



“Análisis de ingeniería por CAD del vehículo Jeep Willys CJ3A para la reconstrucción integral de los sistemas tren de potencia y estudio del sistema dual Gasolina – GLP de tercera generación en vehículos 4 x 4.”

Chonata Panchi, Edwin Alexander y Guatapi Ramos, Anthony José

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

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

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

03 de febrero del 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**Análisis de ingeniería por CAD del vehículo Jeep Willys CJ3A para la reconstrucción integral de los sistemas tren de potencia y estudio del sistema dual Gasolina – GLP de tercera generación en vehículos 4 x 4.**” fue realizado por el/los señor/señores **Chonata Panchi, Edwin Alexander y Guatapi Ramos, Anthony José** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de febrero del 2022

.....

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

C.C.: 050250999-5

Reporte de verificación de contenido



CHONATA_GUATAPI_TESIS.docx

Scanned on: 22:31 January 31, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	558
Words with Minor Changes	51
Paraphrased Words	143
Ommited Words	0

.....

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Chonata Panchi, Edwin Alexander**, con cédula de ciudadanía 055023169-0 y **Guatapi Ramos, Anthony José**, con cédula de ciudadanía 172584579-4, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Análisis de ingeniería por CAD del vehículo Jeep Willys CJ3A para la reconstrucción integral de los sistemas tren de potencia y estudio del sistema dual Gasolina – GLP de tercera generación en vehículos 4 x 4**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 03 de febrero del 2022

Chonata Panchi, Edwin Alexander

C.C.: 0550231690

Guatapi Ramos, Anthony José

C.C.: 1725845794



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Chonata Panchi, Edwin Alexander**, con cédula de ciudadanía 055023169-0 y **Guatapi Ramos, Anthony José**, con cédula de ciudadanía 172584579-4, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Análisis de ingeniería por CAD del vehículo Jeep Willys CJ3A para la reconstrucción integral de los sistemas tren de potencia y estudio del sistema dual Gasolina – GLP de tercera generación en vehículos 4 x 4**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 03 de febrero del 2022

Chonata Panchi, Edwin Alexander

C.C.: 0550231690

Guatapi Ramos, Anthony José

C.C.: 1725845794

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación se lo dedico primero a Dios quien me ha ayudado con las fuerzas necesarias para poder cumplir este logro tan grande, y quien me ayudara en el trayecto de mi vida.

A mis padres Edwin Chonata y Roció Panchi por ser la persona que soy actualmente, gracias al apoyo incondicional que me han dado he podido lograr alcanzar muchos de mis logros entre ellos el presente, también por haberme ayudado día a día en las diversas dificultades que se me presentaron y junto con ellos he logrado superar las dificultades.

A mis hermanos Darío y Doris quienes son el apoyo incondicional y siempre me acompañan y me impulsan para salir adelante, además de ser una parte muy importante en mi vida me han ayudado y jamás se negaron a brindarme su apoyo de una u otra manera están pendientes de mí.

Edwin Chonata

Agradecimiento

Agradezco a Dios por siempre acompañarme y ayudarme a poder concluir la carrera, en el día a día para tomar buenas decisiones para poder ser cada día mejor en la vida.

Agradezco a mis padres quienes me han apoyado moral y económicamente, para que el sueño que un día fue, hoy se convierta en realidad gracias a la ayuda incondicional que me brindan.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas Latacunga por acogerme y poder conformar parte de sus estudiantes, a los docentes quienes gracias a sus conocimientos impartidos me ayudaron a ser un excelente profesional.

A mi director de tesis Ingeniero Leonidas Quiroz, quien nos brindó la oportunidad de poder realizar el proyecto de titulación para luego poder desarrollarlo conjuntamente, por su amistad y conocimientos compartidos en este largo trayecto.

Edwin Chonata

Dedicatoria

Desde el inicio de la carrera universitaria pedí a Dios su bendición y ayuda, se que nunca me abandonó y estuvo conmigo en los momentos más difíciles, dedico este trabajo a Dios por darme la valentía, fe y sabiduría para poder concluir con mis estudios y mi trabajo de titulación

A mis padres Gonzalo y Norma quienes siempre confiaron en mí y me apoyaron en todo lo que necesitaba, sé que sin sus consejos y oraciones no podría haber llegado tan lejos.

A mi esposa Patricia y mi hija Sara, quienes desde el inicio fueron el motivo para concluir los estudios y poder superarme, sé que siempre se han preocupado por mí y no dejare de progresar por ustedes.

Anthony Guatapi

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la salud, la sabiduría y la fe para poder terminar este proyecto, sé que sin su bendición hubiera sido imposible la culminación de mis estudios, gracias, mi Dios por siempre estar a mi lado y nunca dejarme solo cuando más te necesito.

Gracias a mis padres Gonzalo y Norma por todo su apoyo desde niño, sé que siempre quisieron verme como un profesional y sé que mi felicidad es la suya. Gracias infinitas por confiar en mi

Doy las gracias a la Universidad de las Fuerzas Armadas sede Latacunga, por todo el apoyo brindado en toda la carrera universitaria, por todos los conocimientos brindados y sus instalaciones para poder desarrollar mis conocimientos y llegar a ser un excelente profesional.

Gracias a mi director de tesis el ingeniero Leonidas Quiroz, por todo su apoyo en el desarrollo del proyecto, por sus conocimientos y su amistad, sé que sin su sabiduría no se hubiera concluido nuestro proyecto.

Anthony Guatapi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de verificación de contenido	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Dedicatoria.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos	10
Índice de tablas	15
Índice de figuras	16
Resumen	19
Abstract.....	20
Planteamiento del problema de investigación	21
Antecedentes investigativos	21
Planteamiento del problema.....	24
Descripción detallada del proyecto	27
Justificación e importancia.....	28
Objetivos del proyecto	30

<i>Objetivo General</i>	30
<i>Objetivos Específicos</i>	30
Metas	31
Hipótesis	32
Variables de Investigación	32
<i>Variable Independiente: Restauración de los sistemas vehiculares</i>	33
<i>Variable Dependiente: Sistema dual gasolina – GLP</i>	34
Fundamento Teórico	36
Vehículo Jeep CJ-3A	36
Sistemas Vehiculares	36
Métodos de Reconstrucción	40
<i>Reconstrucción externa e Interna</i>	40
Normativas	40
<i>NTE INEN 2 311:2008</i>	40
<i>NTE INEN 2 203:2000</i>	41
<i>NTE INEN 2 204:2017</i>	41
<i>NTE INEN 960</i>	41
Ingeniería asistida por computadora	42
Kit de Conversión	42
<i>Depósito de GLP</i>	42
<i>Evaporador – Reductor</i>	43
<i>Electroválvula de corte</i>	44
<i>Filtro de GLP</i>	45
<i>Mezclador – Dosificador</i>	45
<i>Tuberías</i>	46

<i>Funcionamiento GLP – Gasolina</i>	47
Pruebas Desempeño	48
<i>Torque</i>	48
<i>Potencia</i>	48
<i>Consumo de combustible</i>	48
<i>Emisiones</i>	49
Propiedades de los combustibles	49
Restauración del vehículo Jeep Willys CJ3A y diseño del sistema	51
Reconstrucción Jeep Willys CJ3A	51
<i>Motor</i>	53
<i>Sistema de refrigeración</i>	54
<i>Sistema de lubricación</i>	55
<i>Sistema de Transmisión</i>	56
<i>Sistema de Frenos</i>	57
<i>Sistema de suspensión</i>	58
<i>Chasis</i>	65
<i>Carrocería</i>	66
Análisis Asistido por computador de la restauración	69
Sistema combinado de energía	70
Diagnóstico del sistema motriz	71
<i>Pruebas de Compresión</i>	72
<i>Pruebas de Vacío</i>	73
Combustibles	77
Sistema de alimentación de combustible GLP	77
<i>Diseño del sistema GLP</i>	77

<i>Diseño de Evaporador – reductor</i>	80
<i>Diseño de Dosificador de GLP</i>	82
Implementación sistema de alimentación GLP	85
<i>Instalación de reservorio</i>	86
<i>Instalación de filtro GLP</i>	87
<i>Instalación de evaporador – reductor</i>	87
<i>Instalación de cañerías</i>	88
<i>Instalación de electro válvulas</i>	89
<i>Instalación de dosificador</i>	90
Llenado del reservorio de GLP mediante kit de trasvase	91
Pruebas del sistema dual gasolina- GLP vehículo y análisis gráfico	93
Pruebas Sistema Gasolina - GLP	93
Torque	94
<i>Gráfica de torque combustibles gasolina–GLP</i>	97
Potencia	98
<i>Gráfica de potencia combustibles gasolina y GLP</i>	100
Consumo	101
<i>Consumo gasolina</i>	102
<i>Consumo GLP</i>	105
<i>Trasvase de GLP</i>	109
Análisis de emisiones	112
<i>Emisiones combustible gasolina</i>	114
<i>Emisiones combustible GLP</i>	115
<i>Gráfica CO2</i>	117
<i>Gráfica CO</i>	118

<i>Gráfica 02</i>	119
<i>Gráfica PPM</i>	120
<i>Gráfica coeficiente lambda</i>	121
<i>Gráfica emisiones combustibles Gasolina-GLP</i>	122
Análisis de los valores de compresión	123
Análisis de valores de vacío	124
Marco Administrativo	127
Recursos	127
<i>Recursos Humanos</i>	127
<i>Recursos Tecnológicos</i>	128
<i>Recursos Materiales</i>	128
Financiamiento	129
Conclusiones	130
<i>Recomendaciones</i>	133
Bibliografía	134

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Variable Independiente</i>	33
Tabla 2 <i>Variable dependiente</i>	34
Tabla 3 <i>Sistemas Vehiculares</i>	37
Tabla 4 <i>Comparación de propiedades entre gasolina y GLP</i>	50
Tabla 5 <i>Comparación de energía producida con GLP con otros carburantes</i>	50
Tabla 6 <i>Compresión de motor</i>	73
Tabla 7 <i>Prueba de vacío realizadas en el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	74
Tabla 8 <i>Valores de funcionamiento del sistema dual Gasolina-GLP en combustión</i>	80
Tabla 9 <i>Condiciones del funcionamiento del evaporador - reductor</i>	82
Tabla 10 <i>Condiciones mínimas y máximas del funcionamiento del dosificador</i>	84
Tabla 11 <i>Datos de prueba torque combustible gasolina-GLP</i>	96
Tabla 12 <i>Datos obtenidos de potencia en el vehículo</i>	99
Tabla 13 <i>Valores de consumo de combustible gasolina en sección de 0 -100 km</i>	103
Tabla 14 <i>Prueba de consumo de combustible GLP 0 – 100 km</i>	107
Tabla 15 <i>Proceso de trasvase de GLP en el depósito del vehículo</i>	110
Tabla 16 <i>Datos de análisis de gases – combustible gasolina</i>	114
Tabla 17 <i>Datos de análisis de gases – combustible GLP</i>	115
Tabla 18 <i>Compresión del motor previa y post restauración</i>	123
Tabla 19 <i>Pruebas de vacío</i>	125
Tabla 20 <i>Recursos Humanos</i>	127
Tabla 21 <i>Recursos tecnológicos</i>	128
Tabla 22 <i>Recursos materiales</i>	129
Tabla 24 <i>Financiamiento del proyecto de investigación</i>	129

Índice de figuras

Figura 1	<i>Árbol de problemas</i>	25
Figura 2	<i>Vehículo Jeep CJ-3A</i>	36
Figura 3	<i>Instalación Depósito cilíndrico</i>	43
Figura 4	<i>Evaporador-Reductor del sistema BI-FUEL</i>	44
Figura 5	<i>Electroválvula de corte</i>	44
Figura 6	<i>Filtro de GLP del sistema BI-FUEL</i>	45
Figura 7	<i>Dosificador de GLP marca IMPCO modelo CA55</i>	46
Figura 8	<i>Tuberías homologadas de GLP</i>	47
Figura 9	<i>Circuito de alta presión de GLP</i>	47
Figura 10	<i>Jeep Willys CJ3A restaurado</i>	51
Figura 11	<i>Diagrama de procesos de reconstrucción Jeep Willys CJ3A</i>	52
Figura 12	<i>Motor del vehículo Jeep CJ-3A</i>	53
Figura 13	<i>Conjunto de sistema de refrigeración</i>	54
Figura 14	<i>Conjunto de sistema de lubricación</i>	55
Figura 15	<i>Interior de caja de cambios</i>	56
Figura 16	<i>Restauración sistema de frenos</i>	57
Figura 17	<i>Sistema de suspensión</i>	58
Figura 18	<i>Diagrama de procesos de restauración del motor</i>	59
Figura 19	<i>Diagrama de procesos de restauración del sistema de refrigeración</i>	60
Figura 20	<i>Diagrama de Flujo de restauración del sistema de lubricación</i>	61
Figura 21	<i>Diagrama de procesos de restauración del sistema de transmisión</i>	62
Figura 22	<i>Diagrama de procesos de restauración del sistema de frenos</i>	63
Figura 23	<i>Diagrama de procesos de restauración del sistema de suspensión</i>	64
Figura 24	<i>Chasis del vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	65

Figura 25	<i>Restauración de carrocería</i>	66
Figura 26	<i>Diagrama de procesos de restauración del chasis</i>	67
Figura 27	<i>Diagrama de procesos de restauración de carrocería</i>	68
Figura 28	<i>Simulación por CAD del vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	69
Figura 29	<i>Simulación por CAD del bastidor del vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	70
Figura 30	<i>Sistema combinado simulación por CAD</i>	71
Figura 31	<i>Compresión del Motor del vehículo Jeep CJ-3A</i>	72
Figura 32	<i>Diagrama de procesos de prueba de compresión</i>	75
Figura 33	<i>Diagrama de procesos de la medición de vacío del motor</i>	76
Figura 34	<i>Diagrama de procesos de la implementación del sistema</i>	78
Figura 35	<i>Simulación sistema dual Gasolina – GLP dentro de la cámara combustión</i> 79	
Figura 36	<i>Simulación Evaporador – Reductor Jeep Willys CJ3A</i>	81
Figura 37	<i>Simulación Dosificador Jeep Willys CJ3A</i>	83
Figura 38	<i>Proceso de instalación del sistema de alimentación por GLP</i>	85
Figura 39	<i>Instalación del reservorio en el vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	86
Figura 40	<i>Instalación de filtro de GLP en el vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	87
Figura 41	<i>Instalación de evaporador - reductor de GLP en el vehículo</i>	88
Figura 42	<i>Instalación cañerías en el vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	89
Figura 43	<i>Instalación de electro válvulas en el vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	90
Figura 44	<i>Instalación del evaporador en el vehículo Jeep Willys CJ3A</i>	91
Figura 45	<i>Diseño del kit de trasvase para el llenado del reservorio de GLP</i>	92
Figura 46	<i>Diagrama de procesos de pruebas</i>	93
Figura 47	<i>Diagrama de procesos de prueba torque</i>	95
Figura 48	<i>Gráfica de torque combustible gasolina y GLP</i>	97
Figura 49	<i>Diagrama de proceso de prueba potencia</i>	98
Figura 50	<i>Gráfica de potencia combustibles gasolina y GLP</i>	100

Figura 51 <i>Diagrama de proceso consumo</i>	101
Figura 52 <i>Representación gráfica de ruta – Combustible gasolina</i>	102
Figura 53 <i>Gráfica de consumo de combustible gasolina</i>	104
Figura 54 <i>Representación gráfica de ruta – Combustible GLP</i>	105
Figura 55 <i>Pesos del depósito de GLP</i>	106
Figura 56 <i>Gráfica de consumo de combustible</i>	108
Figura 57 <i>Diagrama de proceso consumo</i>	109
Figura 58 <i>Gráfica de trasvase de GLP</i>	111
Figura 59 <i>Utilización del kit de trasvase</i>	112
Figura 60 <i>Diagrama de procesos de análisis de emisiones</i>	113
Figura 61 <i>Gráfica de CO₂</i>	117
Figura 62 <i>Gráfica de CO</i>	118
Figura 63 <i>Gráfica de O₂</i>	119
Figura 64 <i>Gráfica de PPM</i>	120
Figura 65 <i>Gráfica de coeficiente lambda</i>	121
Figura 66 <i>Gráfica de emisiones combustibles Gasolina-GLP</i>	122
Figura 67 <i>Gráfico de pruebas de compresión</i>	124
Figura 68 <i>Gráfica de pruebas de vacío del motor</i>	126

Resumen

El trabajo de titulación analizó mediante diseño asistido por computador el proceso de reconstrucción del vehículo Jeep Willys CJ3A y estudió el sistema dual Gasolina – GLP de tercera generación en vehículos 4 x 4, se realizó el análisis aerodinámico, esfuerzo – deformación del bastidor y flujo laminar – turbulento de los componentes del sistema dual Gasolina – GLP, así como, el funcionamiento al interior de la cámara de combustión; a fin de estructura la optimización de los sistemas mecánicos, eléctricos y acabados automotrices. Se dimensionó e instaló el sistema BI-FUEL, gasolina-GLP, es decir, como combustible alternativo a la gasolina para el sistema de alimentación del motor de combustión interna con un kit de tercera generación en cumplimiento con las normativas nacionales. Se desarrollo pruebas de ruta en carreteras de primero, segundo y tercer orden, validando la restauración y óptimo trabajo de los sistemas automotrices del vehículo. Se estudió el sistema dual Gasolina – GLP y su incidencia en el desempeño de automóvil a través de pruebas de torque y potencia del 7.44% y 21.9% respectivamente y un adecuado del control de gases contaminantes a través de una reducción de emisiones de gases contaminantes de CO en un 56.7%; al utilizar GLP como carburante; obteniendo parámetros de operación adecuados y un excelente control de gases post combustión.

Palabras Clave:

- **JEEP WILLYS**
- **TURBULENTO**
- **SISTEMA BI-FUEL**
- **GLP (Gas licuado del petróleo)**

Abstract

The degree work analyzed by computer aided design the reconstruction process of the Jeep Willys CJ3A vehicle and studied the third generation dual Gasoline - LPG system in 4 x 4 vehicles, the aerodynamic analysis, stress - deformation of the frame and laminar - turbulent flow of the components of the dual Gasoline - LPG system, as well as the operation inside the combustion chamber; in order to structure the optimization of mechanical systems, electrical systems and automotive finishes. The BI-FUEL system, was dimensioned and installed as an alternative fuel to gasoline for the power system of the engine with a third-generation kit in accordance with national regulations. Road tests were carried out on first, second and third order roads, validating the restoration and optimal work of the vehicle's automotive systems. The dual Gasoline - LPG system was studied and its incidence in the performance of the automobile through torque and power tests of 7.44% and 21.9% respectively and an adequate control of polluting gases through a reduction of CO polluting gas emissions by 56.7%; when using LPG as fuel; obtaining adequate operation parameters and an excellent control of post-combustion gases.

Key Words:

- **JEEP WILLYS**
- **TURBULENT**
- **BIFUEL SYSTEM**
- **LPG (Liquefied petroleum gas)**

Capítulo I

1. Planteamiento del Problema de Investigación

1.1. Antecedentes investigativos

En referencia a Memorando Nro. ESPE-SL-DCEM-2021-0904-M de Latacunga, 29 de marzo de 2021, “En cumplimiento al Memorando Nro. ESPE-SL-JAC-2021-0187-M, por el presente, respetuosamente me permito informar a usted señor Jefe Académico, que el ing. Leonidas Quiroz, Jefe de Laboratorio de Mecánica de Patio, recibirá el vehículo 05-7360-09-00002 Jeep Campero para rehabilitarlo, mediante tesis con estudiantes de Ingeniería Automotriz para vehículo de exhibición”

En referencia a Memorando Nro. ESPE-SL-DCEM-2021-0891-M de Latacunga, 26 de marzo de 2021, “Sr. Director de Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica en referencia a Memorando Nro. ESPE-SL-JAC-2021-0204M me permito remitir el Informe de viabilidad de la restauración del vehículo JEEP WILLYS como parte de los proyectos de titulación de la carrera de Ingeniería Automotriz, información que pongo en su conocimiento para fines pertinentes”

Según (Design, 2017) el Jeep en la actualidad empieza por un requisito bélico para ganar la guerra. A fines del año 1949 se lanzó al mundo el Jeep Willys CJ3A un modelo mejorado de su antecesor CJ2A los cuales compartían algunas características en común como parabrisas plano, limpiaparabrisas ubicado inferiormente, ventilación mediante ventila. El Jeep Willys CJ3A utilizaba un motor de cuatro cilindros en línea, 2200 centímetros cúbicos, tenía una potencia de 60HP a 4000rpm y un torque de 14,25 Kg a 2000rpm y se acoplaba a una caja de cambios de tres marchas.

Según (Sánchez & Eduardo, 2013) la creación del Jeep se dio a causa del ejército estadounidense con la necesidad de un vehículo de reconocimiento, debía tener características para la guerra como ser un todo terreno, no superar los 91cm de alto, pesar hasta 450kg, poder llevar dos soldados más una ametralladora calibre 50 y a su vez 3000 proyectiles

Según (Ozeki, 1990) se lanzaron al mercado aproximadamente 131 843 Jeep Willys CJ3A, la serie terminó en 1953. Fueron muy utilizados en la segunda guerra mundial a partir de 1949. Al inicio era exclusividad de las tropas militares y policiales, paulatinamente se ha convertido en un auto de colección.

Según (Payri, 2011) la implementación de combustibles gaseosos se ha utilizado en varios motores como estacionarios, y motores de automoción. Tienen diversos fines y sus principales carburantes son el gas licuado de petróleo por sus ciclos GLP y el gas natural comprimido por sus ciclos GNC.

Según (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011) cuando se utiliza un sistema dual gasolina-GLP es necesario la implementación de un kit, para nuestra actualidad por lo mínimo de tercera generación, está formado por componentes los cuales harán que el funcionamiento sea el correcto y no tenga problemas, se adaptan a la mayoría de los vehículos y son de fácil instalación. Componentes adicionales en el kit puede ser inyección electrónica, sensor de oxígeno, sistemas de inyección de lazo cerrado, etcétera.

Según (Rojas, Jiménez, & Álvarez, 2017). En nuestra actualidad, cada vez son más los vehículos que necesitan consumir combustibles fósiles, por lo que es necesario la investigación de evolución mundial en el ámbito de energía, tecnología y política climática (European Commission, 2003). Es importante la evolución de estos aspectos ya que si se mantuviera la tendencia actual la demanda energética en el año 2030 tendría

un crecimiento anual de 1.8%. Se produciría mayores emisiones de gases contaminantes, lo que daría un resultado de del doble de emisiones comparando el año 1990 al año 2030. De aquí la importancia a las leyes de uso de combustibles y la investigación de reducir el gasto de energía (OSINERGMING, 2014).

Según (Mantilla, Aguirre, & Sarmiento, 2008) existen varias investigaciones donde destaca la viabilidad al utilizar el combustible GLP al reemplazo de combustibles fósiles como lo son la gasolina y el Diesel. Cabe destacar las siguientes investigaciones con los beneficios: (1) disminución de relación aire-combustible, la mezcla es mucho más pobre (Karim & Wiezba, 2002); (2) disminución de la temperatura (Huang & Crookes, 1998); (3) reducción de la potencia al freno (Midkiff, Bell, Rathnam, & Bhargava, 2001); (4) descenso en eficiencia térmica al freno (Huang & Crookes, 1998); (5) aumento de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono e sin quemar (Midkiff, Bell, Rathnam, & Bhargava, 2001); (6) disminución de velocidad turbulenta de quemado (Huang & Crookes, 1998); (Roubaud, 2007); (7) aumento en el consumo específico de combustible (Crookes, 2006)

Según (Martínez, Siavichay, & Tenesaca, 2011) en la actualidad se ha incrementado el parque automotriz con el uso de combustibles alternativos como lo es el GLP tanto para unidades privadas como de transporte público, en Ecuador se implementó una cooperativa de taxis a GLP en la ciudad de Guayaquil teniendo buenos resultados. Es importante que por las ventajas que presenta este carburante a comparación de los combustibles fósiles convencionales, incremente el número de vehículos con este combustible en las calles.

Según (Cedeño & Vargas, 2019) el conservar un vehículo el cual participó en la segunda guerra mundial puede considerarse un tesoro de nuestra época, muchos preparadores a nivel mundial se han dedicado a restaurar vehículos de años pasados;

Refaccionando, optimizando y adecuando sistemas motrices a nuestra actualidad, la idea es conservar el diseño exterior tratando de conservar su autenticidad en nuestro siglo.

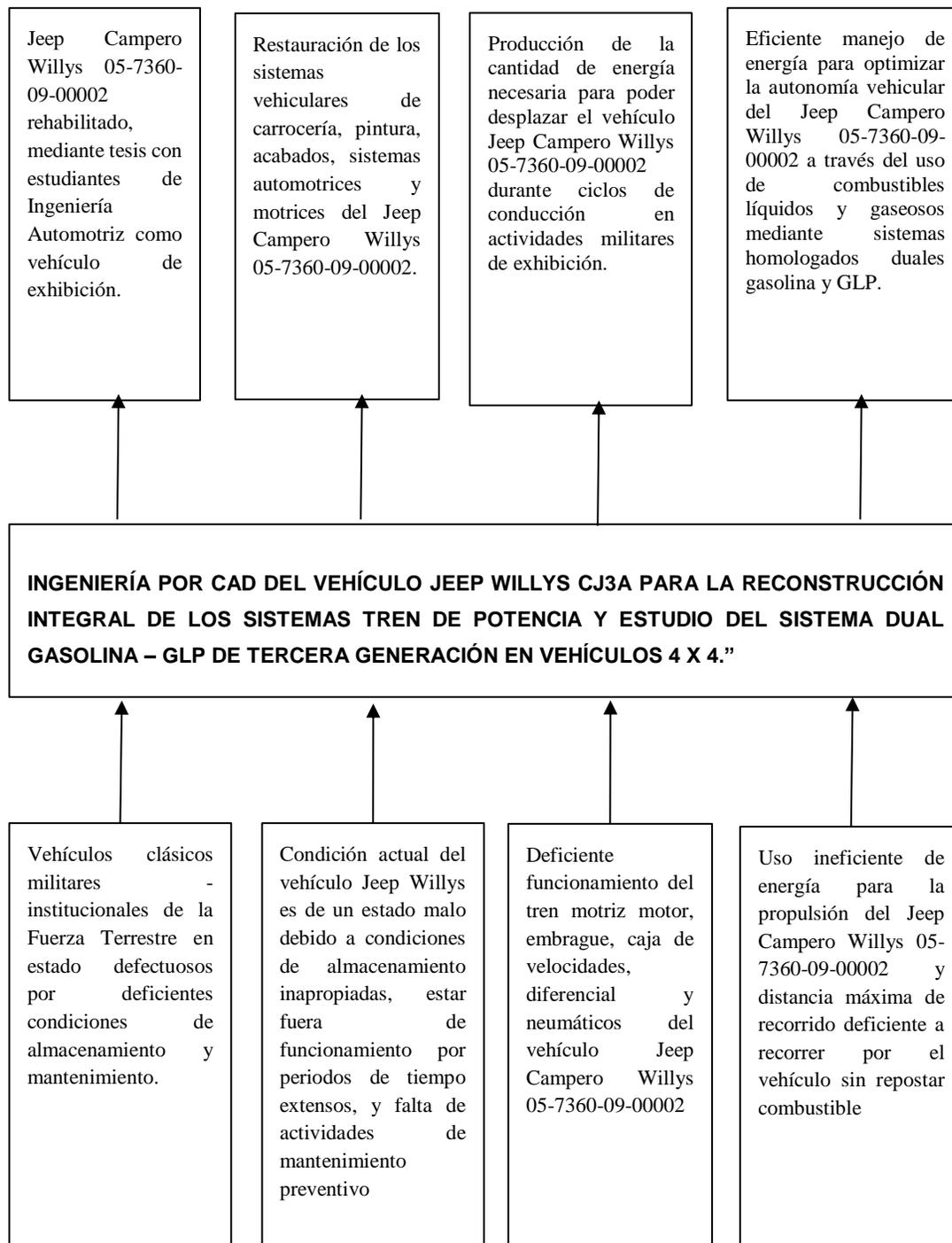
Según (Cedeño & Vargas, 2019) los desafíos por parte de la industria automotriz siempre ha sido la optimización de recursos en el vehículo, es muy importante la reducción de la contaminación ambiental con el uso de combustibles alterativos, existen una infinidad de variables para poder mejorar la performance de un vehículo como la disminución de peso, diseños resistentes, materiales de larga duración, etcétera. Todo esto a la par del confort y las prestaciones que un vehículo debe poseer para nuestra actualidad.

1.2. Planteamiento del problema

El problema principal en la reconstrucción de un vehículo clásico evidentemente es la inversión que conlleva, el saber valorar de manera técnica y profesional para no incurrir en situaciones potencialmente arriesgadas, de acuerdo al estado de conservación, lo que a primera vista aparece como un hobby, pero en realidad podría convertirse en un modelo generador importante de fuentes de trabajo, pues en la restauración y el mantenimiento de un auto histórico intervienen varias áreas de la ingeniería del automóvil mecánica, manufactura, energía, acabados, etc.; para que vuelva a lucir como recién salido de fábrica, sin descuidar el valor de convertirse en patrimonio histórico recuperado, así, estimular la importación de modelos históricos sin impuestos correspondientes, puedan ser restaurados, patentados y homologados para circular a nivel nacional, de ese modo se aumentaría el patrimonio histórico automotor y habría más trabajo para ingenieros, técnicos y artesanos.

Figura 1

Árbol de problemas



Nota. En presente gráfico indica el árbol de problemas referente al desarrollo de la investigación.

El proyecto de restauración es absolutamente fantástico, pues no hay nada tan agradable como poder ver el vehículo deteriorado por el paso de los años, después restaurándolo en su totalidad en una verdadera obra de arte y clásico de la historia sobre ruedas que se roba las miradas de todo lugar al que llega, así la carrera de ingeniería automotriz podría contar con vehículo icono de exhibición, a través de una restauración integral (externa e interna), pues el vehículo en la actualidad presenta daños de carrocería, sistemas automotrices y motrices importantes, es necesario reconstruirla prácticamente por completo, para regresar el auto a condiciones totalmente funcionales.

Los vehículos con motores de combustión interna encendido por chispa poseen una autonomía limitada, lo que se pretende con este proyecto es mejorar la autonomía mediante el diseño e implementación de un sistema dual, a través de dos medios de energía procedentes del petróleo tanto en estado líquido como la gasolina y gaseoso como el GLP, considerando aspectos de seguridad y normativas con el uso de kits de instalación homologados.

Los combustibles serían costosos a nivel de país, si estos no contarían con un subsidio, por tal motivo existe la necesidad de estudiar alternativa como fuente de energía vehicular económicas y amigables con el ambiente, que garanticen autonomía de acuerdo a las diferentes aplicaciones domésticas, servicio tanto público como privado.

El parque automotor del Ecuador ha ido en aumento, de tal manera que, si no se controla las emisiones, causará a mediano y largo plazo una gran problemática de contaminación, causada por diversos factores de los procesos de combustión, lo que hace necesario la utilización de combustibles alternativos tales como el GLP, el cual provoca una disminución de emisiones contaminantes de HC, CO, CO₂.

1.3. Descripción detallada del proyecto

Se investigó aspectos técnicos y científicos de los aspectos de manufactura de los sistemas vehiculares del JEEP CAMPERO WILLYS a través de fuentes Bibliográficas confiables mediante bases de datos digitales, libros, manuales, normativas y artículos referente a los componentes del sistema del tren motriz y uso de combustibles gaseosos para motores M.E.P con sistemas dual Gasolina – GLP de tercera generación.

Se restauró de manera integral los sistemas vehiculares de carrocería, pintura, acabados, sistemas automotrices y motrices el vehículo Jeep Willys CJ3A de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el Laboratorio de Mecánica de Patio del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica y Carrera de Ingeniería Automotriz de la Sede Latacunga para actividades vinculadas a los procesos de enseñanza – aprendizaje y como vehículo de exhibición para la Fuerza Terrestre para presentaciones y demostraciones de vehículos clásicos como medio de transporte para el ejército ecuatoriano.

