



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE GLP- GAS LICUADO DEL PETRÓLEO-
EN LOS VEHÍCULOS PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE
COSTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA SIESA**

José Manuel Albizú Chinchilla

Asesorado por el M.A. Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, agosto de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE GLP- GAS LICUADO DEL PETRÓLEO-
EN LOS VEHÍCULOS PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE
COSTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA SIESA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSE MANUEL ALBIZU CHINCHILLA

ASESORADO POR EL M.A. ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Singrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE GLP- GAS LICUADO
DEL PETRÓLEO- EN LOS VEHÍCULOS PARA LA MEJORA DEL
RENDIMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE COSTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE
LA EMPRESA SIESA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Mecánica Industrial, con fecha 3 de octubre 2010.



José Manuel Albizú Chinchilla



Guatemala, 17 de mayo de 2011.
REF.EPS.D.393.05.11

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE GLP -GAS LICUADO DEL PETRÓLEO- EN LOS VEHÍCULOS PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE COSTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA "SIESA"”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **José Manuel Albizú Chinchilla** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zaccaro de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



Guatemala, 17 de mayo de 2011.
REF.EPS.DOC.646.05.11.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **José Manuel Albizú Chinchilla**, Carné No. **200213001** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE GLP -GAS LICUADO DEL PETRÓLEO- EN LOS VEHÍCULOS PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE COSTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA "SIESA"."**

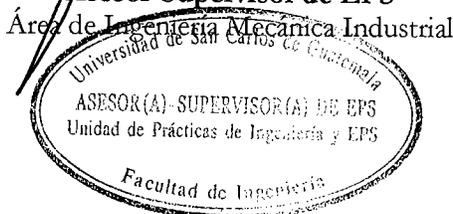
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

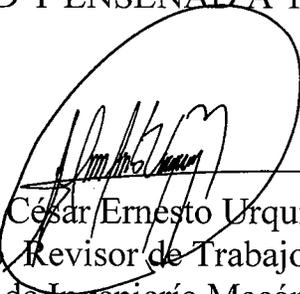


JHBE/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE GLP -GAS LICUADO DEL PETRÓLEO- EN LOS VEHÍCULOS PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE COSTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA “SIESA”**, presentado por el estudiante universitario **José Manuel Albizú Chinchilla**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑADA A TODOS


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.105.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE GLP -GAS LICUADO DEL PETRÓLEO- EN LOS VEHÍCULOS PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE COSTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA SIESA**, presentado por el estudiante universitario **José Manuel Albizú Chinchilla**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2011.

/mgp



DTG. 288.2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE GLP –GAS LICUADO DEL PETRÓLEO- EN LOS VEHÍCULOS PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE COSTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA SIESA,** presentado por el estudiante universitario **José Manuel Albizú Chinchilla,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 17 de agosto de 2011.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Mi guía entre todas las cosas, le agradezco por haberme conducido por el mejor de los caminos. Eternamente agradecido por permitirme llegar a este momento.
- Mis padres** Juan Ramón Albizú Vargas y Gloria Araceli Chinchilla de Albizú, por darme vida, apoyo moral y económico para lograr este triunfo, a ellos todo mi corazón por su gran esfuerzo.
- Mis hermanos** José Juan, José Ramón y Gloria María, por crecer a mi lado con excelentes valores inculcados por nuestros padres y por ser apoyo en todo momento.
- Mi novia** Annelies Barahona Twietmeyer, por ser mi complemento y eje de fuerza para alcanzar este éxito, y su apoyo incondicional.
- Mi sobrino** José Sebastián Albizú Díaz, por la sencilla razón de su existencia y la felicidad diaria que vivimos con él.
- Mi asesor** Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel, por su orientación a lo largo del desarrollo del presente trabajo y por depositar su confianza en mí para la realización del mismo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA	1
1.1. Identificación de la empresa	1
1.2. Reseña histórica	2
1.3. Visión	3
1.4. Misión	3
1.5. Valores	3
1.6. Estructura organizacional	4
1.7. Ubicación	6
2. FASE TÉCNICA (IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA GLP CARBURANTE)	9
2.1. Situación actual: funcionamiento de los vehículos con gasolina	9
2.1.1. Análisis de la situación actual de los vehículos de SIESA	10
2.1.2. Estado físico de los vehículos	13
2.1.3. Funcionamiento mecánico de los vehículos	22
2.1.4. Rendimiento actual de los vehículos	29

2.1.5.	Mantenimiento que se le da a los vehículos	33
2.1.6.	Costos de operación	35
2.2.	Propuesta del sistema GLP	40
2.2.1.	Antecedentes generales	42
2.2.1.1.	Mercado de combustibles	43
2.2.1.2.	Combustibles fósiles	45
2.2.1.3.	Combustibles alternos	49
2.2.1.4.	Mercado de combustibles	55
2.2.2.	Características	61
2.2.2.1.	Definición del GLP	62
2.2.2.2.	Características químicas del GLP	62
2.2.2.3.	Características físicas del GLP	66
2.3.	Implementación del GLP en vehículos de gasolina	69
2.3.1.	Motores de combustión interna	69
2.3.2.	Funcionamiento	70
2.3.3.	Principios fundamentales	73
2.3.4.	Sustitución de la gasolina por el GLP en motores	77
2.3.4.1.	Cambios necesarios y descripción de equipo	78
2.3.4.2.	Diseño de plano para ubicación	87
2.3.4.3.	Funcionamiento del sistema	88
2.3.4.4.	Efectos secundarios al usar el sistema	89
2.3.4.5.	Rendimiento y desempeño	92
2.3.4.6.	Comparación entre gasolina y GLP	93
2.3.4.6.1.	Potencia del GLP	93
2.3.4.6.2.	Rendimiento del GLP	94
2.4.	Ventajas del combustible GLP como uso automotor	99
2.4.1.	Vehículos que pueden utilizar GLP con combustible	99
2.4.2.	Ventajas técnicas	100

2.4.3.	Ventajas económicas	100
2.4.4.	Ventajas de medio ambiente	101
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN (análisis de costos)	103
3.1.	Antecedentes de costos de operación	103
3.1.1.	Consumo de combustible gasolina	104
3.1.2.	Costos totales de operaciones	106
3.2.	Costos de implementación sistema GLP	108
3.2.1.	Descripción de equipo a utilizar	108
3.2.1.1.	Costos de equipo a utilizar	109
3.2.2.	Lugares de suministro de combustible	110
3.2.2.1.	Costos de combustible	112
3.2.3.	Consumo de combustible GLP mensual	114
3.3.	Comparación de costos de gasolina vrs. GLP	115
3.3.1.	Costos anuales	115
4.	FASE DOCENTE (capacitación, mantenimiento)	125
4.1.	Planificación de capacitaciones	126
4.1.1.	Programación	127
4.1.2.	¿Qué es el GLP?	129
4.1.3.	Manejo adecuado del equipo GLP	130
4.1.4.	Como trabajar el sistema GLP carburante	134
4.1.5.	Examen oral	135
4.2.	Mantenimiento de los vehículos con sistema GLP	139
4.2.1.	Aditivos a utilizar en los motores	140
4.2.2.	Mantenimiento del motor	141
4.2.3.	Mantenimiento del equipo	142

CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES	145
BIBLIOGRAFÍA	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama administrativo	5
2.	Ubicación de la empresa	7
3.	Diagrama causa y efecto en la generación de los gastos operacionales	11
4.	Ponderación porcentual del estado físico de los vehículos	14
5.	Comparación porcentual del estado físico de los vehículos a puerta	15
6.	Comparación porcentual del estado físico de los vehículos a faroles y luces	16
7.	Comparación porcentual del estado físico de los vehículos a llantas	17
8.	Comparación porcentual del estado físico de los vehículos respecto a pintura	18
9.	Comparación porcentual del estado físico de los vehículos respecto a los vidrios	19
10.	Elementos a ser revisados a los vehículo	20
11.	Ponderación del estado físico de los sistemas de funcionamiento de los vehículos	21
12.	Comparación porcentual del sistema eléctrico	22
13.	Comparación porcentual del sistema de dirección de los vehículos	22
14.	Comparación porcentual del sistema de frenos	23
15.	Comparación del sistema de motor	24
16.	Comparación porcentual del sistema de transmisión	24

17.	Reporte de fallas mecánicas de los vehículos	30
18.	Desglose de costos de operación de los vehículos	31
19.	Esquema de un sistema de alimentación GLP para motores equipados con carburador	35
20.	Nivel de participación de los países productores de petróleo	36
21.	Proyección del nivel de participación del mercado de combustibles hasta 2023	37
22.	Reservas de petróleo de barriles a nivel mundial	42
23.	Empresas importadoras totales por compañía en Guatemala	52
24.	Importaciones totales por país de origen a Guatemala	53
25.	Participación de gases comerciales	57
26.	Flamabilidad de los gases	60
27.	Partes del motor de combustión interna	66
28.	Representación gráfica del ciclo motor de cuatro tiempos	67
29.	Representación mecánica el ciclo motor de cuatro tiempos	68
30.	Tanque de almacenamiento de GLP para vehículos	70
31.	Conmutador de tres fases	71
32.	Multiválvulas con sensor de nivel	73
33.	Líneas de conducción de GLP	74
34.	Electroválvula de GLP	75
35.	Estructura interna del reductor gasificador	76
36.	Componente mezclador y sus diferentes formas	77
37.	Vista del mezclador en un vehículo	78
38.	Diseño de la ubicación de accesorios del GLP	79
39.	Consumo de combustible en SIESA	97
40.	Principales importadores de GLP	103
41.	Fluctuación de precios del GLP en Guatemala	104
42.	Gráfica de gastos por gasolina en comparación con GLP	110

43.	Gráfico comparativo del costo del sistema gasolina y el GLP utilizando la TIR	113
44.	Planificación de capacitación a mecánicos y pilotos	117
45.	Abastecimiento de un vehículo con sistema GLP	119
46.	Documento para la elaboración de evaluación de conocimientos generales a mecánicos	126

TABLAS

I.	Componentes básicos de inspección y su nivel de aceptación de daños	13
II.	Ponderación porcentual del punteo para reparación de un vehículo	21
III.	Especificaciones técnicas del motor E350	25
IV.	Rendimiento de las unidades de transporte de SIESA	26
V.	Rendimiento real calculado para la flotilla de vehículos de SIESA	27
VI.	Especificaciones de los componentes de mantenimiento y su motivo	29
VII.	Comportamiento del indicador DPP al reducir el costo de venta promedio	33
VIII.	Ventajas y desventajas del combustible fósil	39
IX.	Características químicas del GLP	56
X.	Características físicas del GLP	58
XI.	Características del vehículo con sistemas gasolina y GLP	87
XII.	Comparación de rendimiento entre sistema de gasolina y GLP	88
XIII.	Rendimiento comparativo entre las unidades de SIESA y la unidad con dos sistemas de combustión	90
XIV.	Desglose de costos de mantenimiento a vehículos	100

XV.	Proyección de consumo de gasolina para el segundo semestre 2010 en SIESA	105
XVI.	Detalle simplificado de los gastos operacionales utilizando gasolina	106
XVII.	Detalle simplificado de los gastos operacionales utilizando GLP	107
XVIII.	Utilización del valor TIR para comparación entre sistemas	112
XIX.	Calendarización de actividades de capacitación sobre GLP	114

GLOSARIO

Biomasa	Nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material de vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o animales.
<i>Burn-out</i>	Síndrome que afecta al colaborador cuando se le asigna más trabajo del que puede realizar.
Butano	Hidrocarburo saturado, parafínico o alifático, inflamable, gaseoso que se licua a presión atmosférica a -0,5 grados centígrados, formado por cuatro átomos de carbono y por diez de hidrógeno, cuya fórmula química es C_4H_{10} .
Calibración	Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes indicados por un instrumento o sistema de medición, o valores representados por una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores aportados por patrones.
<i>Coking y visbreaking</i>	Reducción de viscosidad de GLP del petróleo posterior a su separación y con ellos ser utilizable.

Cracking	Proceso de separación de GLP del petróleo, por medio de la descomposición de una molécula compleja en otras más pequeñas.
Etilo	Compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace. Es uno de los productos químicos más importantes de la industria química.
Hules	Dispositivo encargado de la obstrucción de salida de grasa y aceite de los mecanismos a lubricar.
Metano	Es la descomposición de una molécula compleja en otras más pequeñas.
Nafta	Conocido como éter de petróleo, es un derivado del petróleo extraído por destilación directa, utilizado principalmente como materia prima de la industria petroquímica cuyo nombre comercial es GASOLINA.
Oleoso	Graso, untuoso y aceitoso.
Propano	Gas incoloro e inodoro. Pertenece a los hidrocarburos alifáticos con enlaces simples de carbono, conocidos como alcanos. Su fórmula química es C_3H_8 .

LISTA DE ABREVIATURAS

Símbolo	Significado
BNP/D	Barriles Netos de Petróleo / Diario
Bar	Nomenclatura de medición de presión en sistema Ingles
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNL	Gas Natural Licuado
OPEP	Organización Países Exportadores de Petróleo
PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
PSI	<i>Pounds per Square Inch</i> , describen la cantidad de libras por pulgada cuadrada que se ejerce sobre un cuerpo.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, fue desarrollado a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en la empresa SIESA, en donde se analizó y dio solución a la problemática de costos por mantenimiento y distribución de sus productos por medio de su flotilla de vehículos de reparto.

Al paso que van subiendo los precios de la gasolina y el diesel, cada día hay más gente considerando la conversión de sus motores que utilizan gasolina al combustible GNC (Gas Natural Comprimido) o GLP (Gas Licuado de Petróleo). GNC y GLP son combustibles utilizados en varias partes del mundo hace más de 60 años. Hoy existen miles y miles de autos convertidos de gasolina a GNC o GLP en los EE.UU., Canadá, Italia, Rusia, Argentina, Venezuela, India y otros países.

La conversión es simple, pero las preocupaciones generadas por los usuarios y mecánicos desactualizados causa miedo al momento de tomar la decisión. Mientras es verdad que hay una pequeña pérdida de fuerza, esta pérdida es similar a la pérdida de fuerza por operar el aire acondicionado o abrir una ventana a 80 kilómetros por hora en la carretera.

Será analizado cada aspecto para determinar la total falsedad y miedo que puede ocasionar el cambio de sistema, teniendo en consideración todo su entorno de preinstalación y post instalación a los vehículos de una empresa dispuesta a minimizar los costos de operación por implementación del sistema GLP.

OBJETIVOS

General

Determinar la viabilidad de utilizar un sistema GLP en una flotilla de vehículos con sistema gasolina.

Específico

1. Describir las generalidades de la utilización de GLP.
2. Determinar posibles efectos al utilizar GLP en vehículos gasolina.
3. Analizar la viabilidad de implementar un sistema GLP a vehículos tipo gasolina, mediante la aplicación del VAN.
4. Determinar las ventajas técnicas y económicas de utilizar GLP en vehículos automotores.
5. Identificar el equipo necesario para la implementación del sistema GLP en vehículos de gasolina.

INTRODUCCIÓN

Un análisis de la situación en una empresa inicia con el diagnóstico de los problemas que afectan la parte financiera de la misma, por ello el presente trabajo se ha realizado en SIESA, empresa que se dedica a la comercialización de productos eléctricos y electrónicos, en cuyo caso sus actividades se ven afectadas considerablemente cuando existen gastos que pueden ser minimizados al realizar un cambio en su forma de trabajar.

Dentro del contexto de crear satisfacción a los clientes y mejorar la productividad en la empresa, se ha efectuado un estudio de la viabilidad de la transformación de vehículos tipo gasolina a uno tipo GLP, esto con base en herramientas de ingeniería. Con el fin de tomar en consideración alguna de las variables críticas, se pretende demostrar la correcta instauración de un sistema como éste para los vehículos de la empresa.

Toda empresa sabe que debe establecer el nivel correcto de expectativas de los clientes, teniendo en consideración el precio por el cual se realiza un servicio, el beneficio obtenido por la realización del trabajo será utilizado para el mantenimiento del equipo, vehículos y todo aquello que lo involucra. Es por estas razones que el presente documento tiene como finalidad presentar las ventajas y desventajas de la utilización de GLP en los vehículos de una empresa dedicada a la distribución de equipo electromecánico.

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Identificación de la empresa

SIESA es una empresa con visión global y futurística, dedicada a la innovación, desarrollo, manufactura y comercialización de productos electromecánicos; siempre con la filosofía de producto de alta calidad a un precio accesible.

El portafolio de productos abarca las especialidades en lo referente a electricidad y mecánica en equipo eléctrico, por lo que se subdividen las áreas de la siguiente forma:

- Mecánica en general de equipo eléctrico
- Talleres
- Adaptación de sistemas eléctricos
 - Líneas de baja tensión
 - Domiciliares
- Sistemas de mediana tensión

Las características de la empresa permiten llevar a término los más variados tipos de productos que la mecánica y la electricidad puede ofrecer a sus clientes, la construcción en módulos y áreas totalmente separadas, influyen en la excelente calidad y la garantía absoluta. Permitiendo a la empresa incursionar en áreas que no ha trabajado con anterioridad y en las que puede desarrollarse plenamente dadas sus políticas empresariales por parte de la alta dirección.

1.2. Reseña histórica

SIESA nació en 1990. Desde sus orígenes, ha elaborado todos los productos con las más estrictas normas de trabajo en lo referente a mecánica, electricidad y la combinación de ambas. En su desarrollo, SIESA ha aprendido a conjugar lo mejor del conocimiento y la tecnología con los requerimientos y necesidades del exigente mercado, esto le ha permitido comercializar sus servicios a nivel centroamericano a un precio accesible.

Éstas son las razones por las que SIESA ha fortalecido su pasión por la excelencia y el desarrollo dentro del mercado nacional, contando para sus operaciones con un espacio de trabajo de 900 m² de construcción, en donde se tienen talleres de trabajo, bodegas de almacenaje y cubicación para el personal administrativo que labora para el desarrollo de sus actividades.

La empresa se ha constituido con el aporte de capital privado de sus fundadores bajo el nombre comercial de Sistemas de Ingeniería Electromecánica S.A., dirigida administrativamente por su socio mayoritario con la colaboración de varias secciones a su cargo, las cuales tienen funciones preestablecidas que permiten no tener conflicto al momento de combinarse entre ambas.

1.3. Visión

Ser una empresa a nivel nacional con base en un crecimiento económico sustentado en el valor agregado de nuestros productos y servicios a nuestros clientes de la industria eléctrica, así como en la innovación continua de nuestras líneas y prácticas de negocio.

1.4. Misión

Somos una compañía comercializadora y distribuidora que ofrece a los diferentes segmentos de la sociedad productos eléctricos y servicios afines de alta calidad, elaborados con tecnología de punta a un precio accesible.

1.5. Valores

La calidad y la mejora continua son factores primordiales para el crecimiento y desarrollo integral de SIESA, esto se evidencia con los valores en los cuales se ha fundamentado para poder alcanzar la excelencia ante sus clientes y el compromiso para lograrlo.

- Buena atención y rapidez: la atención prestada a los clientes se hace con base en las necesidades que pueda tener, siendo en un lapso corto de tiempo que se le presente la propuesta que de solución a la solicitud realizada.
- Proceso y procedimientos de calidad: los procesos son explicados a los clientes de una forma clara, por lo que al momento de prestar el servicio sea del conocimiento del cliente cómo debe de realizarse para no afectar sus labores dentro del lugar en donde se efectue el trabajo.

- La satisfacción de los clientes es nuestra garantía: para garantizar que el servicio prestado sea el que el cliente solicita, se harán presentaciones de las diferentes opciones, con ello tener en cuenta que a todo servicio prestado se le de seguimiento de la satisfacción obtenida por el mismo, esto conlleva a tener una relación con los clientes para generar confianza ante la necesidad de un nuevo servicio.
- Alto nivel de servicio y disponibilidad: contar con la tecnología y personal para la realización de un servicio solicitado, tanto dentro como fuera de la ciudad.
- Capacidad de adaptarse a los cambios: incursionar en nuevas líneas de negocios en el campo de la electricidad, mecánica y áreas en común.

1.6. Estructura organizacional

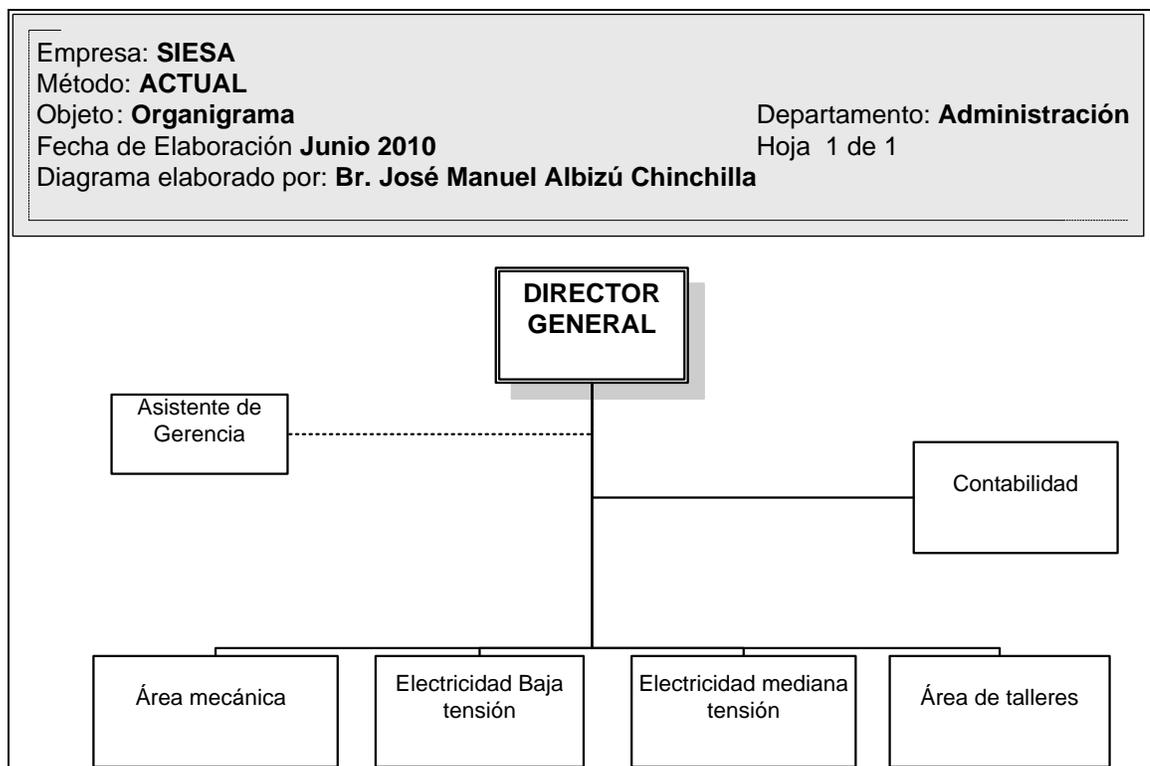
SIESA como toda empresa organizada, cuenta para su administración con las secciones necesarias para la realización de las tareas que pertenecen a la empresa. Para el efecto se cuenta con:

- Director General: persona encargada de realizar los cambios administrativos en materia financiera y operacional, para el cumplimiento de los objetivos empresariales.
- Área mecánica: sección encargada de todo trabajo en materia de construcción, diseño e instalación de equipo.
- Electricidad de baja tensión: instalación de líneas de baja tensión para equipos que así lo necesiten.

