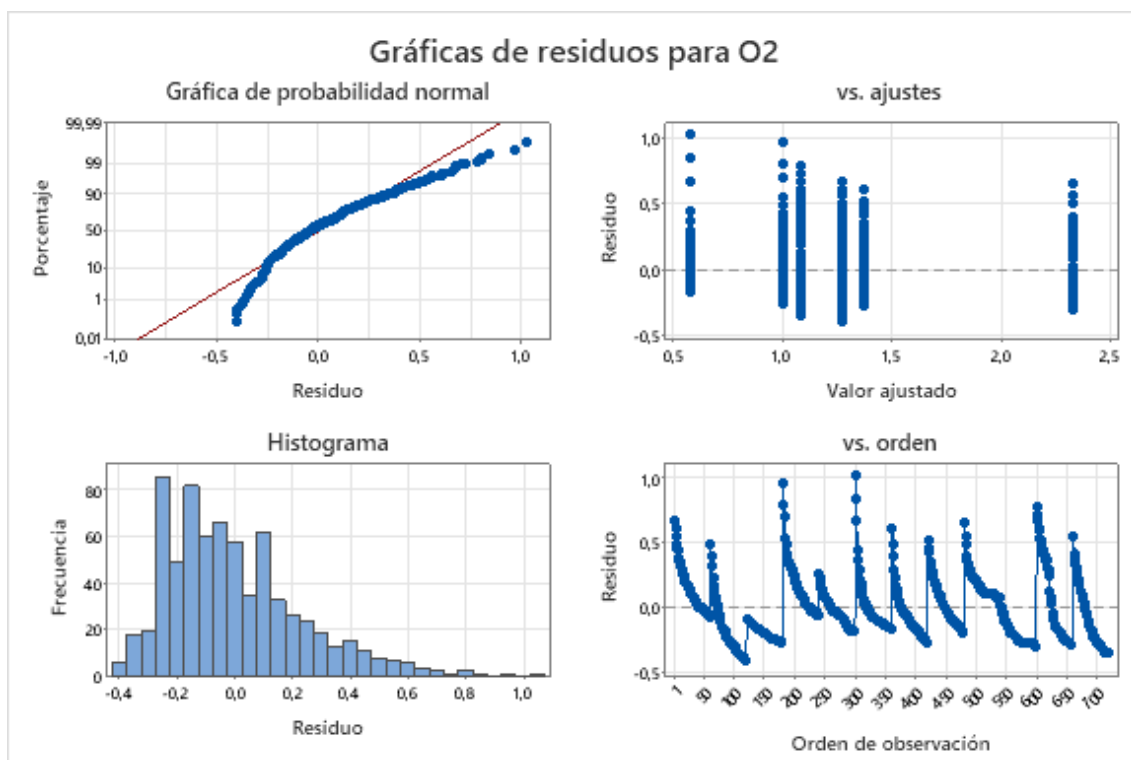


Figura 48. Gráficas de residuos para O_2 .

En la figura 49 se muestra la representación de las diferencias de medias mediante Tukey, de manera que las combinaciones que más se acercan a cero tienen una probabilidad alta de que el valor de sus medias sea igual, por tal motivo, se corrobora que los valores de O_2 en ralentí, media carga y carga alta son significativamente diferentes.

Los valores de O_2 en carga alta y media carga, tanto de GLP y Ecopaís tienen similitud de comportamiento, siendo el valor de sus medias de 1,08 %Vol GLP y 1,00 %Vol Ecopaís.