Se repotenció los componentes del tren motriz motor, embrague, caja de velocidades, diferencial y neumáticos del vehículo Jeep Campero Willys 05-7360-09-00002 a través del diseño y producción de energía combinada en el desplazamiento del vehículo Jeep Campero Willys 05-7360-09-00002 en ciclos de conducción en actividades militares de exhibición con el modelado, simulación y dimensionamiento de los componentes del kit de tercera generación dual Gasolina – GLP, considerando condiciones mecánicas y eléctricas que posee el vehículo Jeep Willys CJ3A para su adaptación.

Se implementó un sistema de conversión para vehículos flexibles al uso de combustibles gaseosos dual gasolina – GLP acorde a la normativa de la NTE INEN 2310:

2008, NTE INEN 2311:2008, NTE INEN 2 316:2008, NTE INEN 675:2000, NTE INEN 504:1986 y códigos ASME e ISO.

Se realizó pruebas de los parámetros característicos de desempeño del vehículo Jeep Willys CJ3A como torque, potencia, consumo de combustible y emisiones de acuerdo a la normativa de la SAE J1349 de Engine Power Test Code Spark Ignition and Compression Net Power Rating, SAE J1321:2012 Fuel Consumption Test Procedure y NTE INEN RTE 017 control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres antes y después de la implementación del sistema de alimentación dual.

Se realizó un análisis gráfico asistido por computador de la dinámica y estática de los componentes del tren motriz según las condiciones de trabajo a las que estará sometido el vehículo Jeep Willys CJ3A a través de modelados 2D y 3D bajo los principios de la ingeniería para el análisis desde el punto de vista matemático – gráfico de la restauración y optimización de los sistemas automotrices y motrices del automotor.

1.4. Justificación e importancia

El propósito de la restauración de todos los sistemas del vehículo Jeep Willys CJ3A y su posterior repotenciación en el tren motriz tiene la finalidad de obtener un vehículo renovado y funcional en su totalidad, mejorando el desempeño y dejándolo en óptimas condiciones para su uso, tanto para la Fuerzas Terrestre del Ecuador como un vehículo emblemático de exhibición el cual protagonizó varias batallas en años anteriores, como, para la Universidad de las Fuerzas Armadas donde será muy importante para todos los que la conforman ya que podrán realizarse diversas pruebas en el ámbito ingenieril y se promoverá la restauración de vehículos de años pasados con ayuda y aplicación de la tecnología de nuestra actualidad.

La reconstrucción de un vehículo clásico como lo es el Jeep Willys CJ3A se considera como una obra de arte ingenieril, tomando en cuenta que la producción de este vehículo terminó en el año de 1952 y que este modelo en su mayoría ya no existe; el automóvil se convierte en una exclusividad para nuestra época ya que existen muy pocos en el mundo entero. Existe un reto el cual es adaptar elementos del vehículo de nuestra actualidad sin que pierda su valor original. El hacer una reconstrucción puede hacer que el vehículo pueda convertirse en un patrimonio histórico recuperado. Además, el tener un vehículo que protagonizó la Segunda Guerra mundial en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y reconstruido por estudiantes de Ingeniería Automotriz demuestra que las bases implantadas preparan a sus alumnos para poder enfrentar problemas automotrices y darle una solución.

La implementación de un sistema Dual Gasolina – GLP busca minimizar la contaminación producida por los automóviles con los combustibles convencionales. El uso de GLP es muy útil ya que es un carburante más amigable y moderno, pues reduce considerablemente la emisión de gases, tales como: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), hidrocarburos y otros contaminantes del medio ambiente, debido que al entrar en la cámara de combustión ya en forma gaseosa, al producirse la chispa este combustible será combustionado casi de una manera completa en su combustión, cuenta con una serie de ventajas económicas y ambientales en cuanto a solo utilizar gasolina. En cuanto se refieren a sus componentes son menores, es decir requiere de menor número de piezas y esto implica menores posibilidades de fallas en sus componentes; los costos y valores de adquisición y mantenimiento serán más reducidos y bajos en referente a los sistemas de combustibles comúnmente utilizados.

1.5. Objetivos del proyecto

1.5.1. Objetivo General

- Analizar por CAD el vehículo Jeep Willys CJ3A para la reconstrucción integral de los sistemas tren de potencia y estudio del sistema dual gasolina – GLP de tercera generación en vehículos 4 x 4.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Investigar aspectos técnicos y científicos de los aspectos de manufactura de los sistemas vehiculares del JEEP CAMPERO WILLYS.
- Fundamentar científicamente conocimientos de los componentes del sistema del tren motriz y uso de combustibles gaseosos para motores M.E.P con sistemas dual Gasolina – GLP de tercera generación.
- Restaurar de manera integral los sistemas vehiculares de carrocería, pintura, acabados, sistemas automotrices y motrices el vehículo Jeep Willys CJ3A.
- Dotar de un vehículo clásico repotenciado Jeep Willys CJ3A a la carrera de Ingeniería Automotriz para actividades vinculadas a los procesos de enseñanza – aprendizaje y como vehículo de exhibición.
- Repotenciar los componentes del tren motriz motor, embrague, caja de velocidades, diferencial y neumáticos del vehículo Jeep Campero Willys 05-7360-09-00002.
- Diseñar un sistema de energía combinada en el desplazamiento del vehículo Jeep Campero Willys 05-7360-09-00002 en ciclos de conducción en actividades militares de exhibición con sistema dual Gasolina – GLP.

- Implementar un sistema de conversión para vehículos flexibles al uso de combustibles gaseosos dual gasolina – GLP en el del vehículo Jeep Campero Willys.
- Realizar pruebas de los parámetros característicos de desempeño del vehículo Jeep Willys CJ3A como torque, potencia, consumo de combustible y emisiones antes y después de la implementación del sistema de alimentación dual.
- Realizar un análisis gráfico asistido por computador de la dinámica y estática de los componentes del tren motriz según las condiciones de trabajo a las que estará sometido el vehículo Jeep Willys CJ3A.
- Analizar desde el punto de vista matemático – gráfico de la restauración y optimización de los sistemas automotrices y motrices del automotor vehículo Jeep Willys CJ3A.
- Realizar pruebas de autonomía en la ruta Latacunga Belisario Quevedo utilizando como fuente de combustibles la gasolina y GLP.

1.6. Metas

- Restaurar de manera integral los sistemas vehiculares de carrocería, pintura, acabados, sistemas automotrices y motrices el vehículo Jeep Willys CJ3A.
- Implementar un sistema combinado de energía fiable por combustibles gaseosos y líquidos con un kit de tercera generación del vehículo Jeep Willys CJ3A validado mediante pruebas de desempeño.
- Dotar de un vehículo clásico repotenciado Jeep Willys CJ3A a la carrera de Ingeniería Automotriz.

1.7. Hipótesis

El análisis asistido por computador garantizará la restauración de manera integral de los sistemas vehiculares de carrocería, pintura, acabados, sistemas automotrices y motrices el vehículo Jeep Willys CJ3A con un sistema combinado de energía fiable por combustibles gaseosos y líquidos con un kit de tercera generación que incrementará su autonomía en un 50%.

1.8. Variables de Investigación

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

- Variable Independiente:
Restauración de los sistemas vehiculares Jeep Willys CJ3A
- Variables Dependientes:
Sistema dual gasolina – GLP de tercera generación

1.8.1. Variable Independiente: Restauración de los sistemas vehiculares Jeep Willys CJ3A

Tabla 1

Variable Independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Solucionar desperfectos existentes en los sistemas vehiculares Jeep Willys CJ3A	Motor	Eficiencia Mecánica	%	Medición	Prueba de verificación
		Torque	Nm	Medición	Prueba de verificación
		Potencia	W	Medición	Prueba de verificación
	Transmisión	Torque Transmitido	Nm	Medición	Prueba de verificación
		Potencia transmitida	W	Medición	Prueba de laboratorio
	Suspensión	Carga soportada	kg	Medición	Prueba de verificación
	Dirección	Ángulos	Grados	Medición	Prueba de verificación
	Sistema Eléctrico	Resistencia	Ohmio	Medición	Prueba de verificación
		Tensión	Voltio	Medición	Prueba de verificación
		Intensidad de corriente	Amperio	Medición	Prueba de verificación
	Frenos	Potencia de frenado	W	Medición	Prueba de verificación
Calor Producido		°C	Medición	Prueba de verificación	

Nota. En la tabla se evidencia como variable independiente al proceso de restauración de los sistemas vehiculares Jeep Willys CJ3A.

1.8.2. Variable Dependiente: Sistema dual gasolina – GLP de tercera generación

Tabla 2

Variable dependiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es el Sistema conformado por aquellos elementos que trae un equipo completo de conversión (Gasolina – GLP)	Características motor	Eficiencia Mecánica	%	Medición	Prueba de verificación
		Torque	Nm	Medición	Prueba de verificación
		Potencia	W	Medición	Prueba de verificación
	Conmutador	Resistencia	Ohmio	Medición	Prueba de verificación
		Tensión	Voltio	Medición	Prueba de verificación
		Intensidad de corriente	Amperio	Medición	Prueba de verificación
	Reductor-vaporizador	Presiones	kPa	Cálculo Medición	Ecuaciones Prueba de laboratorio
		Temperatura	°C	Medición Cálculo Simulación	Ensayo Prueba de laboratorio Cámara termográfica
	Mezclador – Dosificador	Flujo Volumétrico	$\frac{m^3}{s}$	Calculo Medición	Ecuaciones Prueba de laboratorio
		Caudal	m^3/h	Calculo Medición	Ecuaciones Prueba de laboratorio
	Electroválvula de corte	Resistencia	Ohmio	Cálculos Simulación Medición	Prueba de verificación Ecuaciones CAD estudiantil
		Tensión	Voltio	Cálculos Simulación Medición	Prueba de verificación Ecuaciones CAD estudiantil
Amperaje		Amperio	Cálculos Simulación Medición	Prueba de verificación Ecuaciones CAD estudiantil	

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Inyector GLP		Resistencia	Ohmio	Cálculos Simulación Medición	Prueba de verificación Ecuaciones CAD estudiantil
		Tensión	Voltio	Cálculos Simulación Medición	Prueba de verificación Ecuaciones CAD estudiantil
		Amperaje	Amperio	Cálculos Simulación Medición	Prueba de verificación Ecuaciones CAD estudiantil
Depósito de GLP		Presión	kPa	Medición Cálculo Simulación	Ensayo Prueba de laboratorio Manómetro
		Temperatura	°C	Medición Cálculo Simulación	Ensayo Prueba de laboratorio Cámara termográfica
		Flujo másico	kg/s	Medición Cálculos Simulación	Prueba de laboratorio CAD estudiantil
		Tiempo	s	Medición Cálculo Simulación	Ensayo CAD estudiantil
Depósito de combustible		Temperatura	°C	Medición Cálculo Simulación	Ensayo Prueba de laboratorio Cámara termográfica
		Flujo másico	kg/s	Medición Cálculos Simulación	Prueba de laboratorio CAD estudiantil
		Tiempo	s	Medición Cálculo Simulación	Ensayo CAD estudiantil

Nota. En la tabla se detalla como variable dependiente a Sistema dual gasolina – GLP de tercera generación, todos los componentes con sus unidades de medición.

Capítulo II

2. Fundamento Teórico

2.1. Vehículo Jeep CJ-3A

El vehículo Jeep CJ-3A manufacturado por la compañía Ford, registra variantes como procedencia de fabricación y reformas estéticas, desempeña trabajos de alto rendimiento en terrenos de todo tipo. (Wikipedia, 2021)

Figura 2

Vehículo Jeep CJ-3A



Nota. Vehículo representativo original de épocas pasadas. Tomado de GONCALVES, R. (9 de febrero de 2017). Jeep, un legado que sigue vigente.

2.2. Sistemas Vehiculares

Para el funcionamiento del vehículo Jeep Willys CJ3A es necesario que cuente con todos los sistemas automotrices básicos como lo son: transmisión, dirección, frenos, motor, suspensión, refrigeración, lubricación, eléctrico. Los cuales aportarán en conjunto la operación correcta del automóvil. (Mössinger, 2010).

Tabla 3

Sistemas Vehiculares

Categoría	Indicadores	Detalle	Unidades
Motor	Tipo	Cilindros en "F"	
	Número de cilindros	6	
	Diámetro de cilindros	79,37	mm
	Carrera de pistones	88,90	mm
	Relación de compresión	7,6: 1	
	Potencia máxima a 4000 RPM	90	Hp
	Torque máximo a 2000 RPM	135,00	Lb - pie
	Compresión	100,00	PSI
	Orden de encendido	1-5-3-6-2-4	
	Temperatura de funcionamiento	80,00 - 90,00	°C
	Cilindrada	2638,00	cm ³
	Regulación válvulas de admisión	0,02	in
	Regulación válvulas de escape	0,01	in
	Punto de Ignición (antes del PMS)	5,00	°
	Sistema de Refrigeración	Capacidad	10,41
Presión del sistema		7,00	PSI
Tipo de correa del ventilador		"V"	
Longitud de correa del ventilador		108,90	cm
Ancho de correa del ventilador		1,74	cm
Ángulo de correa del ventilador		40,00	°
Tipo de bomba de agua		Centrifuga	
Accionamiento de bomba de agua		Correa del ventilador	
Temperatura de inicio de apertura del termostato		72,70 – 75,50	°C
Temperatura apertura total del termostato		86,50	°C
Sistema de Lubricación	Tipo de bomba de aceite	Rotores internos	
	Tipo de accionamiento de bomba de aceite	Por engranaje de árbol de levas	
	Válvula reguladora de presión	35 – 40	PSI
	Presión del sistema a ralenti	6,00	PSI
	Presión del sistema a 2000 RPM	20,00	PSI
	Presión máxima	30,00 – 40,00	PSI

Categoría	Indicadores	Detalle	Unidades
	Apriete de tornillos de fijación de bomba	20,00 – 23,00	$\frac{lbf}{pie}$
	Tipo de embrague	Disco seco	
	Número de discos	1	
	Número de resortes	6	
	Presión de plato de embrague	1250,00 – 1350,00	lb
	Área total efectiva de embrague	36,09	in
	Material de embrague	Asbesto	
	Velocidades de caja de cambios	3 frontales 1 reversa	
	Relación de engranajes 1ra velocidad	2,79: 1	
	Relación de engranajes 2ra velocidad	1,55: 1	
	Relación de engranajes 3ra velocidad	1:1	
	Relación de engranajes reversa	3,79: 1	
	Capacidad lubricante caja de cambios	0,70	litros
	Tipo de aceite para caja de cambios	Mineral puro	
	Viscosidad aceite para caja de cambios	SAE 90	
	Velocidades de caja de transferencia	2	
	Relación de transmisión alta de caja de transferencia	1:1	
	Relación de transmisión baja de caja de transferencia	2,46: 1	
	Capacidad de lubricante de caja de transferencia	1,70	litros
	Tipo de aceite para caja de transferencia	Mineral puro	
	Tipo de viscosidad para caja de transferencia	SAE 90	
	Tipo de juntas para cardán	cruceta	
	Relación corona – piñón eje posterior	4,89: 1	
	Capacidad de lubricante eje posterior	1,20	Litros
	Viscosidad de lubricante para eje posterior	SAE 90 EP	
	Relación corona – piñón eje delantero	5,38: 1	

Sistema de transmisión

Categoría	Indicadores	Detalle	Unidades
	Capacidad de lubricante eje delantero	1,20	litros
	Viscosidad de lubricante para eje posterior	SAE 90 EP	
	Relación dirección	18,20: 1	
	Número de vueltas de volante	4,50	
	Ángulo de inclinación de piñón master	7,00	°
	Caster eje de transmisión	3,00	°
	Camber eje de transmisión	1,00	°
	Convergencia eje de transmisión	3/64	in
Sistema de alimentación	Modelo de carburador	DFV - 228	
	Filtro de aire	Baño de aceite	
	Accionamiento de bomba de gasolina	Comandado por el árbol de levas	
	Presión de bomba de gasolina (1800 RPM)	3,50 – 5,50	PSI
	Capacidad de tanque de gasolina	10,70	gal
Sistema eléctrico	Voltaje de batería	6,00	voltios
	Número de placas de batería	15,00	
	Intensidad de batería	100,00	A-h
	Tipo de dínamo	SHUNT	
	Tipo de caja de reguladores	3 elementos	
	Rotación de motor de arranque	185,00	RPM
	Amperaje necesario de motor de arranque	70,00	A
	Torque de motor de arranque	1,90	N-m
	Modelo de distribuidor	IAT – 4205 - A	
	Calibración platino	0,02	in
Avance centrifugo máximo (3000 RPM)	9,00	°	
Sistema de frenos	Tipo	Hidráulico en 4 ruedas	
	Área efectiva	176, 50	in ²
	Diámetro de tambor	11,00	in
	Diámetro del pistón del cilindro de la rueda delantera	1,12	in
	Diámetro del pistón del cilindro de la rueda posterior	1,00	in
	Diámetro del pistón del cilindro master	1,00	in
	Curso de pedal de freno	6,00	in

Categoría	Indicadores	Detalle	Unidades
Sistema de suspensión	Tipo de suspensión delantera	Eje rígido	
	Amortiguadores delanteros	Telescópicos	
	Tipo de suspensión posterior	Eje rígido	
	Amortiguadores posteriores	Telescópicos	

Nota. En la tabla se detalla las características y valores principales de todos los sistemas automotrices por los que está compuesto el vehículo Jeep Willys CJ3A. Tomado de Overland, W. (1990). Manual do Mecánico Willys MMW-01. Sao Paulo: MMW, 40-95

2.3. Métodos de Reconstrucción

2.3.1. Reconstrucción externa e Interna

La reconstrucción de un vehículo parte de los problemas visuales y de operación que este contenga, acorde al estado del automóvil es necesario la toma de decisiones para el proceso de reparación, remplazo o reajuste de sus sistemas y subsistemas; el objetivo es el funcionamiento en su totalidad manteniendo su seguridad, operatividad y estética tal y como fue diseñado de fábrica. (Struble, 2019)

2.4. Normativas

2.4.1. NTE INEN 2 311:2008

Para la homologación de un sistema dual gasolina – GLP es necesario seguir todos los requerimientos que establece esta normativa. Es necesario planificar que el espacio que ocuparán las partes del kit de tercera generación se encuentre donde recomienda la normativa sin provocar problemas en los demás sistemas del vehículo. Una vez instalado todo el kit es necesario ajustar las emisiones en marcha mínima según recomienda la normativa NTE INEN 2204 y realizar un mantenimiento a los componentes cada 1500 km. (INEN I. E., 2008).

2.4.2. NTE INEN 2 203:2000

Para determinar la incidencia del GLP en la combustión y sus gases contaminantes es necesario la aplicación de la normativa NTE INEN 2 203:200, la normativa determina la concentración de emisiones de escape en marcha mínima o ralentí mediante pruebas estáticas y detalla el proceso de medición, la calibración y el equipo necesario. (INEN I. E., 2000).

2.4.3. NTE INEN 2 204:2017

En Ecuador existen límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles donde el vehículo Jeep Willys entra en la categoría del año 1989 y anteriores, donde su margen para pruebas estáticas con marcha mínima o ralentí está entre 5.5% – 6.5%CO y entre 1000 ppm – 1200 ppm HC; mientras que para pruebas dinámicas sus márgenes serían de $4.2 \text{ CO } \frac{g}{mi}$, $0.80 \text{ THC } \frac{g}{mi}$, $0.31 \text{ NMHC } \frac{g}{mi}$, $0.6 \text{ NO}_x \frac{g}{mi}$. (INEN I. E., 2017)

2.4.4. NTE INEN 960

Para determinar la potencia y torque del motor es indispensable conocer el estado en el que debe encontrarse el vehículo, antes de los ensayos se debe calibrar todos los sistemas automotrices del vehículo y debe encontrarse en la temperatura de trabajo según recomienda el fabricante para los sistemas de refrigeración, combustible y aceite lubricante; .la velocidad del motor durante la prueba no debe desviarse en más de 1%. (INEN I. E., 1983).

2.5. Ingeniería asistida por computadora

La ingeniería asistida por computadora se desarrolla a partir de un software que permitirá el modelado en dos y tres dimensiones de un objeto a analizar para su posterior simulación en condiciones ideales determinando así el trabajo efectuado para un fin en concreto. (Zhuming, 2018)

2.6. Kit de Conversión

Según (Carranza, 2012) para la conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación a gasolina por carburación dual gasolina – GLP es necesario de un kit de conversión homologado, será importante determinar las características del vehículo para verificar su factibilidad acorde a la normativa NTE INEN 2 311:2008. (INEN I. E., 2008)

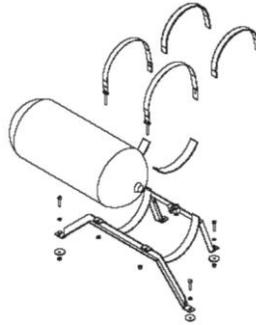
2.6.1. Depósito de GLP

Es imprescindible de un depósito donde se reserve el GLP, este debe estar regularizado y cumpliendo la normativa NTE INEN 2 143:98.

- Depósito de 40 kg
- Distancia mínima de 20 cm del sistema de escape
- Capacidad máxima de llenado del carburante 80%. (INEN I. E., 2008)

Figura 3

Instalación Depósito cilíndrico



Nota. En la figura se visualiza el depósito cilíndrico de GLP con sus soportes a ser instalados. Tomado de Valero, J. (2013).

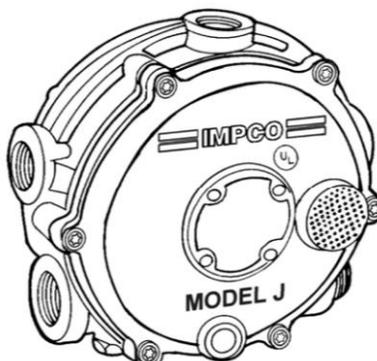
2.6.2. Evaporador – Reductor

Según (Carranza, 2012) el evaporador – reductor es el encargado de evitar que el GLP se condense con ayuda del refrigerante del motor y que la presión desde el reservorio hacia el dosificador se reduzca, esto lo logra gracias a las cámaras internas que éste posee.

- Conexiones dos del fluido refrigerante y dos del GLP.
- Presión máxima de entrada de 312 PSI
- Presión mínima de salida de 30 PSI
- Presión nominal de salida estándar -0.37 kPa
- Temperatura de funcionamiento -40 °C a 121 °C. (IMPCO, 2015)

Figura 4

Evaporador-Reductor del sistema BI-FUEL



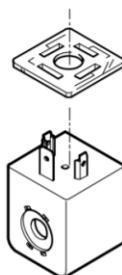
Nota. En la imagen se muestra el evaporador – reductor que se utilizará en la instalación del vehículo Jeep Willys CJ3A. Tomado de IMPCO. (2015). Master Parts Catalog. California: FSYS.

2.6.3. *Electroválvula de corte*

Según (Carranza, 2012) la función de este componente es interrumpir el flujo de GLP hacia el dosificador, en el caso de la gasolina interrumpe el flujo hacia el carburador, se encuentra comandado por un interruptor dentro del habitáculo y funciona a 12 V, obtenidos desde la batería.

Figura 5

Electroválvula de corte



Nota. En la ilustración se visualiza los componentes de una electroválvula de corte. Tomado de FESTO. (2018). Automatización de procesos. Bremen: Neckar.

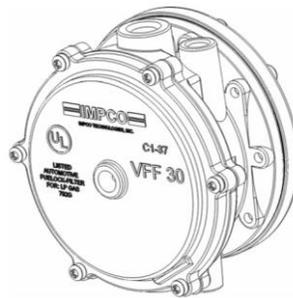
2.6.4. Filtro de GLP

El filtro de GLP es el encargado de retener las impurezas que se generan a partir del depósito, puede ser utilizado cuando el carburante se encuentra en estado líquido o gaseoso, se encuentra ubicado en el circuito de alta presión y debe ser reemplazado cada 10 000 km. (Carranza, 2012)

- Presión máxima de trabajo 312 PSI.
- Potencia máxima de motores 325 HP.
- Instalación vertical. (IMPCO, 2015)

Figura 6

Filtro de GLP del sistema BI-FUEL



Nota. En la imagen se visualiza el filtro de GLP utilizado en el sistema BI-FUEL del vehículo Jeep Willys CJ3A. Tomado de IMPCO. (2015). Master Parts Catalog. California: FSYS.

2.6.5. Mezclador – Dosificador

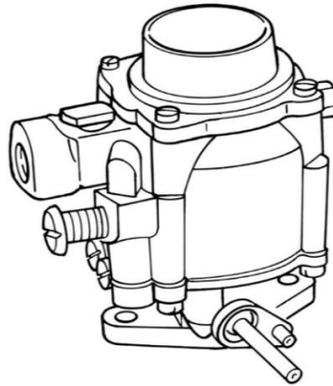
El mezclador tiene como función dosificar la mezcla perfecta de aire – GLP en estado gaseoso y a baja presión hacia la cámara de combustión de los diferentes cilindros del motor de combustión interna. (Galarza & Tapia, 2005).

- La regulación de caudal a ralentí.

- Potencia máxima de motores entre 1.5 HP a 73 HP.
- Instalación vertical (IMPCO, 2015).

Figura 7

Dosificador de GLP marca IMPCO modelo CA55



Nota. En la figura se visualiza el dosificador de GLP a ser instalado en el vehículo Jeep Willys CJ3A. Tomado de IMPCO. (2015). Master Parts Catalog. California: FSYS.

2.6.6. Tuberías

En el sistema GLP existen dos tipos de mangueras, las de alta presión las cuales pueden trabajar con el carburante en estado líquido y gaseoso y las de baja presión donde el carburante se encuentra en estado gaseoso. (Carranza, 2012)

- Capaz de soportar entre 70 kPa - 34.5 kPa.
- Presión de ruptura no menor a 12 MPa.
- Distancia de fuentes de calor mínima de 20cm. (INEN I. E., 2008)

Figura 8

Tuberías homologadas de GLP



Nota. En la imagen se muestra la tubería que se utilizó en el sistema dual gasolina- GLP.

Tomado de Parker (2015). Mangueras Industriales. Toledo: STTAS, Vol. 1, pp. 43

2.6.7. Funcionamiento GLP – Gasolina

Según (Payri, 2011) el funcionamiento del sistema dual Gasolina-GLP parte de los diferentes depósitos, el GLP se dirige a alta presión por medio de las cañerías hasta la electroválvula para seguir por el filtro, pasa por el evaporador-reductor, y finalmente llega al dosificador; el sistema está comandado por un conmutador en la cabina donde permitirá el cambio de combustibles.

Figura 9

Circuito de alta presión de GLP



Nota. En la imagen se muestra el circuito de alta presión de GLP donde se visualiza el reservorio, electroválvula, filtro de GLP, evaporador – reductor, y cañerías. Tomado de Rodés. (28 de 09 de 2015). Motores a GLP y GNC.

2.7. Pruebas Desempeño

Según (Forero, Valencia, & Chris, 2011) los análisis por los que se somete un vehículo se lo realizan con el fin de cuantificar el desempeño del mismo, las pruebas a realizar permiten conocer el estado del vehículo en términos energéticos, mecánicos y ambientales.

2.7.1. Torque

Para la ejecución de la prueba de torque es imprescindible cumplir la normativa NTE INEN 960 donde las condiciones del ensayo se darán en marcha del vehículo a plena admisión en motores de ciclo Otto. La temperatura debe ser la recomendada por el fabricante, la velocidad durante la lectura no debe variar en más de 1%. La temperatura de combustible debe mantenerse en el rango especificado por el fabricante. Para el resultado se debe tomar una tolerancia de 0.05%. (INEN I. E., 1984)

2.7.2. Potencia

Para la ejecución de la prueba de potencia al igual que las pruebas de torque es imprescindible cumplir la normativa NTE INEN 960 y la normativa SAE J1349, se debe realizar la puesta a punto de todos los sistemas automotrices y es importante conocer las revoluciones máximas a las que un motor puede ser sometido. (INEN I. E., 1984)

2.7.3. Consumo de combustible

Según (Forero, Valencia, & Chris, 2011) existen dos pruebas de consumo; la primera llamada consumo específico se debe mantener el vehículo a una velocidad constante su finalidad es obtener estabilidad en el consumo; la segunda prueba llamada

consumo neto, donde se mide el volumen de combustible necesario para que el automóvil complete un ciclo de conducción en condiciones reales de operación.

2.7.4. Emisiones

La generación de emisiones contaminantes procedentes del motor es ocasionada por impurezas y combustible no carbonizado, conjuntamente con altas temperaturas y altas presiones se convierten en CO , NO_x , SO_2 , CO_2 . La manera de reducir la cantidad de gases contaminantes es con la utilización de combustibles alternativos.

Para determinar las emisiones contaminantes permitidas de un vehículo se debe seguir la normativa NTE INEN 017:2008 y la NTE INEN 2204:2017. Donde los rangos permitidos para vehículos a partir del año 1989 y anteriores es 5.5% – 6.5 % de CO y entre 1000 ppm – 1200 ppm de HC . (Pérez Darquea, 2018).

2.8. Propiedades de los combustibles

Para determinar los cambios producidos dentro del motor de combustión interna al utilizar diferentes tipos de carburantes es indispensable la comparación de sus propiedades fisicoquímicas como lo son poder calorífico, rango de inflamabilidad, puntos máximos de inflamación con la finalidad de establecer el carburante con mejores propiedades para el motor. (Heywood, 2015)

Tabla 4*Comparación de propiedades entre gasolina y GLP*

Propiedades	GLP	Gasolina
Fórmula Química	Propano C_3H_8 Butano C_4H_{10}	$C_{12}H_{26}$
Temperatura de inflamación	-30 a -40 °C	405 a 466 °C
Temperatura de ebullición	40 a 90 °C	-0,5 a -42,1 °C
Temperatura de autoignición	580 °C	280°C
Densidad a 15°C	0,557 $\frac{kg}{l}$	0,750 $\frac{kg}{l}$
Poder calorífico	11000 $\frac{Kcal}{kg}$	10500 $\frac{Kcal}{kg}$
Índice de octanos	95 a 110	85 a 100
Rango de inflamabilidad	1,4% - 7,6%	2,2% - 9,5%
Calor latente de vaporización	101,7 $\frac{Kcal}{kg}$	80 $\frac{Kcal}{kg}$
Relación estequiométrica máxima (aire-combustible)	16	15,2

Nota. En la tabla se detalla los cambios en las propiedades fisicoquímicas entre los carburantes utilizados en el vehículo Jeep Willys CJ3A. Tomado de Heywood, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals, New York: McGraw-Gill, p.p. 915-917.

- A temperatura ambiente y presión atmosférica el GLP está en fase gaseosa.
- GLP en estado líquido a presión atmosférica debe variar la temperatura, butano inferior a -0.5°C y propano -42.2°C.
- GLP en estado líquido a una temperatura ambiente debe variar la presión, butano mayor de 2 atm. y propano mayor a 8 atm. (Heywood, 2015)

Tabla 5*Comparación de energía producida con GLP con otros carburantes*

Cantidad de GLP	Equivalencia
1 kg	13,9 kW-h de electricidad
1 kg	1,3 m^3 de gas natural (GNC)
1 kg	0,33 Gal. de Diesel
1 kg	0,38 Gal. de gasolina
1 litro (0,531kg)	6362,6 kilocalorías

Nota. En la tabla se detalla las equivalencias de GLP comparado con otros carburantes. Tomado de Heywood, J.B.m Internal Combustion Engine Fundamentals, New York: McGraw-Gill, p.p. 1025.