- Electricidad de mediana tensión: sistemas para medianas industrias en materia de redes de distribución eléctrica.
- Área de talleres: encargada de trabajos en equipos y reparación de los mismos.

La figura 1 describe la cadena de autoridad que existe actualmente en SIESA para el manejo en materia administrativa.

Figura 1. **Organigrama administrativo**



Fuente: Gerencia SIESA.

“Cuando una organización supera a un nivel básico de tamaño y de complejidad tiene que empezar a dividir las responsabilidades. Un tipo de estructura fundamental es la estructura funcional, que divide las responsabilidades en función de los principales papeles en la organización.” ¹

- **Ventajas**
 - Los directivos están en contacto con todas las operaciones
 - Reduce/simplifica los mecanismos de control
 - Clara definición de las responsabilidades
 - Especialistas en los niveles directivos, intermedios y superiores

- **Desventajas**
 - Fracaso en la adaptación
 - Dificultad para coordinar las funciones
 - Dificultad para gestionar la diversidad
 - Los directivos terminan ignorando las cuestiones estratégicas
 - Las gerencias se ven abrumadas por cuestiones rutinarias

1.7. Ubicación

Debido a la aceptación con la que cuenta SIESA en el mercado Centroamericano, se cuenta con dos oficinas en el país en puntos estratégicos dada las necesidades y probidad con clientes regulares a la empresa, estando éstas ubicadas de la manera siguiente:

¹ Jonson, Acholes & Whittington, Dirección estratégica, 7ª. ed., Pearson, p. 392

- Oficinas centrales:
 - 8ª. Calle 32-89 Bosques de San Nicolás, zona 4 de Mixco
 - Ciudad de Guatemala
 - Tel. (502) 2436 - 0109
 - Fax (502) 2434 – 3299

Figura 2. **Ubicación de la empresa**



Fuente: www.googleearth.com.

- Sucursal en el interior:
 - 6ª. Calle 9-117 zona 1, Huehuetenango
 - Edificio Plaza del Sol, oficina No. 7
 - Teléfonos: (502) 7762 – 7504

La oficina ubicada en Huehuetenango, tiene como finalidad prestar un servicio a la región del Occidente del país, mostrando en su cartera de clientes una gran cantidad, por su rápida respuesta y calidad de servicio.

2. FASE TÉCNICA (IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA GLP CARBURANTE)

2.1. Situación actual: funcionamiento de los vehículos con gasolina

En la actualidad el utilizar vehículos tipo gasolina no es rentable para las empresas que hacen de este tipo de transporte uno de sus medios principales de trabajo, esto se debe a los altos niveles de consumo de combustible y mantenimiento que se le deben de proporcionar a estos vehículos dada su antigüedad. SIESA cuenta con cuatro vehículos que le proporcionan la capacidad de realizar las tareas cotidianas utilizando gasolina.

Para la realización de un análisis exhaustivo de las cualidades necesarias para el cumplimiento de las necesidades básicas de los vehículos con los que cuenta SIESA, se hace uso de un análisis de las características que posee un vehículo para su funcionamiento, teniendo en consideración que esto permitirá la determinación del componente global de problemas más crítico, de esta manera se toman los factores globales para un análisis de las ventajas, desventajas con la finalidad de generar un planteamiento del estado real de los vehículos pertenecientes a la flota.

Con una inspección preliminar se ha constatado que las cuatro unidades tienen ciertas características que las distinguen una de otra, ya sea por el tiempo de vida útil, mantenimiento y aspectos mecánicos, esto aportará las variables a tomar en cuenta para homogenizar aspectos que permitan generar una conversión del sistema gasolina a sistema GLP.

2.1.1. Análisis de la situación actual de los vehículos de SIESA

SIESA presenta una diversidad de problemas relacionados con el alto consumo de recursos financieros dentro de la empresa que no son parte de producto y servicio que se genera al cliente, al agruparlos por la función que realiza, fue posible describirlos dentro de las cuatro siguientes categorías:

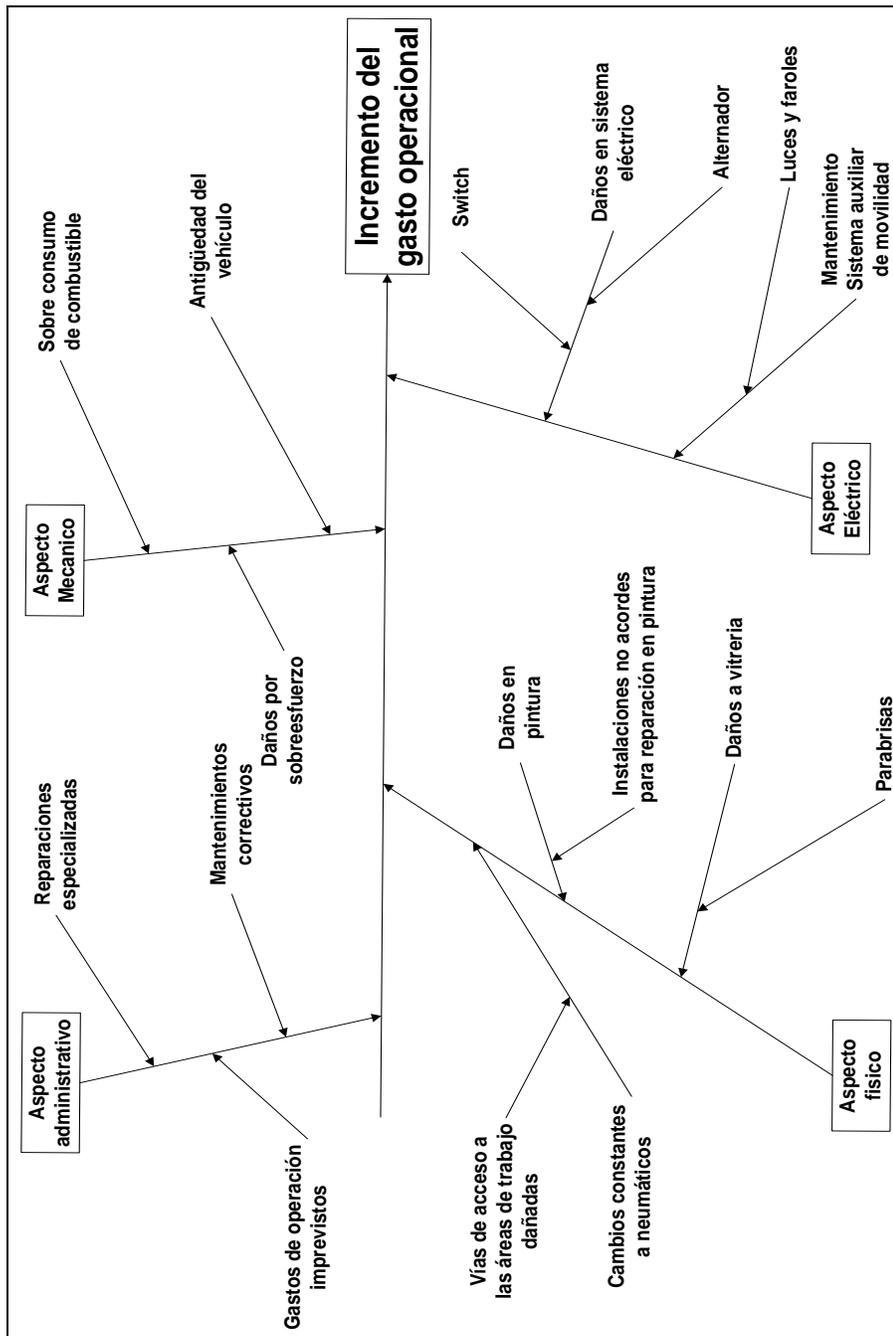
- Aspectos administrativos
- Aspectos mecánicos
- Aspectos físicos
- Aspectos eléctricos

Cada uno de estos tiene una cierta importancia dentro del trabajo que se realiza, en donde la figura 3 presenta de mejor manera cuales son las causas que lo generan y como estas al final de la cadena de valor generan un incremento de los gastos que se tienen en operaciones.

Los vehículos de SIESA presentan daños generados por la antigüedad, lo que provoca que deben hacer reparaciones a nivel del sistema de motor y transmisión, previo a determinar a realizarse un cambio en el sistema de combustión interna, se hicieron inversiones en mantenimiento preventivo mayores en algunas unidades, por lo que esto las diferencia una de la otra.

Los vehículos al ser modelos generacionales, deberían presentar defectos, daños y fallas de forma homogenizada, pero al tener una inversión mayor en una unidad que en otras, esto dificulta que se puedan considerar a las cuatro unidades de la misma manera, por ello se ha recurrido a las fuentes principales de información como lo son las ordenes de reparación y solicitud de repuestos, para la simplificación de los aspectos a considerar al momento de generar una posible solución.

Figura 3. Diagrama causa y efecto en la generación de gastos operacionales



Fuente: elaboración propia.

Con el análisis anterior se tiene como conclusión que la causa principal por la que genera el incremento en el gasto operacional de las unidades se debe a la antigüedad que estas poseen, causando para el efecto un sobre consumo de combustibles que se ve reflejado en el costo de mercado del mismo.

2.1.2. Estado físico de los vehículos

Cuando se habla del estado físico de los vehículos, específicamente se hace referencia a los componentes que hacen del mismo útil para el trabajo que se le asigna, se puede pensar en algún momento que al tener en cuenta que el vehículo será utilizado como un medio de transporte de personas y equipo, la seguridad con la que debe contar debe ser controlada, por ello se plantea verificar cuatro componentes básicos, los cuales son:

- Puertas: el estado físico debe garantizar a los tripulantes la seguridad de que no permitirán la caída de alguno de sus ocupantes, por lo cual su deterioro debe ser revisado como un factor que propicia la no ocurrencia del mismo.
- Vidrios: la característica de que el vidrio no se encuentre opaco y que cuente con una dureza que le permita no presentar fracturas durante algún recorrido, permitirá tener mayor seguridad de que el personal y materiales transportados sean trasladados en las mejores condiciones.
- Pintura: la característica de presentar golpes o corrosión en el material con que se encuentra fabricado un vehículo, son fuente de mejor rendimiento por parte del mismo.

- Estado de las llantas: este accesorio es uno de los elementos básicos para que el vehículo genere menores gastos cuando se encuentra en optimas condiciones, por lo que verificar su adherencia y carencia de lesiones son de vital importancia.

En la tabla I se describe el nivel de existencia de un problema típico de las partes que componen un vehículo, teniendo en consideración que estas son en la sección de cubrimiento y movilidad, y no aquellas que realizan el trabajo de locomoción por lo que se espera en una realidad estos daños no existan.

Tabla I. **Componentes básicos de inspección y su nivel de aceptación**

Componente		Nivel de aceptación de daños										
Termino global	Aspecto particular	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Puertas												
	Seguridad			X								
	Deterioro			X								
Vidrio												
	Opacidad			X								
	Fragilidad				X							
Pintura												
	Corrosión				X							
	Grietas y fracturas		X									
	Golpes			X								
Estado de las llantas												
	Adherencia		X									
	Deformaciones	X										
	Lesiones	X										

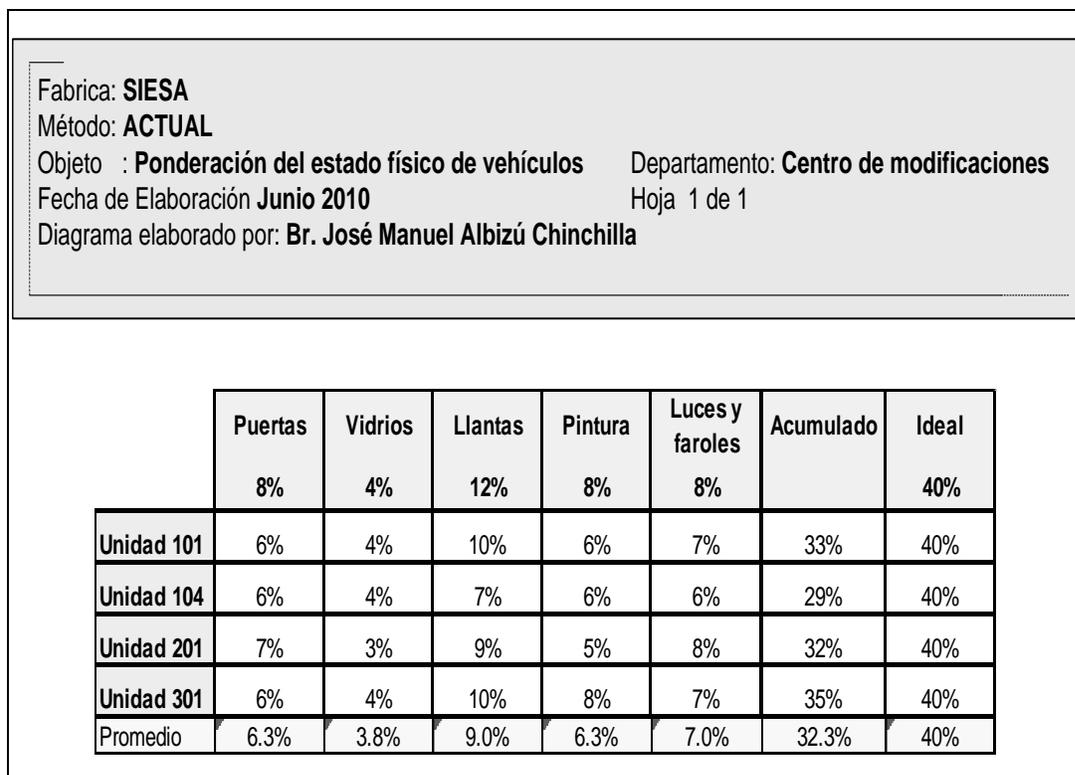
Fuente: elaboración propia.

Se separan de este conjunto los posibles problemas que puedan surgir en lo que respecta a luces y faroles, esto es debido a que debe de considerarse que son componentes eléctricos y que su carencia es perjudicial para la buena práctica y desempeño del trabajo a realizar en buena parte de las mismas.

La figura 4 presenta el resumen de calificación obtenida por los vehículos en una evaluación de su estado actual, se le ha dado ponderación del 40% al estado físico del vehículo por consenso entre mecánico y pilotos, sobre cuáles son las partes que más atención necesitan en el mantenimiento de las unidades. Esto no vincula las características relacionadas a la que proporciona el motor, por lo que físicamente contempla las siguientes:

- Puertas
- Vidrios
- Llantas
- Pintura
- Luces y faroles

Figura 4. **Ponderación porcentual del estado físico de los vehículos**



Fuente: elaboración propia.

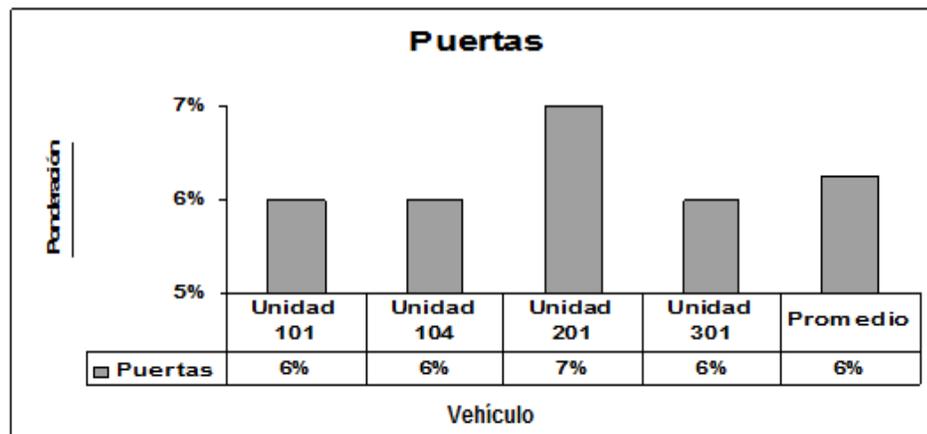
Los porcentajes anteriormente descritos serán vistos a continuación por medio de la tabulación realizada a los vehículos, tomando en consideración los factores necesarios para la evaluación realizada.

Los vehículos presentan condiciones inferiores al nivel de aceptación que se espera tener en una unidad de trabajo, por ende se deben de realizar algunas reparaciones para ponerlos en condiciones de trabajo que permitan un mejor rendimiento previo a realizar la instalación de un sistema de combustión GLP.

Al iniciar las inspecciones se debe tomar en consideración las fallas que proporcionan menor carga de trabajo, en este caso serán aquellas que permitan la seguridad de los pilotos, personal y equipo que se transporta en las unidades, por ello se inicia por lo que son las puertas. En este caso es posible encontrar hallazgos en desperfectos de este componente, esto refleja que debe hacerse una reparación en la medida que garantice seguridad.

En la figura 5 ilustra como la unidad 201 presenta menores daños en comparación con las demás unidades. Estos obedecen a que casi todas las unidades presentan daños en pintura y golpes, la unidad 101 presenta puertas desalineadas, fractura en marco de puerta derecha que obliga a los pasajeros a desarrollar una aplicación de fuerza mayor de lo normal para poder activar el seguro.

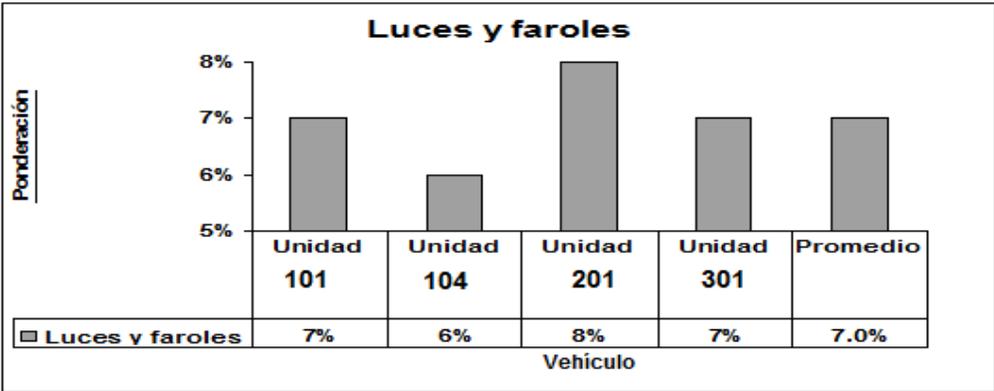
Figura 5. **Comparación porcentual del estado físico de los vehículos a puertas**



Fuente: elaboración propia.

Como segundo paso se procede a la inspección de la red eléctrica del vehículo, que en contraparte a las necesidades mecánicas son características auxiliares para movilidad en tránsito y poca visibilidad, este deberá realizarse con una medición en condiciones de trabajo normal, por lo que se debe hacer en horario y ruta que permita la inspección de las unidades. En este contexto la unidad 104 presenta el deterioro de cables de corriente, por lo que da muestras de tener un falso contacto al momento de la utilización de la luz para cruce izquierdo, el resultado de la inspección se muestra en la Figura 6.

Figura 6. **Comparación porcentual del estado físico de los vehículos a faroles y luces**



Fuente: elaboración propia.

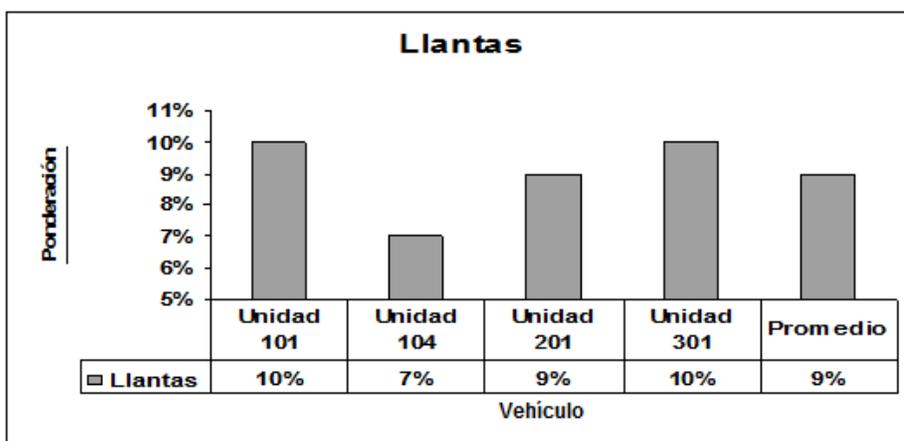
Como cuarto paso se hace la revisión de los neumáticos, estos como factor de protección para el personal que labora dentro de una empresa y para las personas ajenas que se conducen por la vía pública, es una de las 3 características principales que dan aseguramiento de esta necesidad, por lo que deben observar con mayor cuidado. La determinación del estado físico de cada una de ellas se debe de realizar por medio visual y de equipo de calibración.

Algunos de los aspectos más relevantes que se toman en consideración para conocer si estos se encuentran en óptimo estado son:

- Presión de aire: se observan posibles ranuras en la llanta que provoquen fugas, lo que en algunas ocasiones puede provocar que la unidad colapse al tener que realizar una maniobra.
- Desgaste de la llanta: este aspecto puede revelar si el vehículo posee un defecto en divergencia o convergencia entre las ruedas.

Luego de ser verificados los neumáticos de las cuatro unidades de la flotilla, se ha comprobado que únicamente la unidad 104 presenta desgaste en sus neumáticos (véase figura 7), es previsible si se toma en consideración que la unidad es utilizada como vehículo de respaldo cuando alguna de las otras tres presentan algún contratiempo o se hace necesario realizar un trabajo urgente.

Figura 7. **Comparación porcentual del estado físico de los vehículos a llantas**



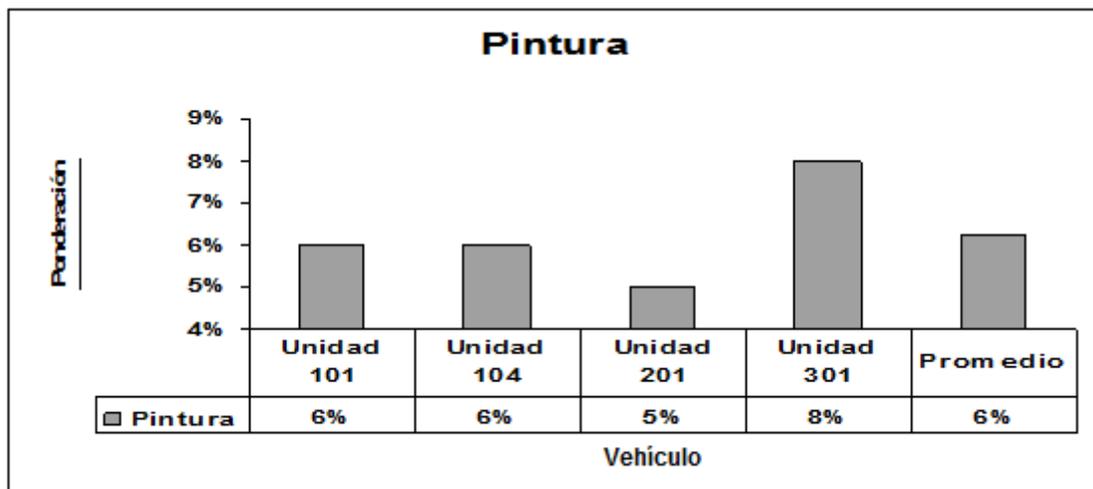
Fuente: elaboración propia.