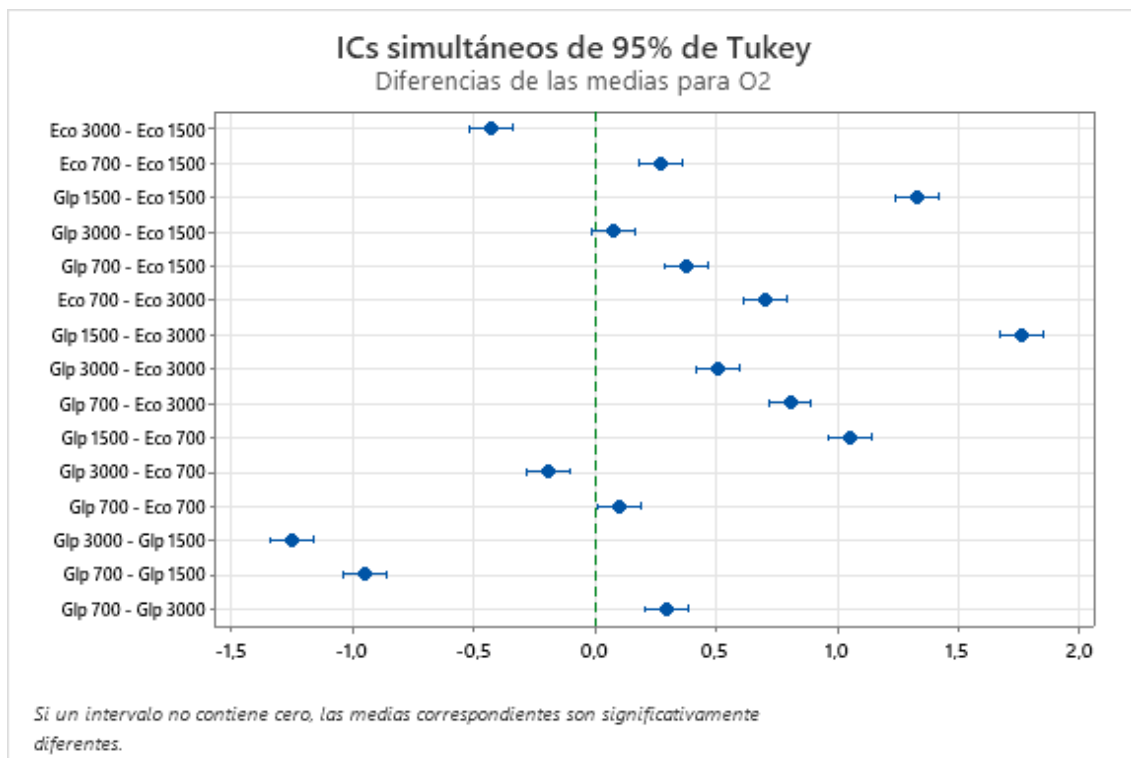


Figura 49. Gráfica de Tukey para los resultados de diferencias de las medias para O_2 .

6. CONCLUSIONES

- Con los resultados alcanzados en el presente proyecto de análisis comparativo, se establece que se cumple con el objetivo general planteado, evaluando satisfactoriamente estos dos tipos de combustibles Eco país y GLP, por lo tanto se realizó de manera eficiente los análisis comparativos de los niveles de emisiones de gases de escape de la unidad experimental Chery Arrizo 3 ;1.497 c.c. con los combustibles Eco país y GLP en pruebas de condiciones ralentí, carga media, carga alta en la ciudad de Guayaquil.
- Se determinó a través de la recopilación y análisis bibliográfico que las normativas nacionales INEN e internacionales Euro tienen una diferencia significativa con respecto al control de emisiones, aplicadas en la revisión vehicular.
- La caracterización del sistema GLP más moderno se logró a través de la revisión bibliográfica; la unidad consta también de un sistema de combustible más reciente por lo que los taxistas optan por este sistema de (5ta generación). El sistema está constituido de una inyección de gas más controlada y en función de las necesidades del motor, es uno de los sistemas con mayor fiabilidad de funcionamiento y recomendado para la reducción de emisiones.
- A través de la revisión bibliográfica se identificó que el software Minitab consta de múltiples herramientas para el análisis de emisiones contaminantes.
- Se realizó un diseño experimental a través del software estadístico Minitab con el método diseño factorial considerando los factores (RON y RPM) con dos replicas, a diferentes niveles ECOPAIS (82.90 Octanos) y GLP (110 Octanos), en cambio los niveles de RPM, (650) ralentí, (1500) carga media y (3000) carga alta, lo cual sirvió como guía para la toma de datos.
- Mediante los resultados obtenido del software Minitab se pudo analizar que el GLP es menos contaminante a comparación con los vehículos de gasolina, los vehículos de GLP tienen menos emisiones Monóxido de carbono (CO) en régimen de ralentí, siendo más ecológico para el medio ambiente y la salud pública. Además, se determina que el hidrocarburo (HC) no combustionado en régimen de ralentí GLP tiene un valor de 35,50 ppm en comparación con Eco país un valor de 64,06 ppm, por lo que con GLP se tiene menos hidrocarburo quemados.