Capítulo III

3. Restauración del vehículo Jeep Willys CJ3A y diseño del sistema combinado

3.1. Reconstrucción Jeep Willys CJ3A

El vehículo Jeep Willys CJ3A se consideró como principal objetivo realizar la restauración, figura 11, externa e interna ejecutando la puesta a punto y reemplazo de sus componentes en mal estado, dejándolo así funcionalmente en todos sus sistemas vehiculares.

Figura 10

Jeep Willys CJ3A restaurado

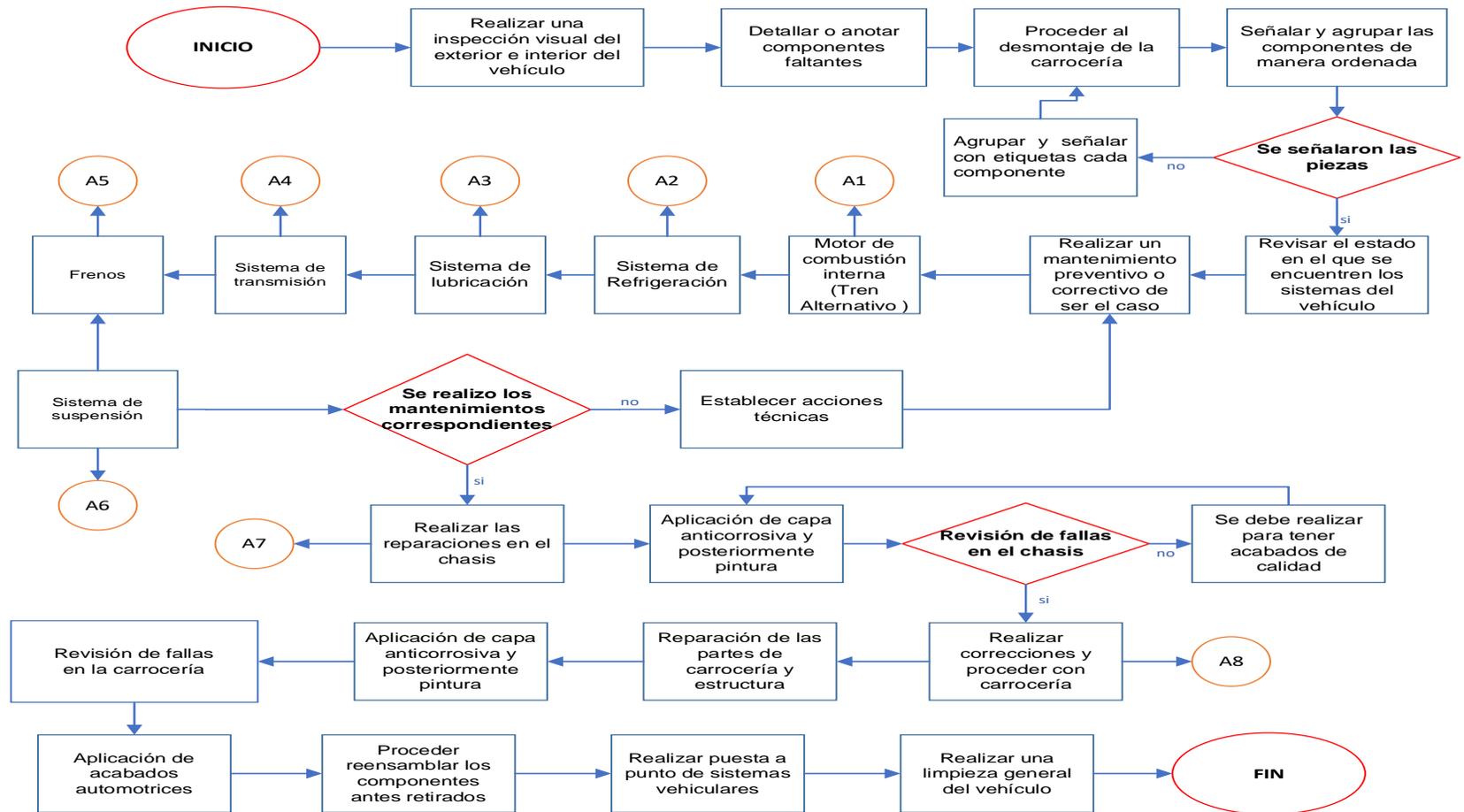


Nota. En la imagen izquierda se visualiza el vehículo en estado de deterioro, sección derecha se evidencia un trabajo de restauración integro.

Se realizó una inspección visual del vehículo evidenciando problemas en sus sistemas automotrices, se desarmó el vehículo integralmente con la finalidad de verificar su estado y realizar la restauración o reemplazo de los componentes en mal funcionamiento. Se reparó la carrocería y bastidor del vehículo corrigiendo deformaciones y óxidos presentes manteniendo su originalidad; una vez realizado el mantenimiento, corrección y puesta a punto de sus sistemas se realizó pruebas estáticas y dinámicas verificando así que el vehículo se encuentre acorde a las recomendaciones del fabricante.

Figura 11

Diagrama de procesos de reconstrucción Jeep Willys CJ3A



Nota. En la figura se observa los aspectos más importantes los cuales se llevaron a cabo para la restauración de los sistemas vehiculares del automóvil Jeep Willys CJ3A.

3.1.1. Motor

El proceso de reconstrucción, reparación y puesta a punto del motor BF – 161, figura 18, se lo realizó a partir de las pruebas de compresión y vacío, pues se encontraban fuera de la tolerancia de fabricación, se realizó una reparación menor de tipo mecánico, a través de reemplazó válvulas, rines y empaques de manera de obtener valores de trabajo según el fabricante.

Figura 12

Motor del vehículo Jeep CJ-3A



Nota. Se visualiza el trabajo de restauración realizado en el motor BF – 161 del vehículo Jeep Willys CJ3A, manteniendo su originalidad como autoparte de reliquia y dejándolo en condiciones ideales para la implementación y funcionamiento del sistema BI-FUEL.

La restauración y puesta a punto de motor BF – 161 fue el primer sistema en reparar con la finalidad de evaluar a partir de este el comportamiento del vehículo en conjunto con sus componentes automotrices, es necesario que el motor se encuentre en condiciones de trabajo ideales para la instalación del sistema BI-FUEL. Una vez el motor se encontraba ensamblado se le realizó pruebas estáticas de desempeño obteniendo mejoras en su comportamiento.

3.1.2. Sistema de refrigeración

El proceso de restauración del sistema de refrigeración, figura 19, se efectuó con una inspección visual de los componentes del sistema dando a notar el deterioro por falta de mantenimiento preventivo del vehículo, una vez el motor se encontraba encendido se evidenció fugas por las cañerías y componentes del sistema, se planificó el reemplazo, reparación y puesta a punto del sistema en su totalidad con el fin de evitar un recalentamiento del motor cuando se encuentre en condiciones de trabajo.

Figura 13

Conjunto de sistema de refrigeración



Nota. Se visualiza en la parte izquierda el estado deteriorado del sistema de refrigeración conjuntamente con sus partes incompletas mientras que en la parte derecha se visualiza el trabajo de restauración y puesta a punto del sistema.

Se realizó el reemplazo de cañerías, sujeciones y radiador por componentes nuevos cumpliendo las características recomendadas por el fabricante, adicionalmente se implementó un reservorio y se reemplazó el refrigerante por uno nuevo con una vida útil de 15 000 km; una vez el motor se encontraba operativo se realizó una inspección visual evidenciando la hermeticidad del sistema, adicionalmente se implementó un

medidor de temperatura donde cumplía el valor de hasta 90°C tal y como recomienda el fabricante obteniendo así un sistema de refrigeración restaurado y sin problemas.

3.1.3. Sistema de lubricación

La restauración del sistema de lubricación, figura 20, parte de una inspección visual donde se pudo evidenciar que el motor BF – 161 presentaba fugas por el block y el retenedor del cigüeñal, adicionalmente se encontró un filtro y cañerías en mal estado, se reemplazó la junta del block y el retenedor del cigüeñal conjuntamente se cambió el cambio el aceite por uno de densidad 20W50, el filtro por uno de las mismas prestaciones y las cañerías con sus acoples por nuevos de la misma calidad.

Figura 14

Conjunto de sistema de lubricación



Nota. Se evidencia en la parte izquierda el estado deteriorado producto de la falta de mantenimiento preventivo y parte derecha se visualiza el mantenimiento correctivo total del sistema de lubricación del motor de combustión interna.

Se realizó el desmontaje de todo el sistema de lubricación empezando por el cárter donde se limpió el retenedor de impurezas, se reemplazó el tapón ya que la rosca se encontraba aislada, se cambiaron las cañerías con sus acoples, se reemplazó el filtro y se dosificó aceite nuevo. Una vez realizada la restauración y puesta a punto del sistema

se encendió el vehículo evidenciando la hermeticidad y óptimo funcionamiento del sistema.

3.1.4. Sistema de Transmisión

La restauración en el sistema de transmisión, figura 21, parte de la ejecución de un diagnóstico en el cual se constató que los rodamientos de la caja se trababan al realizar el cambio de marcha y se apreciaba fugas de lubricante por las juntas y retenedores. Por lo que se desarmó caja de cambios, caja de transferencia, diferencial frontal y diferencial posterior; con el fin de que el par transmitido hacia las ruedas no se vea afectado por problemas de funcionamiento.

Figura 15

Interior de caja de cambios



Nota. Se visualiza el mantenimiento correctivo del eje primario de caja de velocidades, donde se reemplazó el conjunto de engranajes y sincronizadores en mal estado.

Se realizó un mantenimiento a cada uno de sus elementos y en algunas partes se cambiaron sincronizadores, rodamientos, juntas esto para dejar en funcionamiento correcto del conjunto y no tener problemas cuando se desee ocupar el vehículo. En la figura 15, se puede visualizar los sincronizadores los cuales fueron sustituidos ya que los

que tenía se encontraban en mal estado y esto ocasionaba ruidos y en ocasiones no entraba las marchas en el vehículo.

3.1.5. Sistema de Frenos

La restauración del sistema de frenos del vehículo Jeep Willys CJ3A, figura 22, parte de la inspección visual de los componentes donde se constató que el vehículo tenía problemas de funcionamiento de tambores en las cuatro ruedas, las zapatas se encontraban desgastadas en su totalidad, la bomba y el pedal se encontraban trabados; se realizó la restauración y puesta a punto del sistema en conjunto.

Figura 16

Restauración sistema de frenos



Nota. Se visualiza la restauración y puesta a punto de uno de los tambores del sistema de frenos.

En los tambores del vehículo Jeep Willys CJ3A se realizó el cambio de zapatas, resortes, acoples y cañerías; se realizó el ajuste acorde al freno de mano y a su vez se purgó todo el sistema; a partir de la restauración y puesta a punto del sistema de frenos se verificó que el sistema no tenga fugas de líquido de frenos en sus cañerías y

componentes. Se realizó una prueba de frenos a velocidades bajas, medias y altas constatando el correcto funcionamiento del sistema.

3.1.6. Sistema de suspensión

La restauración en el sistema de suspensión, figura 23, consideró la sustitución de amortiguadores y restauración del conjunto ballestas, a través de un proceso de tratamiento mediante elementos químicos de limpieza y antioxidantes de resinas fenólicas. Los amortiguadores fueron reemplazados tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante y se instaló con el torque recomendado. (Anexo 4).

Figura 17

Sistema de suspensión

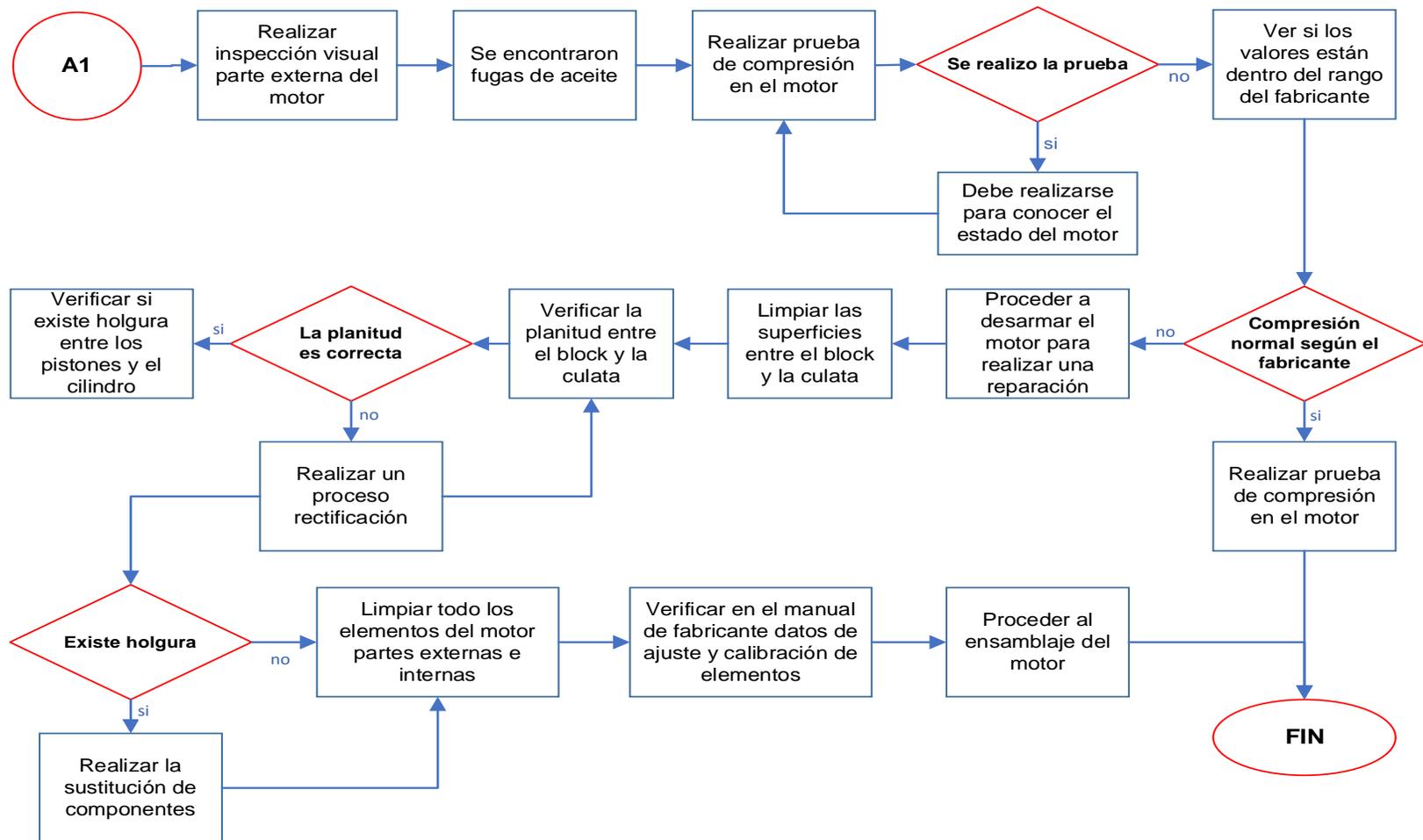


Nota. Se puede observar el sistema de suspensión en el estado en el que se encontraba y posteriormente el mantenimiento correctivo aplicado a al sistema de ballestas y el reemplazo de amortiguadores.

Para la estabilidad del vehículo en terrenos de primer y segundo orden es necesario que el sistema de amortiguación se encuentre en óptimas condiciones por lo que una vez realizado el mantenimiento correctivo de todo el sistema se evidenció una mejoría total en cuanto al comportamiento del vehículo en pruebas dinámicas aportando así a la seguridad y confort de los ocupantes.

Figura 18

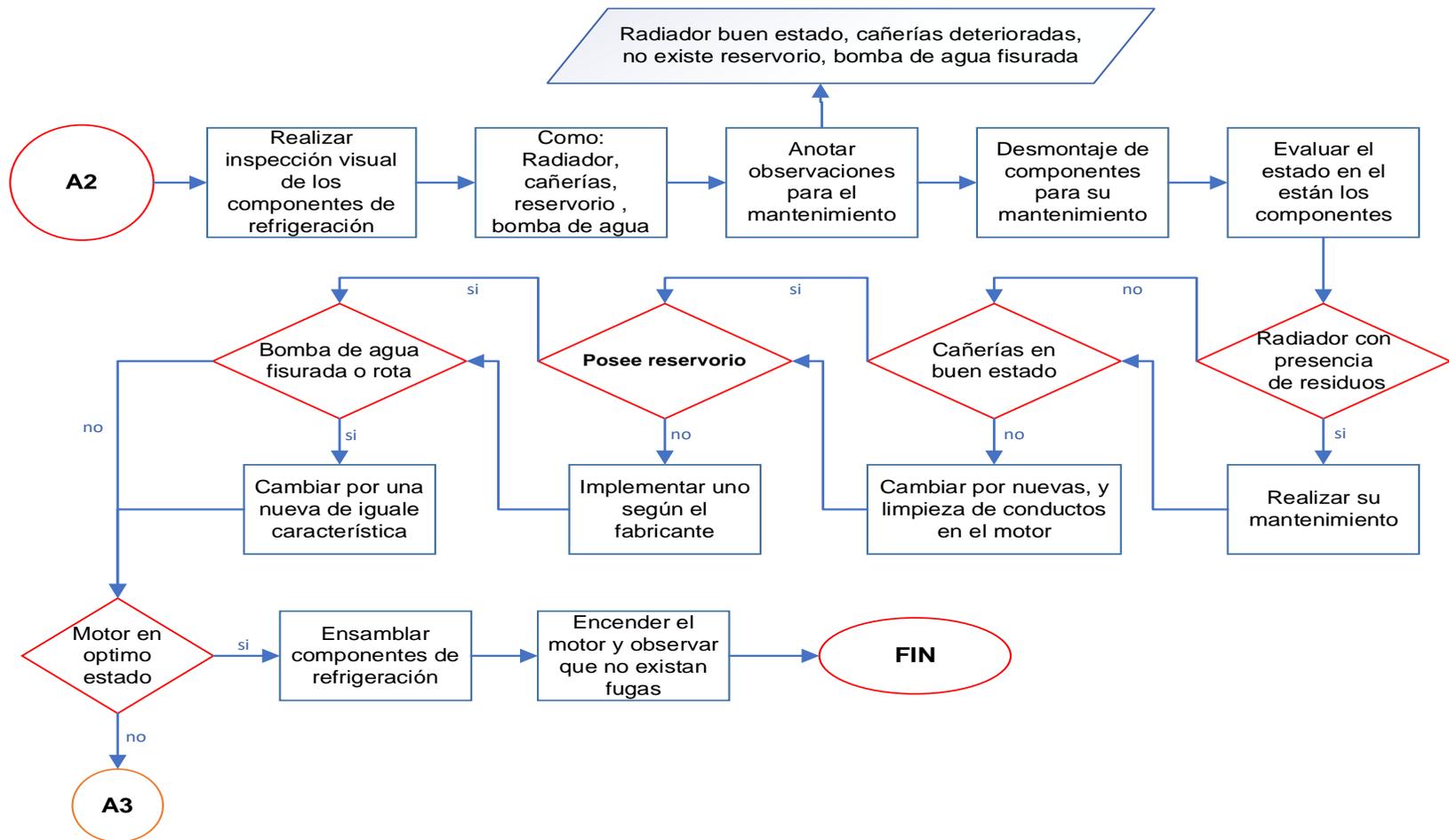
Diagrama de procesos de restauración del motor



Nota. En la ilustración se denomina A1 al proceso de restauración del motor, donde se realizó una rectificación y puesta a punto hasta tener la compresión recomendada por el fabricante.

Figura 19

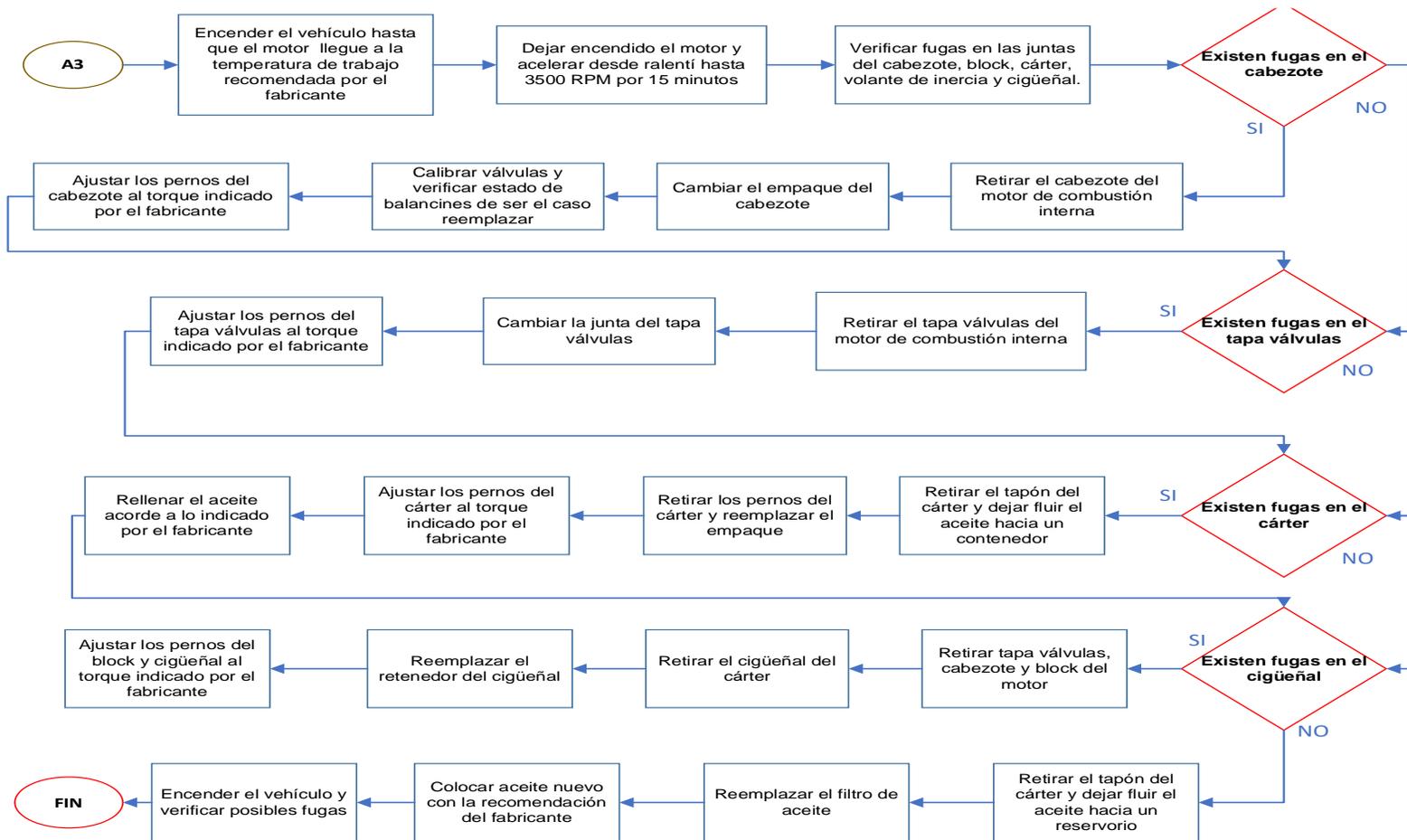
Diagrama de procesos de restauración del sistema de refrigeración



Nota. En la figura se denomina A2 al proceso de restauración del sistema de refrigeración donde se reemplazó cañerías y bomba, conjuntamente se realizó el mantenimiento de radiador y se aplicó refrigerante nuevo al sistema.

Figura 20

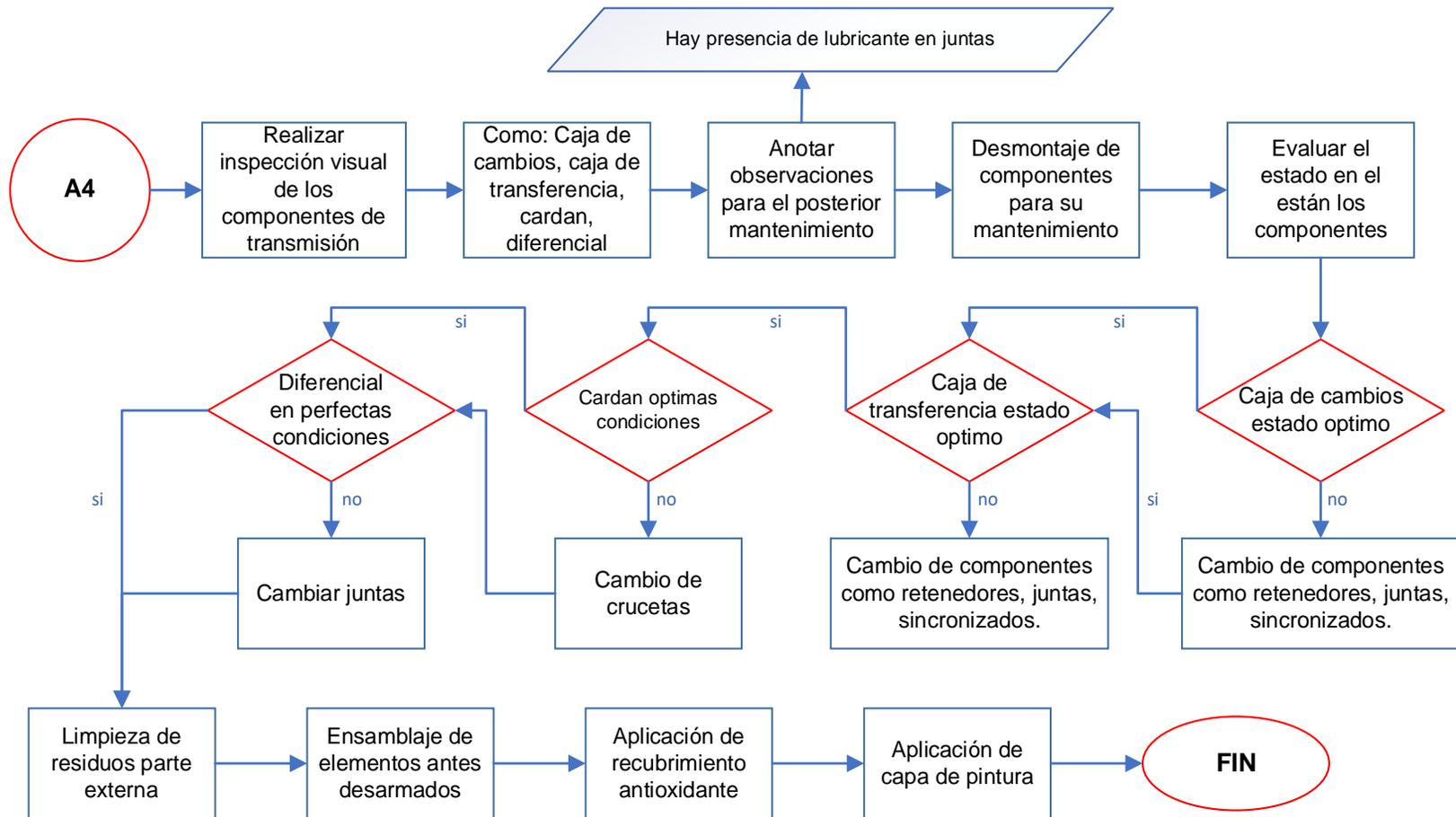
Diagrama de Flujo de restauración del sistema de lubricación



Nota. En la figura se denomina A3 a la restauración del sistema de lubricación donde se reemplazó empaques y juntas del motor eliminando así las fugas de aceite que se presentaban.

Figura 21

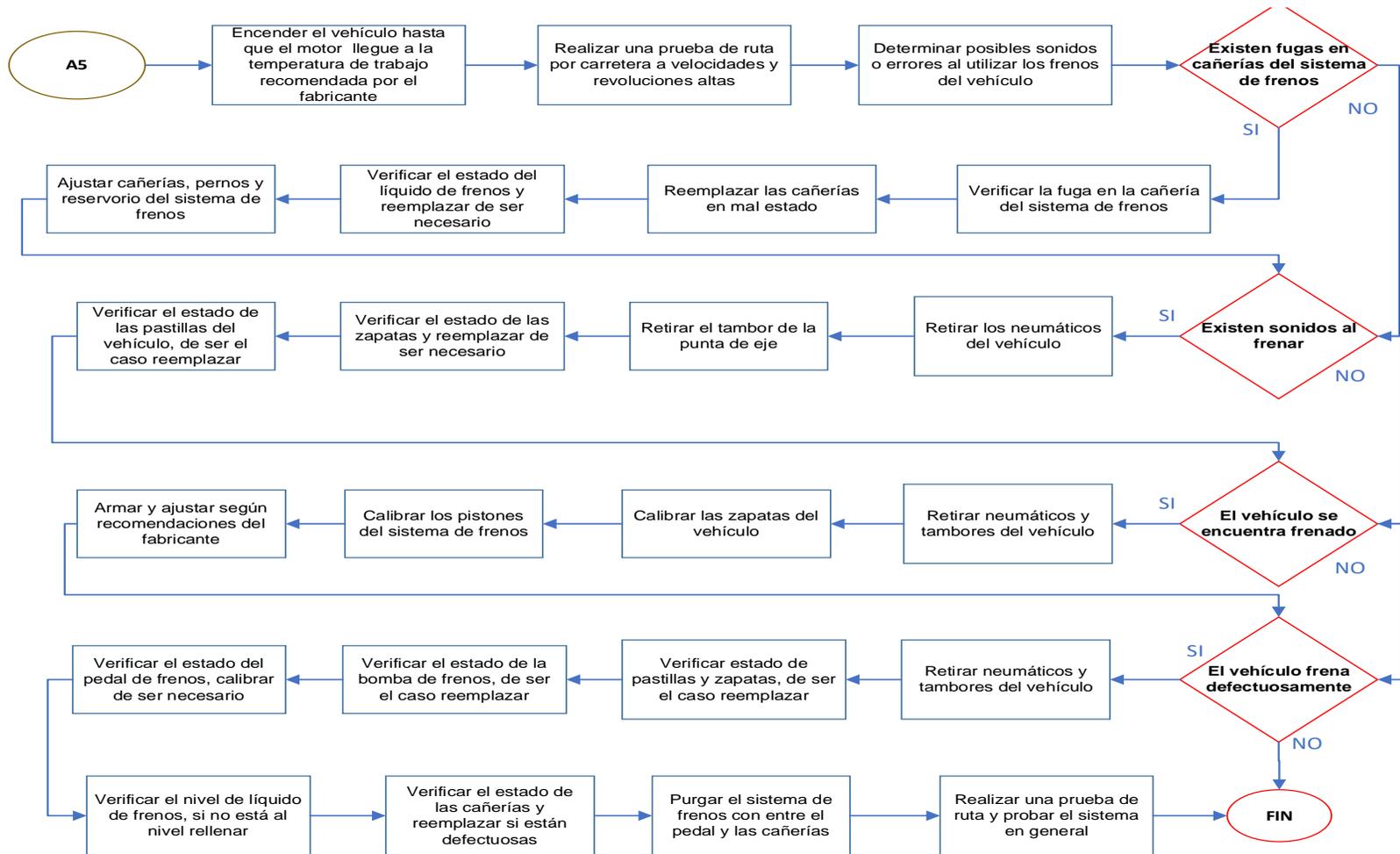
Diagrama de procesos de restauración del sistema de transmisión



Nota. En la ilustración se denomina A4 a la restauración del sistema de transmisión donde se desmontó todo el sistema y se realizó la puesta a punto y restauración de todos los componentes.