Posterior a la revisión de característica de movilidad, se procede a la revisión de los aspectos que son relevantes en el contexto de visibilidad para el conductor y de presentación para el cliente. Por esta razón se inspecciona el recubrimiento que garantiza al vehículo estar protegido contra los posibles agentes de corrosión que existen en el ambiente.

Inicialmente uno de los problemas que más afecta a un vehículo es la corrosión provocada por el ambiente, este es observable en el cubrimiento que los vehículos tienen y que se denomina pintura. Las razones por las cuales este recubrimiento se desgasta son debido a la antigüedad de la unidad, ubicación en el cual se estacionan durante la noche y por algún accidente que provoque que esta se deteriore.

Teniendo en consideración que una reparación en materia de pintura no se realiza en lugares cerrados, se incrementa la problemática por la cual una empresa no realiza la tarea de mantenimiento, por ello luego de la revisión se encontró que únicamente la unidad 301 es la que presenta mejor cuidado, lo cual se muestra en la Figura 8.

Figura 8. **Comparación porcentual del estado físico de los vehículos respecto a pintura**

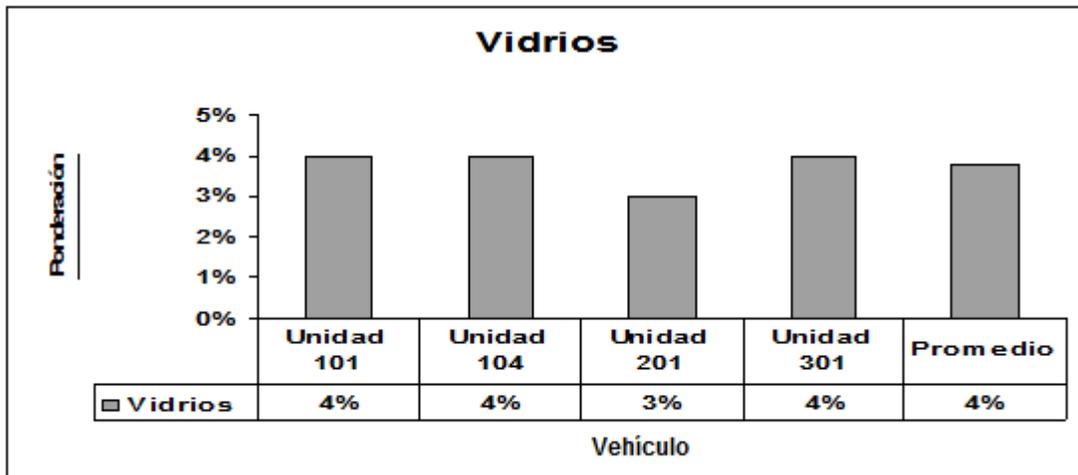


Fuente. elaboración propia.

Si se analizan un componente que tiene contacto directo con el medio, el parabrisas es el que más se encuentra expuesto a los daños del ambiente, en donde se puede presentar fracturas y opacidad.

En el caso de la flotilla de SIESA, fue visible que la unidad 201 es la que presenta mayores defectos, estos son a raíz de una fractura en la zona inferior izquierda que incrementa la posibilidad de un desprendimiento de la pieza si se ejerce la presión necesaria, estos hallazgos se ilustran en la figura 9.

Figura 9. **Comparación porcentual del estado físico de los vehículos respecto a vidrios**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. **Funcionamiento mecánico de los vehículos**

Se evalúan aspectos de funcionamiento del vehículo, los que indican el desempeño obtenido respecto a una secuencia de actividades cotidianas. Los efectos se categorizan en base al sistema que le da vida a la actividad evaluada, siendo los siguientes:

- Sistema eléctrico
- Dirección
- Motor
- Frenos
- Transmisión

Cada uno de estos se subdivide en un elemento más específico de trabajo dentro del sistema evaluado, ya sea por efecto eléctrico o mecánico, es por ello que se presenta la categorización como se detalla en la figura 10.

Figura 10. **Elementos a ser revisados a los vehículos**

Empresa: SIESA Método: ACTUAL Objeto : Elementos de revisión Fecha de Elaboración Junio 2010 Diagrama elaborado por: Br. José Manuel Albizú Chinchilla				
			Departamento: Centro de modificaciones Hoja 1 de 1	
Sistema Eléctrico	Dirección	Motor	Frenos	Transmisión
Candelas	Shocks	Compresión	Pastillas	Cruces
Cables de conexión	Muletas	Fugas	Discos	Hules
Rotor	Bujes	Consumo de aceite	Tambores	Cojinetes
Tasa de distribuidor	Cabezales	Fallones	Zapatas	Aceite
Bobina	Rotulas	Emisión de gases	Mangueras	Fugas
Motor de arranque	Hules	Fajas	Bombas	
Alternador				
Caja de fusibles				

Fuente: elaboración propia.

Para la determinación de un modelo de puntuación del nivel de daño que puede tener un accesorio, pieza o sistema completo, se utiliza como variable de puntuación el de tiempo a invertir por reparación, este tiempo no contempla la búsqueda de repuestos y reparación de afinamiento de pieza previo a entregarse como una unidad confiable. Puede observarse en la tabla II el comportamiento porcentual que esta tendría en una escala acumulada de 60% al reunir todos los componentes.

Tabla II. **Ponderación porcentual del punteo para reparación de un vehículo**

	Tiempo estimado [horas]	Tiempo acumulado total [horas]	Puntuación 100%	Factor de ponderación 60%	Punteo aceptado
Sistema Eléctrico	9	107	8%	5.05%	5%
Dirección	26	107	24%	14.58%	15%
Motor	37	107	35%	20.75%	20%
Frenos	26	107	24%	14.58%	15%
Transmisión	9	107	8%	5.05%	5%
	107				

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el criterio presentado en la tabla II, se procede a la inspección de los vehículos, estos presentan una puntuación en su estado físico respecto del tiempo ya trabajado. Teniendo esto en consideración es sencillo observar en la figura 11 que la unidad 301 es la que necesita mayor tiempo de trabajo en general.

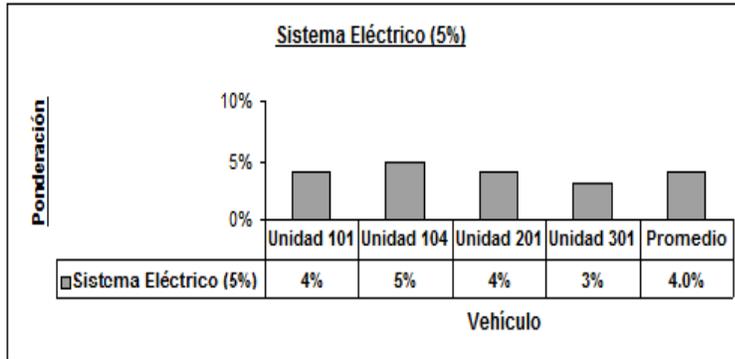
Figura 11. **Ponderación del estado físico de los sistemas de funcionamiento de los vehículos**

Fabrica: SIESA Método: ACTUAL Objeto : Estado físico de sistemas del vehículo Departamento: Centro de modificaciones Fecha de Elaboración Junio 2010 Hoja 1 de 1 Diagrama elaborado por: Br. José Manuel Albizú Chinchilla							
	Sistema Eléctrico (5%)	Dirección (15%)	Motor (20%)	Frenos (15%)	Transmisión (5%)	Acumulado	Ideal
Unidad 101	4%	14%	18%	13%	4%	53%	60%
Unidad 104	5%	11%	17%	14%	5%	52%	60%
Unidad 201	4%	13%	18%	14%	4%	53%	60%
Unidad 301	3%	9%	18%	14%	5%	49%	60%
Promedio	4.0%	11.8%	17.8%	13.8%	4.5%	51.8%	60%

Fuente: elaboración propia.

Las unidades presentan una serie de problemas en el contexto de su sistema eléctrico, por lo que se muestra en la figura 12, en donde la unidad 301 presenta cables dañados, lo que es algún momento es un claro punto a tomar en cuenta por ser un causante de incendio al producirse un circuito. Por el contrario en las otras unidades que reflejan un mantenimiento menor, presentan la necesidad de limpieza y revisión de Switch y borners.

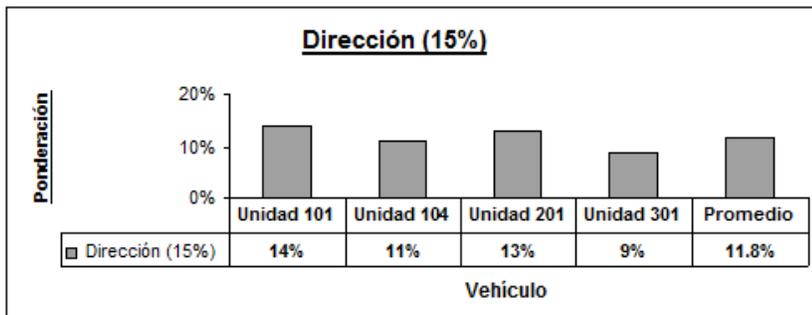
Figura 12. **Comparación porcentual del sistema eléctrico**



Fuente: elaboración propia.

El sistema de dirección refleja una pequeña desviación en la unidad 301, lo que es previsible si se toma en cuenta que es la unidad a la que se le asigna más trabajo y menos horas de mantenimiento por su capacidad de trabajo. No obstante este es un claro reflejo de una mala designación en las tareas que puede realizar. (Véase figura 13).

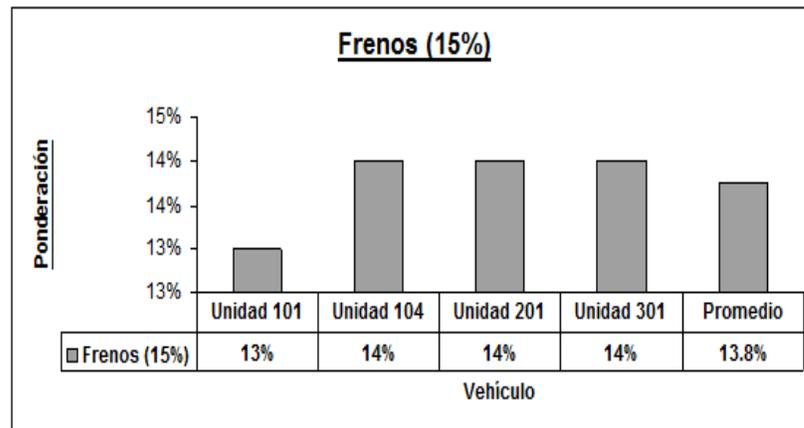
Figura 13. **Comparación porcentual del sistema de dirección de los vehículos**



Fuente: elaboración propia.

Al momento de realizar la evaluación, se tomo en consideración que la unidad 101 debía recibir el mantenimiento en su sección de frenos tal y como se muestra en la figura 14. Esto ya se encontraba programado y en términos generales es perceptible que a la unidad le correspondía su realización, reflejando un 87% de aceptación, producto desgaste sufrido.

Figura 14. **Comparación porcentual del sistema de frenos.**



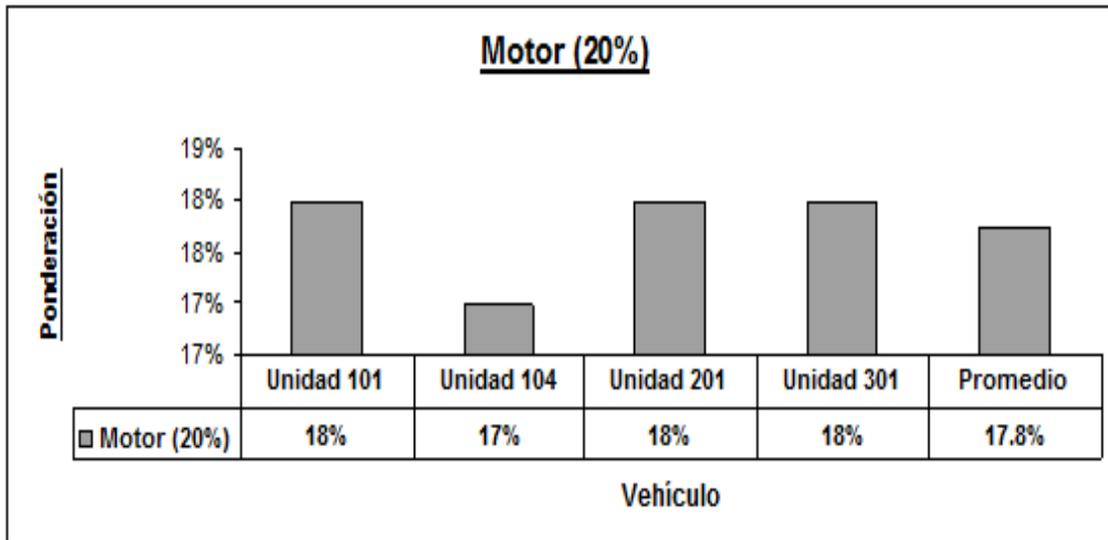
Fuente: elaboración propia.

La unidad 104 luego de la revisión de funcionalidad, muestra señales de tener un consumo mayor de combustible al normal. Este daño fue detectado por medio de la revisión a bujías, en donde da muestras de defecto por causa de las detonaciones: el extremo de encendido del aislador está roto y se ha transferido metal del electrodo central al electrodo lateral. (Véase figura 15)

Sus causas posibles son:

- Sincronización del encendido demasiado avanzada
- Combustible con octanaje demasiado bajo
- Funcionamiento deficiente del sistema de emisión de gases (EGR)

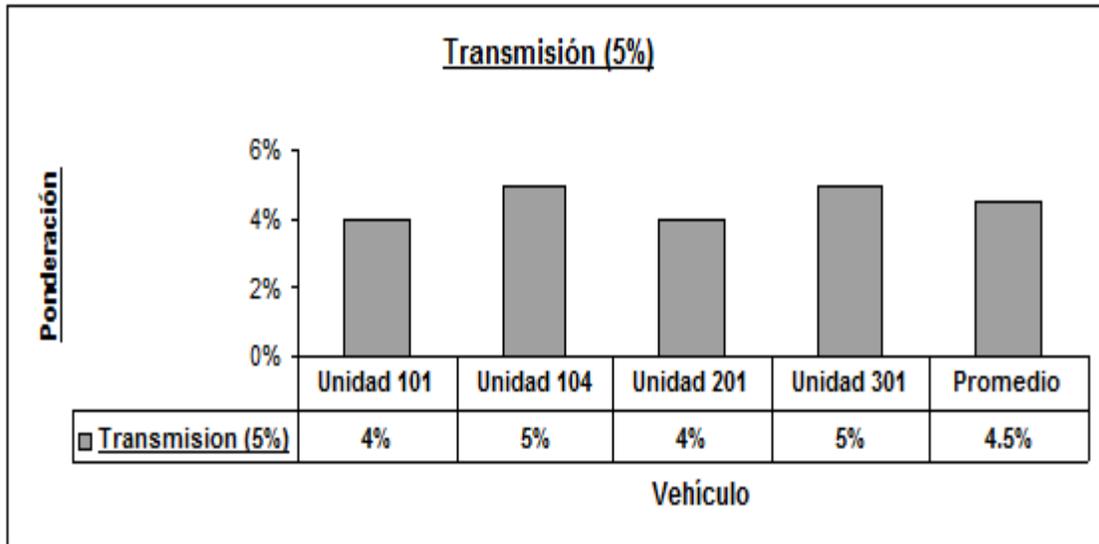
Figura 15. **Comparación porcentual del sistema de motor.**



Fuente: elaboración propia.

A nivel del sistema de transmisión las unidades no presentan un daño observable, únicamente el generado por el tiempo transcurrido desde el último cambio de lubricante realizado. (Véase figura 16).

Figura 16. **Comparación porcentual del sistema de transmisión**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Rendimiento actual (gasolina) de los vehículos

Se cuenta con vehículos marca Ford de la línea E-350, los que son modelos 1985-1987 y cuentan con motores de 8 cilindros y transmisión automática. Las especificaciones de este motor están dadas por el fabricante, las que varían en alguna medida dada la antigüedad de los mismos, en la tabla III se presentan estas especificaciones en las medidas internacionalmente aceptadas por los compradores.

Tabla III. **Especificaciones técnicas del motor E350**

Empresa: SIESA Método: ACTUAL Objeto: Especificaciones técnicas del motor E350 Departamento: Centro de modificaciones Fecha de Elaboración Junio 2010 Hoja 1 de 1 Diagrama elaborado por: Br. José Manuel Albizú Chinchilla							
	E150	E150 Extended	E250	E150 Super	E350	E250 Super	E350 Super
Motor Estandar	4.9 L	4.9 L	4.9 L	4.9 L	4.9 L	4.9 L	4.9 L
hp	145 16	145 16	145 16	145 16	145 16	145 16	145 16
Caballos de Fuerza	145	145	145	145	145	145	145
Torque (lb-ft)	265	265	265	265	265	265	265

Ciudad (Km/g)	20	←
Carretera (Km/g)	24	←

Fuente: *FORD company*, manual técnico vehículo E150.

Tomando en consideración que las especificaciones determinan un consumo promedio de 20 kilómetros por galón de gasolina, es pertinente rectificar cual es el nivel de rendimiento real para la los vehículos de la empresa, esto se encuentra plasmado en la tabla IV, en la que se detallan los recorridos diarios durante el mes de marzo.

Tabla IV. Rendimiento de las unidades de transporte de SIESA

Prueba	Kilometraje recorrido en el mes de marzo de 2010, por cada unidad asignada				Total
	101	102	201	301	
1	39	48	57	19	163
2	43	39	35	42	159
3	37	39	63	35	174
4	44	15	44	43	146
5	58	42	65	MANTENIMIENTO	165
6	42	44	76		163
7	59	41	44		144
8	41	N/A	48		89
9	64	43	45		152
10	67	N/A	67		134
11	79	49	55		183
12	55	N/A	42		97
13	68	N/A	40		108
14	48	48	75		170
15	39	N/A	N/A	39	
16	42	N/A	48	90	
17	42	37	83	36	198
18	50	48	53	45	196
19	65	47	39		151
20	73	N/A	33	24	130
Total de kilómetros recorridos	1054	540	1012	243	
Combustible utilizado en galones	70	37	65	16	188
Rendimiento por unidad en Km/galón	15.0545	14.5816	15.5728	15.2169	

* N/A: no se asigno trabajo para la unidad en el día señalado

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del rendimiento se procede a utilizar las siguientes fórmulas

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{kilometros recorridos}}{\text{combustible utilizado}}$$

El rendimiento real se proporciona hasta una holgura del 15% de combustible por motivos de tráfico y otros aspectos fuera del alcance de control del conductor.

$$\text{Rendimiento real} = \text{rendimiento} \times 1.15$$

$$\text{Porcentaje de rendimiento} = \frac{\text{rendimiento real}}{\text{rendimiento teórico}} \times (100\%)$$

Realizando los cálculos para la unidad 101, que presenta un kilometraje total recorrido de 1,054 para un consumo total de combustible de 70 galones

$$\text{Rendimiento} = \frac{1,054}{70} = 15.05 \text{ Km/gal}$$

Tomando en consideración que se proporcionara una holgura de 15% de consumo a los vehículos en relación al combustible utilizado por el motor.

$$\text{Rendimiento real} = 15.05 \times 1.15 = 17.3075 \text{ Km/galón}$$

En donde el porcentaje de rendimiento indica que esta unidad cuenta con un 87,5% de eficiencia en comparación con una unidad nueva.

$$\text{Porcentaje de rendimiento} = \frac{17.3075}{20} \times 100\% = 86.5375\%$$

Haciendo este mismo cálculo para las tres unidades restantes, se obtienen los resultados que presenta la tabla V a continuación:

Tabla V. **Rendimiento real calculado para la flotilla de vehículos de SIESA**

	Unidad 101	Unidad 102	Unidad 201	Unidad 301
Combustible asignado en galones	70	37	65	16
Rendimiento estimado	15.0546	14.5816	15.5728	15.2169
Rendimiento real	17.3127	16.7688	17.9087	17.4994
Porcentaje real de rendimiento	87%	84%	90%	87%

Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Mantenimiento que se le da a los vehículos

Un vehículo, como todo equipo de trabajo, necesita que se le realice en determinadas fechas una revisión de sus sistemas de funcionamiento. En el caso de los vehículos con los que cuenta SIESA, se ha programado estas revisiones en función de las reparaciones que se reportan en las órdenes de trabajo del taller de reparaciones, siendo aconsejable que el personal las tome en consideración las consecuencias que estas pueden tener a los vehículos si no se efectúan de esta forma, la descripción se presenta detallada en la tabla VI a continuación presentada.

Tabla VI. **Especificaciones de los componentes de mantenimiento y su motivo**

Elemento	Recomendado	Especificación	Motivo	Consecuencias
Filtros				
Aceite	FRAM PH8A	PH8A	Por presencia de residuo sólido y no poderse hacer limpieza del accesorio	Mala lubricación del motor, provocando desgaste y fundición parcial o total del motor
Aire			Por presencia de residuo sólido y no poderse hacer limpieza del accesorio	la entrada de la admisión, generando mayor consumo de combustible
Combustible	FRAM filtro de cartucho	Filtro de cartucho	Por presencia de residuo sólido y no poderse hacer limpieza del accesorio	Pérdida de fuerza del vehículo
Fajas				
Alternador	GATES		Deterioro y/o ruptura	Falta de corriente y calentamiento en el motor
Bomba de Agua	GATES		Deterioro y/o ruptura	Falta de corriente y calentamiento en el motor
Candelas, tasa de distribuidor y cables de corriente	NGK Champion		Tiempo de vida cumplido según especificación del fabricante	excesivo consumo de combustible, pérdida de fuerza e interrupciones en el sistema de arranque
Frenos				
Pastillas	RAD Besto		Se debe revisar y cambiarse al tener presencia del desgaste	Deterioro en discos en los ejes
Fricciones	RAD Besto		Se debe revisar y cambiarse al tener presencia del desgaste	deterioro de tambores de los ejes
Llantas				
Aceite		225/75/16.5	Se debe revisar y cambiarse al tener presencia del desgaste	Falta de tracción en el asfalto y generando explosión súbita del neumático
Motor	Multigrado, Castrol 20w-50w		Debe cambiarse al tener un recorrido de 5,000 Km	Mala lubricación del motor, provocando desgaste y fundición parcial o total del motor
Transmisión	Hidráulico Castrol DEXROM/Mercom IV		1 vez cada 3 años	Sobreesfuerzo de la transmisión, generando una ruptura parcial o total de la misma

Fabrica: **SIESA**

Método: **ACTUAL**

Objeto : **Especificaciones de los elementos de revisión**

Fecha de Elaboración **Junio 2010**

Diagrama elaborado por: **Br. José Manuel Albizú Chinchilla**

Departamento: Centro de modificaciones

Hoja 1 de 1

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Reporte de fallas mecánicas de los vehículos**

Empresa: SIESA Método: ACTUAL Objeto : Reporte de fallas mecánicas de los vehículos Departamento: Centro de modificaciones Fecha de Elaboración Junio 2010 Hoja 1 de 1 Diagrama elaborado por: Br. José Manuel Albizú Chinchilla				
Sistema Eléctrico	Dirección	Motor	Frenos	Transmisión
<i>Candelas</i>	<i>Shocks</i>	<i>Compresión</i>	<i>Pastillas</i> Todos	<i>Cruces</i>
<i>Cables de conexión</i> 201 - 301	<i>Muletas</i> Todos	<i>Fugas</i> Todos	<i>Discos</i> Todos	<i>Hules</i>
<i>Rotor</i>	<i>Bujes</i> Todos	<i>Consumo de aceite</i>	<i>Tambores</i>	<i>Cojinetes</i> Todos
<i>Tasa de distribuidor</i> Todos	<i>Cabezales</i>	<i>Fallones</i>	<i>Zapatas</i>	<i>Aceite</i> Todos
<i>Bobina</i>	<i>Rotulas</i> Todos	<i>Emisión de gases</i> Todos	<i>Mangueras</i>	<i>Fugas</i>
<i>Motor de arranque</i> 301	<i>Hules</i> Todos	<i>Fajas</i> Todos	<i>Bombas</i>	
<i>Alternador</i> 301		<i>Bomba de Agua</i> 101		
<i>Caja de fusibles</i>				

Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Costo de operación de los vehículos

Los costos de operación están compuestos por una gama de variables que son necesarias para la realización de las tareas cotidianas, pero para fines prácticos se toman aquellos que generan valor dentro de la cadena y en consecuencia los que se realizan de forma regular. Estos costos son generados tomando en consideración las siguientes variables:

- Sueldos operativos
 - Mecánico
 - Encargado de logística
 - Pilotos
 - Prestaciones y bonificaciones
- Mantenimientos
 - Correctivo
 - Preventivo
 - Predictivo
- Combustible
- Otros gastos

Tomando estos valores para la generación del costo total incurrido en el uso de vehículos tipo gasolina, se procede a la estimación, este cálculo se detalla en la figura 18, donde el costo total anual estimado es de Q 446 443,06.