- Se determinó que el combustible eco país a carga alta, se obtuvo como resultados un valor de 0.0050 % Vol del valor promedio de CO, 16.65 % Vol de CO₂ y 7.86 ppm de HC. En este sentido, estos valores se encuentran dentro de los valores permitidos por la Normativa Ecuatoriana INEN 2204.
- Se concluyó que los valores obtenidos con combustible GLP a carga alta, arrojaron como resultado 0.0022 % Vol de CO, 15.28 % Vol CO₂ y 10.93 ppm de HC. A este respecto, los valores obtenidos en HC tanto en combustible eco país como en GLP corresponden a valores permisibles ($0.01 > x < 200.00$) en la normativa ecuatoriana vigente (INEN 2204).
- Se concluye que los resultados obtenidos son válidos, usando el método estadístico ANOVA con la herramienta Minitab para interpretar la serie de valores y graficas debido que se obtiene un valor de $p=0.000$ para la emisión CO, CO₂, HC y O₂.

7. RECOMENDACIONES

Al momento de realizar el proceso de toma de datos, tomar en cuenta que los combustibles en estudio deben ser de una sola empresa, debido a que no todas las empresas que brindan el servicio de venta de gasolina trabajan con la misma cantidad de aditivos, lo cual puede alterar el análisis y los resultados de las emisiones.

Antes de proceder a la toma de datos es de vital importancia realizar un diagnóstico al vehículo con el scanner, ya que, esto permitirá evidenciar que el vehículo no se encuentre con ningún código de falla que pueda afectar la toma de datos y los resultados.

Previo a la toma de datos realizar pruebas preventivas, mismas que permitan comprobar y verificar que los equipos de medición de gases estén funcionando correctamente, sincronizados y calibrados, para que de esta manera la obtención de datos sea correcta, y por ende se ahorren recursos.

Para la recolección de datos, se debe tener en cuenta las condiciones meteorológicas y climáticas, debido a este factor puede presentarse una variación en los resultados.

Al realizar la adquisición de datos con el combustible ecopaís y al pasarlo a GLP se debe respetar un tiempo adecuado de 30 minutos para que a la hora de arrojar los resultados no se encuentren erróneos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Muñoz, J. A., & Velasco Aguaiza, E. A. (01 de 2022). Obtenido de UIDE: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5114/1/T-UIDE-0406.pdf>
- Arias, E., & Ludeña, j. (2018). Estimacion del consumo de combustible y niveles de emisiones contaminantes de un vehiculo de la categoria M1 en las rutas. cuenca: Univesidad Politecnica Salesiana .
- Arrizo3, C. (2022). Ficha tecnica Cherizo Arrizo3. Guayaquil. Obtenido de https://www.saiamotors.com.ec/wp-content/uploads/2020/06/5cecd58638469c866fb1b9b4_Arrizo-3.-DOS-VERSIONES.pdf
- Barrera, M. A. (2012). Estudio del sistema GLP como combustible alternativo de uso en vehiculos automotrices. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/1421/1/09589.pdf>
- Bee, B. (2018). Brain Bee Workshop Solutions. Obtenido de Brain Bee Workshop Solutions: <https://www.brainbee.mahle.com/media/brainbee/product-lines/emission/ags-688/mahle-brain-bee-ags-688-es.pdf>
- Calderón Sierra, M., & Calderón Calderón, E. Y. (2018). Análisis ambiental comparativo del uso del GLP. Obtenido de Tangara: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/172349.pdf>
- Cano-Bernet, J., Novella-Rosa, R., & Martín-Díaz, J. (2019). Análisis del funcionamiento de un motor de encendido provocado TJI mediante una herramienta de diagnóstico de la combustión. Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/124012/20864430_TFG_15621399207386372314027326364673.pdf?sequence=1
- Carranza, E. (2012). Constitucción de un banco didáctico para el funcionamiento y reconocimiento de partes de un sistema de alimentación por (GLP) en un motor de explosión interna. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2624/1/65T00075.pdf>