Figura 22

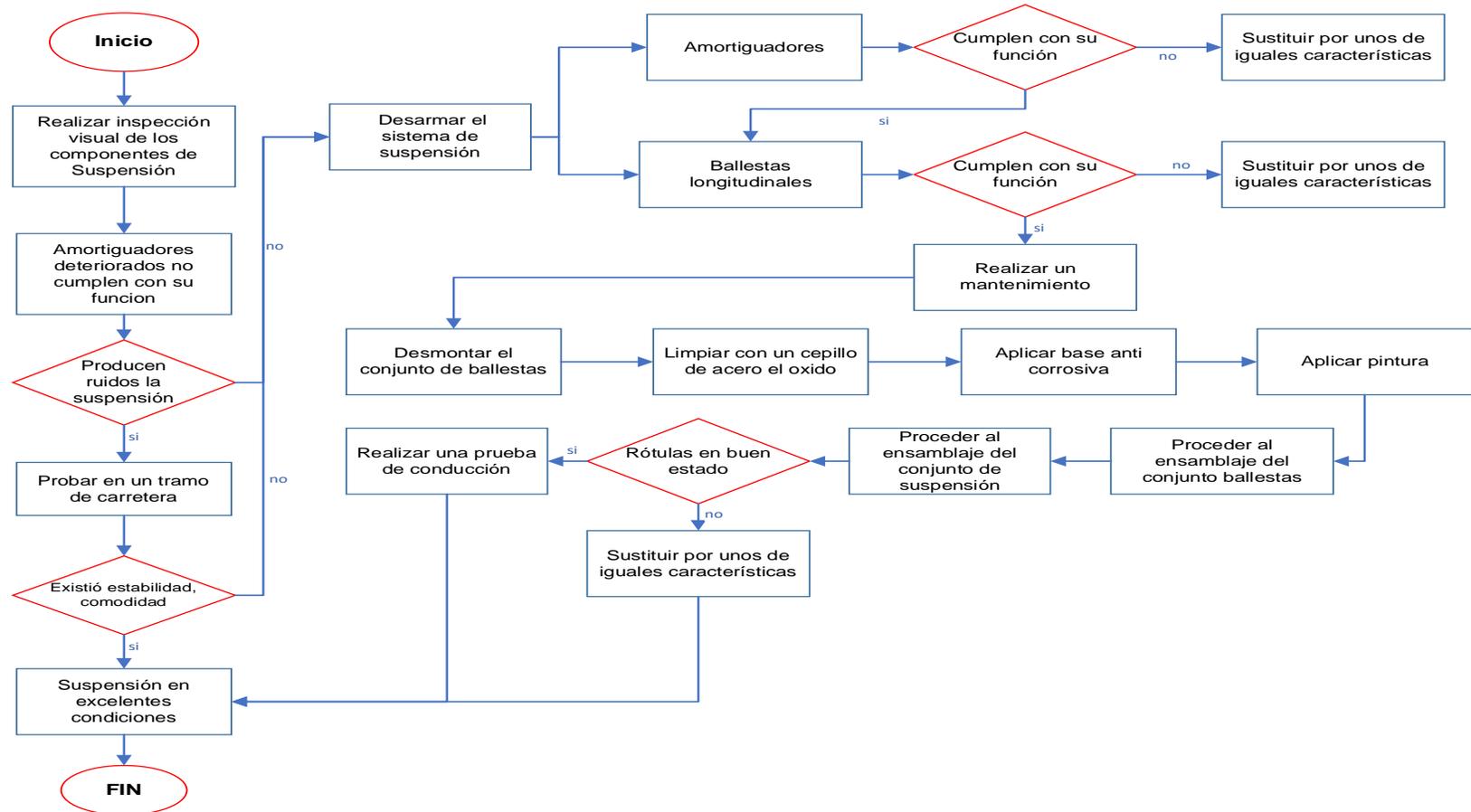
Diagrama de procesos de restauración del sistema de frenos



Nota. En la figura se denomina A5 al proceso de restauración de frenos, donde se reemplazó la bomba y a su vez se realizó el mantenimiento y puesta a punto de todos los componentes que conforman el sistema.

Figura 23

Diagrama de procesos de restauración del sistema de suspensión



Nota. En la figura se muestra el proceso llevado a cabo para la realización de la restauración del sistema de suspensión, donde se reemplazó los amortiguadores, se realizó la puesta a punto de ballestas y se sustituyó las rótulas.

3.1.7. Chasis

El proceso de restauración del bastidor del vehículo Jeep Willys CJ3A, figura 26, parte la verificación de problemas e irregularidades presentes en el componente donde se constata deformaciones en diferentes partes del chasis y óxido en su material por lo que se planifica una restructuración en su forma conjuntamente con la aplicación de una capa antioxidante para evitar así tener los mismos problemas a futuro.

Figura 24

Chasis del vehículo Jeep Willys CJ3A



Nota. En la parte posterior de la figura se muestra el chasis en proceso de reconstrucción y en la parte inferior se muestra el trabajo final del chasis, donde se evidencia la eliminación de deformaciones y óxido por sus alrededores.

Para montar la carrocería y todos los sistemas automotrices sobre el bastidor fue imprescindible la reparación y proceso de restauración en el componente aportando así una base sólida donde puede ser aplicada carga viva y muerta evitando las deformaciones por esfuerzos sometidos durante pruebas estáticas y dinámicas con la finalidad de tener un vehículo estructuralmente estable y capaz de soportar cargas en su interior.

3.1.8. Carrocería

La restauración de la carrocería, figura 27, parte de un proceso de verificación de problemas e irregularidades presentes en el componente donde se constata deformaciones y óxido, se planificó la reparación en su totalidad partiendo de eliminación de deformaciones, tratamiento de óxido, color verde, terminado mate y en su interior la aplicación de BT-LINER un recubrimiento para trabajo de alto impacto.

Figura 25

Restauración de carrocería

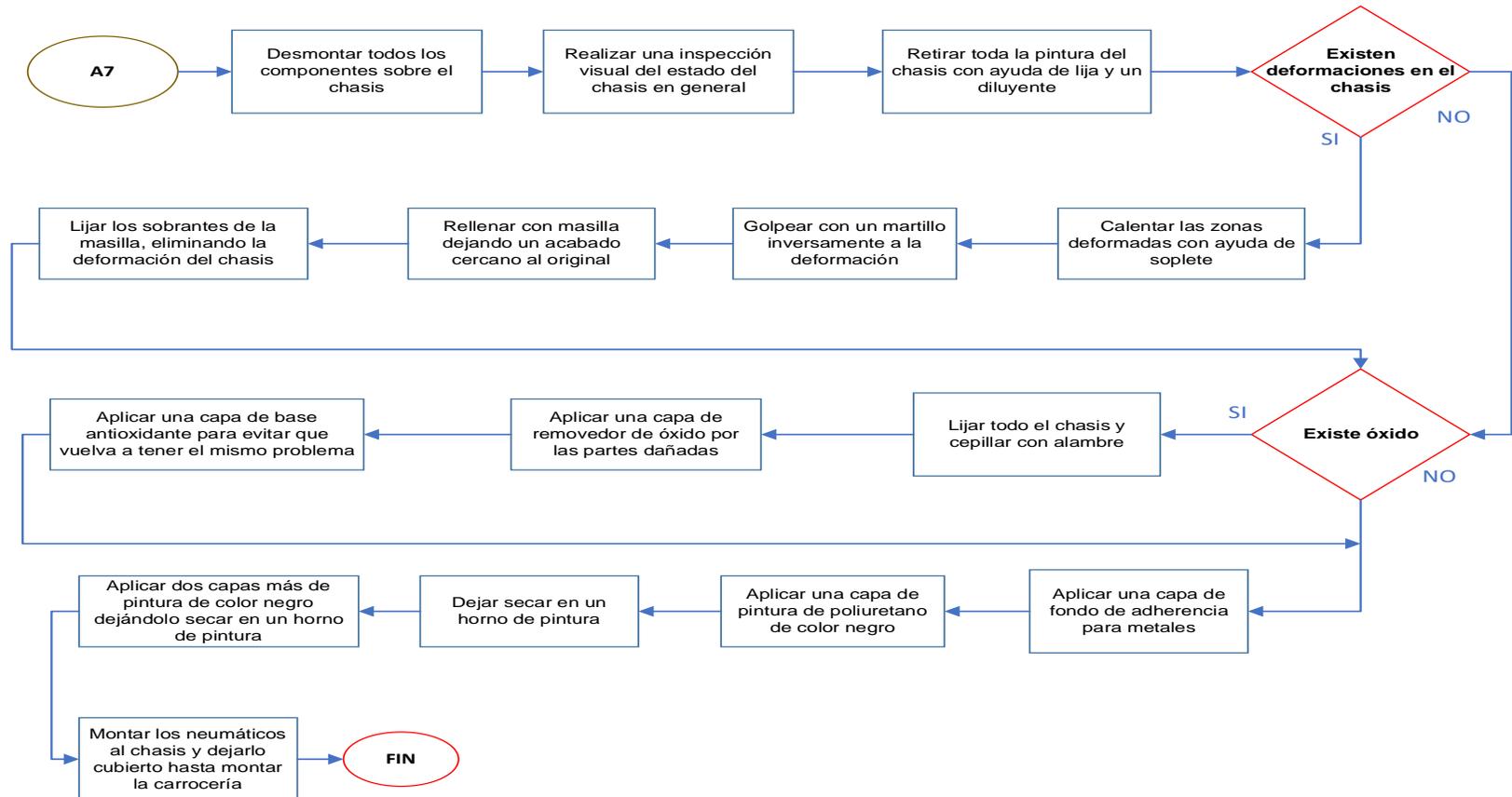


Nota. En la imagen superior se visualiza el proceso de restauración de la carrocería mientras que en la imagen inferior se visualiza la reparación total de la carrocería manteniendo la originalidad.

Se realizó la restauración de la carrocería en su totalidad, retirando y corrigiendo las deformaciones, aplicando una capa de protección oxidante compuesto por resinas alquídicas, fenólicas y epóxicas; aplicando una capa de pintura base de poliuretano para finalmente colocar tres capas de pintura color verde dejando un acabado mate.

Figura 26

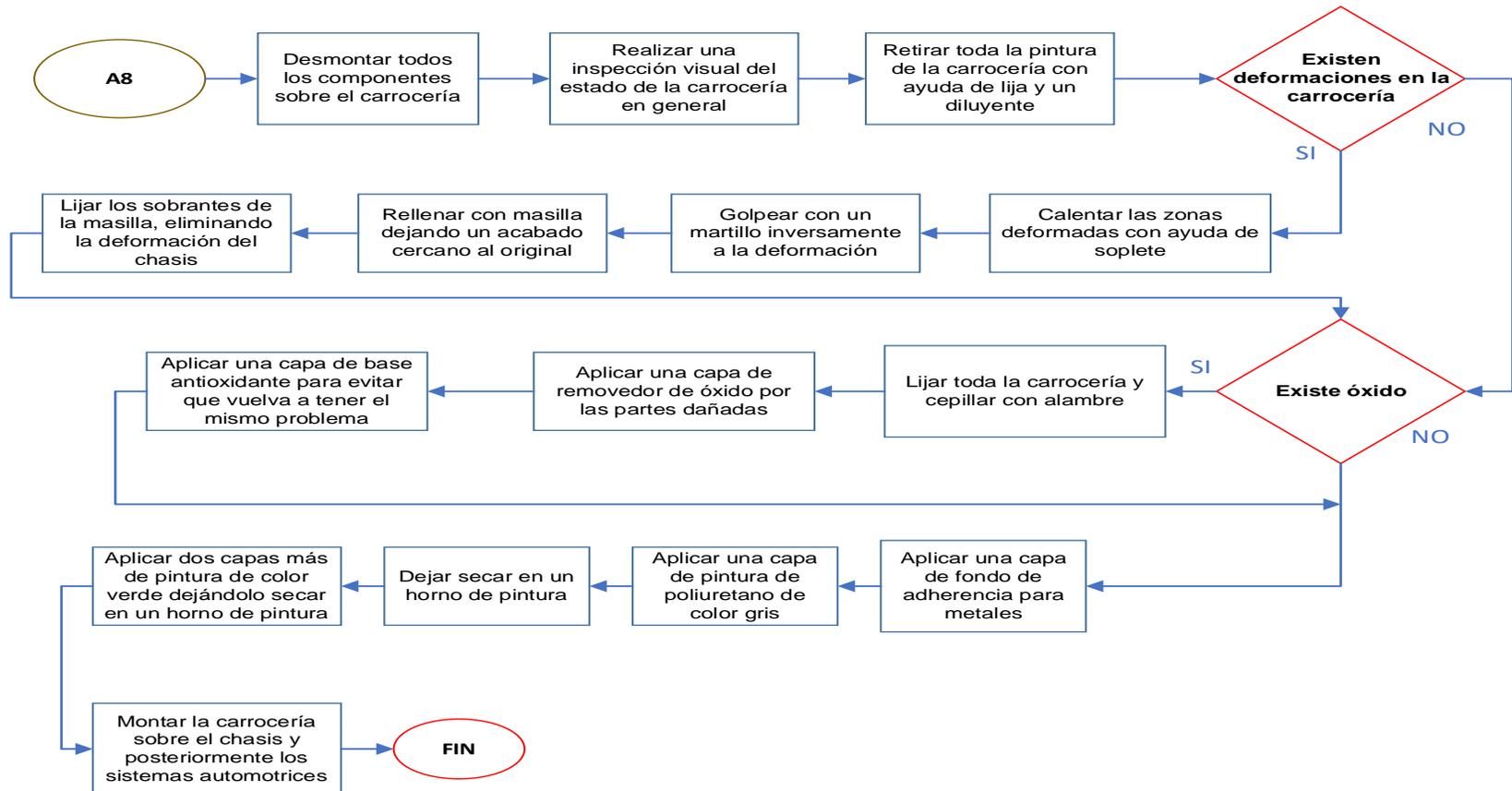
Diagrama de procesos de restauración del chasis



Nota. En la figura muestra el proceso de restauración del chasis donde se aplicó antioxidante y se corrigió las deformaciones terminado en condiciones ideales para el montaje de los sistemas del vehículo.

Figura 27

Diagrama de procesos de restauración de carrocería



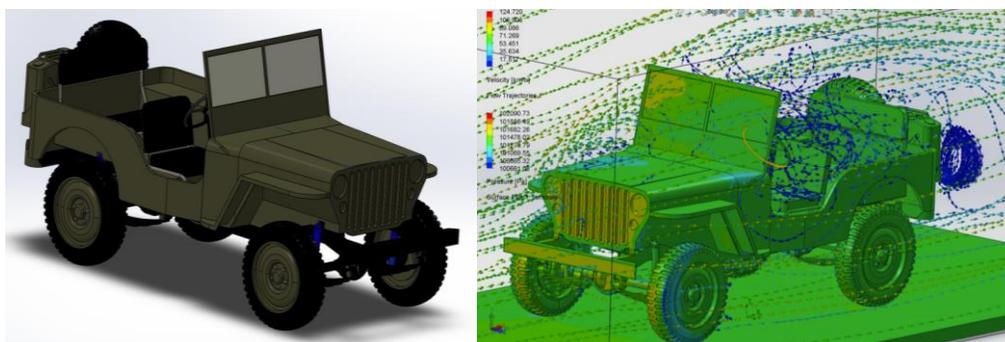
Nota. Se muestra el proceso para la restauración de la carrocería donde su principal problema era las deformaciones y óxidos presentes, por lo que se tomó las correcciones detalladas.

3.2. Análisis Asistido por computador de la restauración

Se realizó un análisis de la carrocería mediante ingeniería asistida por computadora para determinar el comportamiento de las condiciones ideales del vehículo Jeep Willys CJ3A después de su restauración y su incidencia con el uso de los carburantes gasolina y GLP.

Figura 28

Simulación por CAD del vehículo Jeep Willys CJ3A

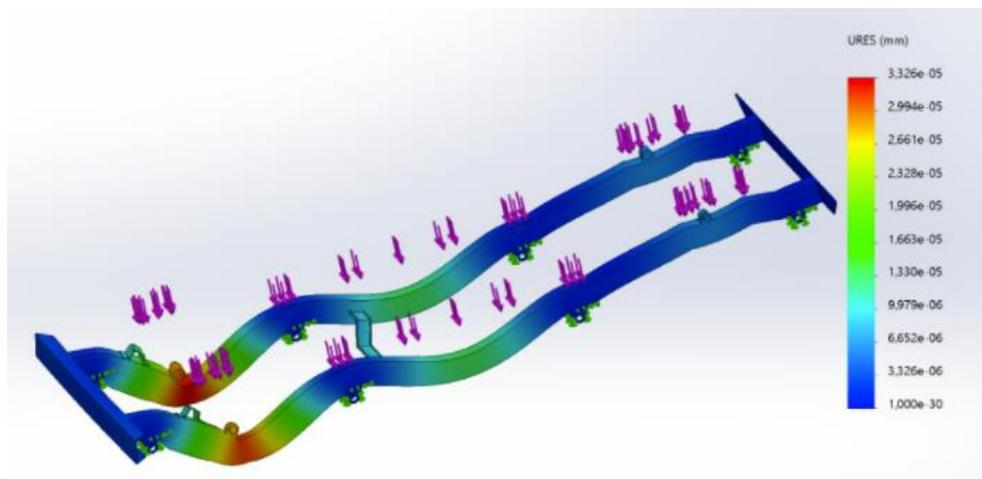


Nota. En la imagen se visualiza la simulación aerodinámica y el comportamiento de flujo turbulento de aire en la carrocería y bastidor del vehículo Jeep Willys CJ3A.

Se realizó el modelado de la carrocería en conjunto con el bastidor y sus sistemas automotrices, donde se sometió a un análisis aerodinámico de flujo turbulento aplicando una velocidad promedio de $75 \frac{km}{h}$ en condiciones normales, para simular el comportamiento del vehículo, evidenciando que por el diseño de la época la mayor carga se ve en el frontal e interior del vehículo mientras que en los laterales el flujo de aire es normal, esto debido que en la época de construcción no se tomaban aspectos de aerodinámica como en la actualidad.

Figura 29

Simulación por CAD del bastidor del vehículo Jeep Willys CJ3A



Nota. En la imagen se visualiza la simulación de esfuerzo – deformación que presenta el bastidor al aplicar la carrocería y sistemas automotrices del vehículo Jeep Willys CJ3A.

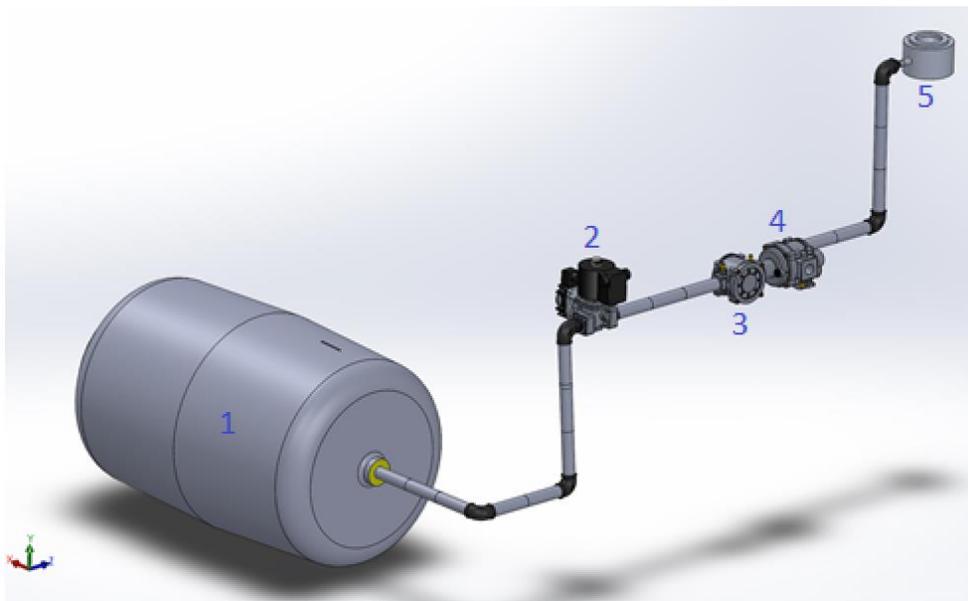
Se realizó el modelado del bastidor considerando el material de fabricación SAE 1025, donde se sometió a condiciones de carga y esfuerzo provocados por los sistemas automotrices, para simular el comportamiento y verificar puntos críticos de distorsión que se encontró el mayor esfuerzo producido en el chasis; evidenciando que el punto crítico del chasis se encuentra en la parte frontal de los largueros mientras que en la parte posterior se encuentra en condiciones ideales.

3.3. Sistema combinado de energía

El sistema combinado de energía es el resultado de dos medios de combustible utilizados, para el caso del vehículo Jeep Willys CJ3A como fuente de energía utiliza gasolina a partir de su sistema de alimentación por carburador; y como combustible auxiliar y alternativo en una combinación BI-FUEL el carburante GLP, a través de un sistema de alimentación único cuando el motor ha alcanzado su temperatura de funcionamiento.

Figura 30

Sistema combinado simulación por CAD



Nota. En la imagen se visualiza el sistema combina dual gasolina-GLP en el que consta de 1. depósito, 2. electroválvula, 3. filtro de GLP, 4. evaporador – reductor, 5. dosificador.

Se desarrolló la simulación en software de diseño para la demostración de los elementos los cuales está conformado el sistema combinado dual gasolina-GLP que se implementaron en el vehículo Jeep Willys CJ3A; con la finalidad de determinar el correcto funcionamiento del sistema en conjunto y en condiciones ideales.

3.4. Diagnóstico del sistema motriz

Previo a la instalación del sistema combinado se requiere realizar el diagnóstico del sistema motriz, especialmente en cuanto se refiere al motor de combustión interna para su correcto funcionamiento al utilizar dos carburantes como fuente de energía.

3.4.1. Pruebas de Compresión

Se desarrollo siete mediciones de compresión a cada uno de los cilindros del motor, figura 43, con la finalidad de evaluar el estado de los componentes fijos y móviles dentro del motor para así realizar la restauración, puesta a punto y reparación, previo a la implementación del carburante GLP.

Figura 31

Compresión del Motor del vehículo Jeep CJ-3A



Nota. Se presenta en la figura un medidor de presión con una escala en PSI en ella se demuestra la medición en el cilindro 1 donde se evidencia que se encuentra en un valor de 110 PSI.

A partir de la reparación del motor se puede observar el incremento de presión de compresión en todos los pistones en un 33.33% donde es ideal la instalación del sistema dual gasolina – GLP con el fin de determinar el comportamiento del motor al utilizar ambos carburantes.

Tabla 6*Compresión de motor*

PRUEBA 1		
Numero de cilindro	Compresión Antes (PSI)	Observación
1	98	Mal estado
2	89	Mal estado
3	83	Mal estado
4	93	Mal estado
5	85	Mal estado
6	93	Mal estado

Nota. En la tabla se observa 1 de las 5 pruebas realizadas para el análisis de la compresión del vehículo donde se determinó el estado de los componentes fijos y móviles del motor de combustión interna BF - 161.

En la tabla 6 se detalla la medición de compresión del motor en condiciones iniciales, donde se evidenció una baja compresión por lo que se planificó la reparación menor de tipo mecánico al motor, reemplazo de guías de válvulas, válvulas, rines y juntas con la finalidad de obtener una compresión acorde a las sugeridas por el fabricante. Realizado estos cambios se verifica que la compresión en general del motor se incrementó un 33.33% donde es ideal la instalación del sistema GLP.

3.4.2. Pruebas de Vacío

Se desarrollo siete mediciones de vacío en cada cilindro del motor, Figura 44, es necesario realizar una prueba de vacío al motor para comprobar posibles fallas de hermeticidad los cuales pueden influir directamente en el comportamiento del motor provocando fallas en la utilización de GLP o gasolina como carburante.

Tabla 7

Prueba de vacío realizadas en el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A

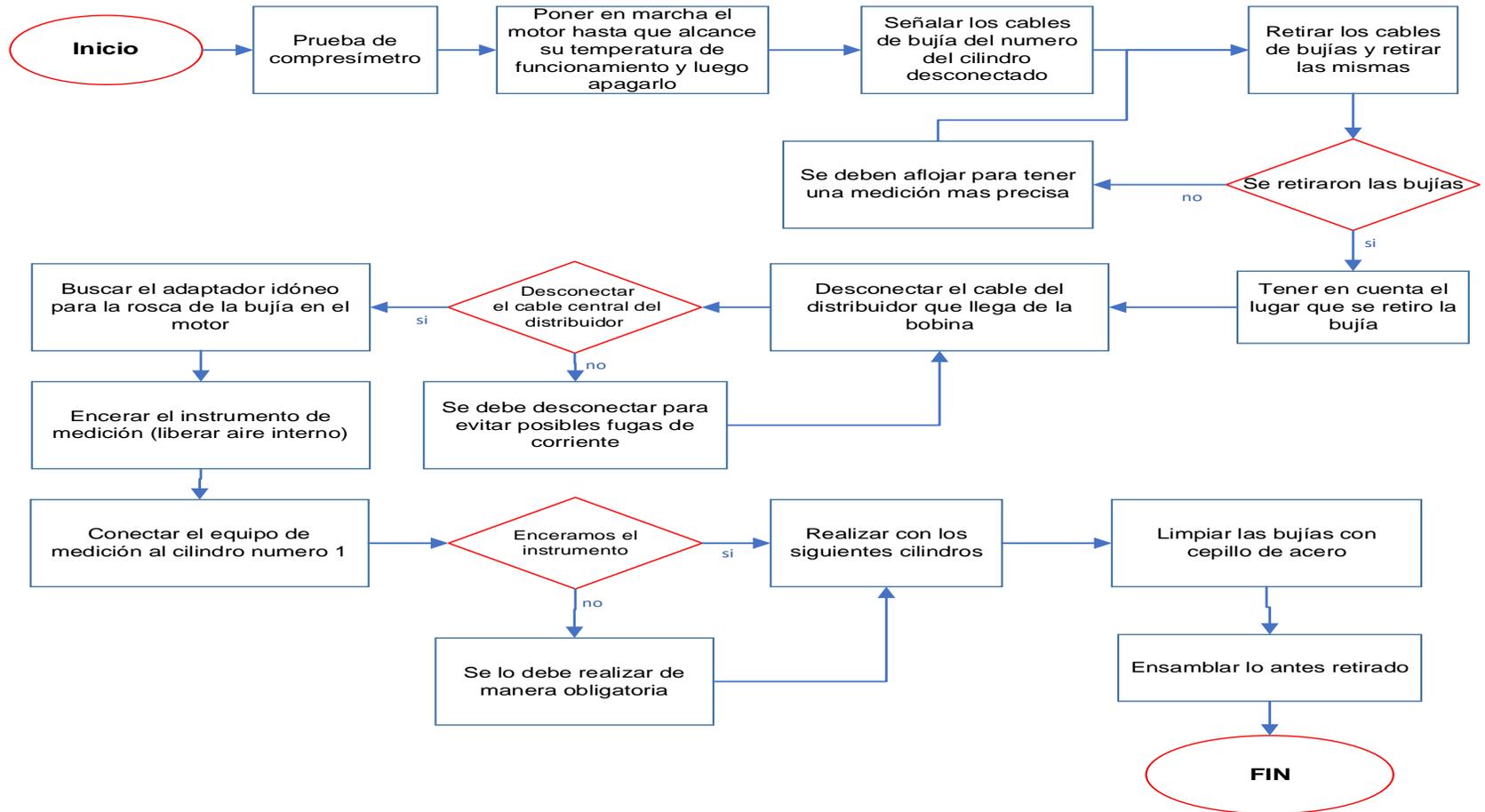
Prueba de Vacío	Valores de medición (in-Hg de vacío)	Observación/Estado
Vacío en arranque	5	Fugas en cañerías de admisión
Vacío en ralentí	15	Fugas en válvulas y guías de válvulas
Vacío durante la aceleración brusca	1	Normal
Vacío establecido en aceleración brusca	25	Fugas en anillos de pistones
Vacío a altas revoluciones	15	Normal

Nota. En la tabla se muestran los valores iniciales de la prueba 1 de 7 de medición de vacío en in-Hg de vacío cuando el motor de combustión interna del vehículo Jeep Willys CJ3A se encontraba sin ningún reajuste en su composición.

Las pruebas iniciales de vacío en el motor de combustión interna del vehículo Jeep Willys CJ3A daban como resultado la pérdida de hermeticidad en el sistema especialmente al ralentí, en arranque y al realizar aceleraciones bruscas por lo que se evidenciaba problemas de fugas en las guías de válvulas, válvulas, anillos de pistones y cañerías de admisión. Se realizó el reemplazo de los componentes; comprobando así que el sistema se encontraba sin fugas de vacío.

Figura 32

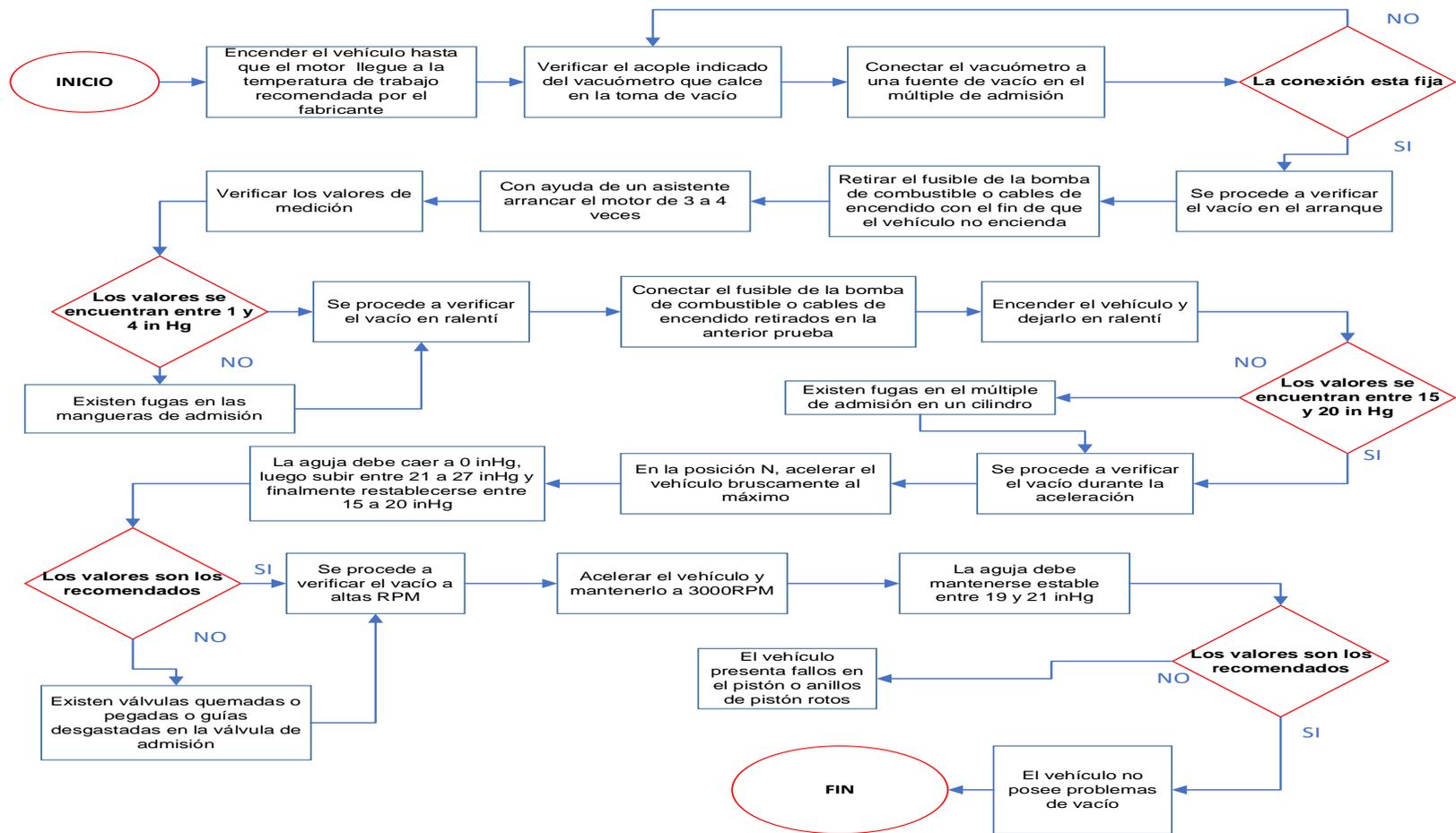
Diagrama de procesos de prueba de compresión



Nota. En la ilustración se detalla los pasos a seguir para realizar la correcta prueba de compresión en el motor Jeep Willys CJ3A y los posibles problemas que pueda presentar.