Figura 18. Desglose de costos de operación de los vehículos

	Cantidad	Costo por unidad	Costo		
			Mensual	Trimestre	Anual
Combustible					
Consumo galones			233	699	2,796
Precio por galón	Q	30.00	Q 30.00	Q 30.00	Q 30.00
Total de consumo			<u>Q 6,990.00</u>	<u>Q 20,970.00</u>	<u>Q 83,880.00</u>
Mantenimiento preventivo					
			Q 1,581.67	Q 4,745.00	Q 18,980.00
Mantenimiento correctivo y predictivo					
			Q 570.00	Q 1,710.00	Q 6,840.00
Gastos de operación					
Gastos de mantenimiento			Q 266.67	Q 800.00	Q 3,200.00
Salario de pilotos	3	Q 1,800.00 c/u	Q 5,400.00	Q 16,200.00	Q 64,800.00
Encargado logístico	1		Q 5,500.00	Q 16,500.00	Q 66,000.00
Mecánico	1		Q 2,200.00	Q 6,600.00	Q 26,400.00
Gastos de operación totales			<u>Q 13,366.67</u>	<u>Q 40,100.00</u>	<u>Q 160,400.00</u>
Gastos administrativos totales					
Prestaciones			Q 5,592.61	Q 16,777.84	Q 67,111.36
Bonificación decreto ley	5	Q 250.00 c/u	Q 1,250.00	Q 3,750.00	Q 15,000.00
Gastos varios			Q 3,000.00	Q 9,000.00	Q 36,000.00
Total de Gasto			Q 32,350.95	Q 97,052.84	Q 388,211.36
Imprevistos		15%	Q 4,852.64	Q 14,557.93	Q 58,231.70
Total gastos			<u>Q 37,203.59</u>	<u>Q 111,610.77</u>	<u>Q 446,443.06</u>

Fuente: elaboración propia.

En el mundo actual, la reducción del costo en uno o varios de los rubros que interactúan para la generación de un producto (bien o servicio) es de vital importancia. Tomando como base que este precepto se presenta en el mercado, en donde se desea una mejor calidad a un precio más reducido, hace que se analice como reducir algunos de estos costos en SIESA.

¿Cuál es el impacto que se ocasiona al tener una reducción del costo?, pregunta más común en el medio administrativo, una posible respuesta es que estos recursos pueden utilizarse para inversión. Una estimación sencilla que indique esta reducción del costo es el indicador Días Pendientes de Pago (DPP), donde se puede observar los días con los que se cuenta para el pago a proveedores. Si los días pendientes de pago se estiman de la manera siguiente:

$$DPP = \frac{\text{Saldo proveedores}}{\text{Costo de venta promedio diario}}$$

Suponiéndose un saldo de proveedores de Q 300 000 al final de un periodo contable, en donde el costo de venta promedio es de Q 5 250 el cálculo estimara que los días con los que se cuenta para el pago a proveedores es de 57,69 en total.

$$DPP = \frac{Q300,000}{Q5,250/\text{diarios}} = 57.69\text{días}$$

En este caso la realidad indica que muy pocas empresas cuentan con créditos mayores a 45 días, por lo que esto indica que se tiene 14 días ganados en dinero, los mismos que puede utilizar en un porcentaje para la inversión o pago de otros compromisos financieros que posea. De esta misma forma se calcula para hacer una deducción de hasta 15% del costo de venta promedio, la tabla VII presenta los resultados de este proceso de cálculo de cuantos días se han ganado en dinero.

Tabla VII. **Comportamiento del indicador DPP al reducir el costo de venta promedio**

Porcentaje de reducción	Costo de venta	Costo de venta promedio	Proveedores	DPP
1%	Q 1 853 280,00	Q 5 148,00	Q 300 000,00	58,28
2%	Q 1 834 560,00	Q 5 096,00	Q 300 000,00	58,87
3%	Q 1 815 840,00	Q 5 044,00	Q 300 000,00	59,48
4%	Q 1 797 120,00	Q 4 992,00	Q 300 000,00	60,10
5%	Q 1 778 400,00	Q 4 940,00	Q 300 000,00	60,73
6%	Q 1 759 680,00	Q 4 888,00	Q 300 000,00	61,37
7%	Q 1 740 960,00	Q 4 836,00	Q 300 000,00	62,03
8%	Q 1 722 240,00	Q 4 784,00	Q 300 000,00	62,71
9%	Q 1 703 520,00	Q 4 732,00	Q 300 000,00	63,40
10%	Q 1 684 800,00	Q 4 680,00	Q 300 000,00	64,10
11%	Q 1 666 080,00	Q 4 628,00	Q 300 000,00	64,82
12%	Q 1 647 360,00	Q 4 576,00	Q 300 000,00	65,56
13%	Q 1 628 640,00	Q 4 524,00	Q 300 000,00	66,31
14%	Q 1 609 920,00	Q 4 472,00	Q 300 000,00	67,08
15%	Q 1 591 200,00	Q 4 420,00	Q 300 000,00	67,87

Fuente: elaboración propia.

Con una reducción de hasta 15% del costo de venta promedio, se incrementan 10 días de dinero en el ciclo de conversión de efectivo. Haciendo un análisis global, se cuenta poco más de 20 días de dinero para poder hacer una inversión en equipo u otro proyecto que se tenga planificado para el crecimiento organizacional.

Es perceptible que a medida que se reduce el costo se puede obtener un incremento en los días que el proveedor da como crédito, aun cuando esto no es una realidad el contar con hasta 68 días de crédito, se muestra que se cuenta con más días para hacer uso del dinero que se recolecta, por ende puede utilizarse en proyectos de inversión dentro de una empresa como lo sería la conversión del sistema de combustión de los vehículos.

2.2. Propuesta del sistema GLP

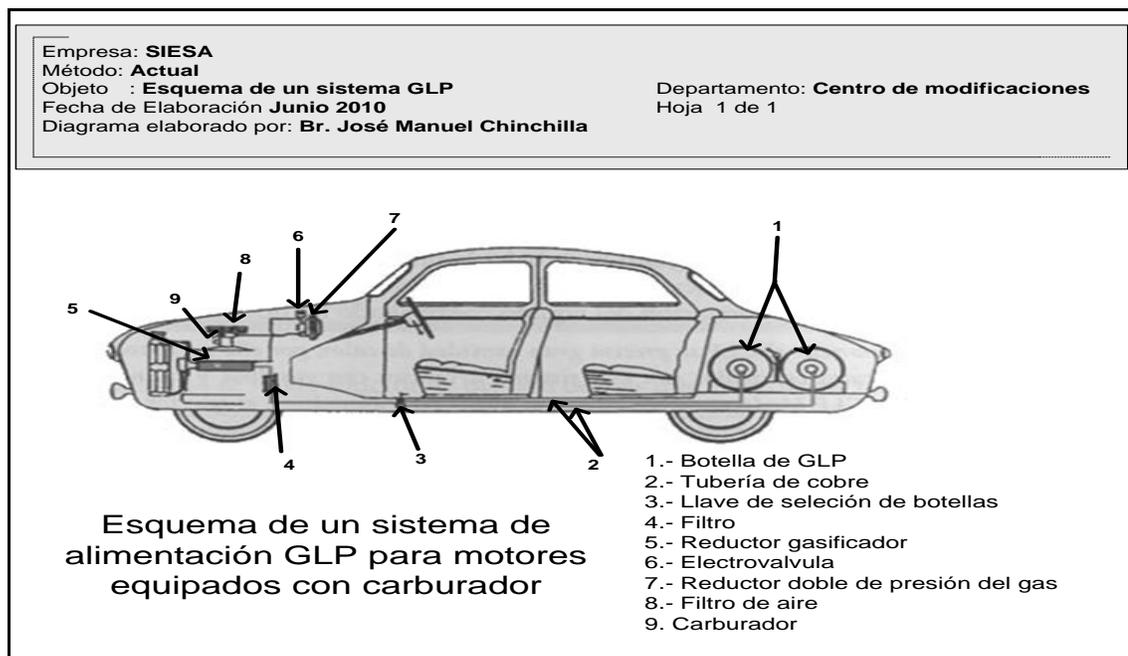
Transformar un vehículo propulsado por un motor de gasolina a otro que utilice el GLP (Gas Licuado del Petróleo) no es complicada, se debe tomar en consideración que se hace de tal forma que trabaje con ambos combustibles en diferente momento, sistema dual, para que el vehículo mantenga todos los elementos necesarios para seguir funcionando con gasolina y que el conductor con tan solo accionar un interruptor (conmutador) pueda elegir que combustible usar en el momento deseado e inclusive estando el vehículo en marcha.

Al instalar el equipo de GLP como se muestra en la figura 19, no se hacen modificaciones a la estructura interna del vehículo; solo se incorpora un nuevo equipo. La instalación del equipo se realiza en un tiempo no mayor a 8 horas si se cuenta con todas las herramientas necesarias para su realización.

El procedimiento exige que se efectúen cambios prácticos, como lo sería equipar con un tanque de combustible cilíndrico. El GLP en estado líquido se conduce por una tubería hasta una llave de paso eléctrica que cierra o abre el flujo de GLP, después pasa a un filtro para seguir a un reductor de presión gasificado, de este en estado de gas pasa a otro reductor de presión que lo suministra a la espita o surtidor del carburador a una presión inferior a la atmósfera.

De esta forma si los cilindros no aspiran el gas, este no sale, de igual forma que el nivel de la cuba es inferior al de surtidor de la gasolina y si no hay vacío en el colector de admisión esta no sale (el vacío evidentemente se genera con el giro del motor, a motor parado no hay vacío).

Figura 19. **Esquema de un sistema de alimentación GLP para motores equipados con carburador**



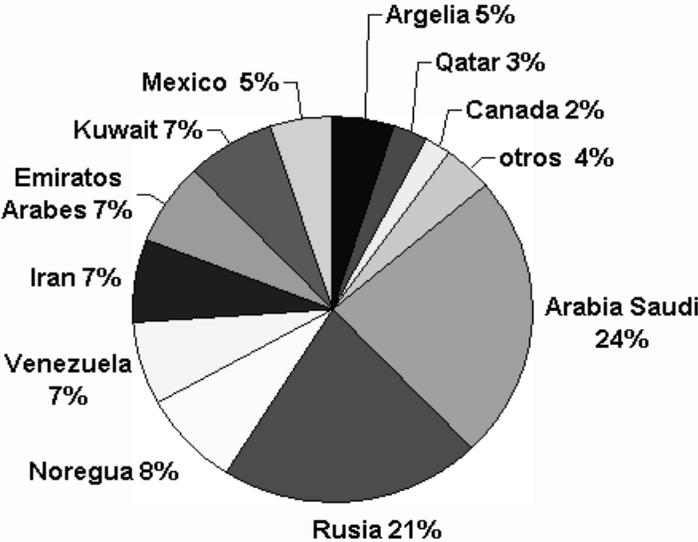
Fuente: elaboración propia.

2.2.1. Antecedentes generales

El mercado de los combustibles presenta importantes niveles de consumo en la generación y crecimiento de la economía mundial, por ejemplo, los países desarrollados, englobados dentro de la OECD como lo muestra la figura 20, han basado su desarrollo en el uso intensivo del petróleo crudo y sus derivados, creando un alta dependencia energética de la Organización de Países Exportadores de Petróleo, OPEP (Arabia Saudita, Argelia, Indonesia, Irak, Irán, Kuwait, Líbano, Nigeria, Qatar, Unión de Emiratos Árabes y Venezuela).

Figura 20. **Nivel de participación de los países productores de petróleo**

Empresa: **SIESA**
Método: **ACTUAL**
Objeto: Participación de los productores de petroleo Departamento: Centro de modificaciones
Fecha de Elaboración **Junio 2010** Hoja 1 de 1
Diagrama elaborado por: **Br. José Manuel Albizú Chinchilla**



Fuente: elaboración propia.

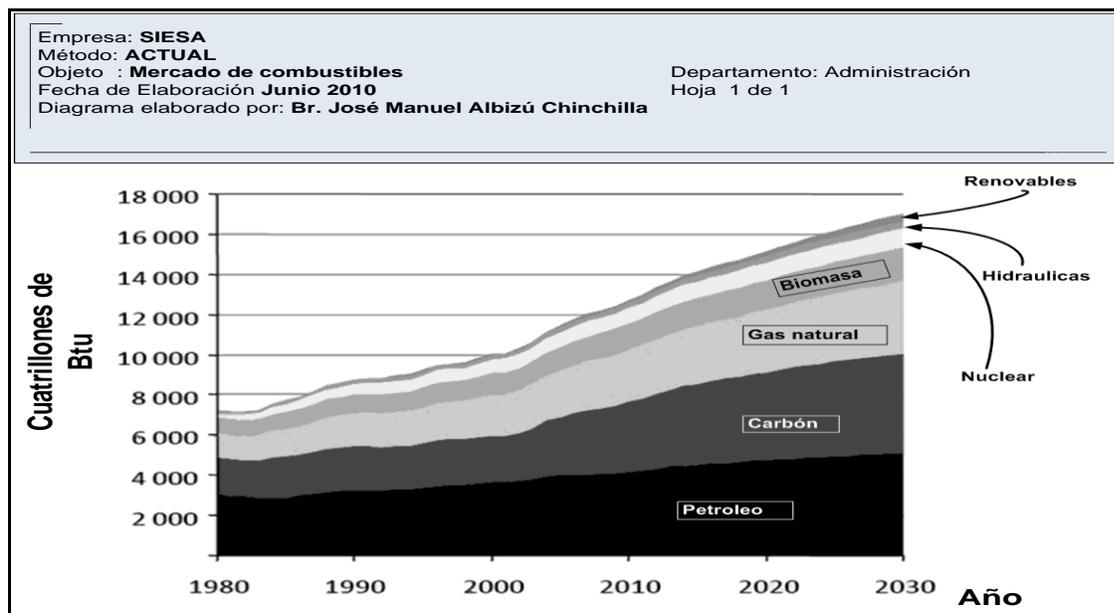
2.2.1.1. Mercado de combustibles

Antiguamente se pensaba que un producto como el petróleo no generaría problemas a los países productores para poder abastecer el mercado, pero a medida que el desarrollo de las equipos de servicios se ha ido incrementando, es perceptible que se necesitan nuevas fuentes que permitan obtener productos más accesibles para el consumidor final.

Durante algunos años el mercado del petróleo se ha visto comprometido por las exigencias del mercado, donde los principales países productores han tenido que incrementar su producción para poder satisfacer la carencia de este producto en determinado momento, todo esto ha conducido a desarrollar nuevas alternativas para el mercado. Algunas de las alternativas a la utilización del petróleo han venido creciendo, tal como lo muestra la figura 21, donde a partir de la década de los 80 comienza la a incrementarse la producción de:

- Carbón
- Gas natural
- Carbón
- Nuclear
- Renovables
- Hidráulicas

Figura 21. “Proyección del nivel de participación del mercado de combustibles hasta 2030”²



Fuente: proyección de producción de combustibles, EIA 2009.

Uno de estos productos que más desarrollo y aceptación presentan en la actualidad es el gas natural, en el que se espera un incremento de su producción del 100% respecto de lo que se presenta en año, esto en comparación con el petróleo que únicamente alcanzara un 12% de crecimiento en los siguientes 20 años, pone de manifiesto que la alternativa de gas ofrecerá desarrollo de equipos y vehículos para la producción de bienes y servicios.

² Informes elaborados por la *Energy Information Administration*, del Gobierno de EEUU.

Se pone de manifiesto el compromiso de países industrializados de poder desarrollar tecnología que haga uso de nuevas alternativas de combustibles, entre los países que más avances presenta en categoría de combustibles no fósiles se encuentra Brasil, que gracias a su producción de azúcar es capaz de producir Etanol, que al igual que el gas natural, son fuentes de energía que emiten menos agente contaminante al ambiente, lo cual es un cumplimiento con las propuestas de producción más limpia que evite el calentamiento global.

2.2.1.2. Combustibles fósiles

La mayor parte de la energía empleada actualmente en el mundo proviene de los combustibles fósiles. Se los utiliza en transporte, para generar electricidad, para calentar ambientes, para cocinar, etc.

Los combustibles fósiles son tres:

- Petróleo
- Carbón
- Gas natural

Cada uno de ellos se formó hace millones de años por diferentes razones, se puede decir que son el producto de restos orgánicos de plantas y animales muertos. Durante miles de años de evolución del planeta, los restos de seres que lo poblaron en sus distintas etapas se fueron depositando en el fondo de mares, lagos y otros cuerpos de agua. Donde se cubrieron por diferentes capas de sedimento.

Fueron necesarios millones de años para que las reacciones químicas de descomposición y la presión ejercida por el peso de esas capas transformasen a esos restos orgánicos en gas, petróleo o carbón.

Los combustibles fósiles son recursos no renovables, como por ejemplo la madera. En algún momento, se deben de acabar, y será necesario disponer de millones de años de una evolución y descomposición similar para que vuelvan a aparecer.

Tabla VIII. **Ventajas y desventajas del combustible fósil**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fáciles de extraer. • Gran disponibilidad. • Gran continuidad. • Baratas, en comparación con otras fuentes de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> • El uso produce la emisión de gases que contaminan la atmósfera y resultan tóxicos para la vida. • Se produce un agotamiento de las reservas a corto o medio plazo • Al ser utilizados contaminan más que otros productos que podrían haberse utilizado en su lugar.

Fuente: elaboración propia.

El petróleo es un líquido oleoso compuesto de carbono e hidrógeno en distintas proporciones. Se encuentra en profundidades que varían entre los 500 y los 4 000 metros. Este recurso ha sido usado por el ser humano desde la antigüedad en donde los egipcios usaban petróleo en la conservación de las momias, y los romanos, de combustible para el alumbrado.

“Actualmente, las refinerías y las industrias petroquímicas extraen del petróleo diferentes productos para distintas aplicaciones:”³

- Gas licuado
- Gasolina
- Diesel
- Aceites lubricantes
- Numerosos subproductos que sirven para fabricar
 - Pinturas
 - Detergentes
 - Plásticos
 - Cosméticos

Se tiene otro producto llamado carbón, es un combustible fósil que se origina por la descomposición de materia vegetal acumulada y cubierta por agua en el fondo de pantanos, lagos o mares poco profundos. El proceso ocurre en ausencia de oxígeno y por la acción de bacterias anaerobias, que además de descomponer la materia vegetal propician que esta vaya aumentando su contenido de carbono.

³ Fuente: Repsol de Argentina y DIGENOR, Secretaria de Industria y comercio, República dominicana.

La calidad y el poder calorífico del carbón resultante son directamente proporcionales al tiempo durante el cual continúe el proceso de carbonificación, así como de las condiciones de confinamiento combinado con sepultamiento de la materia vegetal.

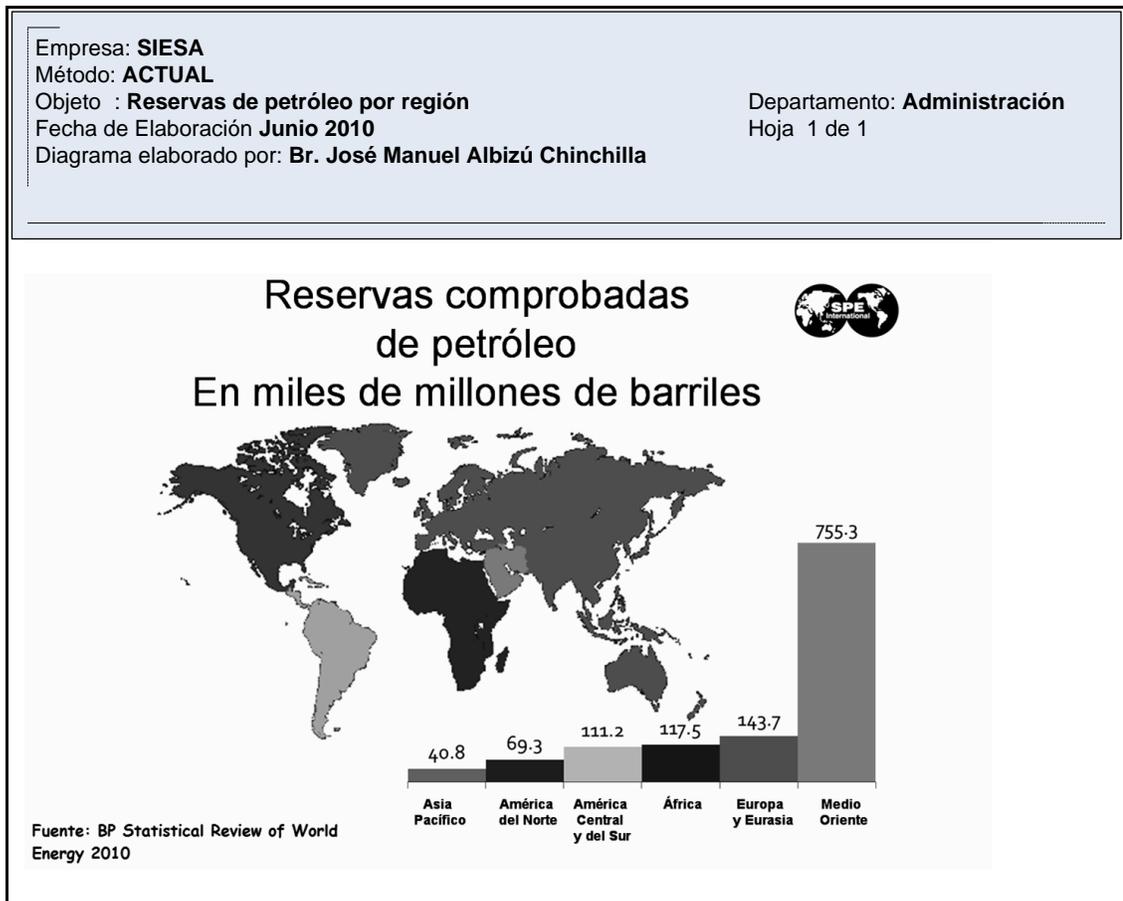
El estrato queda sepultado bajo capas impermeables, como las arcillas, las condiciones anaeróbicas se preservarán y el proceso de carbonificación es más completo. Teniendo en cuenta, que los principales productos para generar energía son destinados al transporte, uno de los que se está teniendo en consideración para este caso es el gas, el mismo está compuesto principalmente por metano, un compuesto químico hecho de átomos de carbono e hidrógeno.