- Chery Automobile Co., Ltd. (2014). CHERY A19. Obtenido de file:///C:/Users/kcord/Downloads/chery_a19_service_manual_en.pdf
- Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. (07 de Noviembre de 2014). Boletín Oficial del Estado. Obtenido de BOE: <https://www.boe.es/doue/2014/323/L00091-00137.pdf>
- Contreras Urgilés, W. R., León Japa, R. S., & Maldonado Ortega, J. L. (2020). Predicción de emisiones de CO y HC en motores otto mediante redes neurales. *Ingenius*(23), 30-39. doi:<https://doi.org/10.17163/ings.n23.2020.03>
- El Universo. (12 de mayo de 2021). Aumento en el precio del combustible en Ecuador podría generar ajuste en tarifas de transporte y alza en víveres, según analistas económicos. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/aumento-en-el-precio-del-combustible-en-ecuador-podria-generar-ajuste-en-tarifas-de-transporte-y-alza-en-viveres-segun-analistas-economicos-nota/>
- El Universo. (07 de Marzo de 2022). Estos son los productos y servicios que más incidieron en la inflación de 0,23 % en febrero del 2022. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/estos-son-los-productos-y-servicios-que-mas-incidieron-en-la-inflacion-de-023-en-febrero-del-2022-nota/>
- El Universo. (15 de Abril de 2022). Tres factores, que no tienen que ver con el costo del etanol, empujan al alza el subsidio de la gasolina ecopaís. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/tres-factores-que-no-tienen-que-ver-con-el-cost-del-etanol-empujan-al-alza-el-subsidio-de-la-gasolina-ecopais-nota/>
- El Universo. (8 de Mayo de 2022). Una nueva migración hacia el consumo de GLP taxis se registra por altos precios de las gasolinas. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/una-nueva-migracion-hacia-el-consumo-de-glp-taxis-se-registra-por-altos-precios-de-las-gasolinas-nota/>
- EP PETROECUADOR. (06 de Julio de 2020). Obtenido de Demanda de combustibles en el sector automotriz se incrementó en un 55%, una vez que existen menos restricciones de movilidad: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=9008>

- FERNANDEZ, T. (2022). MANUAL CONVERSIÓN VEHÍCULO GAS. MEXICO. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/0B4uwxwKUzRineUNjbF9mT1NldlU/edit?resourcekey=0-ic55PQ1Px0147KXPnJCo-w>
- Gaviria, J., & Mora, J. (Junio de 2002). Historia de los motores de combustión interna. Revista Facultad de Ingeniería(26), 68-78.
- Gaviria-Rios, J. E., Mora-Guzman, J. H., & Agudelo, J. R. (Junio de 2002). Historia de los motores de combustión interna. Revista Facultad de Ingeniería(26), 68-78. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/326361>
- Guevara Hidalgo, M. G. (2010). Metodología de pruebas para la evaluación de convertidores catalíticos en motores a gasolina. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2255>
- Gutierrez, H. P., & De La Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. En Análisis y diseño de experimentos (pág. 168). Mexico: McGraw-Hill.
- IBM Corporation. (10 de Junio de 2021). Análisis factorial. Obtenido de IBM Corporation: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/SaaS?topic=features-factor-analysis>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2000). Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotres. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralenti". Prueba estática. NTE INEN 2203:2000. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2203.pdf>
- Instituto Ecuatoriano Normalización. (2010). Gasolina. Requisitos. NTE INEN 935:2010, 1. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_935.pdf
- JMP Statistical Discovery LLC. (2022). Portal de formación estadística. Obtenido de JMP Statistical Discovery LLC: https://www.jmp.com/es_pe/statistics-knowledge-portal/one-way-anova.html
- León , R., & Maldonado , J. (2018). Identificación de patrones de fallas mecánicas mediante redes neuronales artificiales para el diagnóstico de motores de encendido provocado. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