Figura 33

Diagrama de procesos de la medición de vacío del motor Jeep Willys CJ3A



Nota. En la ilustración se detalla los pasos a seguir para realizar la correcta prueba de vacío en el motor Jeep Willys CJ3A y los posibles problemas que pueda presentar.

3.5. Combustibles

Los combustibles utilizados como carburantes para el motor de combustión interna del vehículo Jeep Willys CJ3A es la gasolina con un depósito cuya capacidad es de 10,7 Gal. y un depósito de GLP en el cual su almacenamiento es de 40 kg con un margen de llenado máximo del 80%. Con los dos carburantes se probó el funcionamiento del vehículo en aspectos de desempeño tales como torque, potencia, consumo y emisiones a fin de validar lo establecido en los parámetros mínimos de acuerdo a la ficha técnica especificada por el fabricante.

3.6. Sistema de alimentación de combustible GLP

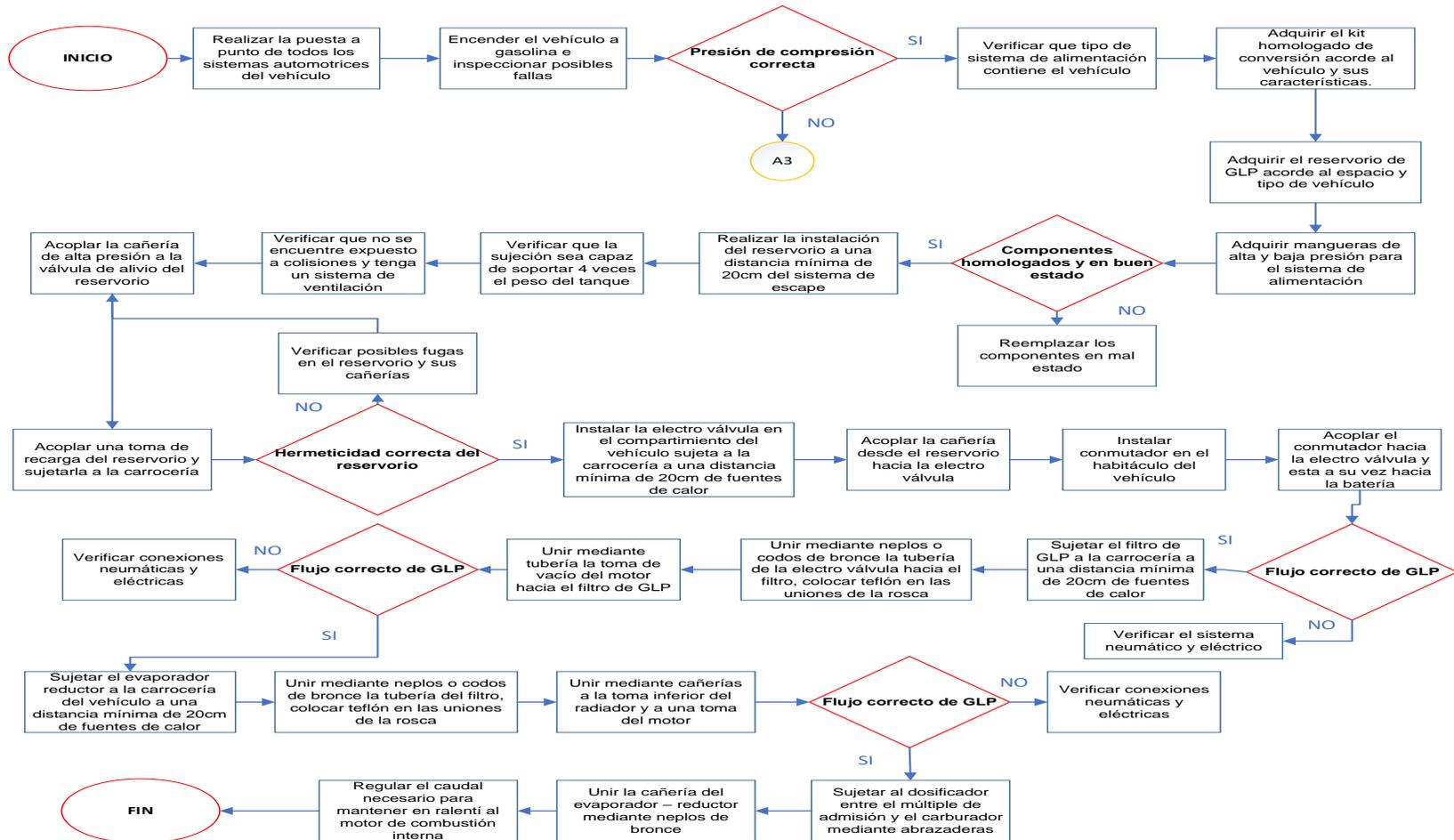
El sistema de alimentación de combustible GLP que está implementado en el motor BF – 161 como carburante BI-FUEL considera dos líneas de trabajo una de alta presión y otra de baja presión, los cuales están estructurados a partir de un depósito, electroválvulas, reductor vaporizador, filtro, cañerías de baja y alta presión y dosificador.

3.6.1. Diseño del sistema GLP

En la inyección de carburante de un sistema dual Gasolina – GLP influyen varios factores, en el caso de la instalación en el vehículo Jeep Willys CJ3A la inyección es de tipo mono punto tanto en gasolina como en GLP existen diferentes presiones, temperatura, caudal másico, etcétera. A continuación, se muestra la simulación con ayuda del software SolidWorks el funcionamiento del sistema dual.

Figura 34

Diagrama de procesos de la implementación del sistema de alimentación GLP



Nota. En la ilustración destaca el proceso para la implementación de un sistema GLP a un vehículo con motor de combustión interna con sistema de alimentación por carburador.

Figura 35

Simulación funcionamiento sistema dual Gasolina – GLP dentro de la cámara de combustión



Nota. En la imagen se muestra el flujo de carburante ingresando a la cámara de combustión.

Se realizó el modelado de uno de los seis cilindros del motor BF- 161 trabajando con GLP como carburante en el tiempo de admisión, donde se puede evidenciar el flujo turbulento que existe a partir del múltiple de admisión donde se encuentra la mezcla de aire – GLP y posteriormente como cambia a un flujo laminar dentro de la cámara de combustión obteniendo así una relación estequiométrica de 16:1. Se nota que la presión máxima de trabajo existe en el ingreso antes de la válvula de admisión, posteriormente se ve que el GLP se dispersa por lo que la presión disminuye.

Tabla 8

Valores de funcionamiento del sistema dual Gasolina-GLP en el proceso de combustión

Nombre	Unidad	Valor	Valor Promedio	Valor Min	Valor Max
Presión GLP	(Pa)	160,92	964,82	22,91	2568,26
Presión Gasolina	(MPa)	51,26	51,27	51,26	51,29
Temperatura GLP	(°C)	592,73	588,65	582,39	592,73
Temperatura Gasolina	(°C)	740,52	740,64	739,89	741,19
Velocidad GLP	$\left(\frac{m}{s}\right)$	1312,56	1312,56	1312,56	1312,56
Velocidad Gasolina	$\left(\frac{m}{s}\right)$	531,26	528,63	524,77	531,41
Masa GLP	(g)	0,11	0,12	0,11	0,13
Masa Gasolina	(g)	0,10	0,11	0,10	0,13

Nota. En la tabla se muestra los valores producto de la simulación del funcionamiento de Gasolina y GLP dentro de la cámara de combustión.

Se evidencia los valores mínimos, promedios y máximos de las diferentes variables que provoca la combustión de los dos carburantes expuestos en el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A. La presión de GLP es menor a la presión de Gasolina, la temperatura al utilizar gasolina se incrementa a comparación del GLP, la velocidad de inyección de GLP es mucho más rápida ya que es un gas a comparación de la gasolina que es un fluido, la masa de aire en GLP es mucho menor a comparación que cuando se utiliza gasolina. Obteniendo así una mejor carburación con el uso de GLP a comparación del uso de gasolina.

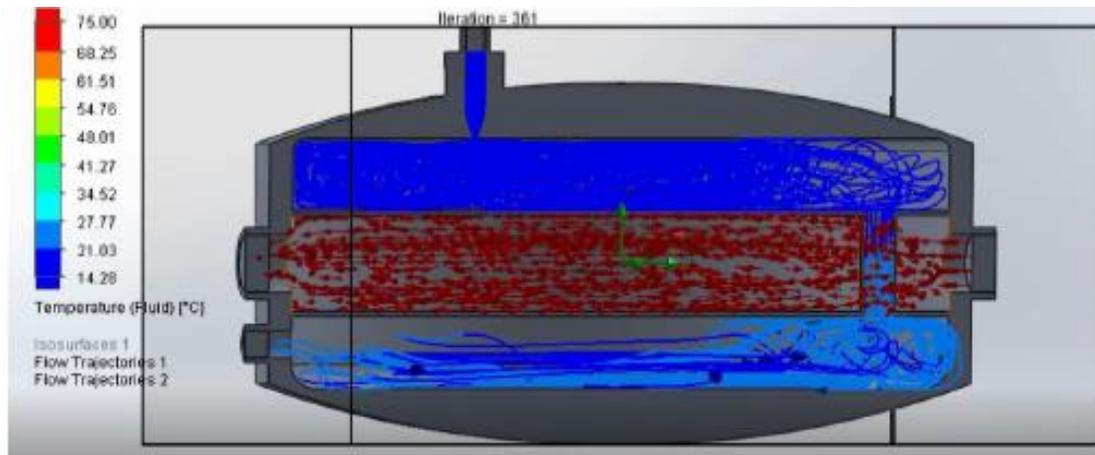
3.6.2. Diseño de Evaporador – reductor

El evaporador-reductor tiene como principal función en el circuito de GLP la reducción de presión de este carburante, a la entrada del evaporador-reductor la presión es de aproximadamente 312 PSI y se reduce a 30 PSI (Anexo 1). Otra función importante de este componente es evitar que el GLP llegue a estado

líquido o a su punto de congelamiento, esto lo logra gracias a que por su interior fluye el refrigerante en una toma del radiador y otra hacia el motor de combustión interna.

Figura 36

Simulación Evaporador – Reductor Jeep Willys CJ3A



Nota. El gráfico representa el funcionamiento interno del evaporador – reductor, cuando internamente tiene GLP como carburante y agua como refrigerante.

La primera etapa de trabajo del evaporador – reductor es llegar a 30 PSI a partir de 312 PSI lo logra gracias a las cámaras que posee internamente por reducciones de diámetro. La segunda etapa de trabajo de la válvula interviene la temperatura del refrigerante del motor que es de 85 °C a 90 °C esta temperatura es importante ya que mantiene el calor necesario para evitar la condensación del GLP y por medio del intercambiador de calor contrarresta el efecto refrigerante, manteniendo la vaporización.

Tabla 9*Condiciones mínimas y máximas del funcionamiento del evaporador - reductor*

Variable	Valor Mínimo	Valor Máximo
Densidad del fluido ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	501,13	992,64
Presión (kPa)	132,58	1728,21
Temperatura (fluido) ($^{\circ}\text{C}$)	9,44	90,00
Velocidad ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$)	0,00	55,10
Vorticidad ($\frac{1}{\text{s}}$)	0,03	11057,44
Flujo de calor ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$)	410,86	377456,79
Coefficiente de transferencia de calor ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$)	17,99	253886,20

Nota. En la tabla se muestra los valores producto de la simulación de GLP dentro del evaporador por medio de dinámica de fluidos a través del software utilizado.

Cuando el GLP se encuentra dentro del evaporador – reductor se evidencia un cambio de alta presión a baja presión por medio de las cámaras internas que este componente posee, además se verifica que la velocidad se incrementa a partir del ingreso de carburante, por otro lado, el flujo de calor a medida que avanza, por medio de las cañerías de refrigeración de motor, se incrementa hasta llegar a estabilizarse evitando así la condensación de GLP en las cañerías y los componentes del sistema.

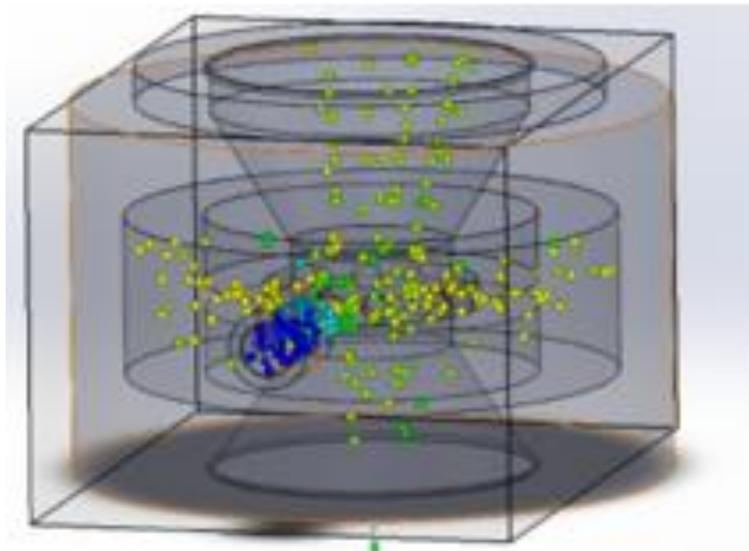
3.6.3. Diseño de Dosificador de GLP

El dosificador o también llamado mezclador es el último componente en el circuito de GLP, el carburante se encuentra a una presión aproximada de 8 MPa (Anexo 2). Su función es la mezcla de aire-GLP y dosificación hacia las cámaras de combustión del motor. Es importante que este componente cumpla el efecto Venturi, este efecto consiste en la mezcla en proporciones adecuadas a cualquier régimen del motor, esto se da gracias a las dimensiones de la garganta y los orificios dentro del componente, el motor

además por efecto del vacío que provoca ayuda a que se desarrolle el ingreso al mezclado y al pasar por la garganta de Venturi se incremente la dosificación a medida del régimen del motor.

Figura 37

Simulación Dosificador Jeep Willys CJ3A



Nota. El gráfico representa la simulación de flujo laminar conjuntamente con el efecto Venturi que se provoca dentro del dosificador.

A partir de la simulación del dosificador instalado en el vehículo Jeep Willys CJ3A se pudo determinar el flujo laminar que ocurre en su interior conjuntamente con el efecto Venturi provocado por la disminución de diámetros, se determinó que la regulación debe realizarse al ralentí del motor estableciendo una relación de aire – GLP de 16:1.

Tabla 10*Condiciones mínimas y máximas del funcionamiento del dosificador*

Variable	Valor Mínimo	Valor Máximo
Densidad del fluido ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	1,83	1,83
Presión (kPa)	132,58	132,58
Temperatura (fluido) (°C)	9,44	90,00
Velocidad ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$)	55,10	1281
Vorticidad ($\frac{1}{\text{s}}$)	5,98	1447,90
Flujo de calor ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$)	410,86	377456,79
Coefficiente de transferencia de calor ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}$)	17,99	253886,20

Nota. En la tabla se muestra los valores producto de la simulación de GLP dentro del dosificador por medio de dinámica de fluidos a través del software utilizado.

Se evidencia los valores mínimos y máximos de las diferentes variables que se encuentran dentro del dosificador al momento de realizar la mezcla estequiométrica de 16:1, tomando en cuenta el efecto Venturi que ocurre a consecuencia del cambio de diámetros manteniendo la ley de presiones parciales, también por código de colores se puede evidenciar el cambio de presión al inicio del componente comparado con el incremento a la salida tomando en cuenta la velocidad de flujo y el coeficiente de calor que se ven afectados proporcionalmente acorde al régimen del motor.

3.7. Implementación sistema de alimentación GLP

Es necesario conocer las características del vehículo antes de la implementación del sistema de alimentación GLP, el automóvil Willys CJ3A al tener un sistema de alimentación por carburador y ser de tipo Jeep; se instaló un kit de tercera generación con un reservorio cilíndrico y en cumplimiento de la normativa NTE INEN 2311.

Figura 38

Proceso de instalación del sistema de alimentación por GLP



Nota. En la imagen se visualiza los todos los componentes del kit de tercera generación en una prueba de funcionamiento utilizando GLP como carburante.

Previo la instalación del kit de GLP se debe calibrar el motor de combustión interna y todos los sistemas del vehículo, figura 45, es importante que la compresión del motor no sea inferior a un 25% de la recomendada por el fabricante ya que con este problema no combustionaría el GLP. Una vez el vehículo se encuentre en buen estado mecánico es indispensable reconocer el tipo de kit a instalar, en el caso del Jeep Willys CJ3A se instaló un kit de tercera generación. Cada vez que se realice la instalación de un componente del kit es necesario comprobar el flujo de GLP revisando el sistema neumático y el sistema eléctrico. Al tener instalado todos los componentes se debe

calibrar el dosificador a ralentí del vehículo tomando en cuenta que funcionará tanto a gasolina como a GLP.

3.7.1. Instalación de reservorio

El reservorio de GLP se encuentra ubicado en la parte posterior del vehículo sobre la carrocería bajo los asientos de los acompañantes, la instalación del reservorio de GLP en el vehículo Jeep Willys CJ3A se lo realizó acorde a la normativa NTE INEN 2311: 2008. Tomando en cuenta que la ubicación del reservorio con respecto al sistema de escape se encuentra a 40 cm y las sujeciones son capaces de soportar 4 veces el peso del tanque con una capacidad de 32 kg.

Figura 39

Instalación del reservorio en el vehículo Jeep Willys CJ3A



Nota. En la figura se visualiza la instalación del reservorio de GLP por medio de bandas en sus extremos y con la habitación del acople rápido para su reposición de combustible GLP.

3.7.2. Instalación de filtro GLP

El filtro de GLP se encuentra ubicado en el compartimiento del motor sujetado mediante pernos al lado izquierdo de la carrocería, la instalación se la realizó acorde a la recomendación del fabricante (Anexo 2) y según la normativa NTE INEN 2311: 2008. Se lo situó de forma vertical, se encuentra a una distancia de 38 cm del sistema de escape y fuentes de calor aledañas, las cañerías de color rojo que fluyen el GLP dentro del componente son capaces de soportar 34.5 kPa, también existe una cañería de color negro la cual proporciona la toma de vacío del motor.

Figura 40

Instalación de filtro de GLP en el vehículo Jeep Willys CJ3A



Nota. En la imagen se visualiza la instalación del filtro de GLP por medio de pernos sujetado a la carrocería del vehículo.

3.7.3. Instalación de evaporador – reductor

El evaporador – reductor de GLP se encuentra ubicado en el compartimiento del motor sujeto mediante pernos a una base metálica al lado izquierdo de la carrocería, la instalación se la realizó acorde a la recomendación del fabricante (Anexo 1) y según la normativa NTE INEN 2311: 2008. Se encuentra situado de forma horizontal, a una

distancia de 43 cm del sistema de escape y fuentes de calor aledañas, las cañerías las cañerías que fluyen el GLP dentro del componente son de color negro capaces de soportar 34.5 kPa, mientras que las cañerías de color rojo son las que fluyen el refrigerante.

Figura 41

Instalación de evaporador - reductor de GLP en el vehículo Jeep Willys CJ3A



Nota. En la imagen se visualiza la instalación del evaporador - reductor de GLP por medio de pernos sujetado a la carrocería del vehículo y sus conductos de refrigeración de color rosado ubicado en los laterales.

3.7.4. Instalación de cañerías

Las cañerías de GLP de marca se encuentran divididas en dos funciones, las de alta presión las cuales son capaces de soportar hasta 34.5 kPa con un factor de seguridad de 5:1, ubicadas desde el reservorio hasta el evaporador -reductor de color negro, el otro tipo de cañería se encuentra en el sistema de baja presión, refrigeración y toma de vacío las cuales cumplen los requisitos en la normativa NTE INEN 2310.

Figura 42

Instalación cañerías en el vehículo Jeep Willys CJ3A



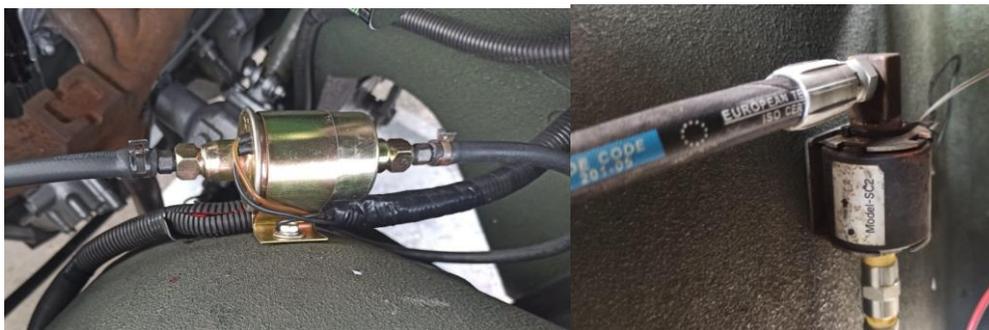
Nota. En la imagen se visualiza la instalación de cañerías de baja, alta presión y conexiones de vacío tomadas del múltiple de admisión hacia el filtro de GLP.

3.7.5. Instalación de electro válvulas

Existen dos electro válvulas en el sistema dual gasolina – GLP en el vehículo Jeep Willys CJ3A. La primera se encarga de comandar el sistema de GLP dejando o no pasar el carburante según la necesidad del piloto, por otra parte, la segunda electro válvula se encarga del paso de gasolina hacia el motor de combustión interna. Ambas se encuentran ubicadas en el compartimiento del vehículo sujetadas con pernos cerca de los componentes de sus respectivos sistemas de carburación.

Figura 43

Instalación de electro válvulas en el vehículo Jeep Willys CJ3A



Nota. En la imagen se visualiza la instalación de la electro válvula de gasolina y la de GLP sujetas a la carrocería del vehículo Jeep Willys CJ3A.

3.7.6. Instalación de dosificador

El dosificador de GLP se encuentra ubicado entre el múltiple de admisión y el carburador, la instalación se la realizó acorde a la recomendación del fabricante (Anexo 3) y según la normativa NTE INEN 2311: 2008. Se encuentra situado de forma vertical, a una distancia de 60cm de fuentes de calor aledañas. La calibración de caudal se la realizó a ralentí.

Figura 44

Instalación del evaporador en el vehículo Jeep Willys CJ3A



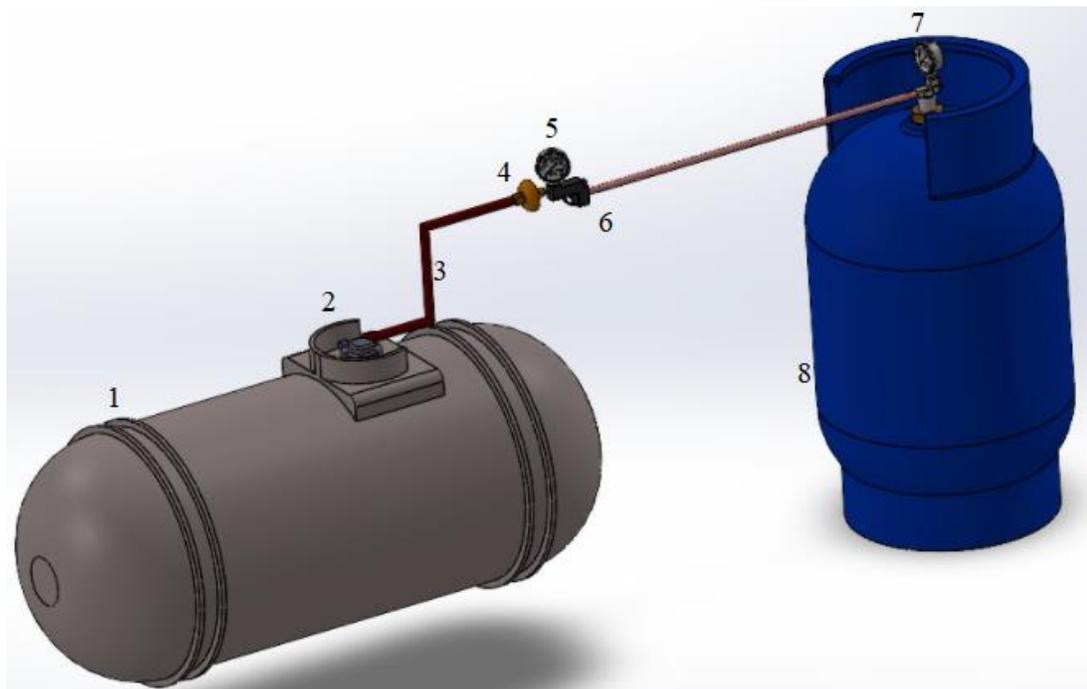
Nota. En la imagen se visualiza la instalación del evaporador de GLP entre el múltiple de admisión y el carburador del vehículo con su respectiva conexión proveniente del evaporador.

3.8. Llenado del reservorio de GLP mediante kit de trasvase

En Ecuador no existe una recarga de tanque de GLP como lo hay para reservorios de gasolina, por lo que es imprescindible disponer de un kit de trasvase el cual nos permitirá realizar la recarga del reservorio de GLP con ayuda de un tanque comercial de GLP, esto se lo realizará acorde a la normativa NTE INEN 1 537:2001. Y mediante un previo diseño de los componentes comprobando así el funcionamiento del kit en condiciones ideales.

Figura 45

Diseño del kit de trasvase para el llenado del reservorio de GLP



Nota. En la imagen se visualiza el diseño de los componentes del kit de trasvase mediante elementos finitos con ayuda de ingeniería asistida por computadora donde 1. Reservorio de GLP, 2. Válvula de llenado, 3. Cañería, 4. Válvula unidireccional, 5. Manómetro, 6. Manguera de dosificación, 7. Válvula de cilindro comercial, 8. Cilindro comercial de GLP.

Mediante el diseño del kit de trasvase se puede evidenciar la cantidad de elementos necesarios para que la recarga sea exitosa, además es importante evidenciar que la recarga se efectúa por igualación de presiones por lo que si ambos cilindros tienen la misma presión no se efectuaría la recarga, debe existir una válvula de seguridad y antirretorno para evitar que el GLP regrese del reservorio al cilindro comercial; y para el proceso de recarga el vehículo debe estar alejado como mínimo 1 m de fuentes de calor aledañas.

Capítulo IV.

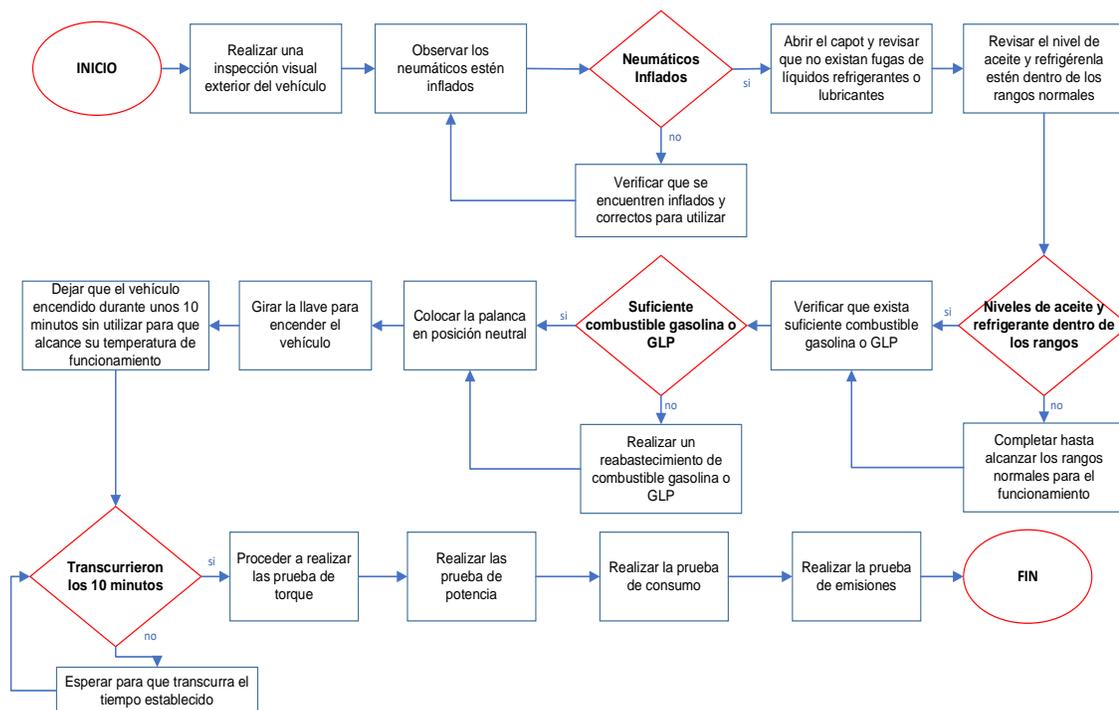
4. Pruebas del sistema dual gasolina- GLP vehículo Jeep Willys CJ3A y análisis gráfico

4.1. Pruebas Sistema Gasolina - GLP

Para la realización de las diferentes pruebas en el vehículo con el sistema dual gasolina-GLP se utilizó dos combustibles denominado gasolina extra que contiene una cantidad de 85 octanos a 87 octanos y carburante GLP que consta principalmente de butano y propano.

Figura 46

Diagrama de procesos de pruebas



Nota. En el diagrama se visualiza un proceso de secuencia seguido para la realización de pruebas a manera general en el vehículo con diferente combustible y a varias revoluciones.

Se realizar una inspección externa e interna del vehículo verificando el estado de neumáticos, nivel de aceite del motor, nivel del refrigerante consten en las cantidades adecuadas de funcionamiento para no ocasionar fallos al momento de llevar a cabo las diferentes pruebas.

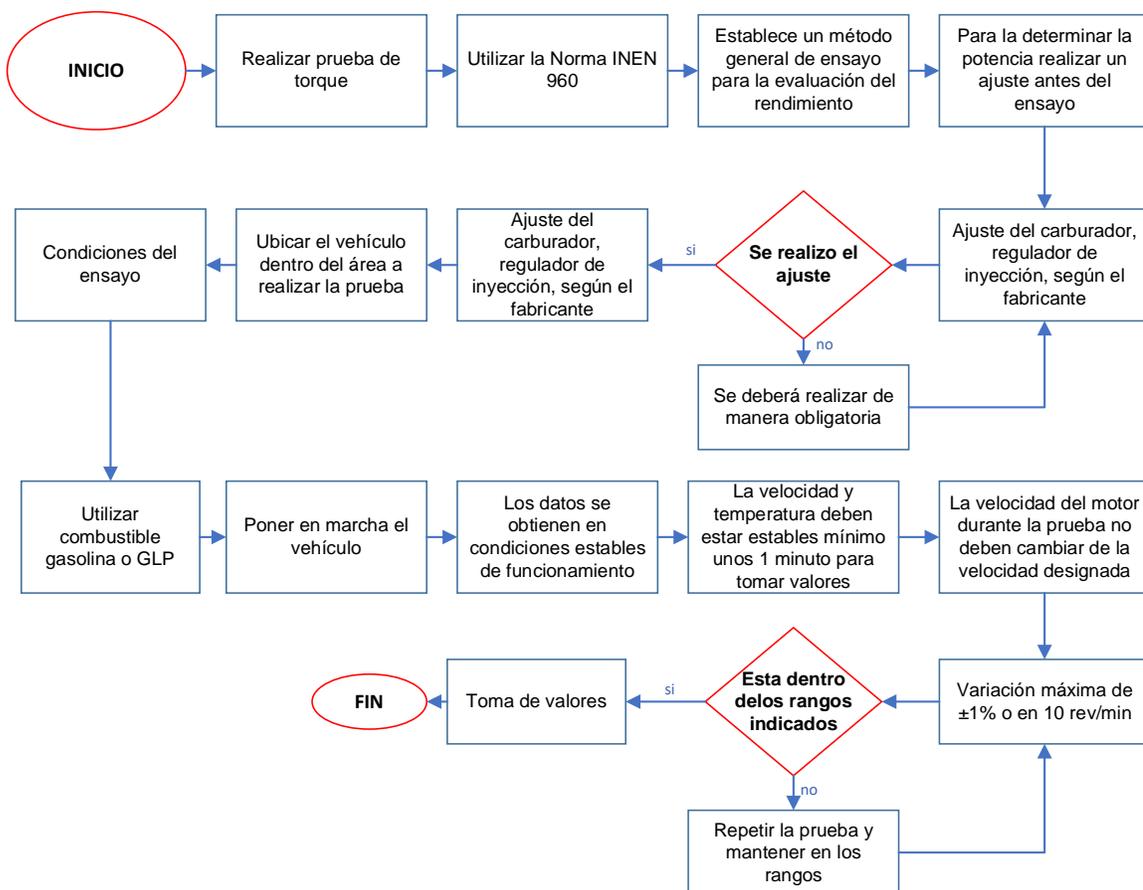
Constatar que los niveles de combustible sean los adecuados para realizar las diversas pruebas, Encender el vehículo y dejar que transcurran 10 min. en ralentí para que alcance su temperatura optima de funcionamiento y no ocasionar datos erróneos en pruebas.