El metano se encuentra bajo tierra, habitualmente en compañía de petróleo. Se extrae mediante tuberías, y se almacena directamente en grandes tanques. Luego se distribuye a los usuarios a través de gasoductos. Como es inodoro e incoloro, al extraerlo se mezcla con una sustancia que le da un fuerte y desagradable olor. De este modo, las personas pueden darse cuenta de que existe una filtración o escape de gas.

“Si se analiza el mercado de los combustibles fósiles, se debe tomar en cuenta que la producción de petróleo es liderada por medio oriente, seguida de ciertos países de Europa y Asia. En la figura 22 se presenta el porcentaje de reservas en barriles de petróleo por región, en donde sus países forman parte de la OPEP”⁴

⁴ OPEP: Organización de Países Exportadores de Petróleo

Figura 22. Reservas de petróleo en barriles a nivel mundial



Fuente: *SP Statistical Review of World, energy 2010.*

2.2.1.3. Combustibles alternos

Actualmente se están utilizando otros combustibles distintos al petróleo, los cuales se denominan combustibles alternos a la "gasolina". La razón de estos combustibles es el de buscar opciones que permitan minimizar los efectos no amigables al ambiente que se producen al quemar combustibles de origen fósiles. A continuación se describen los que han pasado pruebas técnicas y económicas y por ende los más utilizados son:

- biodiésel: es un combustible limpio parecido al diesel, elaborado de fuentes renovables tales como los aceites vegetales. Simplemente como el diesel convencional, biodiesel puede ser utilizado en motores de combustión-ignición. Esencialmente ninguna modificación de los motores es requerido, manteniendo la potencia que proporciona el diesel.

El uso de biodiésel en un motor de diesel convencional proporciona una reducción sustancial de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, y materiales de la combustión. Se reducen también las emisiones de óxidos de nitrógeno. El uso de biodiesel disminuye las emisiones de carbón sólido ya que permite una combustión más completa del CO₂.

Elimina los compuestos de azufre al no contener este dentro de su composición química. El biodiésel trabaja bien con nuevas tecnologías como catalizadores (reducen las fracciones solubles del diesel pero no las partículas sólidas de carbón), trampas y equipos para recirculación de gases de escapes (potencialmente alarga la vida de estos por menos cantidad de carbón).

El combustible de biodiesel puede obtenerse de aceite vegetal nuevo o usado y de las grasas de los animales, es decir se obtiene de recursos renovables domésticos. Es biodegradable y requiere mínima modificación del motor donde se va a utilizar, dependiendo si este es mezclado o no con el diesel convencional. Es potencialmente más limpio que el diesel.

- Etanol: (alcohol del etilo, alcohol de grano, ETOH) es un líquido claro, incoloro con un olor característico agradable. En solución con agua, tiene un sabor dulce, pero en soluciones más concentradas tiene un sabor ardiente. Etanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, es un alcohol, perteneciente al grupo de compuestos químicos cuyas moléculas contenga un grupo del hydroxyl -OH, unido a un átomo de carbono.

Dos mezclas altas de etanol, E-85 y E-95 están explorándose como combustible alternativo en programas de demostración. El etanol también se hace a partir de un éter, el éter del ethyltertiary-butyl (ETBE), que tiene propiedades interesantes para la oxigenación de la gasolina y combustibles reformulados.

Propiedades químicas: el etanol es etano con una molécula de hidrógeno reemplazada por un radical del hydroxyl, el cual requiere ocho pasos básicos en el proceso de producción de etanol:

- Molienda: el maíz (o cebada o trigo) es convertido en polvo fino.
- Licuefacción: el polvo se mezclará entonces con agua y alfa-amylasa, y es calentado para licuar el almidón formado. Las temperaturas altas reducen el nivel de bacterias presentes en la mezcla.
- Sacarificación: la mezcla anterior se enfría y se le agrega una enzima secundaria (gluco-amylase) para convertir los almidones en azúcares fermentables.

- Fermentación: se agrega levadura para fermentar los azúcares y obtener el etanol y dióxido del carbono. En un proceso de fermentación continua, la mezcla se queda en el fermentador por espacio de 48 horas antes de iniciar el proceso de destilación.
- Destilación: la masa fermentada, ahora llamada "la cerveza", contendrá sobre 10% de alcohol, así como todos los sólidos no-fermentables del maíz y las células de levadura. La masa se bombeará entonces al sistema de destilación de multi-columna donde al alcohol se le quitará los sólidos y el agua. El alcohol dejará el tope de la columna de destilación con una pureza del 96 %, y el residuo, será transferido de la base de la columna a otros procesos para obtener co-productos.
- Deshidratación: el alcohol del tope de la columna pasará entonces a través de un sistema de la deshidratación donde el agua restante será quitado. La mayoría de las plantas de etanol utilizan un tamiz molecular para capturar el último residuo de agua en el etanol. El producto del alcohol en esta fase se llama etanol anhídrido (puro, sin agua).
- Desnaturalización: el etanol que se usará para combustible se desnaturaliza con una cantidad pequeña (2% - 5%) de algún producto, como gasolina, para hacerlo no consumible por el ser humano.

- Co-Productos: hay dos co-productos principales creados en la producción de etanol: dióxido del carbono y grano de los destiladores. El dióxido del carbono se emite en grandes cantidades durante la fermentación y muchas plantas del etanol recolectan ese dióxido del carbono, lo limpian de cualquier alcohol residual, lo comprimen y lo venden para carbonatar bebidas o fabricación de hielo seco.
- Los granos de destiladores, húmedo y seco, son altos en proteína y otros nutrientes y son valorados ingredientes en la fabricación de alimentos para animales. Algunas plantas del etanol también fabrican un "jarabe" que contiene algunos de los sólidos que pueden ser vendidos además del grano del destilador. La producción de Etanol es un proceso donde todo es aprovechado lo que agrega valor al maíz.
- El gas natural: es una mezcla de hidrocarburo-principalmente metano (CH_4) y es producido de los pozos de gas o junto con la producción de petróleo. El gas natural se consume en los sectores residencial, comercial, industrial y automotor.

El interés para el gas natural como un combustible alternativo proviene principalmente de sus cualidades de combustible amigable al ambiente, perfecta combustión, disponibilidad y su versatilidad de uso. Debido a la naturaleza gaseosa de este combustible, debe almacenarse en el vehículo en estado gaseoso comprimido (CNG) o en un estado licuado (GNL).

Propiedades químicas: el constituyente principal del gas natural es metano. El gas natural suministrado a los centros de consumo contiene otros hidrocarburos como etano, propano y más pesados en pequeñas cantidades.

Los volúmenes producidos de los yacimientos de hidrocarburos contienen líquidos del gas natural y otros componentes no hidrocarbureados, por lo que es necesario realizar su tratamiento y procesamiento. El gas que va a los centros de consumo, principalmente metano, debe reunir cierta calidad tales como: volumen de agua, valor calorífico mínimo, contenido de azufre, etc.

Gas de petróleo licuado (GLP): consiste principalmente en propano, propileno, butano, y butileno en varias mezclas. Sin embargo, para uso doméstico, comercial y vehicular, la mezcla es principalmente propano. Se produce como un derivado del gas natural, procesando este o por medio de la refinación del petróleo. Los componentes de GLP son gaseosos a presión y temperatura normal.

- El GLP es producido de dos fuentes: del procesamiento del gas natural y la refinación de petróleo. Cuando el gas natural se produce, contiene metano y otros hidrocarburos que son separados mediante una planta de procesamiento.

Debido a que el propano hierve a los 44° grados Fahrenheit y el etano a 127° grados Fahrenheit, la separación del metano se logra mediante la combinación de aumento de la presión y disminución de la temperatura.

Los componentes líquidos del gas natural son recuperados durante el procesamiento e incluyen etano, propano, y butano, así como otros hidrocarburos más pesados. El propano y butano, junto con otros gases, también se producen durante la refinación de petróleo.

En Estados Unidos de América, más de 350,000 vehículos, principalmente en flotas, utilizan propano. El propano está impulsando taxis en Las Vegas; autobuses escolares en La Ciudad de Kansas y Portland, Oregón. El propano se usa tanto en vehículos livianos como pesados. El Propano ha sido usado como un combustible automotor por más de 60 años.

Los beneficios alcanzados por los vehículos impulsados con propano, emiten en la combustión menos carbón al compararlos con los que utilizan diesel y gasolina. Según la Asociación Nacional del Gas Propano con sede en EUA, las bujías duran alrededor de 80,000 y el motor puede durar dos o tres veces más tiempo que los que utilizan gasolina o diesel.

2.2.1.4. Mercado de combustibles en Guatemala

Guatemala es el único país centroamericano que produce petróleo, siendo la producción promedio de 25 000 BNP/D, esta cantidad está por debajo del consumo interno nacional que es del orden de los 70 000 BNP/D. Además, por no tener una refinería apropiada la mayor parte debe exportarse a excepción de alrededor de unos 2 000 BNP/D, que se procesan para la obtención de asfalto, el petróleo mejorado del proceso se re-inyecta al oleoducto.

En los últimos años, la exploración petrolera ha sido limitada teniendo el país aún un potencial para el descubrimiento de nuevos yacimientos de hidrocarburos que aumenten la producción y, que eventualmente justifiquen la construcción de refinerías. En la actualidad existen firmados 7 contratos de operaciones petroleras, de los cuales 4 son de la modalidad de explotación, 1 de participación en la producción y 2 de opción sísmica.

Los contratos que están desarrollando campos petroleros son tres: El contrato 1-85, tiene 4 campos (Rubelsanto, Caribe, Chinajá y Tierra Blanca), el contrato 1-91 tiene 2 campos (Chocop y Yalpemech, ambos tienen un crudo entre 14° y 24° API, respectivamente, y el contrato 2-85 que explota el campo Xan; este campo tiene 28 pozos productores y 6 de inyección, con una media de producción de 18 000 BNP/D a 16° API.

En Guatemala hay tres tipos de cuencas hidrocarburíferas, las cuales son el resultado de actividad regional geológica y tectónica.

- Cuenca Petén: todos los campos petroleros actualmente activos se localizan en la Cuenca Petén. En la parte norte de la cuenca, la gravedad del petróleo es alrededor de 16° API, mientras que en la parte sur los campos petroleros tienen gravedades del orden de 22° - 38° API.
- Cuenca Amatique: existen varios manaderos de petróleo que indican la presencia de hidrocarburos en el subsuelo.
- Cuenca Pacífica: esta es una cuenca Terciaria de más de 10 000 pies de espesor, donde se han reportado muestras de gas.

Los pozos petroleros que mayor producción aportan son los 28 de desarrollo ubicados en el Campo Xan. Con menor importancia se tienen los del Campo Rubelsanto, Chocop, Chinajá. En la actualidad se han perforado cinco pozos horizontales, tres en el campo Xan y dos en Rubelsanto, con resultados satisfactorios. En total, a lo largo de las diferentes campañas exploratorias, realizadas en Guatemala, se han perforado alrededor de 100 pozos exploratorios, más de 40 con indicios, los cuales se encuentran sujetos a evaluación.

El transporte del petróleo crudo explotado en los contratos 1-85 y 2-85, es realizado a través de un oleoducto, el cual se encuentra dividido en tres secciones. La primera sección parte del campo Xan hacia la estación de bombeo de Raxruha, la segunda sección parte del campo de Rubelsanto hacia la estación de bombeo de Raxruha y, de esta estación parte el oleoducto hacia el Terminal de Piedras Negras, ubicado en el Puerto de Santo Tomás de Castilla, el cual tiene una capacidad de almacenamiento de de 420 000 barriles petróleo.

Tramos del oleoducto:

- Xan-La Libertad: 123.4 kilómetros. Diámetro: 12 pulgadas
- La Libertad-Raxruhá: 116.5 kilómetros. Diámetro: 12 pulgadas
- Rubelsanto-Raxruhá: 42 kilómetros. Diámetro: 12 pulgadas
- Raxruhá-Chahal: 52 kilómetros. Diámetro: 12 pulgadas
- Chahal-Piedras Negras: 143 kilómetros. Diámetro: 10 pulgadas

El consumo total de derivados de petróleo es de 67,000 barriles diarios, siendo los combustibles de mayor consumo por la población: diesel 946 000 galones, gasolinas con 767 000 galones y gas licuado de petróleo con 307 000 galones diarios.

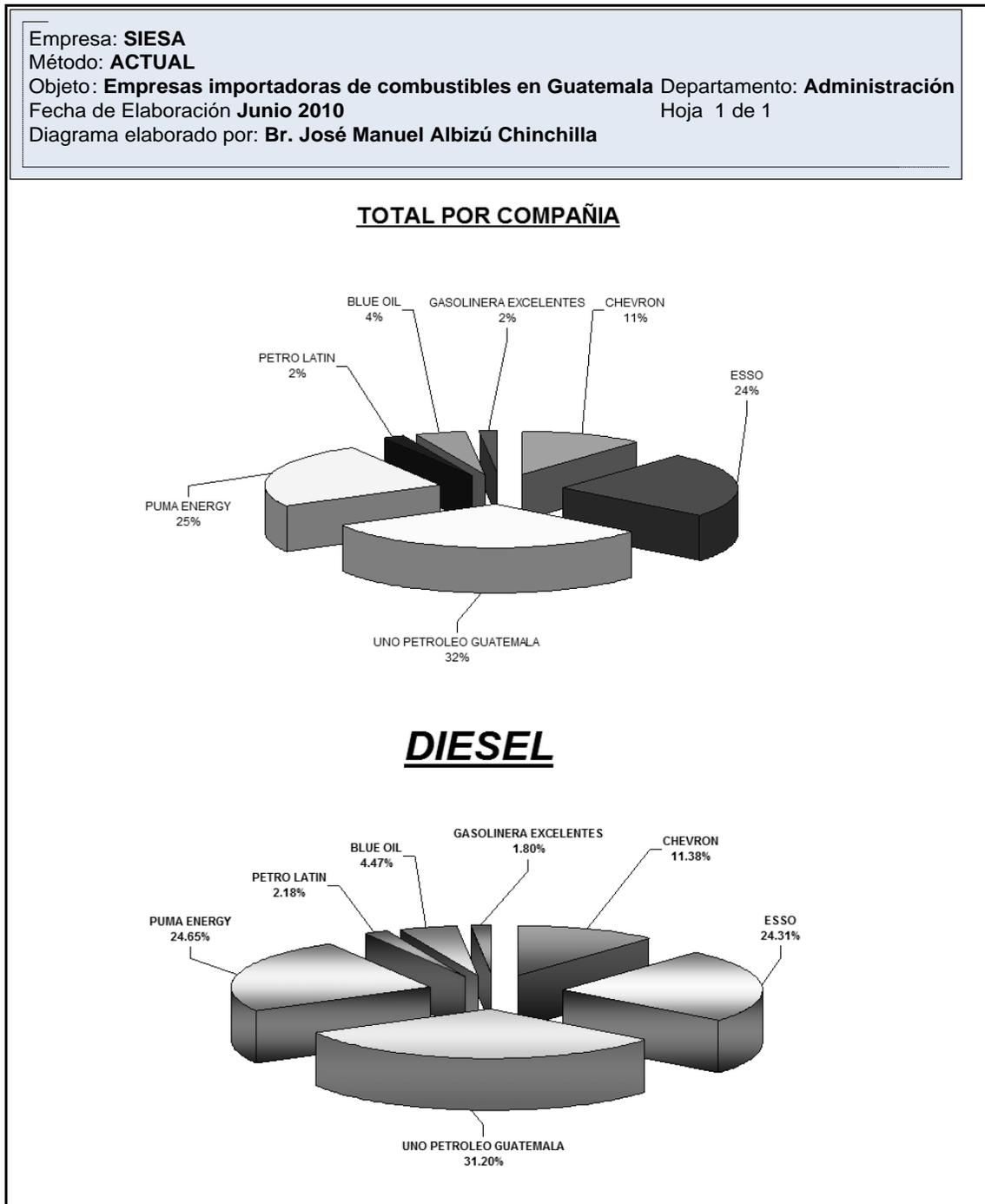
La comercialización de los combustibles se regula en el Decreto 109-97 (Ley de Comercialización de Hidrocarburos), que entró en vigencia en el mes de diciembre de 1997 y su Reglamento contenido en el Acuerdo Gubernativo 522-99.

Guatemala ha crecido en la exploración de pozos petroleros de forma controlada, los niveles de producción, adicionados a las pobres características físicas y químicas, no han sido favorables para que se instale una refinería en el país. Esto obliga a Guatemala, a ser un país dependiente de los precios de los derivados del petróleo en el mercado internacional cuyo constante incremento afecta la economía. La factura petrolera para el año 2003 fue de US \$ 858 millones.

Los combustibles consumidos en el país, son importados y distribuidos en el mercado interno, por varias compañías transnacionales quienes fijan el precio de venta al consumidor final, de acuerdo al precio internacional de compra, tal como está establecido por ley, lo anterior es así debido a que dicho normativo establece la libre comercialización. En Guatemala el 80,16% del producto que se importa es propiedad de Uno Petróleo Guatemala, ESSO y Puma Energy, lo que implica un mercado controlado en el precio.

La figura 23 muestra como se encuentra repartido porcentualmente este mercado, y cuáles son las empresas que tienen una participación minoritaria en el tema de combustibles. Al analizar uno de los combustibles más utilizados, el Diesel, Uno Petróleo de Guatemala importa un 31,2% lo que concuerda con el nivel total de compra que hace sobre los combustibles que son traídos al país.

Figura 23. Empresa importadoras totales por compañía en Guatemala

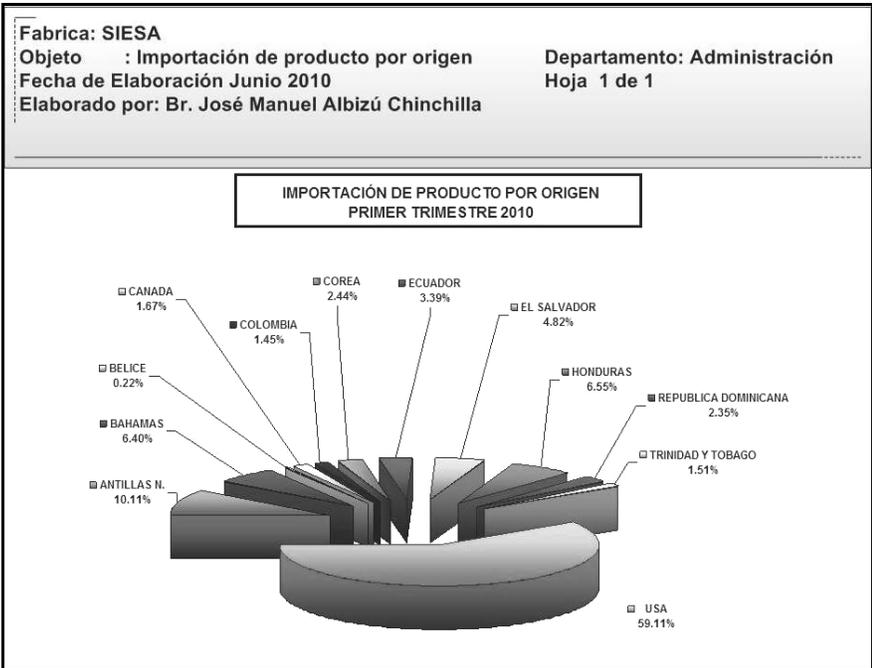


Fuente: Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, primer trimestre 2010.

El proveedor más grande de Guatemala en el primer trimestre de 2010 en lo que respecta a hidrocarburos es Estados Unidos de América, con un nivel cercano al 60% de la demanda nacional, esto consolida el panorama del porque cuando el precio de los combustibles se incrementa en el mercado internacional, el impacto es inmediato en el país.

Con los niveles de consumo que se tienen, es imposible encontrar una alternativa inmediata para la obtención de este producto y que sean capaces de cumplir con la demanda plasmada, el nivel de participación de los países que proveen a Guatemala de estos combustibles se presenta en la figura 24 muestra claramente que el 41% corresponde a países que no incluyen EUA.

Figura 24. **Importaciones totales por país de origen a Guatemala**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, primer trimestre 2010.

2.2.2. Características del GLP

El crudo luego de pasar a un estado estabilizado, puede aún contener cantidades variables de GLP, estas oscilan entre un 2% – 3%, las que son separados a su llegada a las refinerías en la primera etapa de destilación o fraccionamiento. Si en algún caso se encuentran asociados al gas natural, los GLP presentan el problema contrario, tratándose de los componentes con menor presión de vapor y puntos de ebullición más altos, existiendo el riesgo de que permanezcan en fase líquida en las redes de distribución.

Las plantas de gas natural utilizan su proceso de destilación fraccionada, donde separan el metano del resto de hidrocarburos que llevan asociados, y que fundamentalmente van desde los etanos a los pentanos. Además de estos orígenes naturales del GLP, éste se obtiene como subproducto de una serie de procesos de refinería que se listan a continuación:

- Reformado catalítico: se alimenta de gasolina ligera para producir aromáticos y Gasolinas. El rendimiento en GLP está entre un 5% – 10%.
- *Cracking* catalítico: se alimenta de gas-oil o gasolina produciendo etileno y propileno para petroquímica. El rendimiento en GLP está entre un 5% – 12%.
- *Steam Cracking*: se alimenta con gas-oil o gasolina produciendo etileno y propileno. El rendimiento en GLP está entre un 23% – 30%.
- Polimerización y alquilación: se alimentan de butanos para producir gasolinas.
- El rendimiento en GLP está entre un 10% – 15%.
- *Cracking* térmico: se alimenta de gas-oil y fuel-oil para producir gasolina. El Rendimiento en GLP está entre un 10% - 20%.

- *Coking y visbreaking*: se alimenta de gas-oil pesado y residuo para producir Coque. El rendimiento en GLP está entre un 5% – 10%.

2.2.2.1. Definición de GLP

Los gases licuados del petróleo (GLP) reciben este nombre debido a que son un subproducto de la destilación del petróleo. En dicha operación se van separando según su densidad y punto de ebullición.

Entre los subproductos obtenidos están el butano y el propano. También reciben el nombre de licuados debido a que para su almacenamiento y transporte es mejor hacerlo en estado líquido, ya que ocupan menos volumen dentro de los depósitos.

2.2.2.2. Características químicas del GLP

La denominación de Gases Licuados del Petróleo, se aplica a un pequeño número de hidrocarburos derivados del petróleo, que a temperatura ambiente y a la presión atmosférica se encuentran en estado gaseoso y tienen la propiedad de pasar al estado líquido al someterlos a una presión relativamente baja.