- Martínez, P. C., Siavichay, B. F., & Tenesaca, J. C. (2011). Obtenido de Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca.
- Martinez, P. S. (2011). Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1774/13/UPS-CT002050.pdf>
- Minitab. (2022). Análisis de datos. Obtenido de Soporte de Minitab: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/getting-started/analyzing-data/>
- Molina, V. (2007). Motores de Combustión Interna.
- NTE INEN . (07 de 2000). Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalizacion.
- NTE INEN 2204:2002. (s.f.). Gestión ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles que emplean gasolina. INEN. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalizacion: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf
- NTE INEN 2204:2017. (2017). GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. Quito: INEN. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf
- NTE INEN 2310:2008. (s.f.). Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Equipos para carburación DUAL GLP/Gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. (1 ed.). INEN. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2310.pdf>
- NTE INEN 2311:2008. (s.f.). Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con glp. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual glp/gasolina o solo de glp. Requisitos. (primera edición ed.). INEN . Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2311.pdf>
- NTE INEN 2349: 2003. (2003). Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2349.pdf>
- NTE INEN, 2. (2016). Clasificación Vehículo. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf
- Pérez Bello, M. A. (2017). Sistemas auxiliares del motor. Madrid: Paraninfo.

- PrecioPetroleo. (31 de Diciembre de 2020). PrecioPetroleo.net. Obtenido de OPEP 2020:
<https://www.preciopetroleo.net/opec-2020.html>
- Rodriguez, M. J. (2012). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo otto (1 ed.).
Andalucía, España: IC Editorial. Obtenido de
<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/42614>
- Sanchez , E. (2011). SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR. IBERIA: MACMILLAN.
Recuperado el 13 de 06 de 2022, de
<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/52815?page=79>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (08 de 2017). Productos derivados de petróleo. Gas
licuado de petróleo (GLP). Requisitos. NTE INEN 675. Obtenido de Intituto
Ecuatoriano de Normalizacion:
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_675-1.pdf
- Urgilés, L., & Erreyes , J. (2018). Analisis de la influencia del combustible ecopais en emisiones
contaminantes y prestaciones de un vehiculo chevrolet gran vitara como prototipo en la
ciudad cuenca. cuenca. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15324/1/UPS-CT007539.pdf>

9. ANEXOS

Estos sellos establecen los requisitos de seguridad que deben cumplir los centros de servicios dedicados a realizar: La conversión del sistema de Inyección de motores de gasolina por motores duales GLP/ gasolina o solo GLP. Basándose en la NTE INEN 2310:2008, 2311:2008 y 2317:2008 según la norma técnica ecuatoriana lo cual solo los taxis tienen estos beneficios que fue dictada por el expresidente Rafael Correa desde el año 2008 hasta la actualidad.

El tipo de vehículo a utilizar para el trabajo de titulación es un Chery Arrizo 3, el mismo opera dentro de la cooperativa de transporte (Taxis LTD).



Figura A 1 Vehículo para unidad experimental.

Dentro de la revisión técnica vehicular (ATM). Vehículo ha pasado la revisión vehicular, la unidad tiene sus respectivos sellos.