4.2. Torque

Para las pruebas de torque en el vehículo se realizó a diferentes regímenes de revoluciones, con valores de comparación de 700 RPM siendo la mínima y hasta 2700 RPM llegando a ser la máxima esto para lograr tener una mejor recopilación de datos del vehículo.

Figura 47

Diagrama de procesos de prueba torque



Nota. En el diagrama se detalla un proceso para realizar la prueba de torque mediante un método de ensayo y rangos tolerables a los cuales están siendo admisibles para realización.

Para la realización de la prueba de torque se tomó en consideración la utilización de un método de ensayo para poder evaluar su rendimiento según la norma INEN 960 en la cual se considera la desconexión de dispositivos auxiliares y condiciones de ajuste motor antes de llevar a cabo la prueba, de acuerdo con el método de ensayo específica que a medida que se desarrolle la recepción de datos el vehículo deberá estar a una temperatura y régimen de revoluciones constante.

Tabla 11*Datos de prueba torque combustible gasolina-GLP*

RPM	Gasolina (N.m)						\bar{X}
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
1000	134,73	137,51	138,9	140,29	141,68	142,39	139,25
1500	156,75	159,98	161,6	163,22	164,83	165,66	162,01
2000	164,32	167,71	169,4	171,09	172,79	173,66	169,83
2500	141,33	144,24	145,7	147,16	148,61	149,36	146,07
3000	92,34	94,25	95,20	96,15	97,10	97,59	95,44
	GLP (N.m)						\bar{X}
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
1000	115,82	118,21	119,4	120,59	121,79	122,40	119,70
1500	134,73	137,51	138,9	140,29	141,68	142,39	139,25
2000	142,88	145,83	147,3	148,77	150,25	151,00	147,67
2500	120,09	122,56	123,8	125,04	126,28	126,91	124,11
3000	76,63	78,21	79,00	79,79	80,58	80,99	79,20

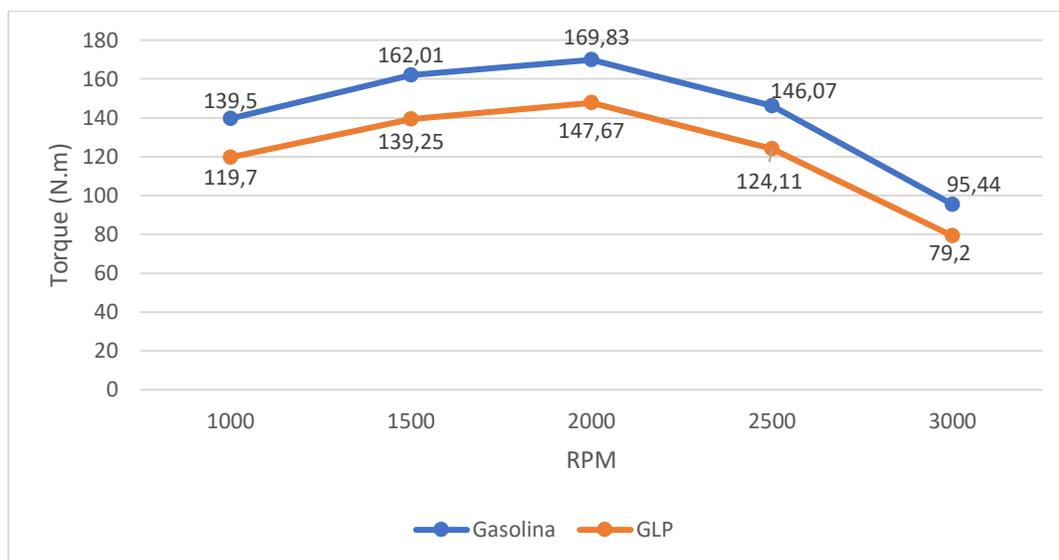
Nota. En la tabla se detallan los valores promedio obtenidos en la realización de varias pruebas de torque a diferentes regímenes de revoluciones del motor para los combustibles, donde P1 – P6 son las pruebas realizadas y \bar{X} es el promedio.

Los valores recabados de realizar las pruebas de torque a diferentes regímenes de revoluciones se tienen que con gasolina el torque alcanza valores altos cuando sus revoluciones van de 1500 RPM a 2500 RPM, en comparación al combustible GLP se tiene que existe una disminución del 13% en los puntos más altos.

4.2.1. Gráfica de torque combustibles gasolina–GLP

Figura 48

Gráfica de torque combustible gasolina y GLP



Nota. En la gráfica se observa el torque en función de las revoluciones, donde se evidencia que a mayor número de revoluciones el torque tiene la tendencia de disminuir.

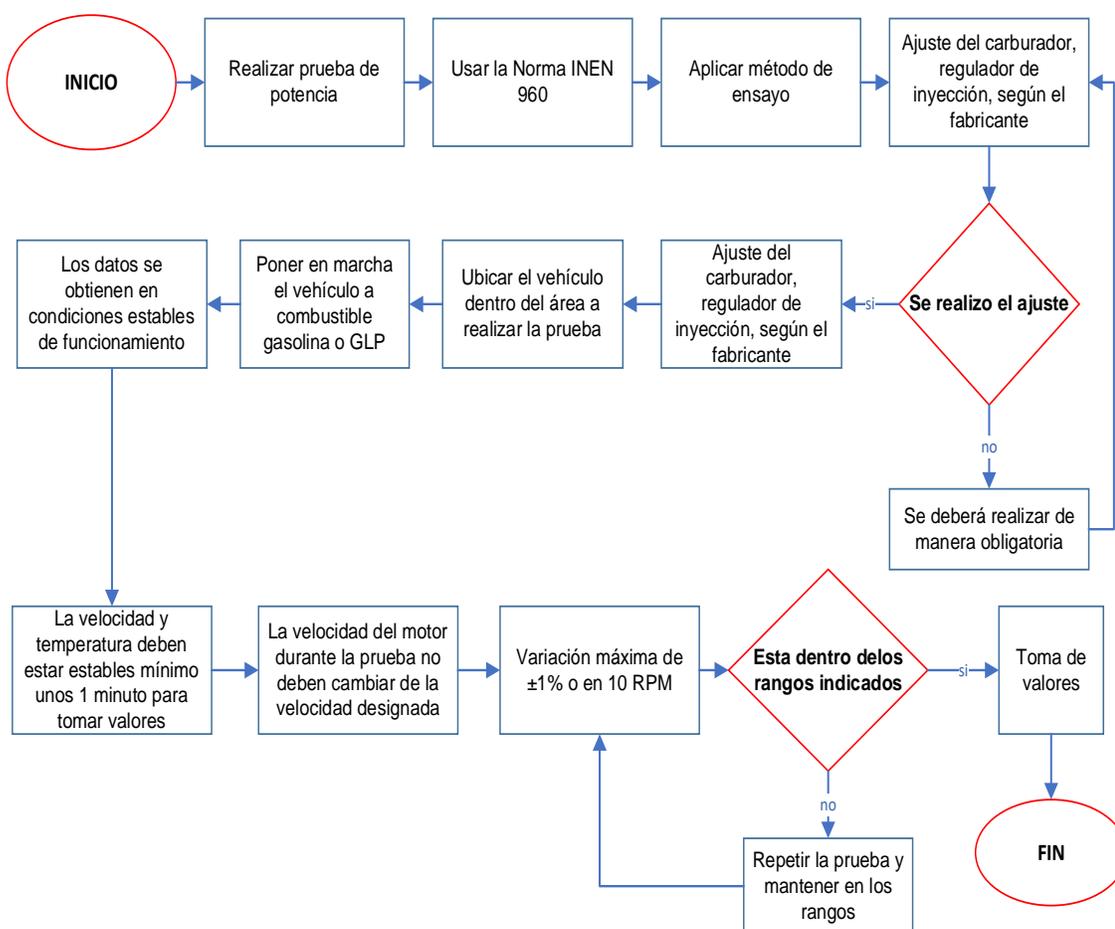
En la figura 48 se puede evidenciar que mediante la utilización del combustible GLP el torque se ve reducido en comparación a la curva de combustible gasolina. Las características específicas del vehículo nos demuestran que a 2000 RPM posee un torque de 183.035 N.m, tras la realización de las pruebas se encontró un valor promedio de 169.83 N.m obteniendo una disminución del 7.44% por medio de la utilización de combustible gasolina. A 3000 RPM para el combustible gasolina y GLP se halló un torque de 95.44 N.m y de 79.2 N.m respectivamente para lo cual evidencia una disminución de casi el 17% en su punto más bajo entre ambos combustibles.

4.3. Potencia

Para las pruebas de potencia en el vehículo se realizó mediante diferentes regímenes de giro, Con valores de ejecución de 700 RPM siendo la mínima y hasta 2700 RPM llegando a ser su máxima esto con el fin de lograr una mejor recopilación de datos del vehículo.

Figura 49

Diagrama de proceso de prueba potencia



Nota. En el diagrama se visualiza un proceso para realiza de la prueba de potencia mediante un método de ensayo y rangos aceptables a los cuales están siendo admisibles para realización.

De Igual manera que el caso anterior de desarrollo mediante la aplicación de un método de ensayo en el cual se detallan de que previo a la realización se deberá tener en cuenta realizar un ajuste del motor para su vez desarrollar las pruebas para poder determinar los valores que se obtengan mediante la realización el vehículo deberá estar en su temperatura y régimen de revoluciones constante con el fin de tener una mejor percepción de datos.

Tabla 12

Datos obtenidos de potencia en el vehículo

RPM	Gasolina (Hp)						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	\bar{X}
1000	13,91	14,20	14,34	14,48	14,63	14,70	14,38
1500	27,70	28,27	28,56	28,85	29,13	29,28	28,63
2000	33,97	34,67	35,02	35,37	35,72	35,90	35,11
2500	38,11	38,90	39,29	39,68	40,08	40,28	39,39
3000	42,27	43,14	43,58	44,02	44,45	44,68	43,69
	GLP (Hp)						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	\bar{X}
1000	11,45	11,68	11,8	11,92	12,04	12,10	11,83
1500	23,15	23,63	23,87	24,11	24,35	24,47	23,93
2000	27,83	28,40	28,69	28,98	29,26	29,41	28,76
2500	30,83	31,46	31,78	32,10	32,42	32,58	31,86
3000	34,60	35,31	35,67	36,03	36,38	36,57	35,76

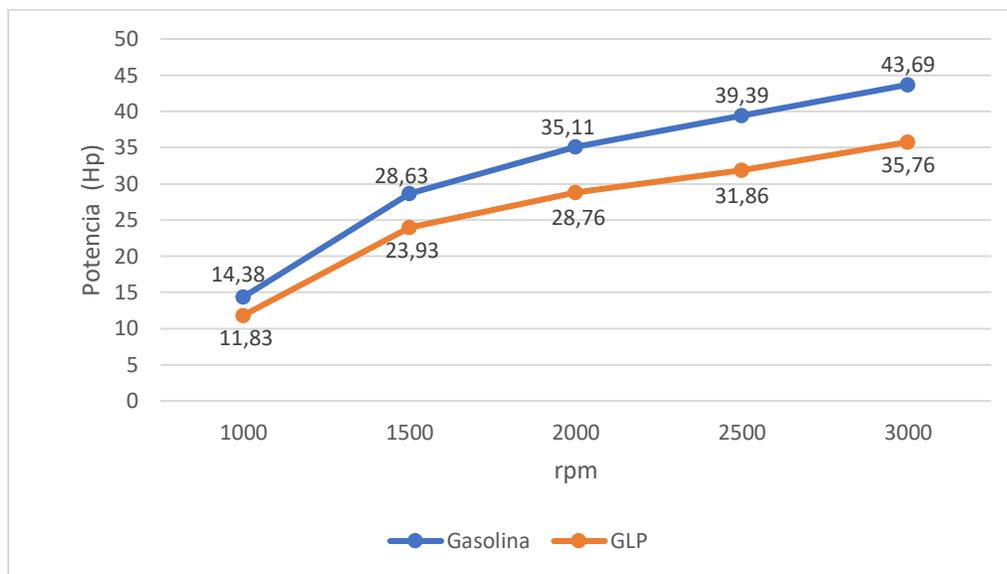
Nota. En la tabla se evidencia los valores obtenidos de la prueba de potencia a diferentes regímenes de revolución del motor, donde P1 – P6 son las pruebas realizadas y \bar{X} es el promedio.

Los valores obtenidos de haber realizado las pruebas de potencia a diferentes regímenes de revoluciones se obtuvieron que con combustible gasolina la potencia alcanza valores altos cuando sus revoluciones van en aumento, en comparación al combustible GLP se tiene que existe una dimisión del 18% a 2000 RPM.

4.3.1. Gráfica de potencia combustibles gasolina y GLP

Figura 50

Gráfica de potencia combustibles gasolina y GLP



Nota. En la gráfica se observa la potencia en función de las revoluciones, donde se puede evidenciar que a mayor número de revoluciones la potencia tiene la tendencia de aumentar.

En la figura 50 se puede evidenciar que mediante la utilización del combustible GLP la potencia se reduce en comparación a la curva de combustible gasolina. Las características específicas del vehículo nos demuestran que a 2000 RPM posee una potencia de 45 HP, mediante la realización de la prueba se encontró un valor de 35.11 HP obteniendo una disminución del 21.9% por medio de la utilización de combustible gasolina. La potencia con combustible gasolina es de 35.11 HP a 2000 RPM y por medio de la utilización de combustible GLP de 28.76 HP, En el último punto cuando tienen 3000

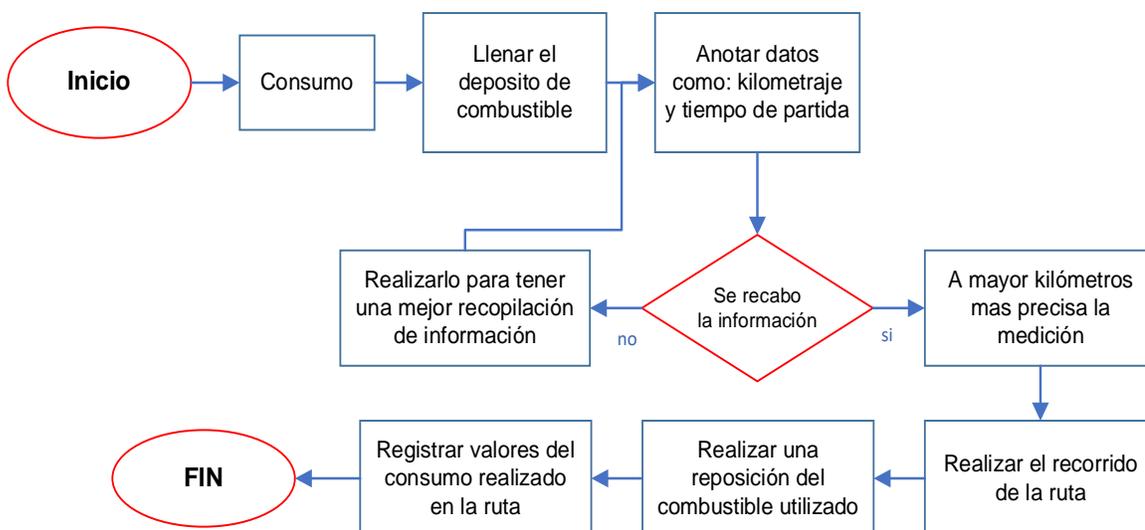
RPM con una potencia para combustibles gasolina y GLP de 43.69 HP y 35.76 HP respectivamente se denota una disminución de casi el 18.1% entre combustibles.

4.4. Consumo

Para realizar la prueba de consumo se realizaron recorridos a diferentes distancias esto para poder garantizar una mayor cantidad de datos y por medio de ello tener una mejor comprensión de resultados obtenidos esta mediante la utilización de una aplicación móvil.

Figura 51

Diagrama de proceso consumo



Nota. En el diagrama se visualiza un proceso para poder realizar las pruebas de consumo mediante la utilización del vehículo.

Se detalla el proceso antes y después de realizar las pruebas de consumo se tiene que se debe revisar los niveles de combustibles sean los apropiados para la ejecución de los análisis, seguir tomando anotaciones en el transcurso de la ruta establecida como el kilometraje o a su vez para una mejor exactitud por medio de la utilización de una

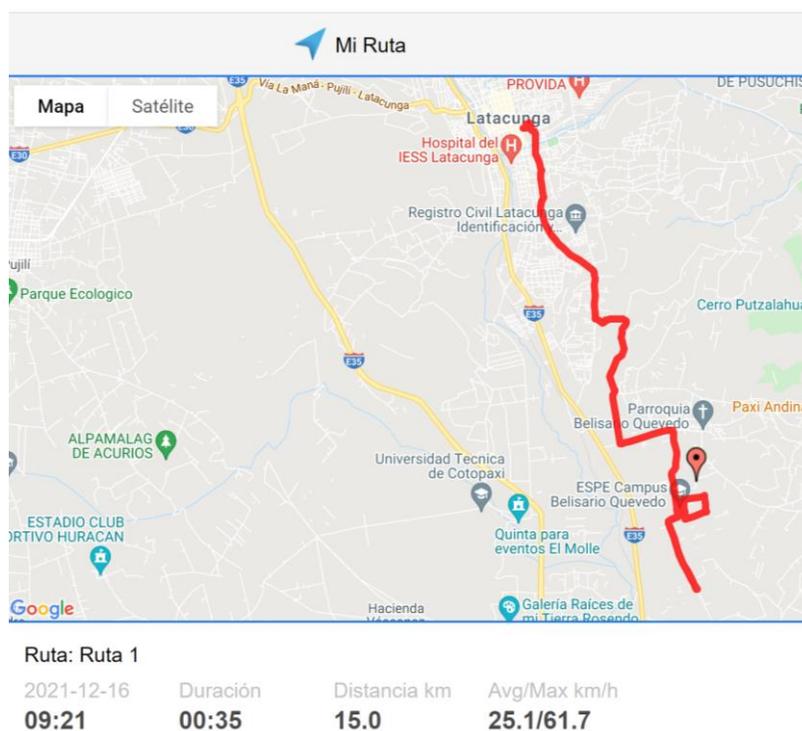
aplicación móvil para verificar el consumo que tendrá el vehículo mediante la conducción en la ruta realizada.

4.4.1. Consumo gasolina

En la prueba de consumo para la utilización de combustible gasolina se realizó a varias distancias de recorrido el vehículo tomando en cuenta caminos de primer y segundo orden para poder tener una basta cantidad para el análisis de resultados.

Figura 52

Representación gráfica de ruta – Combustible gasolina



Nota. En la figura se aprecia la ruta realizada entre los campus de la universidad con combustible gasolina mediante la utilización de la aplicación móvil.

Para determinar el consumo de combustible se desarrolló un método experimental a través de un depósito de remanso con capacidad de 7.45 gal. de gasolina, una vez

recorrido 15 km por la ruta de prueba establecida a una velocidad promedio de $43.4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ y una duración de 35 min., llegando de esta manera a determinar un consumo de 1.56 gal. en la ruta.

Tabla 13

Valores de consumo de combustible gasolina en sección de 0 -100 km

Distancia (km)	Camino de primer orden			Camino de segundo orden		
	Tiempo (min)	Velocidad promedio ($\frac{\text{km}}{\text{h}}$)	Consumo (Gal.)	Tiempo (min)	Velocidad media ($\frac{\text{km}}{\text{h}}$)	Consumo (gal)
5	11,67	65,00	0,52	16,67	45,00	0,62
10	23,33	65,00	1,04	33,33	45,00	1,24
15	35,00	65,00	1,56	50,00	45,00	1,86
20	46,67	65,00	2,08	66,67	45,00	2,48
25	58,33	65,00	2,60	83,33	45,00	3,10
30	70,00	65,00	3,12	100,00	45,00	3,72
35	81,67	65,00	3,64	116,67	45,00	4,34
40	93,33	65,00	4,16	133,33	45,00	4,96
45	105,00	65,00	4,68	150,00	45,00	5,58
50	116,67	65,00	5,20	166,67	45,00	6,20
55	128,33	65,00	5,72	183,33	45,00	6,82
60	140,00	65,00	6,24	200,00	45,00	7,44
65	151,67	65,00	6,76	216,67	45,00	8,06
70	163,33	65,00	7,28	233,33	45,00	8,68
75	175,00	65,00	7,80	250,00	45,00	9,30
80	186,67	65,00	8,32	266,67	45,00	9,92
85	198,33	65,00	8,84	283,33	45,00	10,54
90	210,00	65,00	9,36	300,00	45,00	11,16
95	221,67	65,00	9,88	316,67	45,00	11,78
100	233,33	65,00	10,40	333,33	45,00	12,40

Nota. En la tabla evidencia que el consumo se aumenta en relación a los kilómetros recorrido, para en caminos de primer y segundo orden existe un incremento de consumo mayor respectivamente.

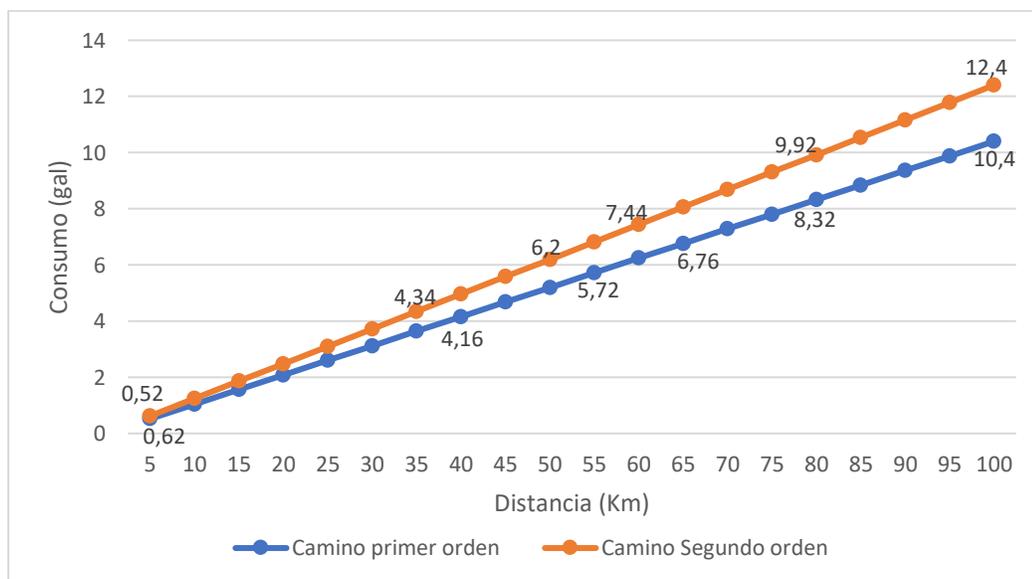
Una vez terminada las pruebas de consumo se tiene que a mayor cantidad de kilómetros recorridos existe un mayor consumo de combustible, En la realización de los diferentes caminos de primer y segundo orden un mayor consumo de combustible para

caminos de segundo orden esto en cuanto a las irregularidades que presentan las carreteras y en ocasiones teniendo que disminuir la velocidad de trayectoria.

La ficha técnica del vehículo nos indica que en un recorrido de 15 km consume 1.2 Gal. de combustible gasolina en comparación con los datos de consumo obtenido se tiene que existe un aumento del 23% del consumo en el vehículo.

Figura 53

Gráfica de consumo de combustible gasolina



Nota. En la gráfica se observa el consumo de combustible en función de las distancias recorridas, donde se evidencia que a mayor kilometraje recorrido el consumo se incrementa.

El proceso de pruebas de consumo de combustible considera aspectos en los cuales se analiza que el gasto de carburante gasolina en caminos de primer orden el motor BF – 161 del vehículo Jeep Willys CJ3A es menor en un 16.12% en comparación a caminos de segundo orden con una distancia recorrida e 100 km, por consiguiente, la

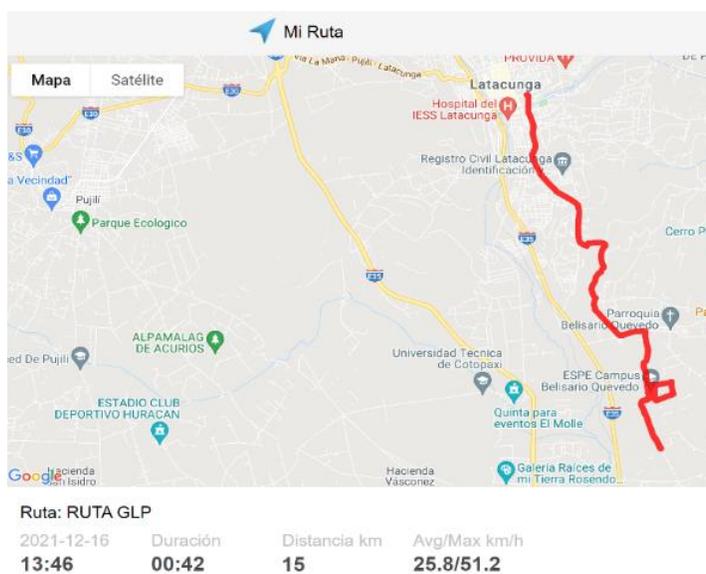
autonomía que el vehículo presenta al utilizar gasolina de 85 octanos es mayor cuando transita en caminos de primer orden a comparación de caminos de segundo orden.

4.4.2. Consumo GLP

En la prueba de consumo de combustible utilizando como carburante GLP en el vehículo Jeep Willys CJ3A se trazó varias rutas en caminos de primer y segundo orden con una carga viva de dos ocupantes, con el fin de evidenciar los cambios que el vehículo presentaba al compararse con gasolina.

Figura 54

Representación gráfica de ruta – Combustible GLP



Nota. En la figura se aprecia la ruta realizada con combustible GLP entre los campus de la universidad, mediante la utilización de la aplicación móvil.

Durante la ruta trazada para el vehículo Jeep Willys CJ3A con la utilización de carburante como GLP se determinó que la velocidad promedio fue de $38.5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ dando una disminución de 11.29% a comparación de gasolina, el tiempo transcurrido en la ruta fue de 42 min. dando un aumento del 20% a comparación de la prueba a gasolina, en el

desarrollo del motor cabe destacar que el torque en pendientes se veía disminuido, al igual que la potencia por lo que era necesario emplear marchas con mayor relación de transmisión para que el vehículo avance acorde a la ruta.

Figura 55

Pesos del depósito de GLP



Nota. En la sección izquierda la balanza indica un valor de 30 kg de GLP antes de utilizarlo en el vehículo, y en la sección derecha se observa un peso de 27 kg.

Para determinar el consumo de GLP durante la ruta se desarrolló un método experimental a través del depósito de GLP de capacidad de 45 kg, se pesó en una balanza el tanque de dando un valor de 30 kg una vez recorrido 15 km por la ruta de prueba establecida se volvió a pesar el cilindro dando un valor de 27 kg por lo que se nota una reducción del 10% y se establece que por cada 15 km de recorrido en carreteras de primer orden el vehículo consumo 3 kg de GLP.

Tabla 14*Prueba de consumo de combustible GLP 0 – 100 km*

Distancia (km)	Camino de primer orden			Camino de segundo orden		
	Tiempo (min)	Velocidad promedio ($\frac{\text{km}}{\text{h}}$)	Consumo (Gal.)	Tiempo (min)	Velocidad media ($\frac{\text{km}}{\text{h}}$)	Consumo (gal.)
5	14	55,00	0,36	19,33	40,00	0,47
10	28	55,00	0,73	38,67	40,00	0,95
15	42	55,00	1,09	58,00	40,00	1,42
20	56	55,00	1,45	77,33	40,00	1,89
25	70	55,00	1,82	96,67	40,00	2,37
30	84	55,00	2,18	116,00	40,00	2,84
35	98	55,00	2,54	135,33	40,00	3,31
40	112	55,00	2,91	154,67	40,00	3,79
45	126	55,00	3,27	174,00	40,00	4,26
50	140	55,00	3,63	193,33	40,00	4,73
55	154	55,00	4,00	212,67	40,00	5,21
60	168	55,00	4,36	232,00	40,00	5,68
65	182	55,00	4,72	251,33	40,00	6,15
70	196	55,00	5,09	270,67	40,00	6,63
75	210	55,00	5,45	290,00	40,00	7,10
80	224	55,00	5,81	309,33	40,00	7,57
85	238	55,00	6,18	328,67	40,00	8,05
90	252	55,00	6,54	348,00	40,00	8,52
95	266	55,00	6,90	367,33	40,00	8,99
100	280	55,00	7,27	386,67	40,00	9,47

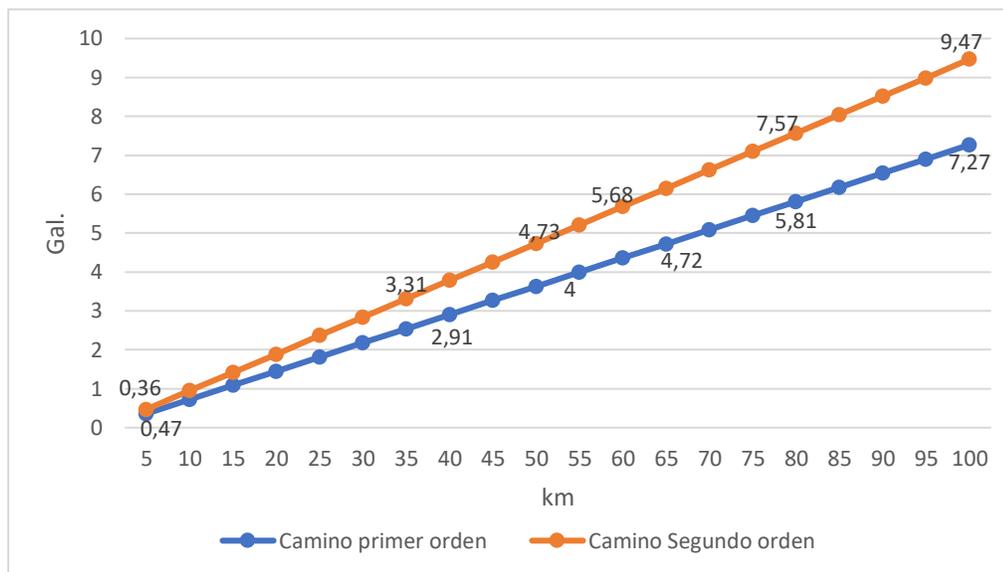
Nota. En la tabla se comprueba que el consumo se incrementa en relación al kilometraje recorrido, para en caminos de primer y segundo orden existe un incremento de consumo mayor respectivamente.