Sus principales representantes son el butano y propano. Estos gases forman parte de los hidrocarburos saturados. Sus componentes son por tanto carbono e hidrógeno y su fórmula general es C_nH_{2n+2} , por lo que se llaman comúnmente de enlace. La fórmula específica del propano es C_3H_8 y la del butano C_4H_{10} , en la tabla IX se muestran los valores que tiene el GLP.

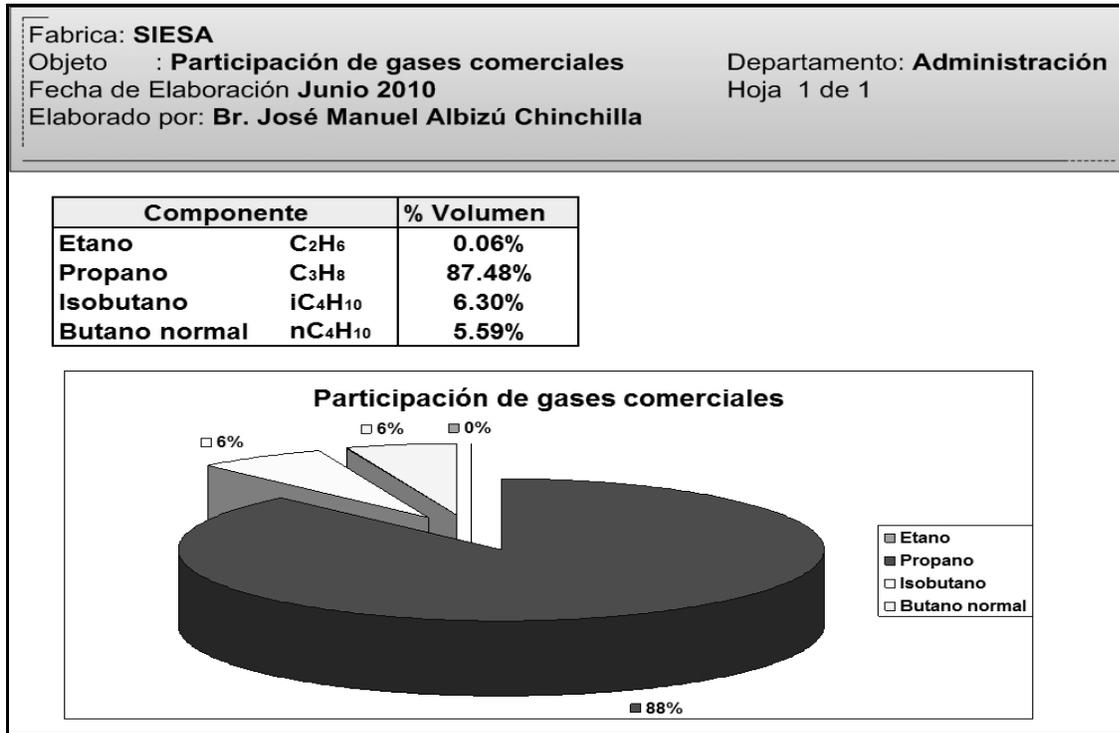
Tabla IX. **Características químicas del GLP**

Aspecto: gas licuado	PH: No presenta
Color: incoloro	Olor: característico, reforzado por derivados sulfurados
Contenido de propano más liviano: 30% vol. min (ASTM D-2163)	Solubilidad: (a 100C) 10.5-11.5 cSt(ASTM D-445)
Otros datos Azufre total 150 ppm max. Poder calorífico neto: -10830 Kcal/Kg Material residual: 0.05% m/m (ASTM D-2158) Olefinas totales: 58% (ASTM D2163) Residuos volátiles(a evaporación 95% vol.): <ul style="list-style-type: none"> • 2.2 °C max • 36 °F max (ASTM D-1837) Azufre volátil: 0.02% m/m (ASTM D-2784)	

Fuente: elaboración propia.

Los GLP comerciales no son gases puros, sino que llevan un porcentaje máximo de otros gases y un porcentaje mínimo del gas que les da nombre. La figura 25 muestra claramente que el gas comercial más conocido es el propano con un nivel de participación del 87,5%, seguido de aquellos que son poco utilizados en el mercado local como combustibles de uso doméstico.

Figura 25. Participación de gases comerciales



Fuente: Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, primer trimestre 2010.

2.2.2.3. Características físicas del GLP

El GLP como todo líquido, presenta propiedades y características muy visibles, dentro de estas se pueden mencionar a la densidad relativa, cuya relación se obtiene al tener comparar las masas de dos volúmenes iguales de dos cuerpos.

Para cualquier gas se toma el aire en condiciones normales, es decir esta tiene que tener una temperatura de 0 °C y presión atmosférica, como gas de referencia, esto dará como resultado que para el propano comercial es de 1,57.

Con este cálculo se puede reafirmar que el propano es más denso que el aire con lo cual tiende a caer al suelo y a embolsarse. Se debe tener en cuenta las consideraciones mostradas en la tabla X, en las que Repsol YPF Argentina, ha realizado ensayos de laboratorio al GLP, mostrando resultados a tener en consideración al momento diseñar toda ventilación de seguridad y equipo que utilice este producto.

Tabla X. **Características físicas del GLP**

Punto de ebullición: (-42.1 °C) -(-3.7 °C)	Punto de fusión/congelación: No presenta
Punto de inflamación/inflamabilidad: (-107.5 °C)-(-101.6 °C)	Auto inflamabilidad: > 400 C
Propiedades explosivas: Límite inferior explosivo 1.87 a 2.02% Límite superior explosivo : 9.38 a 10.05%	Propiedades Comburentes: NP
Presión de vapor: 10 a 14 Kg/cm ² a 37.8 °C 200 PSI a 100 F (ASTM D-2598)	
Tensión superficial: 16 dinas/cm a -47 °C	Densidad 15 °C: 0.525 g/cm ³ min (ASTM D1567) 0.559 g/cm ³ max (ASTM D2598)
Densidad del vapor: 1.5 (aire: 1) a 0 °C	Viscosidad: -----
Hidosolubilidad: 0.0047% vol/vol	Coefficiente reparto(n-octanal/agua) log Kow: 2.36

Fuente: Repsol YPF Buenos Aires, Argentina.

2.2.2.4. Densidad, poder calorífico

El poder calorífico es la capacidad que tiene un combustible de ceder calor cuando está ardiendo. Cuando existe una combustión se producen humos, siendo uno de estos el vapor de agua. Cuando este vapor de agua se condensa, o sea, pasa de vapor a agua, en la chimenea lo hace cediendo calor; cuando se tiene en cuenta este calor añadido al propio del combustible se llama poder calorífico superior (P.C.S.), si no se tiene en cuenta este calor es el poder calorífico inferior (P.C.I.)

El poder calorífico de todas las calderas habituales, excepto en una nueva generación de calderas llamadas precisamente de condensación en las que se tiene en cuenta el primero.

El poder calorífico del propano⁵ es:

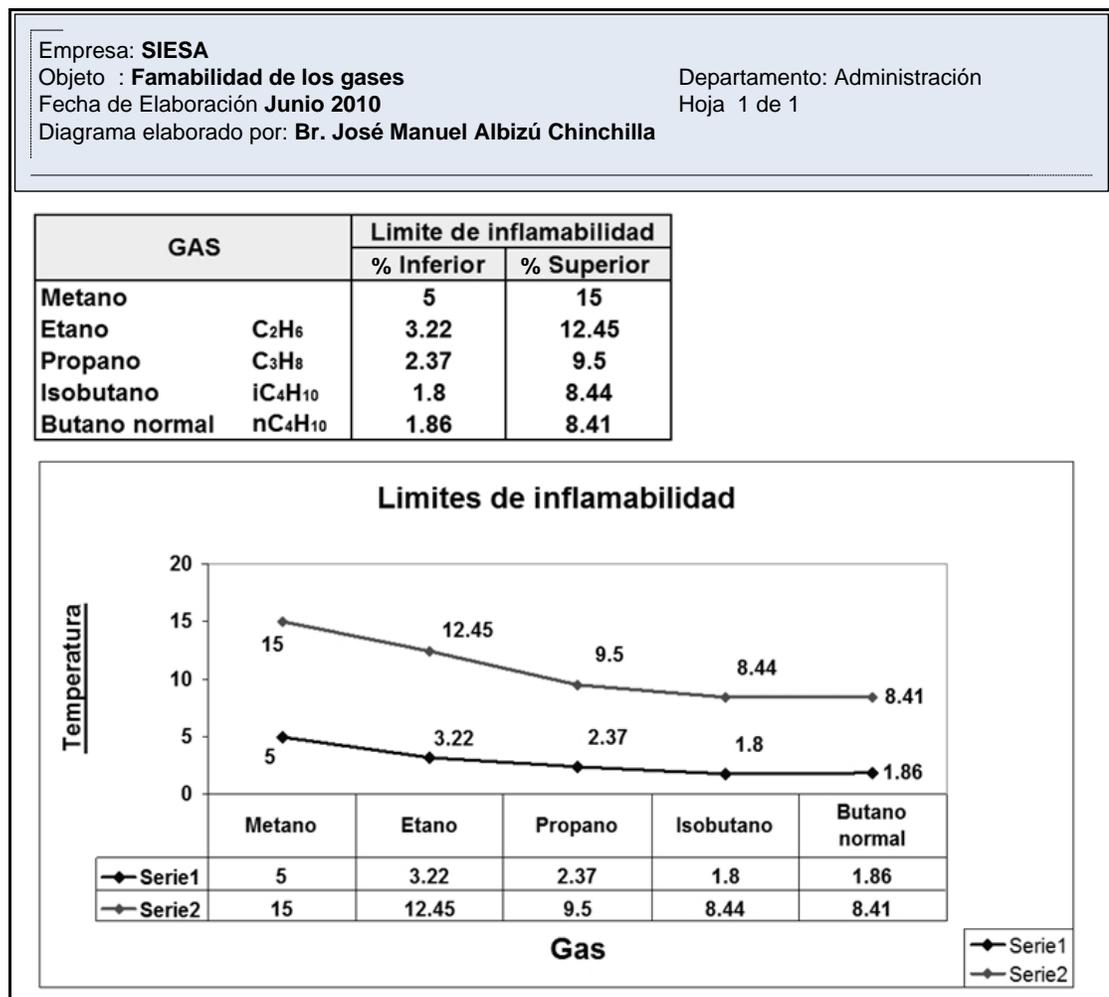
- P.C.S. 11 900 Kcal. / Kg.
- P.C.I. 11 082 Kcal. / Kg.

2.2.2.5. Límite de inflamabilidad

Un gas para generar explosión, necesita que se le aplique una temperatura igual o superior a la temperatura de inflamación, además necesita estar mezclado homogéneamente con el oxígeno del aire en una determinada proporción. Esta proporción tiene unos límites inferior y superior, dentro de los cuales se produce la inflamación.

La figura 26 utiliza un gráfico límites, en el mismo se representa como cada uno de los gases necesita una cantidad diferente de oxígeno para que sea inflamable. En el caso del metano necesita tener un margen de entre 5 y 15%, caso contrario es el propano que presenta límites más bajos y por ende los cuidados que se le dan son mayores, con esto se evita tener presencia de chispa en su manipulación.

Figura 26. **Flamabilidad de los gases**



Fuente: Repsol YPF Buenos Aires, Argentina.

2.2.2.6. Toxicidad

Los GLP no son tóxicos. Únicamente en el caso de combustión incorrecta debido a un defecto de oxígeno, menor aire, puede producir monóxido de carbono que es sumamente tóxico por eso es importante tener cuidado con aparatos que funcionan en locales cerrados o al realizar las chimeneas.

2.2.2.7. Temperatura de ebullición

“Se denomina temperatura de ebullición al que propicia el cambio de estado de un líquido a gas a una determinada presión. Por ejemplo, a presión atmosférica, el propano se vaporiza a partir de -44° C, y el butano lo hace a cero grados centígrados.”⁶

Esto significa que el propano siempre vaporiza, incluso en las condiciones de temperatura exterior más extremas de nuestro país; en cambio, el butano no vaporiza cuando la temperatura exterior es de 0° C o inferior, temperaturas que en algunas zonas son habituales en época invernal.

⁶ Fuente: Repsol de Argentina y DIGENOR, Secretaria de Industria y Comercio, República Dominicana

2.3. Implementación del GLP en vehículos de gasolina(carburados)

2.3.1. Motores de combustión interna

Se le conoce así a cualquier tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión, la parte principal de un motor. Se utilizan motores de combustión interna de cuatro tipos:

- Ciclo Otto
- Motor diésel
- Motor rotatorio
- La turbina de combustión

El motor cíclico *Otto*, el nombre proviene en honor al técnico alemán que lo inventó, *Nikolaus August Otto*, es el motor convencional de gasolina que se emplea en automoción y aeronáutica. El motor diesel, llamado así en honor al ingeniero alemán *Rudolf Diesel*, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo. Se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y algunos automóviles. Tanto los motores *Otto* como los diesel se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos.

El motor de combustión interna genera energía mecánica quemando combustible en una cámara. La introducción de este motor llevó casi de inmediato al desarrollo del automóvil, que habría sido prácticamente imposible con las voluminosas máquinas de vapor. En 1925 fue inventado el motor con cuatro cilindros en línea y pistones de aluminio

2.3.2. Funcionamiento

La cámara de combustión es un cilindro, generalmente fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara, la cara exterior del pistón está unida por un eje al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón.

En los motores de varios cilindros el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con esto la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje.

El sistema de bombeo de combustible de un motor de combustión interna consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido. Se llama carburador al dispositivo utilizado con este fin en los motores Otto.

En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se conduce a los cilindros a través de un tubo ramificado llamado colector de admisión. Muchos motores cuentan con un colector de escape o de expulsión, que transporta los gases producidos en la combustión.

Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal. Este sistema de alimentación de una mezcla de aire y combustible se ha visto desplazado por otros sistemas más elaborados ya utilizados en los motores diesel. Estos sistemas, controlados por computadora, aumentan el ahorro de combustible y reducen la emisión de gases tóxicos.

Todos los motores tienen que disponer de una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. Por ejemplo, el sistema de ignición de los motores Otto, llamado bobina de encendido, es una fuente de corriente eléctrica continua de bajo voltaje conectada al primario de un transformador. La corriente se corta muchas veces por segundo con un temporizador.

Las fluctuaciones de la corriente del primario inducen en el secundario una corriente de alto voltaje, que se conduce a cada cilindro a través de un interruptor rotatorio llamado distribuidor. El dispositivo que produce la ignición es la bujía, un conductor fijado a la pared superior de cada cilindro. La bujía contiene dos hilos separados entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco eléctrico que genera la chispa que enciende el combustible dentro del cilindro.

Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios, de automóviles, de aviones y los motores fuera de borda se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro.

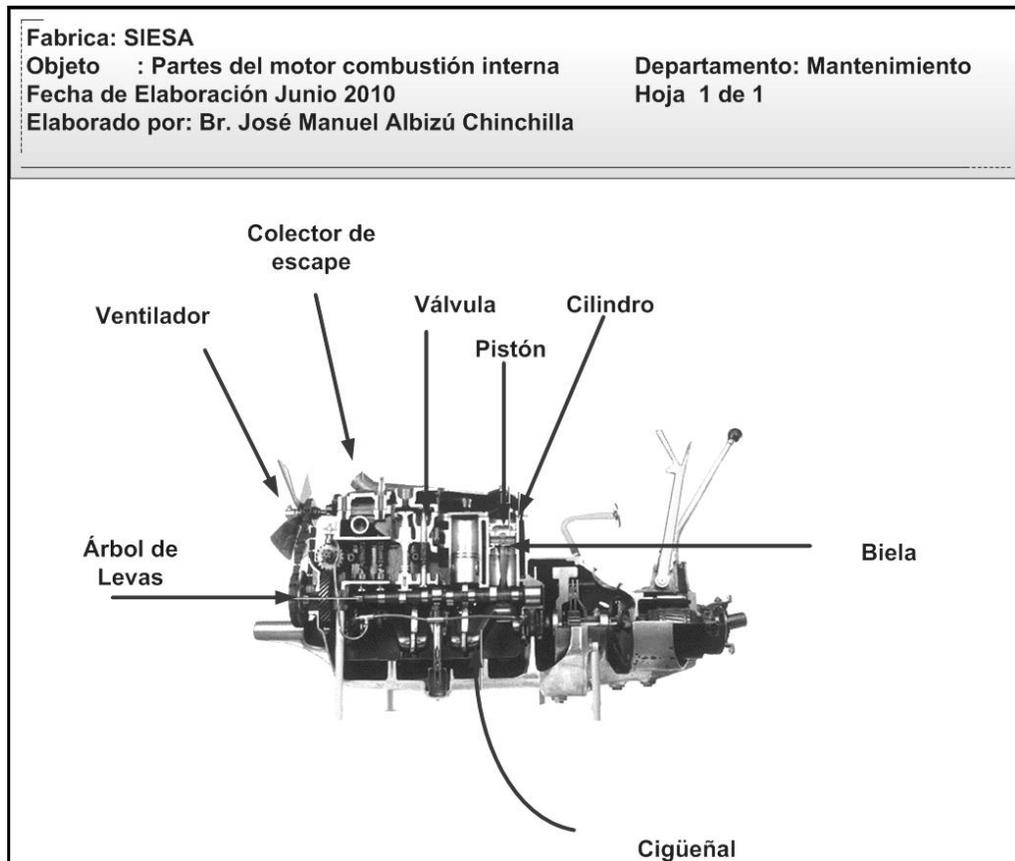
En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. En los motores navales se utiliza agua del mar para la refrigeración.

Al contrario de los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor.

Otros sistemas de encendido de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal, y los iniciadores explosivos, en la figura 27 se le muestra en qué posición se encuentra ubicadas por lo general la partes de un motor normal.

Posterior a que los iniciadores de explosión, estos inician la explosión de un cartucho para mover una turbina acoplada al motor. Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan sobre todo para arrancar motores de aviones.

Figura 27. Partes del motor de combustión interna



Fuente: Manual Técnico FORD E350.

2.3.3. Principio fundamentales

En condiciones normales, se deberá de enfocar en el motor de cuatro tiempos, en el que se desarrollan la misma cantidad de etapas para generación del ciclo. En el primer tiempo, al que se le denomina admisión, el cigüeñal arrastrara hacia abajo el émbolo, aspirando en el cilindro la mezcla carburante que está formada por gasolina y aire procedente del carburador.

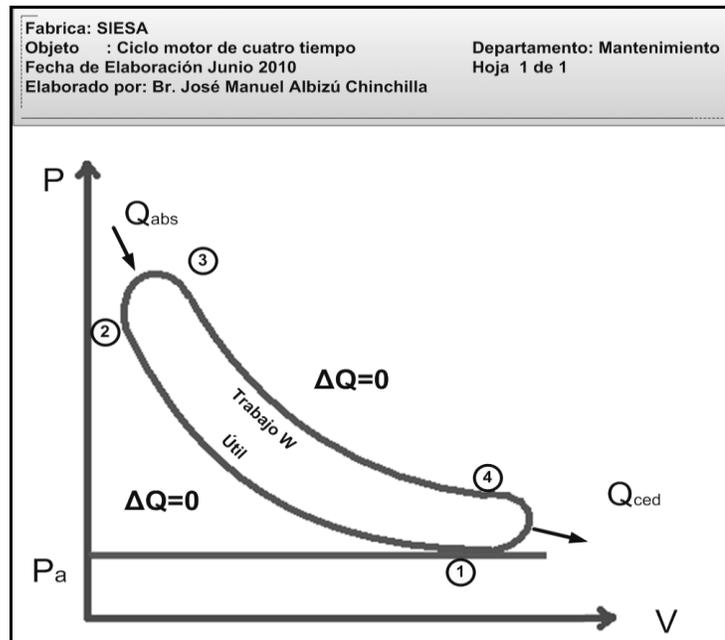
Luego de efectuada la aspiración, el motor efectúa el segundo tiempo que es la compresión. El cigüeñal hace subir el émbolo, el cual comprime fuertemente la mezcla carburante en la cámara de combustión.

En el tercer tiempo se efectúa la explosión, esto es cuando la chispa que salta entre los electrodos de la bujía inflama la mezcla, produciéndose una violenta dilatación de los gases de combustión que se expanden y empujan el émbolo, el cual produce trabajo mecánico al mover el cigüeñal, que a su vez mueve las llantas del carro y lo hace avanzar.

Por último, en el cuarto tiempo, los gases de combustión se escapan cuando el émbolo vuelve a subir y los expulsa hacia el exterior, saliendo por el mofle o escape del automóvil.

Estos cuatro tiempos pueden representarse por medio de un gráfico en el que se relacione presión y volumen, en este sentido se proporciona el gráfico 28 que muestra claramente los cuatro pasos que efectúa el motor para desarrollar la actividad para la que fue diseñado.

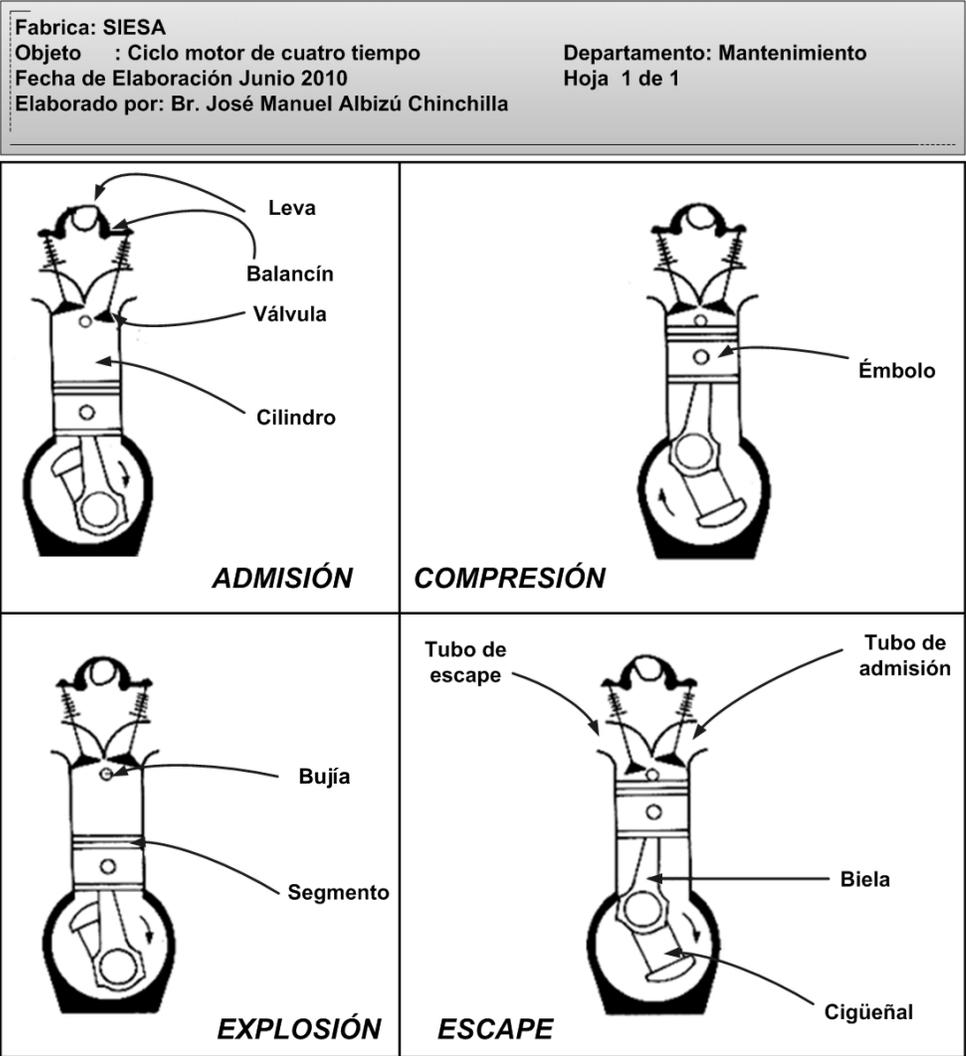
Figura 28. Representación gráfica del ciclo motor de cuatro tiempos



Fuente: elaboración propia.