Figura A 2 Sellos de revisión vehicular y certificación de la unidad experimental.



Figura A 3 Recopilación de datos del vehículo.



Figura A 4 Verificación de parámetros de entra del vehículo.



Figura A 5 Verificación de parámetros con el contador revoluciones.



Certificado de conformidad de conversión a GLP



Certifica:

Haber efectuado la evaluación de las condiciones de seguridad respecto de la conversión del sistema de combustión a Gas licuado de petróleo-GLP efectuada por el taller de conversión a GLP autorizado (Vehigas) al siguiente vehículo.

1	Propietario	Magallanes Melgar Luis Wilmer			
2	Placa de rodaje	GBP3988	10	Cilindrada	1.497 C.C
3	Categoría	MI	11	Combustibles	Gasolina
4	Marca	CHERY	12	Estandar de Emisiones	EURO V
5	Modelo	SEDAN	13	Nº de Pasajero	5
6	Versión	CHINA	14	Largo/Ancho/Alto(mm)	4450-1748-1493
7	Año de fabricación	2022	15	Potencia Motor (kw@rpm)	80-600
8	VIN/Nº de Serie	LVVDC11B5ND80032	16	Peso bruto (kg)	1583
9	Nº de Motor	SQRD4G15BBMD80032	17	Carga (kg)	375

Habiéndose instalado al mismo lo siguiente componentes que permite la combustión a GLP

Item	Componentes	Marca	Modelo	N.- de Serie
1	REDUCTOR	TOMASETTO ACHILLE	AT09	NE
2	CILINDRO	MILANO	CAP. 47.32L/2021	1608154

(*): En caso del cilindro de almacenamiento de GLP. Indicar su característica en litros y año de fabricación.

Como consecuencia de la conversión del sistema de combustión o Gas Licuado de Petróleo (GLP), las características originales del vehículo de han modificado de la siguiente manera:

11	Combustible	BI-COMBUSTIBLE GLP
15	Peso Neto (Kg)	1240
17	Carga Útil (Kg)	520

Habiéndose verificado que:

- El sistema de combustible a GLP (cilindro y kit de conversión) responde a las características originales recomendadas por el fabricante del vehículo y/o el proveedor de equipos completos de conversión a GLP; cumple las normas técnicas NTE INEN 2310: 2008 y su montaje cumple las exigencias sobre la verificación en las distintas zonas de instalación.
- El tanque de almacenamiento de GLP ha sido fabricado bajo normas ASME sección VIII y cumple con las normas dictadas para recipientes a presión.
- El tanque de almacenamiento de GLP cuenta con los siguientes componentes:
 - Válvula Check en la entrada de gas.
 - Limitador automático de carga al 80%.
 - Válvula de exceso de presión.
 - Válvula de exceso de flujo.
- Los accesorios en sumos (mangueras, tuberías y válvulas) utilizadas en la instalación ha sido certificados en el uso del GLP.
- No existan fugas en los empalmes o uniones y los elementos de cierre actúan herméticamente.
- Los controles ubicados en el tablero de vehículo responden a las exigencias para los cuales fueron montados.

Conste por el presente documento que el sistema de combustión a gas licuado de petróleo – GLP del vehículo antes referido, no afecta negativamente la seguridad del mismo, tránsito terrestres, el medio ambiente o incumple con las condiciones técnicas al mismo para cargar Gas Licuado de Petróleo – GLP hasta el 17-03-2023.

Observaciones:

- Los datos de los numerales 1 al 17, provienen de la tarjeta de propiedad del vehículo y/o han sido suministrados por el cliente, por tal motivo deberán ser verificadas por el cliente antes de iniciar cualquier trámite con este certificado.
- Este documento es válido únicamente en original, con firma y sello del representante y del ingeniero supervisor.

Se expide el presente certificado en la ciudad de Guayaquil el 06 de mayo del 2022

Figura A 6 Certificado para la unidad experimental.