Con ayuda del método experimental aplicado durante la prueba de consumo de consumo con carburante GLP en el motor de combustión interna se puede determinar que la velocidad promedio alcanzada en caminos de primer orden es de $55 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ y con caminos de segundo orden es de $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, teniendo una reducción del 27.27% de velocidad promedio entre rutas; por otro lado, se puede evidenciar que el tiempo transcurrido en caminos de primer orden llega a ser de 280 min. a comparación de caminos de segundo orden que llega a ser de 386.67 min. teniendo una variación del

27.58% esto en cuanto el estado de los caminos ya que en los de segundo orden presentan irregularidades generan así un aumento del consumo.

Figura 56

Gráfica de consumo de combustible



Nota. En la gráfica nos proporciona la comparación entre el consumo realizado en función la distancia recorrida para caminos de primer y segundo orden con combustible GLP.

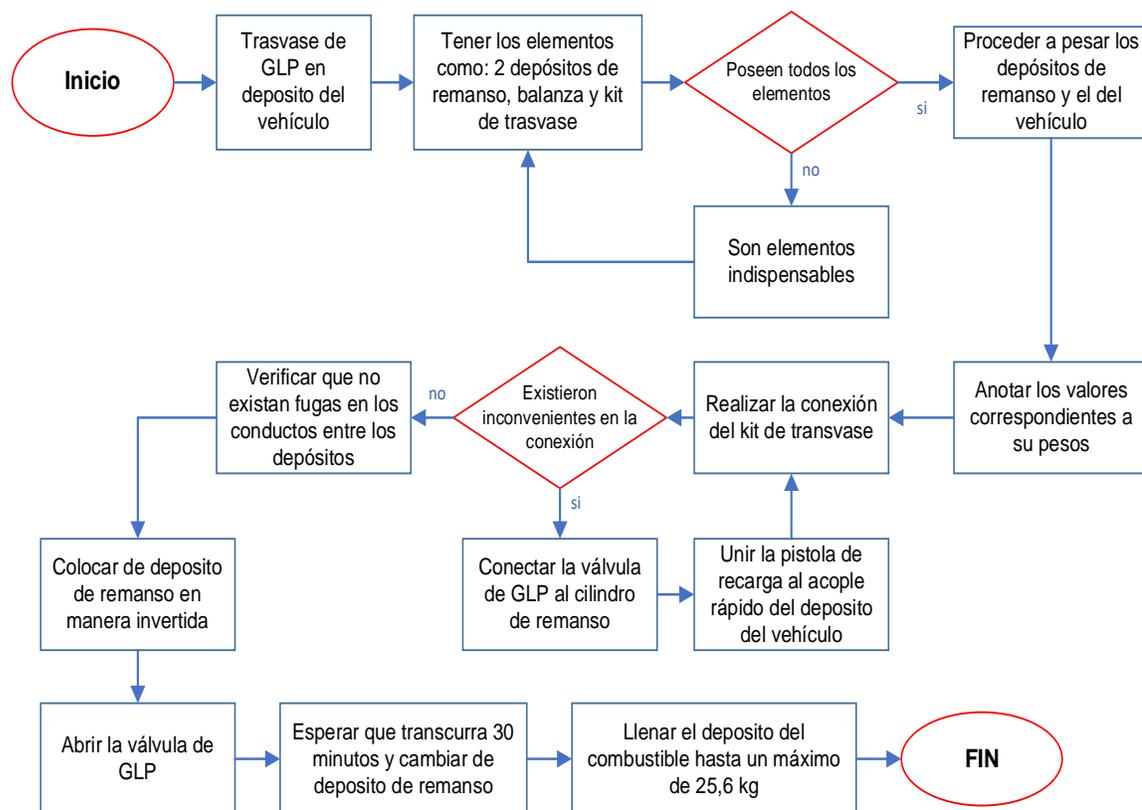
La autonomía del vehículo viene dada en la comparación de consumo de combustible y kilómetros recorridos para esto se utilizarán los datos recabados mediante la realización de la prueba de ruta, llegando a verificar que el combustible GLP tiene una mejor autonomía a comparación de la gasolina; sin embargo cuando el vehículo se encuentra en caminos de primer orden se puede evidenciar que su autonomía es mejor en un 30.26% a comparación de cuando el vehículo se encuentra en caminos de segundo orden utilizando GLP como carburante.

4.4.3. *Trasvase de GLP*

El llenado del reservorio de GLP se lo realizó mediante un kit de trasvase el cual cuenta con dos válvulas para el tanque del vehículo y el comercial, también cuenta con una válvula unidireccional, una válvula de seguridad y un manómetro; es importante que el cilindro comercial se encuentre de forma invertida para que por gravedad el GLP dentro fluya por medio de la cañería.

Figura 57

Diagrama de proceso consumo



Nota. En el diagrama se visualiza el proceso para llevar a cabo el trasvase de GLP de un depósito comercial al depósito del vehículo que fue llevado a cabo.

Para realizar el trasvase entre deposito se necesitará de dos depósitos comerciales llenos, balanza y el kit de trasvase. Se procederá a pesar los depósitos de

remanso y el del vehículo para tomar valores de referencia por consiguiente se realizará la conexión de la válvula de GLP en el depósito de remanso colocándolo al mismo de manera invertida esto para que por efecto de gravedad se incremente la presión interna del cilindro, Se procede abrir la válvula de GLP y esperar que transcurra aproximadamente 30 min. en los cuales se igualarán las presiones en los depósitos necesitando cambiar el depósito de remanso, esto se deberá realizar hasta que el depósito del vehículo llegue a un 80% de su capacidad máxima que es de 25.6 kg.

Tabla 15

Proceso de trasvase de GLP en el depósito del vehículo

Tiempo transcurrido (min.)	Peso reservorio vehículo (kg)	Peso cilindro de remanso GLP (kg)	Presión reservorio vehículo (PSI)	Presión cilindro de remanso GLP (PSI)
10	17,35	29,00	18,25	145,03
20	18,65	27,80	23,45	136,53
30	19,80	26,50	28,60	130,50
40	21,15	25,10	33,90	124,60
50	22,35	23,75	39,00	118,25
60	23,45	22,50	44,15	113,80
70	24,60	21,30	49,35	109,60
80	25,90	20,20	54,65	100,25
90	27,40	18,90	59,81	96,40
100	28,70	17,90	64,97	92,40
110	30,55	16,20	70,27	88,90
120	31,85	14,55	75,50	84,78

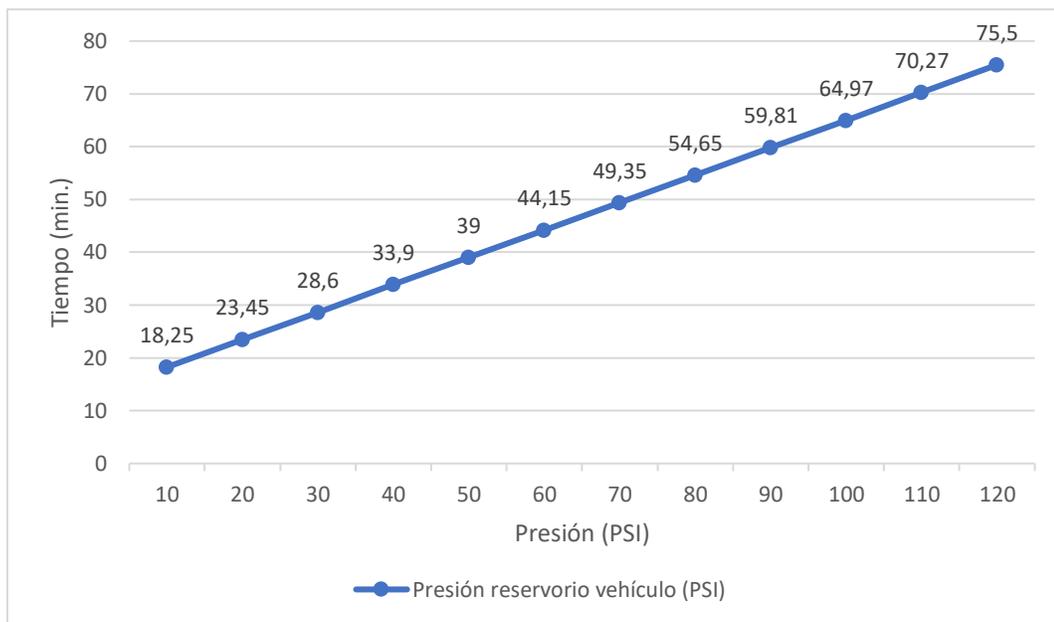
Nota. En la tabla muestra el proceso de llenado del depósito de GLP del vehículo por medio de igualación de presiones de un cilindro comercial hacia el otro.

A partir del depósito del vehículo de GLP en 17,35 kg con ayuda del kit de trasvase y un cilindro comercial de GLP se realizó la recarga en el transcurso de 120 min., donde se evidenció que cada 10 min. existía un incremento en el peso del reservorio de 1.3 kg y el incremento de presión era de 5.2 PSI; durante el tiempo establecido se llegaron a igualar las presiones y el peso del reservorio llegó a la capacidad máxima de llenado del

80%. Cabe destacar que el tiempo de llenado total del reservorio del sistema de GLP en el vehículo Jeep Willys CJ3A dura 120 min.

Figura 58

Gráfica de trasvase de GLP



Nota. En la gráfica se detalla el tiempo en relación a la presión del depósito de GLP en el vehículo el cual tiene un incremento lineal.

Se puede evidenciar que en el transcurso del trasvase se tiene que la presión del depósito se va incrementando proporcionalmente con el tiempo transcurrido partiendo de 18.25 PSI en un tiempo de 10 min. y llegando a una presión interna del depósito de 75.5 PSI así pues de transcurrir un tiempo de 120 min.

Figura 59

Utilización del kit de trasvase en el vehículo Jeep Willys CJ3A

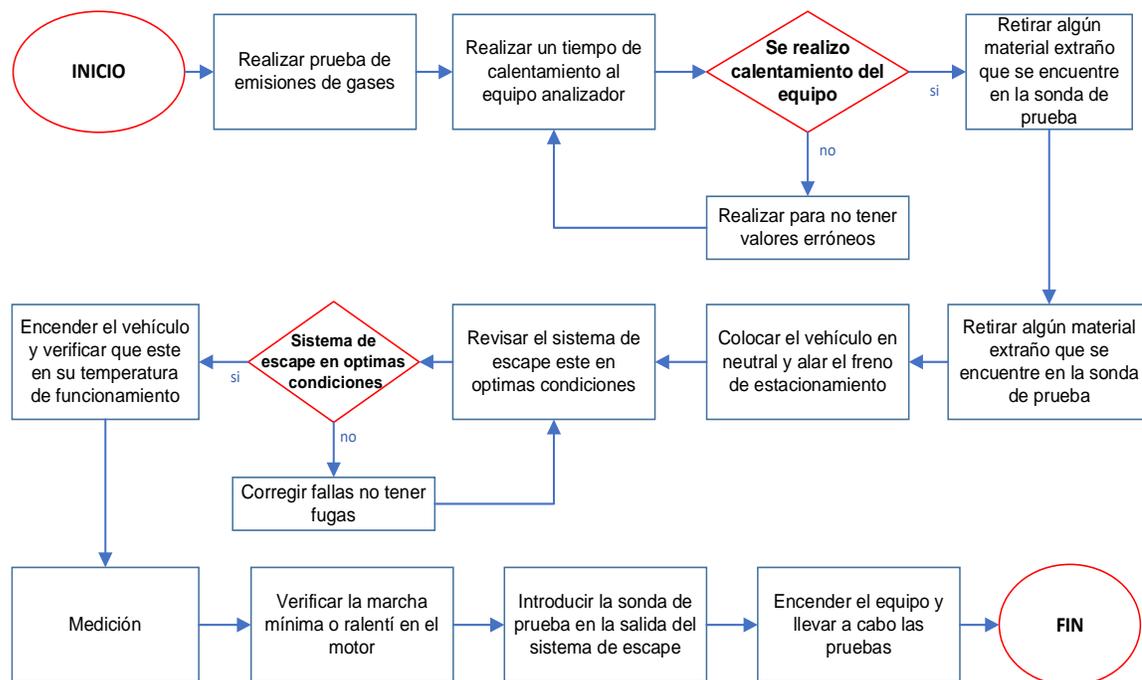


Nota. En la figura se observa la conexión con el kit de trasvase entre el depósito de remanso y el depósito del vehículo para poder recuperar el combustible consumido.

Es importante que al momento de realizar el llenado del reservorio del sistema de GLP con ayuda de dos cilindros comerciales de GLP se considere que la válvula de flujo del cilindro este abierta toda su capacidad con el fin de que la presión de salida sea mayor a la que contiene el reservorio del sistema, Tomar en cuenta la revisión de las presiones durante intervalos de tiempo para no tener inconvenientes.

4.5. Análisis de emisiones

Es necesario determinar las emisiones generadas por el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A tanto al utilizar gasolina como GLP con la finalidad de establecer diferencias entre carburantes y verificar si existe el cumplimiento de la normativa NTE INEN 2 203:2000 y NTE INEN 2 204:2000.

Figura 60*Diagrama de procesos de análisis de emisiones*

Nota. En la figura se muestra el proceso de análisis de emisiones y verificar posibles fallas para la realización de la misma.

Se aplico el método de ensayo de la norma técnica ecuatoriana INEN 2 203:2000 para pruebas estáticas realizadas en el vehículo con la utilización de combustibles gasolina – GLP en la cuales detallan aspectos importantes como la calibración del equipo analizador de acorde a las especificaciones del fabricante donde es evidente que se debe calibrar y carburar correctamente el motor de combustión interna para tener datos confiables.

Constatar que el sistema de escape del vehículo este en perfectas condiciones esto para evitar valores erróneos, el procedimiento para poder realizar la medición de emisiones como verificar que la temperatura del vehículo esté en condiciones normales de funcionamiento y proceder a medir.

4.5.1. Emisiones combustible gasolina

Tabla 16

Datos de análisis de gases – combustible gasolina

Ítem	700						1100						1500					
	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}
CO ₂ %	6,31	6,44	6,5	6,57	6,63	6,49	6,60	6,73	6,8	6,87	6,94	6,79	7,47	7,62	7,7	7,78	7,85	7,68
CO %	7,83	7,99	8,07	8,15	8,23	8,05	6,64	6,78	6,85	6,92	6,99	6,84	5,40	5,51	5,57	5,63	5,68	5,56
O ₂ %	4,11	4,20	4,24	4,28	4,32	4,23	3,90	3,98	4,02	4,06	4,10	4,01	4,24	4,33	4,37	4,41	4,46	4,36
PPM	129 1	131 7	133 1	134 4	135 7	132 8	134 5	137 3	138 7	140 1	141 5	1384	122 2	124 7	126 0	127 3	128 5	125 7
λ	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,88	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,91	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,97

Ítem	1900						2300						2700						\bar{X}
	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	
CO ₂ %	7,86	8,02	8,1	8,18	8,26	8,08	8,34	8,51	8,6	8,69	8,77	8,58	8,73	8,91	9	9,09	9,18	8,98	7,7
CO %	5,18	5,29	5,34	5,39	5,45	5,33	4,08	4,17	4,21	4,25	4,29	4,20	3,24	3,31	3,34	3,37	3,41	3,33	5,5
O ₂ %	4,19	4,28	4,32	4,36	4,41	4,31	4,58	4,67	4,72	4,77	4,81	4,71	5,32	5,43	5,48	5,53	5,59	5,47	4,5
PPM	117 2	119 6	120 8	122 0	123 2	120 6	110 7	113 0	114 1	115 2	116 4	113 9	102 4	104 5	105 6	106 7	107 7	105 4	122 8
λ	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	0,98	1,01	1,04	1,05	1,06	1,07	1,05	1,26	1,28	1,3	1,31	1,32	1,30	1,01

Nota. En la tabla se detalla los valores promedio obtenidos, al haber realizado las pruebas de análisis de gases en el vehículo a diferentes regímenes de revoluciones y condiciones ideales en el vehículo. Donde P1 – P5 son las pruebas realizadas y \bar{X} es el promedio.

4.5.2. Emisiones combustible GLP

Tabla 17

Datos de análisis de gases – combustible GLP

Ítem	700						1100						1500						
	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	
CO ₂ %	6,31	6,44	6,5	6,57	6,63	6,49	6,89	7,03	7,1	7,17	7,24	7,09	7,66	7,82	7,9	7,98	8,06	7,88	
CO %	3,39	3,46	3,49	3,52	3,56	3,48	3,46	3,53	3,57	3,61	3,64	3,56	3,53	3,60	3,64	3,68	3,71	3,63	
O ₂ %	6,63	6,76	6,83	6,90	6,97	6,82	5,28	5,39	5,44	5,49	5,55	5,43	5,29	5,40	5,45	5,50	5,56	5,44	
PPM	307 8	314 1	317 3	320 5	323 6	316 7	273 9	2796	2824	285 2	288 0	281 8	230 4	235 1	237 5	239 9	242 3	237 0	
λ	1,07	1,09	1,10	1,11	1,12	1,10	1,00	1,02	1,03	1,04	1,05	1,04	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	1,05	
Ítem	1900						2300						2700						\bar{X}
	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	
CO ₂ %	8,15	8,32	8,4	8,48	8,57	8,38	9,22	9,41	9,5	9,60	9,69	9,48	9,41	9,60	9,7	9,80	9,89	9,68	8,1
CO %	1,92	1,96	1,98	2,00	2,02	1,98	0,49	0,50	0,5	0,51	0,51	0,50	0,29	0,30	0,3	0,30	0,31	0,30	2,2
O ₂ %	5,24	5,35	5,4	5,45	5,51	5,39	5,21	5,32	5,37	5,42	5,48	5,36	6,68	6,82	6,89	6,96	7,03	6,88	5,88
PPM	255 9	261 2	263 8	266 4	269 1	263 3	180 0	183 7	185 6	187 5	189 3	185 2	150 0	153 1	154 6	156 1	157 7	154 3	239 7
λ	1,07	1,09	1,11	1,12	1,13	1,11	1,18	1,20	1,21	1,23	1,24	1,22	1,30	1,33	1,34	1,36	1,37	1,34	1,14

Nota. En la tabla se encuentran los valores promedio obtenidos, al haber realizado las pruebas de análisis de gases en el vehículo a diferentes regímenes de revoluciones y condiciones ideales en el vehículo. Donde P1 – P5 son las pruebas realizadas y \bar{X} es el promedio.

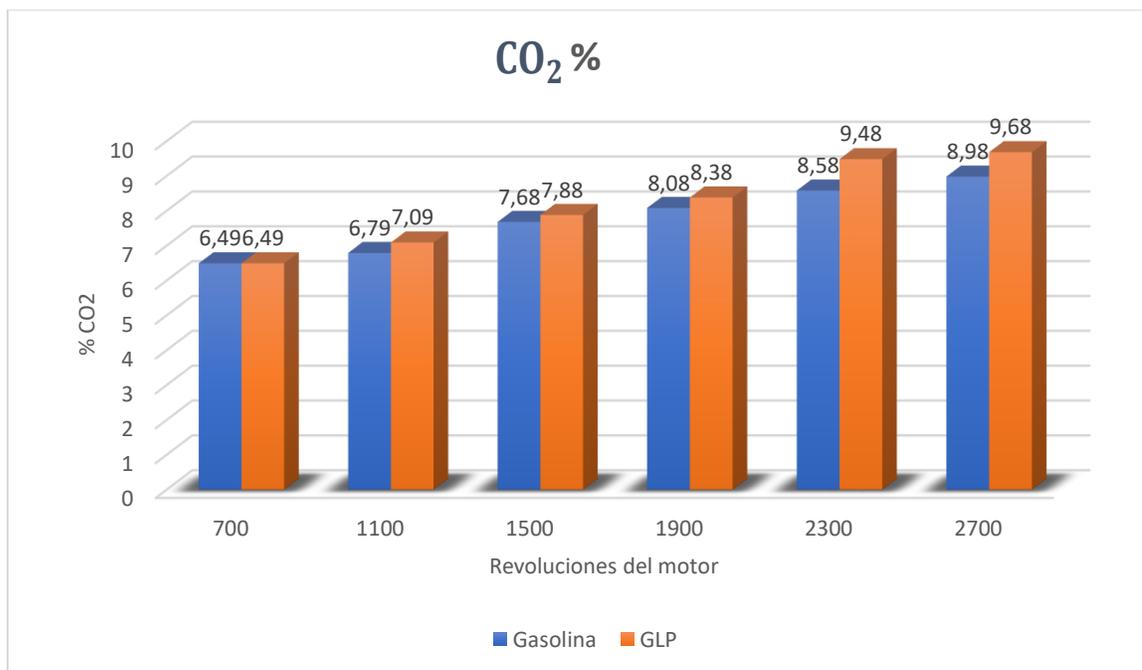
Al realizar la prueba de emisiones de gases contaminantes en el vehículo Jeep Willys CJ3A utilizando gasolina como carburante durante cinco pruebas a diferentes regímenes del motor, en la tabla 16 se puede evidenciar que los valores de gases de CO_2 , O_2 , λ y PPM y van en aumento de acorde a las revoluciones del motor, para el CO y existe una disminución en el resultado de las emisiones generadas por el vehículo.

Para el análisis de emisiones de gases contaminantes en el vehículo Jeep Willys CJ3A utilizando GLP como carburante durante cinco pruebas a diferentes regímenes del motor, en la tabla 17 se puede evidenciar que los valores de gases de CO_2 , O_2 , y λ están en un incremento proporcional a las revoluciones del motor y para las PPM se evidencio que existe una variación entre revoluciones y el CO existe una disminución en relación a las revoluciones con tendencia a llegar a un valor de cero.

4.5.3. Gráfica CO₂

Figura 61

Gráfica de CO₂



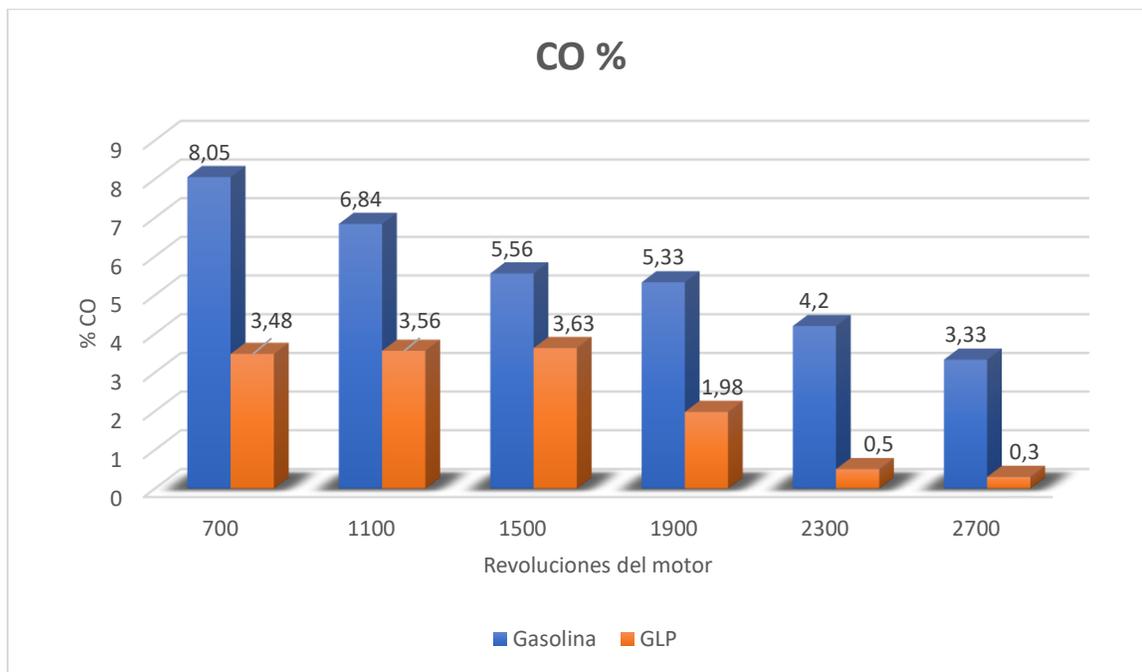
Nota. En el gráfico se pueden apreciar los valores obtenidos mediante el análisis de gases para el CO₂ llegando a tener pocas diferencias de valores entre los combustibles.

Se puede evidenciar que las emisiones de CO₂ al utilizar gasolina a 700 RPM son las mismas que cuando se utilizan GLP, existe un aumento progresivo a medida que se aumenta el régimen del motor demostrando así el incremento del 7.23% de CO₂ a 2700 RPM. Obteniendo, así como conclusión que al utilizar GLP el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A sufre un incremento de CO₂.

4.5.4. Gráfica CO

Figura 62

Gráfica de CO



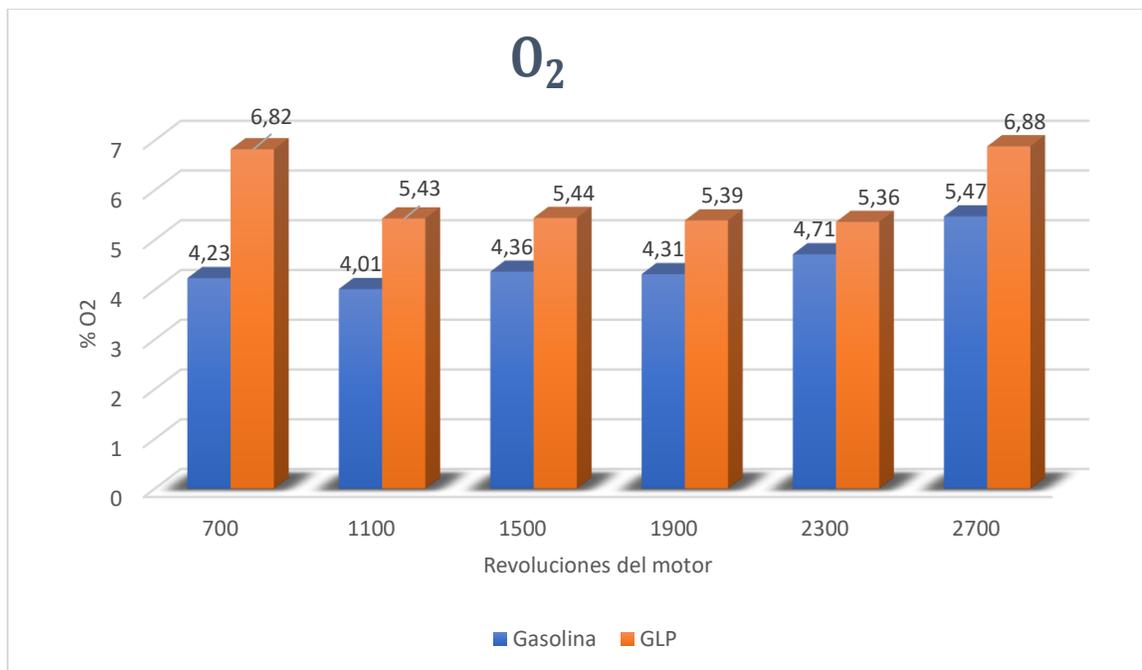
Nota. En el gráfico se pueden apreciar los datos obtenidos con el análisis de gases para el CO siendo el cambio más notable en los gases contaminantes ya que su disminución es mayor con el GLP al de la gasolina.

En la gráfica se evidencia una disminución del 56.77% en las emisiones de CO cuando el motor de combustión interna se encuentra a un régimen de 700 RPM con GLP. Y cuando el régimen de giro es de 2700 RPM llega casi a eliminarse las emisiones de CO, con una disminución de 90.99% a comparación de gasolina. Obteniendo, así como conclusión que al utilizar GLP el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A sufre una disminución de CO.

4.5.5. Gráfica O₂

Figura 63

Gráfica de O₂



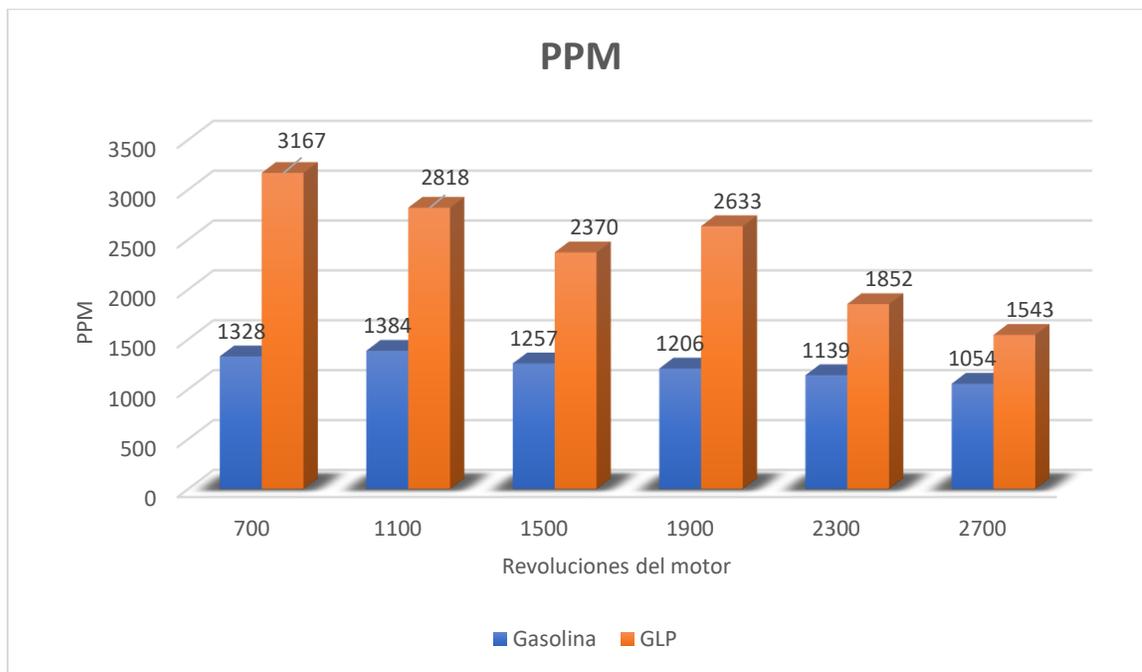
Nota. En el gráfico se detalla el porcentaje en relación al régimen de revoluciones que existe una mayor cantidad de oxígeno con combustible GLP en comparación al combustible gasolina.

En la gráfica se evidencia un incremento del 37.97% en las emisiones de O₂ cuando el motor de combustión interna se encuentra a un régimen de 700 RPM con GLP. Y cuando el régimen de giro es de 2700 RPM existe un incremento del 20.49%. Obteniendo, así como conclusión que al utilizar GLP el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A sufre un incremento de O₂.

4.5.6. Gráfica PPM

Figura 64

Gráfica de PPM



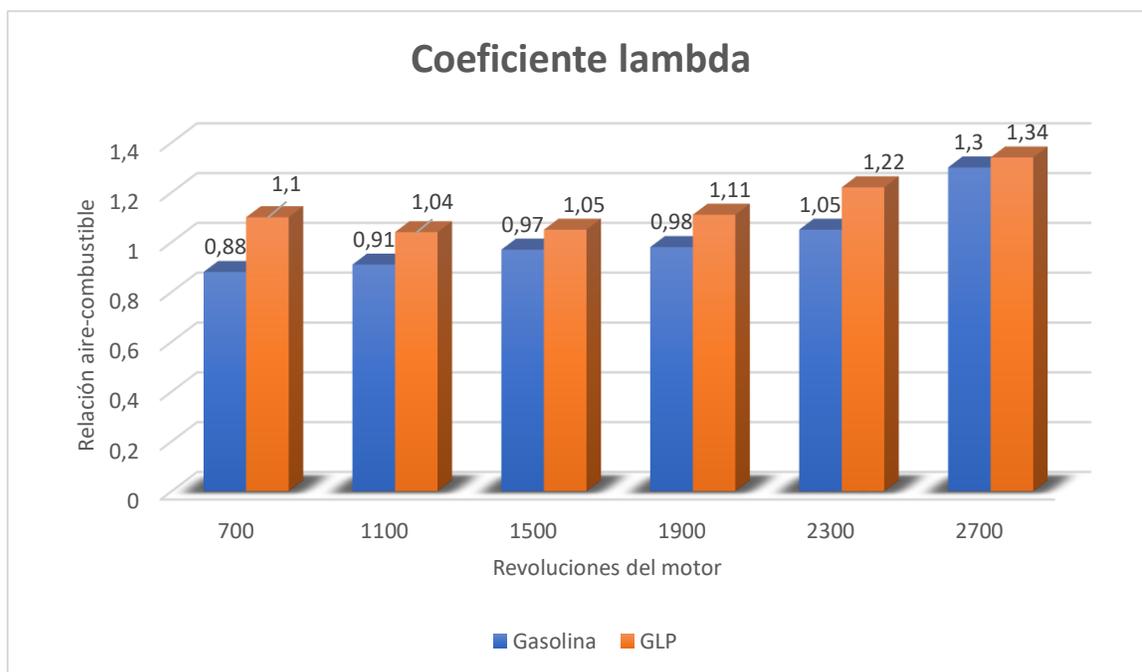
Nota. En el gráfico se aprecia las PPM en relación a las revoluciones del motor que existe un número menor mediante la utilización de combustible gasolina y mas no tiende a variar en relación al otro.