Puede ser que en determinado momento no se vea en la gráfica de ciclo como el motor efectúa los tiempos para generar el trabajo deseado. Por esta razón la gráfica 29 presenta el ciclo de manera mecánica, por medio una representación de cómo se efectúan el movimiento dentro del motor para la generación de este ciclo.

Figura 29. Representación mecánica del ciclo motor de cuatro tiempos



Fuente: elaboración propia.

La apertura de las válvulas de admisión y de escape, así como la producción de la chispa en la cámara de combustión, se obtienen mediante mecanismos sincronizados en el cigüeñal.

Una característica clave de los motores de combustión interna es que en cada ciclo se aspira aire fresco, luego se adiciona el combustible y se quema en el interior del motor. Luego los gases quemados son expulsados del sistema y se debe aspirar nueva mezcla o aire. Por lo tanto se trata de un ciclo abierto.

2.3.4. Sustitución de la gasolina por el GLP en motores gasolina

Desde un punto de vista técnico y legal no existen restricciones, por lo que cualquier vehículo de uso público o particular podría utilizar el GLP como combustible. Para este efecto se cuenta con kits de conversión los que permiten dejar un automóvil en la opción dual, es decir, con la capacidad de trabajar con gasolina o con gas.

Dada la preocupación en nuestro país, por la reducción de costos se recomienda utilizar el GLP en los automotores tales como:

- Taxis
- Transporte público
- Flotas de servicio
 - Correos
 - Ambulancias
 - Reparto de mercancía
 - Reparto de valores

2.3.4.3. Cambios necesarios y descripción de equipo a utilizar

El sistema GLP al contar con la posibilidad de trabajar de manera conjunta con el tipo gasolina, se hace necesario el instalar algunos componentes que permitan este trabajo, siendo los siguientes:

- Tanque de almacenamiento GLP: el recipiente para almacenamiento de GLP, figura 30, debe estar instalado de manera permanente en el vehículo, todos los tanques construidos para ser instalados en vehículos automotrices deben estar calculados para una presión de 2.1 Mpa (312.5 PSIG). Los tanques de GLP para uso automotriz deben ser fabricados de acuerdo a una de estas dos normas de fabricación.
 - Código asme sección VII, división 1 para tanques horizontales.
 - Un ECE 67 R.01, regulación 67 del acuerdo: E/ECE/324, E/ECE/TRANS.

Figura 30. **Tanque de almacenamiento de GLP para vehículos**



Fuente: elaboración propia.

- Conmutador: es un selector que permite elegir entre gas y gasolina, y cuenta con una tercera posición que es la central, en la figura 31 se muestra el conmutador que es el encargado de cerrar simultáneamente las electroválvulas de gas y gasolina. Opcionalmente se le puede tener la indicación del combustible en uso mediante dos *LEDS* luminosos. Visualizando el nivel del líquido del gas presente en el tanque. Opcionalmente con dispositivo de cebado automático en el momento de arranque del motor. Existen muchos modelos de conmutadores pero para este proyecto se utilizó el Conmutador de arranque de tres fases.

Figura 31. **Conmutador de tres fases**



Fuente: elaboración propia.

- Multiválvulas GLP: es un dispositivo construido por un grupo mecánico complejo que instalado sobre el depósito de GLP tiene las siguientes funciones:

- Reposición del GLP a través de la toma de carga con cierre automático al 80% de la capacidad global del depósito mediante un dispositivo mecánico, accionado por flotador.
- Toma del GLP en fase líquida mediante un tubo pescante sumergido.
- Indicador del nivel de GLP mediante un sistema magnético visible en un cuadrante de cuatro sectores más uno para la reserva; la multiválvulas puede ser equipada con un sensor electrónico que conectado a un adecuado indicador permita visualizar al conductor el nivel de carburante presente en el depósito.
- Deben contar con una válvula de seguridad por exceso de presión.
- Interceptación automática por exceso de fluido que cierra la salida del gas mediante una válvula interna en caso de rotura del tubo de alta presión.
- Cierre manual de los conductos de abastecimiento y toma del gas en caso de intervenciones de mantenimiento.

Se pueden encontrar diversidad de multiválvulas, actualmente las más recomendadas son aquellas que cuentan con un sensor que mide el nivel de presión, esta tiene la forma que se presenta en la figura 32, siendo cerradas de manera automática cuando sea necesario.

Figura 32. **Multiválvulas con sensor de nivel**

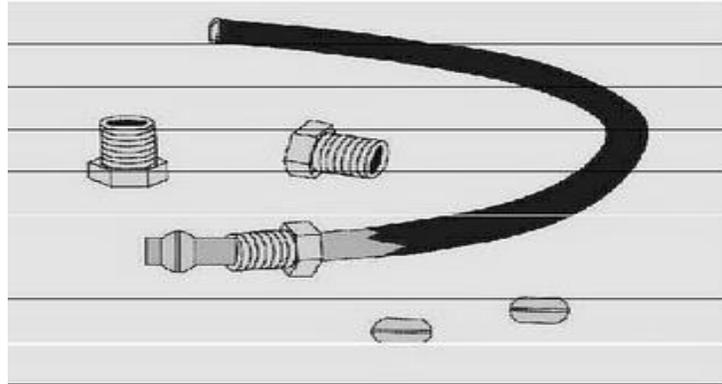


Fuente: elaboración propia.

- Líneas de conducción de GLP: dentro de las líneas de conducción de GLP tenemos las cañerías rígidas; estas tendrán que estar fabricadas de cobre y deberán contar con las siguientes condiciones: Cañería de 6mm de diámetro para multiválvulas que sus salidas de GLP sean de 6mm y reductores que tengan entrada de la misma medida.

Las cañerías de GLP Son más rígidas y soportan presiones mucho más elevadas que las cañerías convencionales, su cubierta de polietileno no permite la absorción del calor asegurando así que el GLP llegue al reductor en su estado líquido. Al observarse la figura 33, podrá constatarse que cuenta con cañería de 8 mm de diámetro para multiválvulas cuyas salidas de GLP sean de 8mm y reductores que tienen la misma medida.

Figura 33. **Líneas de conducción de GLP**

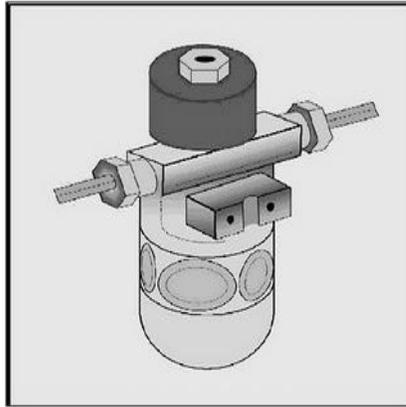


Fuente: elaboración propia.

- Electroválvulas de GLP dispositivo posicionado entre el tanque de GLP y el reductor que interrumpe el flujo del GLP durante el funcionamiento a gasolina y con el motor apagado. La electroválvula de la figura 34 muestra como esta cuenta con el medidor que describe el proceso de cerrar el paso de combustible, que cuenta con versión normal y mejorada, esta última provista de un filtro intercambiable para las impurezas eventualmente presentes en el GLP.

La presión máxima de entrada es de 45 Bar la presión de regulación de la primera etapa es de 45 Bar a 0.8 Bar con una tensión de alimentación que es de 12 V.

Figura 34. **Electroválvula de GLP**



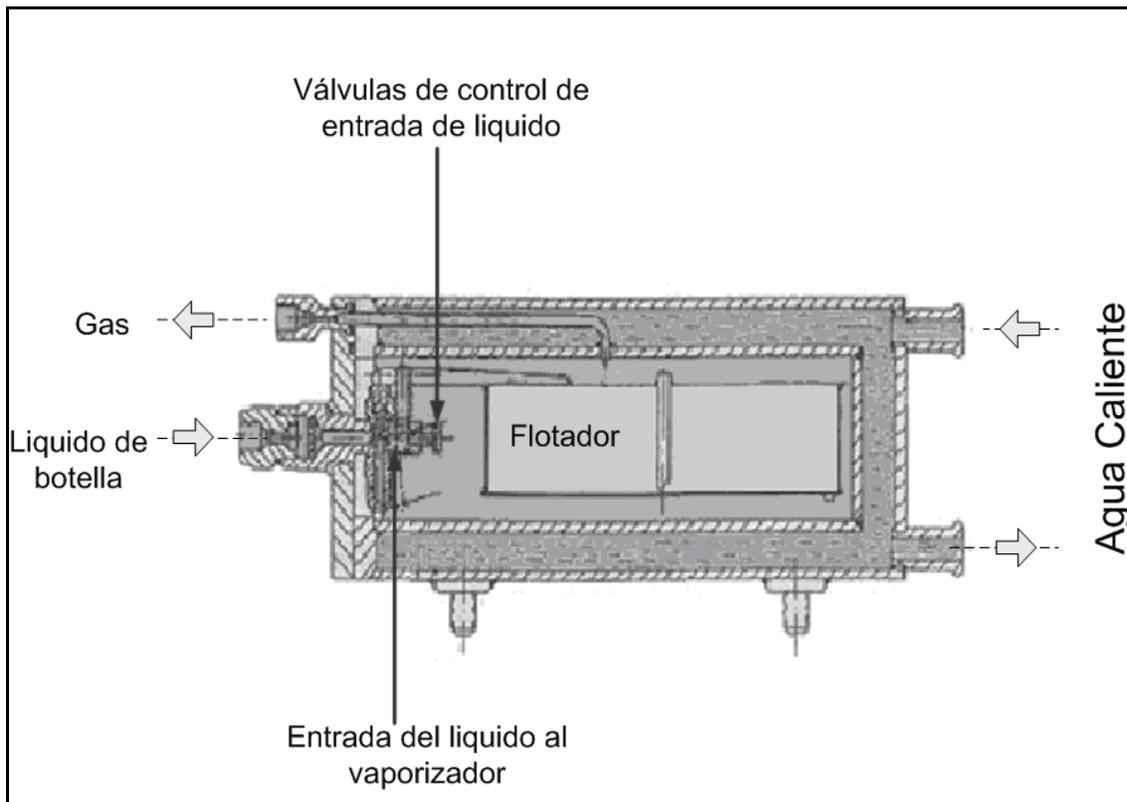
Fuente: elaboración propia.

- Gasificador: al reductor gasificador se ve como entra el GLP en estado líquido y una válvula accionada por un flotador (igual a la cuba de un carburador) cierra el paso cuando llega a un nivel máximo de combustible; este recipiente está rodeado por otro que contiene agua del sistema de refrigeración del motor, el GLP en estado líquido toma de aquí el calor de vaporización que es bastante considerable, a continuación el gas pasa al reductor de presión de gas, cuando el gasto hace bajar la presión y la cantidad, baja el flotador y pasa el GLP en estado líquido.

Al alcanzar el gas una determinada presión en esta cámara, por no haber gasto, cesa la vaporización del líquido coexistiendo las dos fases de líquido-gas.

A continuación la figura 35 indica cuales son las entradas y salidas necesarias para el proceso de gasificación que se necesita en el sistema GLP.

Figura 35. **Estructura interna del reductor gasificador**



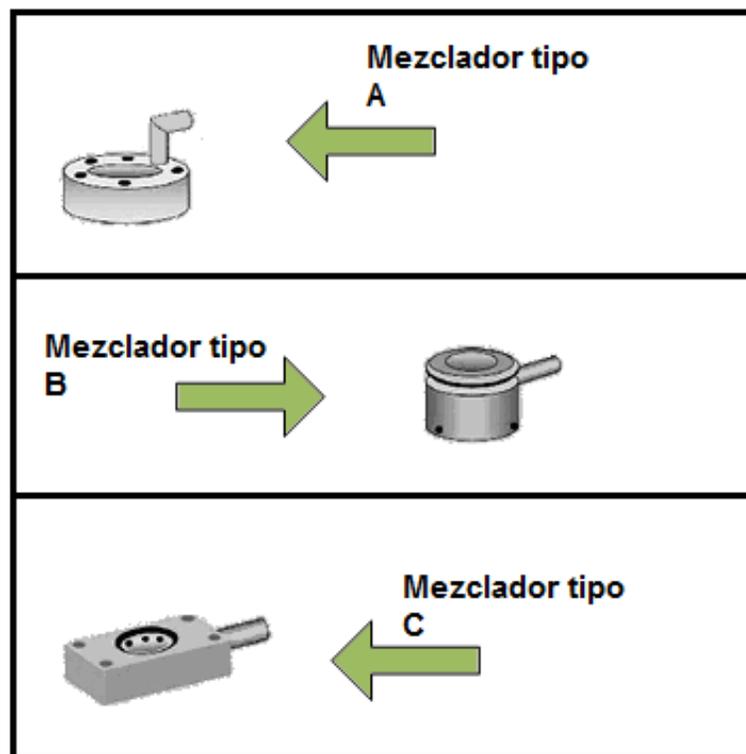
Fuente: elaboración propia .

- Mezclador: es el dispositivo mecánico que aprovecha el efecto *Venturi*, garantizando una correcta mezcla aire carburante, tanto en condiciones de régimen estacionario como dinámico.

Cada mezclador se proyecta vehículo por vehículo (en la figura 36 se presentan 3 diferentes tipos de mezclador, por lo que en cada vehículo es único, éste es fabricado para cada modelo de auto), a fin de optimizar gas como a gasolina.

Como accesorio del mezclador se tiene el registro de regulación manual, también conocido como regulador de alta. Este es un dispositivo posicionado entre la salida del gas del reductor y la entrada al mezclador, contiene un registro o tornillo para la regulación manual de la carburación mediante el control del flujo de gas de baja presión

Figura 36. **Componente mezclador y sus diferentes formas**



Fuente: elaboración propia.

En el caso de un vehículo Toyota que ha sido convertido a GLP, la figura 37 presenta la imagen de un mezclador tipo “B” instalado para realizar el trabajo de mezclado del GLP con el oxígeno de ambiente.

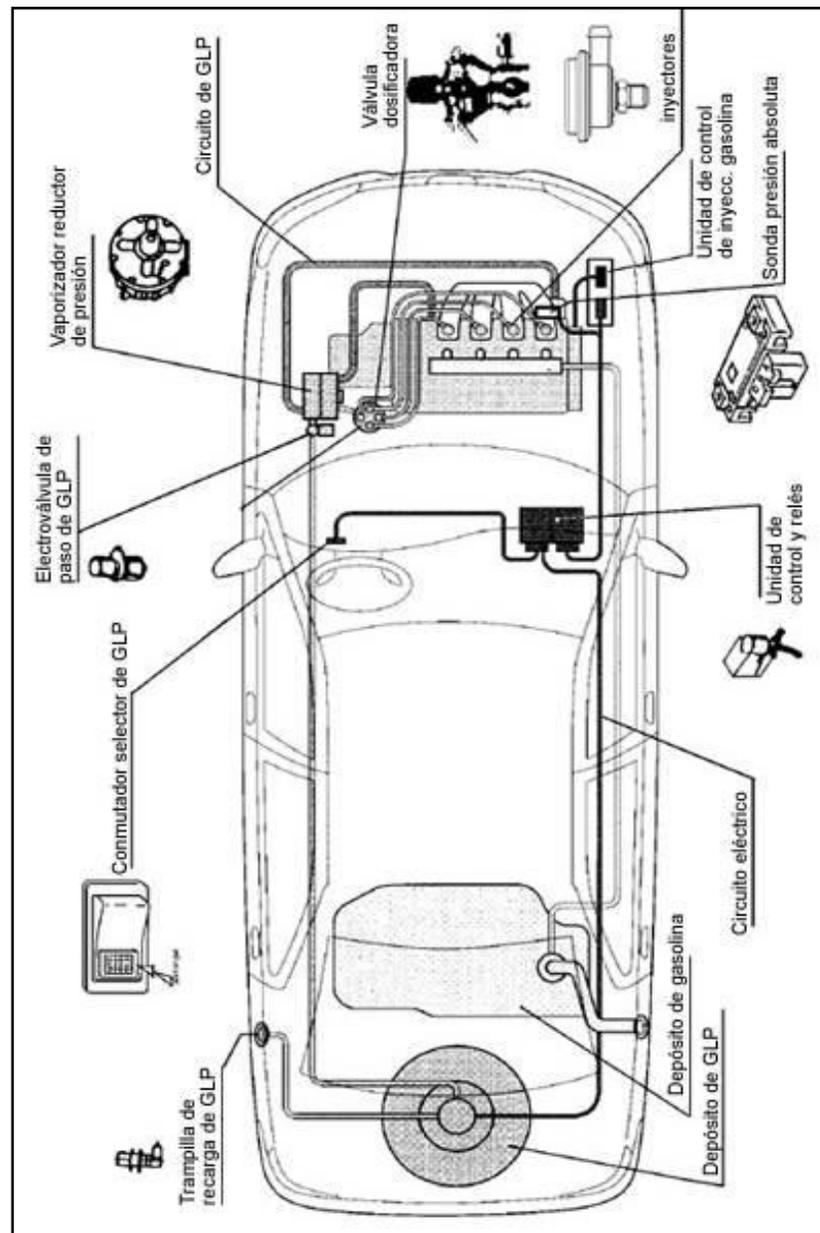
Figura 37. **Vista del mezclador en un vehículo**



Fuente: elaboración propia.

2.3.4.2. Diseño de plano para ubicación de accesorios del sistema

Figura 38. Diseño de la ubicación de accesorios del GLP



Fuente: elaboración propia.

2.3.4.3. Funcionamiento del sistema

Para comenzar con la nueva instalación se instalará un tanque a prueba de impactos especialmente diseñado para contener el suministro de gas (fabricado con chapa de acero de 2 a 3,15 mm de espesor). Para cumplir su cometido, este tanque debe cumplir ciertos estándares de seguridad:

- Trabajan a una presión de 7 Kg/cm² (100 PSI) pero son probados hasta a 45 Kg/m² (640 PSI).
- Presentar una electroválvula múltiple, que bloquea toda pérdida de gas en caso de accidentes, además, impide que ocupe más del 80% de la capacidad del tanque e indica el nivel de GLP en el depósito.
- El transporte del gas desde el tanque hasta el reductor se realiza por medio de una tubería de cobre flexible que presenta un recubrimiento especial. Todo el tendido de esta tubería se debe realizar por el exterior del habitáculo, evitando que en cualquier caso el gas llegue a los ocupantes del vehículo.

Como parte primordial del Sistema y haciendo las veces de la bomba de gasolina se encuentra un reductor vaporizador; dispositivo que permite el cambio térmico necesario para la evaporación completa del GLP (que se almacena en fase líquida y se requiere en estado gaseoso) a modo de ser aspirado por el motor. A este se añade un mezclador, encargado de suministrar al motor una cantidad de gas directamente proporcional al aire aspirado por el mismo motor.

El motor (sea inyectado o carburado) necesariamente lleva un evaporador. Como el GLP es almacenado en forma líquida dentro del tanque de combustible, este debe vaporizarse para mezclarse con el aire de ingreso al motor. Entonces, se puede considerar al evaporador como el elemento vital del Sistema de conversión a gas cuya función no es solo evaporado utilizando el agua caliente del radiador, sino también regular la cantidad que debe ingresar al motor. Una característica del evaporador es que tiene en su interior una pequeña tobera donde se pulveriza el GLP.

La regulación de la cantidad de gas que ingresa al motor se logra a través de dos agujas, para baja y altas revoluciones, ayudada además por un sensor que indica un alto o bajo nivel de GLP. Finalmente, el ingreso de gas en estado líquido al evaporador se controla a través de una válvula solenoide. Los evaporadores se seleccionan de acuerdo a la potencia del motor, sin importar si es un motor con carburador o a inyección.

2.3.4.4. Efectos secundarios al usar el sistema

La condición antidetonante de una gasolina se indica por el índice de octano, que en la gasolina súper alcanza un valor de unos 95 octanos en el método de ensayo denominado *Research*. En el caso del GLP, su condición natural antidetonante es de 120 a 130 octanos, sin necesidad de aditivos tóxicos de plomo orgánico, benceno, MBTE o tóxicos muy cuestionados que contienen las gasolinas.

Debe ponerse suma atención en el tema del benceno por ser un gran causante de entre otras enfermedades la leucemia incluso en la vecindad de estaciones de servicio según recientes investigaciones. Se trata de una de las sustancias más cancerígenas que se conoce, que suele aumentarse en la gasolina cuando se baja o elimina el tenor de sales de plomo orgánico que se usaba hasta hace unos pocos años como antidetonante.

- El gas es un combustible seco, de tal forma se lo quiere diferenciar de la gasolina, que al ser líquida, tendría propiedades lubricantes, ausentes en el gas. Pero lo que falta decir es que en la cámara de combustión, a la temperatura existente en ese lugar, la gasolina se vaporiza.
- El gas no hace que el motor tenga más temperatura, en un motor que no tenga problemas de temperatura en gasolina no debería tener problemas con GLP, siempre y cuando no se someta al motor a un régimen de trabajo con mezcla pobre. En ese caso, tapa y válvulas tienen corta vida por el exceso de temperatura.
- El gas no desgasta más el motor, es algo testeable en el largo plazo, y existen ejemplos de autos muy utilizados con GLP, con válvulas impecables.
- Al poner GLP no hay que reforzar la suspensión trasera, salvo que sea un remise que suele llevar tres pasajeros atrás o que se coloquen tubos grandes en un auto relativamente pequeño.

- Hay talleres que ofrecen equipos de dudosa generación, que en un supuesto logran la misma velocidad final y potencia que andando a gasolina. Por un problema de diseño de motores, existe siempre una merma de potencia compatible con el ahorro que se consigue Por ser los motores diseñados para utilizarlos con gasolina, y no exclusivamente GLP, al realizar la conversión para utilizar ambos combustibles se pierde un poco de potencia (éste valor está estimado entre un 5% a un 10% menos, con un ahorro del 50% en combustible).

Hay por supuesto avances tecnológicos a diario, siempre que el mercado lo admita, que pueden mejorar la instalación y adaptación de un automóvil diseñado para andar a gasolina que se ha convertido con el fin de funcionar a GNC. Pero esa adaptación no es 100 % efectiva.

- Se ha comprobado que los motores GLP llegan a tener una vida útil alrededor de 500 a 550 mil Km., cuando un naftero no sobrepasa de los 300 mil. Hay que lograr es usar unos litros de gasolina por semana, para que el sistema de alimentación de combustible (carburador, inyectores, bombas de pique y de gasolina) queden libres de residuos (que produce la misma gasolina en su evaporación) y que se deterioren por picadura los diafragmas de las bombas antes mencionadas.
- No se necesita filtros de aire especiales para GLP, se recomienda usar los filtros originales, manteniéndolos limpios y, llegado el tiempo prudente. Algunos técnicos lo cambian cada 4,000 Km. Otros, los usan por períodos más largos. En todo caso, es cierto que a medida que se ensucia el filtro, habría que ir adaptando la regulación conforme a la menor entrada de aire.