En la gráfica se evidencia un incremento del 138.47% en las partículas por millón(ppm) en el motor de combustión interna se encuentra a un régimen de 700 RPM con GLP. Y cuando el régimen de giro es de 2700 RPM existe un incremento del 46.39%. Obteniendo, así como conclusión que al utilizar GLP el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A sufre un incremento de PPM.

4.5.7. Gráfica coeficiente lambda

Figura 65

Gráfica de coeficiente lambda



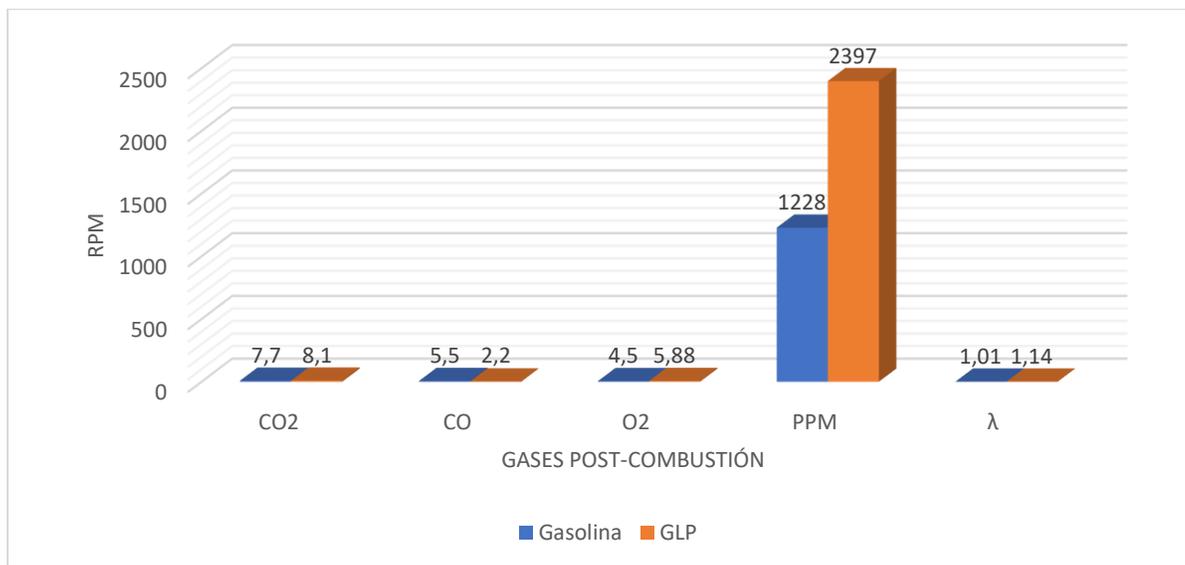
Nota. En el gráfico se puede identificar que el coeficiente lambda en relación a las revoluciones del motor los valores más altos se los tiene con la utilización de combustible GLP.

En la gráfica se evidencia un incremento del 25% en el coeficiente lambda en el motor de combustión interna se encuentra a un régimen de 700 RPM con GLP. Y cuando el régimen de giro es de 2700 RPM existe un incremento del 3.07%. Obteniendo, así como conclusión que al utilizar GLP el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A sufre un incremento de coeficiente lambda.

4.5.8. Gráfica emisiones combustibles Gasolina-GLP

Figura 66

Gráfica promedio de emisiones combustibles Gasolina-GLP



Nota. En la gráfica se detalla la comparación de emisiones contaminantes entre los combustibles gasolina-GLP encontrados en el análisis de emisiones.

Al utilizar GLP como carburante se obtuvo un incremento del 5.19% en CO₂, una disminución del 60% en CO, un aumento del 30.6% de O₂, un incremento del 95.19% de ppm y un aumento en el coeficiente lambda del 12.87%. En general el motor del vehículo Jeep Willys CJ3A obtuvo un incremento de gases contaminantes utilizando GLP a comparación de gasolina.

4.6. Análisis de los valores de compresión

Se desarrollo la medición de compresión cinco veces en cada uno de los cilindros del motor antes y después de haber realizado la restauración de los componentes del motor con el fin de evidenciar el correcto funcionamiento del motor de combustión interna en condiciones ideales y utilizando como carburante gasolina y GLP.

Tabla 18

Compresión del motor previa y post restauración

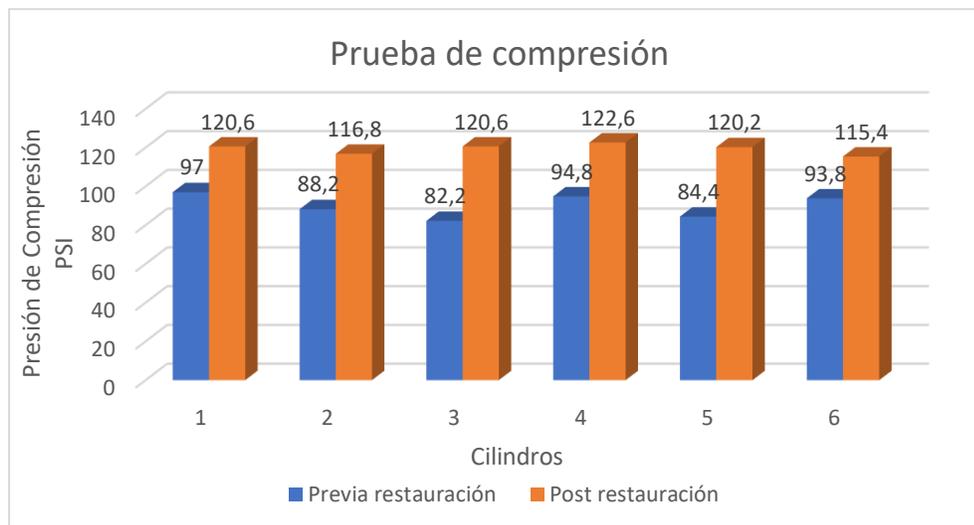
Número de cilindro	Compresión previa (PSI)						Compresión post (PSI)					
	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}
1	98	97	96	98	96	97	120	118	122	120	123	120,6
2	89	89	88	87	88	88,2	118	116	118	117	115	116,8
3	83	82	82	81	83	82,2	122	121	120	119	121	120,6
4	93	95	96	96	94	94,8	115	116	114	115	113	122,6
5	85	85	84	83	85	84,4	120	119	121	121	120	120,2
6	93	95	92	96	93	93,8	115	114	116	115	117	115,4

Nota. En la tabla se detallan los valores promedio de compresión previa y compresión post restauración de cada uno de los cilindros del motor. Donde P1 – P5 son las pruebas realizadas y \bar{X} es el promedio.

La compresión previa del motor se encontraba por debajo de lo recomendado por el fabricante en un 23.71%, por lo que la reparación fue imprescindible. Una vez realizado la reparación y puesta a punto del motor se tomó la medida de compresión donde se verificó que la compresión del motor se encontraba en los límites establecidos por el fabricante (Anexo 4).

Figura 67

Gráfico de pruebas de compresión



Nota. En el gráfico se puede identificar la variación de vacío del motor BF – 161 antes de la repotenciación y después; obteniendo mejoras en las nuevas mediciones y solucionando el daño que tuvo.

En el motor de combustión interna con la medición de compresión antes de restaurarlo se constató que existe una diferencia mayor del 15.25% entre el cilindro 1 y 3 se tomó en cuenta que superan el 15% admisible lo cual conllevó a realizar la restauración, Se comparó los nuevos valores de compresión se tiene una diferencia del 5.87 % entre el cilindro 4 y 6 siendo los valores máximos y mínimos correspondientes dentro del rango menor al 15% que es el indicado.

4.7. Análisis de valores de vacío

Al inicio el motor BF – 161 se encontraba con valores por debajo de lo normal en vacío, por lo que se determinó que tenía fugas en el múltiple de admisión, en los cilindros, en las guías de válvulas y los empaques. Se reemplazó las guías de válvulas, los empaques, se corrigió las fugas en los cilindros y en el múltiple de admisión.

Tabla 19*Pruebas de vacío*

Pruebas de Vacío	Medición previa (inHg de vacío)						Observación /Estado
	P1	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	
Vacío en arranque	5	4	3	3	4	3,8	Buen estado
Vacío en ralentí	15	17	14	18	15	15,8	Fugas en admisión, o junta del múltiple, o junta culata
Vacío durante la aceleración brusca	1	0	1	0	1	0,6	Buen estado
Vacío establecido en aceleración brusca	25	22	24	22	25	27,5	Avería anillos del pistón
Vacío a altas revoluciones	15	21	17	22	22	19,4	Resortes de válvulas vencidos
Medición post (inHg de vacío)							
	P4	P2	P3	P4	P5	\bar{X}	
Vacío generado en arranque	3	2	2	3	2	2,4	Buen estado
Vacío generado en ralentí	17	18	18	17	17	17,4	Buen estado
Vacío durante la aceleración brusca	0	0	0	0	1	0,2	Buen estado
Vacío establecido en aceleración brusca	26	26	25	25	26	25,6	Buen estado
Vacío a altas revoluciones	21	20	21	21	20	20,6	Buen estado

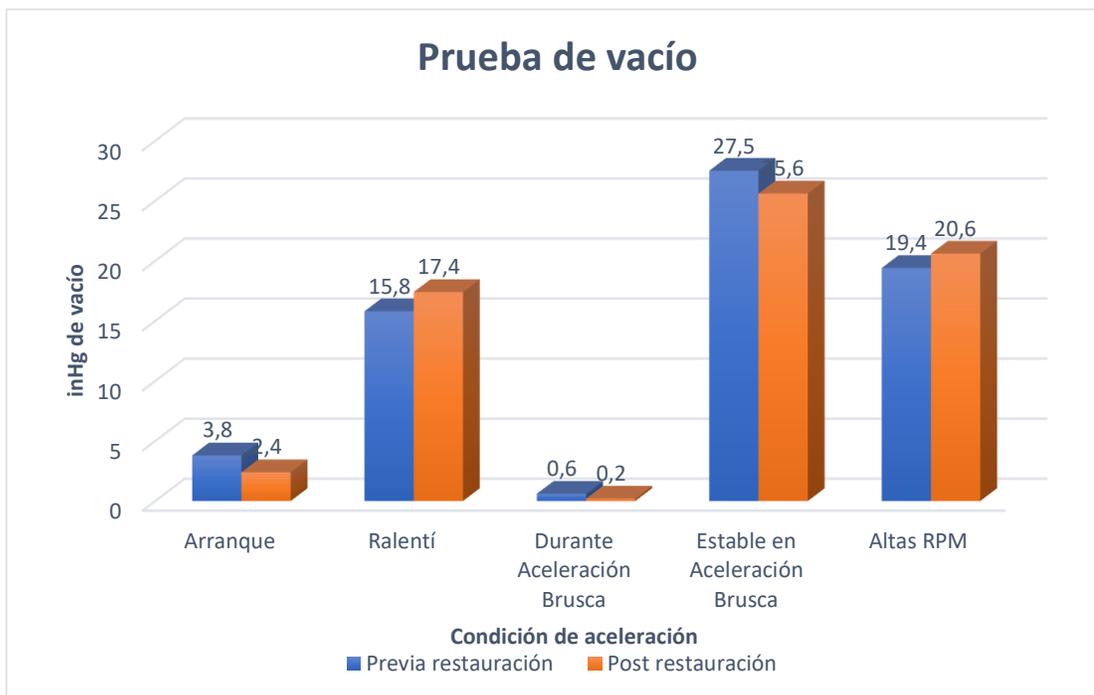
Nota. En la tabla se muestran los valores de medición de vacío en pulgadas de Mercurio (inHg de vacío) en el motor de combustión interna del vehículo Jeep Willys CJ3A, detallando el estado en el que se encontraba y se lo dejó restaurado. Donde P1 – P5 son las pruebas realizadas y \bar{X} es el promedio.

La medición de vacío previa del motor se encontraba por debajo de lo recomendado por el fabricante en un 9.19% por lo que la reparación fue imprescindible. Una vez realizado la reparación y puesta a punto del motor se tomó la medida de vacío donde se verificó que los valores se encontraban en los límites establecidos por el

fabricante (Anexo 4), dejando así el motor completamente hermético y preparado para la implementación del sistema GLP.

Figura 68

Gráfica de pruebas de vacío del motor



Nota. En el gráfico se puede identificar la variación de vacío del motor BF – 161 antes de la repotenciación y después; obteniendo mejoras en su trabajo.

En la repotenciación y rectificación del motor de combustión interna BF – 161 mejoró el vacío en el arranque manteniéndose en rangos normales, en ralentí mejoró un 9.19%, al establecerse en aceleración brusca se estabilizaron los valores cercanos a cero y a altas RPM se disminuyó un 6.9% para alcanzar valores dentro de los rangos establecidos. Es indispensable que el vacío del motor se encuentre en los valores recomendados ya que son proporcionales al funcionamiento del sistema BI-FUEL.

Capítulo V

5. Marco Administrativo

5.1. Recursos

La investigación “Análisis de ingeniería por CAD del vehículo Jeep Willys CJ3A para la reconstrucción integral de los sistemas tren de potencia y estudio del sistema dual Gasolina – GLP de tercera generación en vehículos 4 x 4” se empleó los recursos humanos, materiales y tecnológicos.

5.1.1. Recursos Humanos

A continuación, se describe el talento humano que aportaron con sus conocimientos, habilidades, destrezas para el desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 20

Recursos Humanos

Orden	Nombre	Función
1	Sr. Edwin Chonata	Investigador
2	Sr. Anthony Guatapi	Investigador
		Director del proyecto de investigación
		Investigador
3	Ing. Leonidas Quiroz	Colaborador científico
		Investigador y analista sistema GLP automotriz
		Investigador y analista de emisiones vehiculares

Nota. En la tabla se evidencio las personas colaboradoras para poder realizar el proyecto de investigación.

5.1.2. Recursos Tecnológicos

Es indispensable del uso de recursos tecnológicos para el desarrollo y culminación del presente proyecto de investigación en cuanto se refiere a la restauración, implementación y pruebas de desempeño del vehículo.

Tabla 21

Recursos tecnológicos

Equipo	Utilización
Analizador de gases Kane AUTO plus	Medición de emisiones de gases con combustibles gasolina y GLP
Dinamómetro	Realización de medición de torque y potencia
Balanza	Peso de depósito de GLP
Paquete Office	Programa para desarrollar escritura y cálculos
Software de diseño	Simulación de elementos de kit de tercera generación de GLP

Nota. En la tabla se puede observar los recursos tecnológicos ocupados para con el fin de desarrollar la investigación.

5.1.3. Recursos Materiales

Fue necesario el uso de recursos materiales para el proceso y culminación del proyecto de investigación.

Tabla 22*Recursos materiales*

Cantidad	Descripción
1	Kit de tercera generación de GLP
4	Componentes eléctricos
3	Cañerías y conductos de GLP
6	Abrazaderas de tornillo
1	Analizador de gases Kane AUTO plus
1	Dinamómetro
1	Balanza

Nota. En la tabla se puede identificar los recursos materiales usados para la realización de la implementación del sistema dual gasolina GLP.

5.2. Financiamiento

Para el proceso y culminación del proyecto de investigación fue necesario el aporte económico con la finalidad de cumplir con los objetivos de restauración, implementación y pruebas del vehículo en general.

Tabla 23*Financiamiento del proyecto de investigación*

Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Materiales y Equipo			
Restauración del Vehículo "tren motriz"	1	700	700.00
Kit de tercera generación GLP	1	600	600.00
Combustible prueba Gasolina	9	10	90.00
Combustible prueba GLP	4	3	12.00
Pruebas			
Estáticas	40 horas	1.25 la hora	50.00
Dinámicas	40 horas	3.00 la hora	120.00
SUMA TOTAL			1572.00

Nota. En la tabla se puede observar el financiamiento gastado para la realización del proyecto de investigación.

5.3. Conclusiones

Se fundamentó teóricamente la restauración funcional del vehículo Jeep Willys CJ3A en aspectos técnicos y científicos de sus sistemas vehiculares con la finalidad de determinar el comportamiento del sistema del tren motriz y uso de combustibles gaseosos para motores M.E.P con sistemas dual Gasolina – GLP de tercera generación.

Se restauró y repotenció de manera integral y funcional la carrocería, pintura, acabados, sistemas automotrices y motrices del vehículo Jeep Willys CJ3A dejándolo operativo en su totalidad y obteniendo en conjunto un automóvil funcional y de exhibición el cual aportara a la carrera de Ingeniería Automotriz para actividades vinculadas a los procesos de enseñanza – aprendizaje.

Se diseñó un sistema de energía combinada en el desplazamiento del vehículo Jeep Campero Willys 05-7360-09-00002 en ciclos de conducción en actividades militares de exhibición con sistema dual Gasolina – GLP. Obteniendo como resultado un sistema BI-FUEL apto para la conducción y estudio de los procesos de combustión ocasionados a causa de los diferentes carburantes y su incidencia en pruebas de desempeño, consumo y emisiones de gases contaminantes.

Se realizó un análisis asistido por computador el cual garantizó la restauración de manera integral de los sistemas vehiculares de carrocería, pintura, acabados, sistemas automotrices y motrices el vehículo Jeep Willys CJ3A con un sistema combinado de energía fiable por combustibles gaseosos y líquidos con un kit de tercera generación que incrementó su autonomía en caminos de primer orden en un 69,90% y en caminos de segundo orden en un 76,37%.

Se implementó un sistema combinado de energía fiable por combustibles gaseosos y líquidos con un kit de tercera generación al vehículo Jeep Willys CJ3A

validado mediante pruebas de desempeño como torque y potencia, pruebas de consumo, pruebas de autonomía y pruebas de emisiones contaminantes; con la finalidad de tener un combustible alternativo que brinde mayor autonomía y redujo emisiones contaminantes generadas hacia el medio ambiente

Se evidenció que el motor BF-161 del vehículo Jeep Willys CJ3A a 2000 RPM con el uso de GLP como carburante refleja un torque de 147,67N-m, mientras que con gasolina el torque es de 169,83 N-m. En conclusión, al utilizar GLP como carburante existe una reducción de torque en un 13,04% a comparación de cuando se utiliza gasolina.

Se estableció que el motor BF-161 del vehículo Jeep Willys CJ3A a 3000 RPM con el uso de GLP como carburante refleja una potencia de 35,76 HP, mientras que con gasolina la potencia es de 43,69HP. En conclusión, al utilizar GLP como carburante existe una reducción de potencia en un 18,15% a comparación de cuando se utiliza gasolina.

Se determinó que el consumo del motor BF-161 del vehículo Jeep Willys CJ3A a en caminos de primer orden con el uso de GLP como carburante refleja un gasto de 7.27 Gal. en 100km de recorrido; mientras que con el uso de gasolina se evidencia un consumo de 10.40 Gal. Por lo que se demuestra que existe una autonomía mayor en un 30,10% cuando se utiliza GLP como carburante a comparación de gasolina.

Se determinó que el consumo del motor BF-161 del vehículo Jeep Willys CJ3A a en caminos de segundo orden con el uso de GLP como carburante refleja un gasto de 9,47 Gal. en 100km de recorrido; mientras que con el uso de gasolina se evidencia un consumo de 12,40 Gal. Por lo que se demuestra que existe una autonomía mayor en un 23,62% cuando se utiliza GLP como carburante a comparación de gasolina.

Se verificó la reducción de gases contaminantes con la utilización del carburante GLP como alternativo a la gasolina, donde se evidencio una disminución significativa de un 57,77% en cuanto a emisiones contaminantes producidas por el motor BF-161 del vehículo Jeep Willys CJ3A.

5.4. Recomendaciones

Se potenciaría el uso del kit de tercera generación con la implementación de un carburador dual el cual aportaría mejorando la mezcla de aire – gasolina y aire -GLP provocando un mejor desempeño en el motor y en el vehículo en parámetros de potencia, torque y reducción de consumo.

Se mejoraría el desempeño del motor de combustión interna y del vehículo en parámetros de torque y potencia mediante la implementación de un kit de cuarta generación el cual está constituido por inyectores multi punto aportando así un mejor desempeño y dosificación con el uso de GLP.

Se optimizaría el carburante de gasolina – GLP mediante la instalación de un sistema de quinta generación que este instituido a partir de un mando electrónico con juntamente con inyectores mono punto y a su vez con sensores que monitorean el ajuste de inyección de GLP acorde al desempeño del vehículo aportando así un aumento significativo en su desempeño.

Se mejoraría el sistema de tercera generación instalado en el vehículo Jeep Willys CJ3A, con la implementación de sensores eléctricos en el reservorio y cañerías, evidenciando así la cantidad de GLP con la que el vehículo cuenta y evitando accidentes por problemas de fugas en las cañerías del sistema.

Se reduciría las emisiones contaminantes provocadas por gases originados a causa de la carburación de gasolina y GLP con la implementación de un catalizador en el sistema de escape aportando así a la disminución de los elementos fluctuantes mediante la técnica de catálisis.

Bibliografía

AIR, G.-G. (28 de 01 de 2007). *AirGNC*. Obtenido de AirGNC:

<http://airgnc.com/?Contenido=Categoria&Id=19&Categorias=1&LANG=SP>

AutoDaewooSpark. (29 de 09 de 2016). *AutoDaewooSpark*. Obtenido de AutoDaewooSpark: <https://www.autodaewoospark.com/medicion-compresion-cilindros-motor.php>

AutoGas. (12 de 12 de 2019). *AutoGasItalia*. Obtenido de AutoGasItalia: <https://www.autogasitalia.it/es/products/multivalvulas-y-accesorios/multivalvulas-para-tanques-de-glp-tipo-at02/>

AutoGasPoint. (25 de 10 de 2010). *AutoGasPoint*. Obtenido de AutoGasPoint: <https://autogaspoint.com/producto/equipo-stag-gasolina-indirect-autogas-glp-gnc-qmax-plus-6cil/>

AUTOMÓVIL, T. D. (s.f.). *TECNOLOGÍA DEL AUTOMÓVIL*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=oqTpJV9pt80>

Bohórquez, C. (2019). *repositorio.espe*. Obtenido de repositorio.espe: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/21166/T-ESPEL-MAIL-0671.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BonGas. (12 de 02 de 2013). *Bon-Gas*. Obtenido de Bon-Gas: www.bon-gas.com

Cabezas, W., & Moyano, M. (2016). *Análisis de torque, potencias, consumo de combustible y emisiones contaminantes a diferentes concentraciones de gasolina/etanol en un banco de pruebas motor corsa 1.6Lt*. Riobamba: ESPOCH.

Carranza, E. (2012). *CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL FUNCIONAMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE PARTES DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN POR GLP EN UN MOTOR DE EXPLOSIÓN INTERNA*. Riobamba: ESPOCH.

Cedeño, R., & Vargas, S. (2019). *ANÁLISIS, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ Y ELÉCTRICO PARA EL VEHÍCULO JEEP MODELO WILLYS DEL AÑO 1952*. Latacunga: ESPE.

Crookes, R. (2006). *Comparative bio-fuel performance in internal combustion engines*. Biomass and Bioenergy, pp. 461-468.

Cuenca, T. (09 de 09 de 2013). *TalleresCuenca*. Obtenido de TalleresCuenca: <https://tallerescuenca.com/funcionamiento-del-sistema-de-alimentacion-por-gas-glp/>

- Design, T. (10 de Marzo de 2017). *CARROS Y CLASICOS* . Obtenido de JEEP Y WILLYS 1945-1955: <https://www.carrosyclasicos.com/historia/item/601-jeep-y-willys-1945-1955>
- Digital, G. E. (26 de 01 de 2017). *BlogMecanicos*. Obtenido de BlogMecanicos: http://www.blogmecanicos.com/2017/01/como-funciona-un-sistema-glp_26.html
- Dinamómetro. (20 de 09 de 2012). *MecanicayMotores*. Obtenido de MecanicayMotores: <https://www.mecanicaymotores.com/el-uso-de-los-dinamometros.html>
- ELGUETA, L. (10 de Julio de 2020). *ro-des*. Obtenido de ro-des: <https://www.ro-des.com/mecanica/que-es-el-sistema-de-transmision/>
- European Commission, W. e. (2003). *Technology and climate policy outlook*. Bélgica: Research Energy.
- FESTO. (2018). *Automatización de procesos*. Neckar: FESTO.
- Fidalgo, R. (01 de 06 de 2017). *Autocasión*. Obtenido de Autocasión: <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/te-compensa-convertir-tu-motor-de-gasolina-en-uno-de-gas-glp>
- Forero, J., Valencia, A., & Chris, B. (2011). *Evaluación de Vehículos en carretera*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Galarza, C., & Tapia, S. (2005). *Adaptación de un sistema de combustible con la utilización de GLP a un motor de gasolina Toyota 5R*. Latacunga : ESPE.
- Galbarro, H. R. (10 de noviembre de 2021). *Ingemecanica*. Obtenido de Ingemecanica: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>
- GONCALVES, R. (9 de febrero de 2017). *Jeep, un legado que sigue vigente*. Obtenido de Jeep, un legado que sigue vigente: <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/jeep-un-legado-que-sigue-vigente/>
- Heywood, J. (2015). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Gill.
- Huang, J., & Crookes, R. (1998). *Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine*. Fuel 77, No. 15,1998, pp. 1793 1801. .
- HybridSupply. (18 de 09 de 2018). *HybridSupply*. Obtenido de HybridSupply: <https://hybridsupply.es/productos/landi-renzo/componentes/conmutador-de-gasolina-glp-de-landi-renzo/>
- IMPCO. (2015). *Master Parts Catalog*. California: FSYS.
- INEN, I. E. (1983). *Vehículos Automotores. Determinación de la potencia neta del motor*. Quito: INEN.
- INEN, I. E. (1984). *Vehículos automotores. Determinación de la potencia neta del motor*. Quito: CDU.

- INEN, I. E. (2000). *GESTIÓN AMBIENTAL. Aire. Vehículos automotores determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí. Prueba estática*. Quito: INEN.
- INEN, I. E. (2008). *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*. Quito: INEN.
- INEN, I. E. (2017). *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de Emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina*. Quito: INEN.
- INNCHILE. (2001). *Artefactos de uso domésticos para cocinar, que utilizan combustibles gaseosos*. Santiago de Chile: SINDELEN S.A.
- JJDLUXEGARAGE. (2021). *JJDLUXEGARAGE*. Obtenido de TIPOS DE RESTAURACIONES: <https://jjdluxegarage.com/index.php/blog/231-coches-clasicos-tipos-restauracion>
- Karim, G., & Wiezba, L. (2002). *Methane-carbon dioxide mixtures as a fuel*. SAE Special Publications.
- Kia. (2021). *kia*. Obtenido de [kia](https://www.kia.com/cl/discover-kia/ask/what-is-a-powertrain.html): <https://www.kia.com/cl/discover-kia/ask/what-is-a-powertrain.html>
- Luike. (1 de 3 de 2020). *AutoFacil*. Obtenido de AutoFacil: <https://www.autofacil.es/coches-a-gas/fabricantes-construyen-depositos-glp-mayor/190848.html>
- Lunar, J. (29 de 04 de 2012). *ElectroAut*. Obtenido de ElectroAut: <http://electroaut.blogspot.com/2012/04/introduccion-la-inyeccion-electronica-o.html>
- Maco, J. (19 de 09 de 2010). *JoseMacosBlog*. Obtenido de JoseMacosBlog: <https://josemaco.wordpress.com/2010/09/19/diagnostico-por-vacio-eb-ralenti/>
- Mantilla, J., Aguirre, B., & Sarmiento, L. (2008). *Evaluación experimental de un motor encendido por chispa que utiliza biogás como combustible*. Santander: UNAL.
- Martínez, P., Siavichay, B., & Tenesaca, J. (2011). *Análisis y Construcción de un Banco Funcional con Sistema de Alimentación Dual GLP-Gasolina*. Cuenca: UPS.
- Midkiff, K., Bell, S., Rathnam, S., & Bhargava. (2001). *Fuel composition effects on emissions from a spark-ignited engine operated on simulated biogases*. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 123, 2001, pp. 132–138.
- Montero, R. (21 de 02 de 2006). *Raul Motors*. Obtenido de Raul Motors: <http://www.raulmotors.com/instglpsistemas.html>
- Mössinger, J. (2010). *Software in automotive systems*. (Vol. 27). Hue: EEE software.

- Naler. (21 de 04 de 2021). *Automoción*. Obtenido de Automoción: <https://www.interempresas.net/Automocion/FeriaVirtual/Producto-Mangueras-para-LPG-y-gas-natural-Elaflex-Butapal-156261.html>
- Núñez, C. (2018). *ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI*. Ambato: Universidad Técnica de Amvato.
- OSINERGMING. (2014). *Masificación del gas natural en el Perú*. Lima: GART.
- Overland, W. (1990). *Manual du Mecanico*. Sao Paulo: MMW.
- Ozeki, K. (1990). *Japanese Trucks and Buses 1918-1972*. Tokyo: Miki Press. p. 131.
- Payri, F. (2011). *Motores de Combustión Interna Alternativos*. Valencia: REVERTÈ, S.A.
- Pérez Darquea, D. G. (2018). *Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales*. Guayaquil: INNOVA. Obtenido de <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.635>
- Pian, B. (21 de 04 de 2009). *Team BHP*. Obtenido de Team BHP: <https://www.team-bhp.com/forum/post-war/101122-willys-cj3b-1958-rust-riches-2.html>
- Queen, F. (21 de 12 de 2000). *Film Queen*. Obtenido de Film Queen: www.film.queensu.ca/cj3B
- Rodes. (28 de 09 de 2015). *Rodes*. Obtenido de Rodes: <https://www.rodes.com/mecanica/motores-glp-y-gnc/>
- Rojas, F., Jiménez, F., & Álvarez, J. (2017). *Diseño y Evaluación de Mezcladores de un Quemador Doméstico usando Gas Licuado de Petróleo*. Lima: La Selena.
- Roubaud, A. F. (2007). *Improving performances of a lean burn cogeneration biogas engine equipped with combustion prechambers*. Fuel, Vol. 84, 2005, pp. 2001-2007.
- Sánchez, S., & Eduardo, G. (17 de Febrero de 2013). *Clasicos al Volante*. Obtenido de JEEP WILLYS CJ3A (1950): <https://www.clasicosalvolante.com/jeep-willys-cj3a-1950/>
- Struble, D. E. (2019). *Automotive accident reconstruction: practices and principles*. Charlotte: CRC press.
- Wikipedia. (3 de Septiembre de 2021). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Jeep_CJ#CJ-3A
- Zambrano, E. (19 de 05 de 2005). *Host*. Obtenido de Host: <http://michatarrita.host56.com/category/sistemas-glp-y-gnv/>
- Zhuming, B. (2018). *Finite Element Analysis Applications*. London: PCB Editors.

Anexos