2.3.4.5. Rendimiento y desempeño

En distintas estaciones del año, veces la autonomía rinde más, o menos. Esto es debido a que no es tan exacto medir el llenado de los cilindros como puede serlo en gasolina, se puede especular que la mezcla del gas sea no homogénea, por lo que causa esta variación en el contenido que puede tener el cilindro cuando marca la capacidad colecta.

Si se piensa en otros aspectos, se podría tomar como un claro ejemplo la altura en la cual se desarrolla la actividad laboral. A medida que se incrementa la altura de trabajo se necesita mayor cantidad de aire para generar la combustión que si fuese a una altura cercana al nivel del mar, esto obedece a los aspectos netamente físicos en el proceso de combustión.

Analizando un vehículo tipo Pick Up, con un motor de 2000 cc y modelo 2000, se obtienen un rendimiento para gasolina según especificaciones del fabricante de hasta 40 kilómetros por galón. Este rendimiento siendo medido en las condiciones ambientales, de terreno y trabajo que presenta Guatemala podría variar considerablemente.

“Realizando un ensayo sobre el rendimiento que puede obtenerse de este vehículo si se le prueba sobre un viaje con una carga de 680 kilogramos (peso aproximado para 9 personas) y con una distancia por recorrer de 450 kilómetros totales que separan la ciudad capital con el municipio de Cobán A.V. este vehículo presento un consumo de 15,5 galones para el recorrido, dando como resultado de 28,97 Km/gal.”⁷

⁷ Ensayo realizado en el mes de noviembre de 2009 con un vehículo propio

Con un rendimiento equivale al 72% de la especificación del fabricante, el valor se explica en gran medida por el diferencial de altura existente entre ambos puntos, lo que pone expone al vehículo a generar un mayor trabajo para la combustión, si en contra parte se realizase sobre un viaje de las mismas características, pero con destino a una zona costera se espera que el rendimiento no sea menor al 95%.

2.3.4.5. Comparación entre gasolina y GLP

Comparar la gasolina y el GLP en relación a precio únicamente, puede generar un error básico en el usuario que necesita reducir los costos de operación de sus vehículos en las tareas que se realizan diariamente. Una de las causas por las que se ha realizado el presente trabajo, es para demostrar de forma técnica cuales son las diferencias entre estos productos.

Las variables que se analizaran son potencia y rendimiento, las que en términos técnicos pueden dar una mejor pauta de cómo generar un mejor panorama de las opciones existentes para la minimización de los costos generados en las operaciones de los vehículos.

2.3.4.6.1. Potencia del GLP

Los equipos de nueva generación que se implementan en vehículos que trabajan con inyectores de gasolina y son regidos por un sistema de computadoras, para que en este se realice la mezcla perfecta para que la explosión sea la adecuada, siendo esta la correcta cantidad de combustible, chispa y oxígeno.

Los equipos nuevos han evolucionado de manera importante en los últimos años dando unos resultados espectaculares tanto en prestaciones, como en fiabilidad. Actualmente debido a este gran avance tecnológico los vehículos no obtienen merma de potencia usando GLP respecto a la gasolina. Por ello se puede afirmar que las prestaciones obtenidas circulando con un vehículo a gas son las mismas que circulando a gasolina. En los kits aspirados es normal que ocurra una ligera pérdida de potencia en el automóvil, siendo esta aproximadamente de 10%.

2.3.4.6.2. Rendimiento del GLP

Una pérdida de potencia es inevitable. Mayormente por el mayor volumen propio que ocupa el gas en la cámara de combustión. Un volumen equivalente de vapores de gasolina es mucho menor. Esa merma en el volumen influye en el llenado de los cilindros y al haber menos mezcla disponible le disminuye potencia, al menos un 15% en una muy buena conversión.

Al contarse con las características antidetonantes del gas, un motor naftero adaptado podría desarrollar más potencia andando a GLP, pero a expensas de aumentar sensiblemente su relación de compresión con lo que entrarían a jugar otros factores, como la durabilidad y el hecho de que no podría funcionar a gasolina por la detonación que produciría la nueva relación de compresión más elevada.

Si se utiliza a la autonomía que el vehículo presenta en un recorrido largo, se estima que se obtendrá hasta un 20% menos que el de un vehículo gasolina, esto dependerá de las condiciones del terreno, ambiente y algún otro aspecto que tenga relevancia en el recorrido.

A continuación se presenta el ensayo experimental de rendimiento entre ambos sistemas, para este efecto se ha utilizado un vehículo que cuenta con ambos sistemas para su combustión, mostrando en la tabla XI las características físicas que posee.

Tabla XI. **Características del vehículo con sistemas gasolina y GLP**

<u>Característica</u>	<u>Especificación</u>
Marca	Dodge Ram
Serie	3500
Motor	8 cilindros 4.97 cc
Transmisión	Automática
Capacidad	3,000 libras
Rendimiento	20 Km/gal

Fuente: elaboración propia.

Los recorridos efectuados en lo que respecta a kilometraje y consumo, están detallados en la tabla XII, la estimación del rendimiento posible que se puede obtener con el sistema GLP es utilizando el parámetro gasolina.

Tabla XII. Comparación de rendimiento entre sistema gasolina y GLP

Prueba	Kilometraje recorrido en el mes de marzo de 2010, por cada unidad asignada				Vehículo para comparación			
	101	102	201	301	Marzo		Abril	
					SÚPER	GLP	SÚPER	GLP
1	39	48	57	19	51			72
2	43	39	35	42			38	52
3	37	39	63	35			61	
4	44	15	44	43	42		53	
5	58	42	65	MANTENIMIENTO		71		
6	42	44	76					63
7	59	41	44			59		103
8	41	N/A	48			63		70
9	64	43	45			44		
10	67	N/A	67				32	27
11	79	49	55				72	42
12	55	N/A	42			101		
13	68	N/A	40			56		77
14	48	48	75				83	46
15	39	N/A	N/A				74	
16	42	N/A	48			76	39	
17	42	37	83	36				33
18	50	48	53	45				
19	65	47	39	N/A	92		15	
20	73	N/A	33	24				
Total de kilómetros recorridos	1055	540	1012	244	449	393	469	396
Combustible asignado en galones	70	37	65	16	30	30	30	30
Rendimiento por unidad en Km/galón	15,07	14.,59	15,57	15,25	14,97	13,1	15,63	13,2

Fuente: elaboración propia.

Utilizando los datos de la tabla XII, se calcula el rendimiento de un vehículo gasolina cuando utiliza de carburante el GLP, en el que se ha puesto a trabajar bajo las mismas condiciones que los vehículos de la flotilla de SIESA. Por lo tanto, si las unidades 101, 102, 201 y 301 presentan rendimientos de 15.07, 14.59, 15.57 y 15.25 kilómetros por galón respectivamente para el mes de de marzo de 2010, y considerando que se hicieron 16 recorridos con gasolina en el vehículo prueba durante los meses de marzo y abril, el rendimiento debe ser calculado de la manera siguiente:

$$\text{Rendimiento estimado} = \frac{\text{Rendimiento}_{\text{marzo}} + \text{Rendimiento}_{\text{abril}}}{2}$$

$$\text{Rendimiento estimado} = \frac{14.97 + 15.53}{2} = 15.25 \text{ Km/ gal}$$

De la misma forma se hace el cálculo para 13 recorridos en el que se hizo uso del sistema GLP para realizar tareas semejantes a las que se hace SIESA diariamente, siendo de esta forma

$$\text{Rendimiento estimado} = \frac{13.1 + 13.2}{2} = 13.15 \text{ Km/ gal}$$

Para calcular el rendimiento comparativo entre el uso de GLP y gasolina se hará uso de la relación

$$\text{Rendimiento estimado} = \frac{\text{Rendimiento comparativo GLP}}{\text{Rendimiento comparativo gasolina}} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento estimado} = \frac{13.15}{15.25} \times 100\% = 86.23\%$$

Si los rendimientos oscilan entre 14,59 y 15,57 kilómetros por galón, el estimado de 15,25 Km/gal esta en el parámetro que presentan los vehículos de la flotilla. Entonces es aceptable hacer la misma relación entre el rendimiento GLP del vehículo prueba y los vehículos de la flotilla.

$$\text{Rendimiento estimado} = \frac{\text{Rendimiento GLP}}{\text{Rendimiento gasolina}} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento porcentual} = \frac{13.15}{15.07} \times 100\% = 87.259\%$$

Haciendo el mismo proceso de cálculo para las unidades restantes se obtiene los resultados que plasmados en la tabla XIII, lo que corrobora con un margen de error de 15 % por sobre el consumo de gasolina. Con este cálculo se puede usar el parámetro proporcionado por REPSOL, en el que indica que se tiene una relación de 1,1 galones de GLP por galón de gasolina.

Tabla XIII. **Rendimiento comparativo entre las unidades de SIESA y la unidad con dos sistemas de combustión**

Unidad	Rendimiento Km/gal	Rendimiento unidad de prueba	Porcentaje de rendimiento
101	15.07	13.15	87.3%
102	14.59	13.15	90.1%
201	15.57	13.15	84.5%
301	15.25	13.15	86.2%
Promedio	15.16	13.15	86.74%

Fuente: elaboración propia.

2.4. Ventajas del combustible GLP como uso automotor

Las ventajas en la utilización de un sistema de combustión tipo GLP tiene sus bases en los aspectos que brinden a las empresas un mejor rendimiento en torno a lo mecánico y económico, es por ello que si es implementado de una forma correcta se tienen algunas de las ventajas que son visibles al hacer utilización del sistema, entre las que se tienen:

- El consumo de combustible gasolina genera vibración en el vehículo, a diferencia que al implementar GLP este aspecto se ve reducido de manera considerable.
- El costo de combustible es menor en comparación con la gasolina.
- Los mantenimientos tienen un período mayor de tiempo de vida

2.4.1. Vehículos que pueden utilizar GLP como combustible

Las especificaciones que debe tener un vehículo para ser adaptado un sistema GLP no alteran de ninguna manera a las de un vehículo que funciona a base de gasolina, esto se debe a que en general el sistema de combustión en el motor es el mismo, únicamente se deben hacer incorporaciones de almacenamiento, conducción y dosificador del gas, con ello se tiene un combustible para el motor que genera menos daño al medio ambiente y minimiza el costo de operación del mismo.

2.4.2. Ventajas técnicas

El tiempo de vida de los mantenimientos se ve incrementado en un 33%, lo que equivale a que se realizan en una relación de tiempo equivalente a 4 meses, a diferencia del tipo gasolina que lo que necesita a los 3 meses. La relación existente entre consumo y rendimiento del motor se ve afectada en un 10%, por lo que incrementa su consumo en 1,1 galones de GLP por cada galón de gasolina, este consumo no afecta al motor en relación al desgaste que puede tener en su tiempo de vida.

2.4.3. Ventajas económicas

“El sistema utiliza como se ha descrito en el numeral 2.4.2 una relación de 1,1 galones de GLP por cada galón de gasolina, en materia de costos se estima que puede reducir costos en un 30%, este cálculo refleja de que el costo de un galón de combustible es alrededor de Q 29,00, en comparación a un galón de GLP que en el mercado local presenta un costo de Q18,44.”⁸

Si la relación 1,1 es aplicada, se tiene entonces:

$$1.1 \times Q18.44 = Q20.28 \text{ por galon de GLP}$$

$$\left(1 - \frac{Q18.44}{Q29.00}\right) \times 100\% = 30\%$$

⁸ Fuente: Ministerio de Energía y Minas, costo promedio en mercado guatemalteco del GLP para el primer trimestre 2010

2.4.4. Ventajas medioambientales

Durante el último siglo se ha incrementado el uso de productos dañinos para el medio ambiente, tal es el caso de los hidrocarburos, que se han utilizado de una manera desmedida. Esto está causando daños irreversibles al medio ambiente y posiblemente muertes en el mediano plazo; de hecho, ya se presentan cambios drásticos en el clima, con efecto negativo en la parte agrícola forestal, la biodiversidad y en la vida marina.

Por ser un producto derivado del petróleo, se esperaría que contenga elementos contaminantes al ambiente, mas sin embargo en el proceso de producción de GLP se eliminan estas características, lo que lo hace amigable con el medio ambiente al no generar estos agentes contaminantes, siendo más rentable esta alternativa para disminuir los daños al medio ambiente en lo que a combustibles se refiere.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN (análisis de costos)

3.1. Antecedentes de costos de operación

SIESA presenta como toda empresa una infinidad de costos, que en algunos casos no son parte de los que se generan para el área de transportes. Es así como se han buscado aquellos que a criterio de la gerencia generan valor de retorno, los mismos son:

- Combustibles
- Lubricantes
- Accesorios
- Mantenimientos preventivos y correctivos
- Gastos administrativos
- Repuestos

De igual forma se encuentran gastos, estos no generan una retribución por su existencia, pero han existido por motivos de trabajo, que a diferencia de los costos, se desconocía la existencia de estos ambientes de trabajo, entre estos se encontraron:

- Parqueo
- Viáticos
- Otros gastos

Utilizando técnicas de distribución del costo, ha sido posible determinar a qué sector pertenece cada uno de los costos y gastos de la empresa, esto será de utilidad para encontrar la viabilidad de la opción de instalación de los costos incurridos en las operaciones de trabajo de las unidades de transporte.

3.1.1. Consumo de combustible gasolina mensual

Los datos que son necesarios para la estimación es la cantidad de galones utilizados por las unidades a disposición de la administración, es importante tener en consideración algunos aspectos relevantes que hacen de estos variantes:

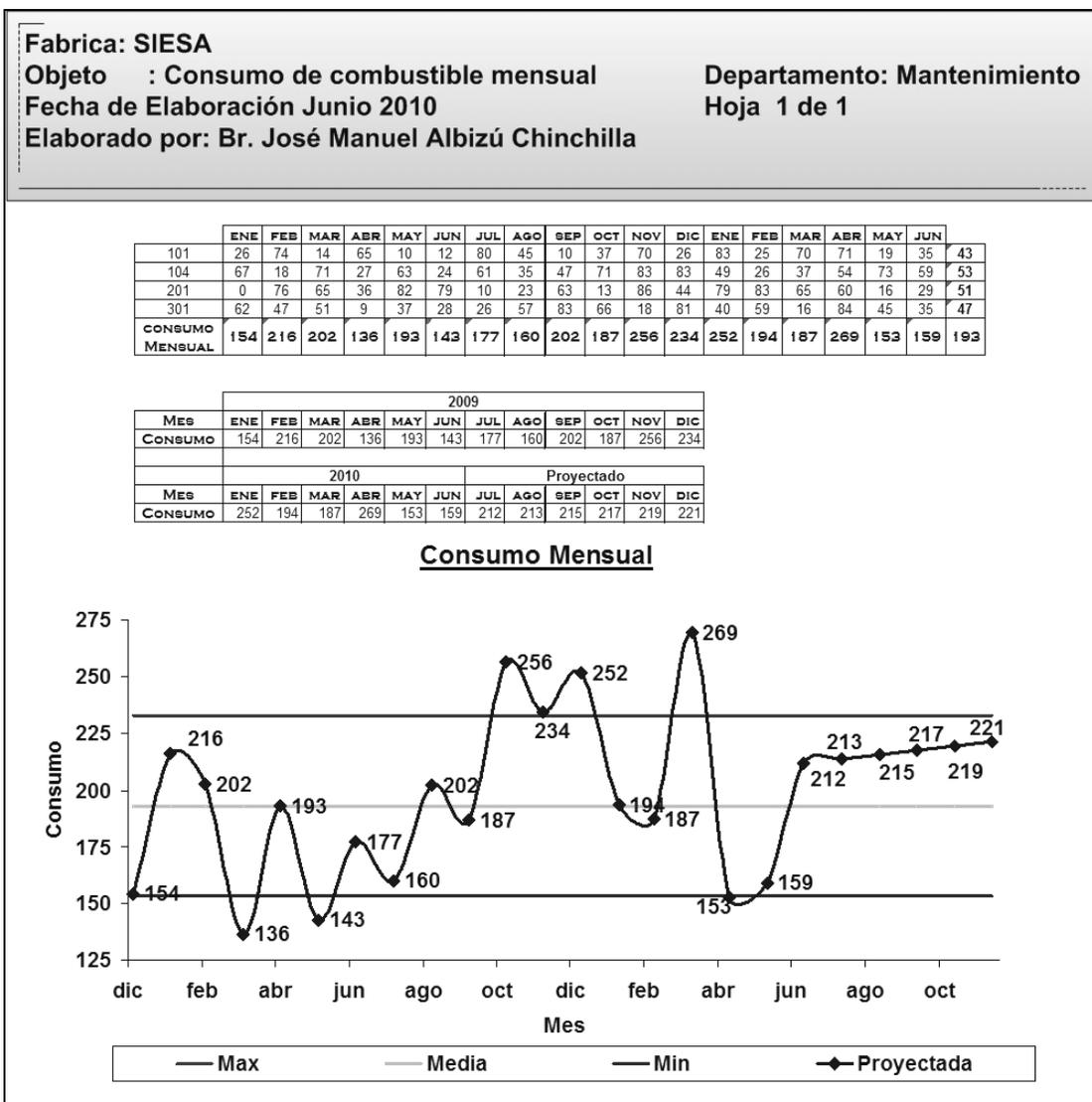
- Rutas trazadas
- Cantidad vendida
- Disponibilidad del vehículo

Para uso de la empresa, se cuentan con 3 vehículos de manera concreta, teniendo en reserva un cuarto vehículo que es utilizado al momento de tener alguno de los anteriores en alguna actividad, como por ejemplo mantenimiento, entrega en el interior u otras.

Estas unidades cuentan con datos históricos, los cuales se muestran en la figura 39, en donde se relaciona los consumos de combustible realizados a lo largo del su vida útil en los últimos 18 meses, al momento de realizada esta propuesta se ha estimado necesario este valor de consumo y con esto se crea una extrapolación de los 6 restantes al año en curso para la cuantificación monetaria en gasto del uso de combustible.

Es de esta forma que en promedio se ha tenido un consumo de 193 galones mensuales y una desviación de 40 galones, esto hace que se utilice el máximo de consumo calculado de 233 galones/mes, que de igual manera queda plasmado en la figura 39 con los límites que las desviaciones proporcionan como información primordial para el cálculo.

Figura 39. Consumo de combustible en SIESA



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Costos totales de operación utilizando combustible gasolina

Los costos incurridos dentro de la utilización de combustibles como la gasolina esta íntimamente relacionados al tiempo de mantenimientos y costo de combustible.

En una relación de mantenimientos se tiene una vida promedio de cada 3 meses en lo que respecta a preventivo menor

- Cambio de aceite
- Filtros

En un preventivo mayor seria de un año en promedio, el cual contempla:

- Cambio de filtro gasolina
- Frenos
- Tapa distribuidor
- Cables
- Llantas
- Suspensión

Teniendo esto en consideración, se estima que se necesitaran en promedio 3 servicios menores y un servicio mayor por cada unidad en circulación, dando como resultado

- 3 servicios menores x 4 unidades= 12 servicios menores
- 1 servicio mayor x 4 unidades = 4 servicios mayores

Este total determina que serán necesarios 16 servicios a lo largo de un año laborable, estos se detallan en la tabla XIV con un desglose de las actividades involucradas en un mantenimiento o servicio al vehículo, de esta manera se procede al cálculo monetario necesario para sufragar los gastos que estos ocasionan.

Tabla XIV. **Desglose de costos de mantenimiento a vehículos**

Servicio Mayor				
Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Total
Llantas	Q 450.00	4	Unidades	Q 1,800.00
Frenos	Q 250.00	2	Juegos	Q 500.00
Filtro combustible	Q 80.00	1	Unidades	Q 80.00
Tapa distribuidor	Q 125.00	1	Unidades	Q 125.00
Cables	Q 150.00	1	Unidades	Q 150.00
Filtro de aceite	Q 35.00	1	Unidades	Q 35.00
Filtro de aire	Q 85.00	1	Unidades	Q 85.00
Candelas	Q 15.00	8	Unidades	Q 120.00
Suspension	Q 500.00	1	Juegos	Q 500.00
Aceite	Q 150.00	3	Galones	Q 450.00
Carroceria	Q 500.00	1	Unidades	Q 500.00
Sistema Electrico	Q 400.00	1		Q 400.00
				Q 4,745.00
Servicio Menor				
Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Total
	Unidad	Cantidad		Total
Aceite	Q 150.00	3		Q 450.00
Filtro de aceite	Q 35.00	1		Q 35.00
Filtro de aire	Q 85.00	1		Q 85.00
				Q 570.00
Total asignado a mantenimiento				
Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Total
Servicio mayor	Q 4,745.00	4	Unidades	Q 18,980.00
Servicio menor	Q 570.00	4	3x al año	Q 6,840.00
Gastos mantenimiento	Q 200.00	16		Q 3,200.00
	Total presupuesto mensual			Q 2,418.33

Fuente: elaboración propia.

3.2. Costos de implementación sistema GLP

Para la determinación de los costos intrínsecos a la implementación de un sistema de combustión como lo es el GLP, debe tomarse en consideración los siguientes aspectos:

- Equipo para implementar el sistema de combustión GLP
- Materiales para mantenimiento
- Lugares de resguardo de las unidades
- Equipo para manejo del GLP a nivel de seguridad

Por ser una empresa que tiene a su disposición un taller propio para el mantenimiento y reparación de equipo de trabajo, se cuenta con equipo de seguridad, lugares adecuados para el resguardo de las unidades, por lo que será necesaria la verificación en lo que respecta a materiales de mantenimiento y equipo para la implementación de la combustión del GLP.

3.2.1. Descripción de equipo a utilizar

Toda empresa antes de hacer el cambio a un sistema GLP debe analizar cuales será los componentes ideales para el vehículo con el que cuenta, en muchas ocasiones se piensa únicamente en marcas y no en el rendimiento que puede tener el vehículo al incorporársele el mismo.

El equipo que será utilizado en SIESA, es:

- Tanque de almacenamiento GLP: debe contar con capacidad de soportar 320 libras.

- Conmutador: debe contar con sistema de 3 frases (selección de tres estados, 2 de activación y uno de desactivación).
- Multiválvulas GLP:
- Líneas de conducción de GLP
- Electroválvulas de GLP
- Gasificador

3.2.1.1. Costos de equipo a utilizar

La estimación del costo de equipo que se debe comprar para la implementación de un sistema GLP, esta compuesto por los elementos siguientes:

- Almacenamiento
- Conducción
- Combustión

Estos equipos deben tener las características de poder funcionar de manera conjunta con el sistema de combustión gasolina con el que cuentan las unidades, teniendo en cuenta que será posible que utilice ambos sistemas dependiendo de las necesidades del ambiente y otra variable a considerarse importante.

El equipo está compuesto por:

Tanque de almacenamiento GLP.	\$ 200 00
Conmutador	\$ 7 00
Multiválvulas GLP.	\$ 95 00
Líneas de conducción de GLP.	\$ 65 00
Electroválvulas de GLP.	\$ 50 00
Gasificador.	\$ 160 00
Mezclador.	\$ 65 00
	<hr/>
Costo total	\$ 642 00
Gastos de envío 7%	\$ 44 94
	<hr/>
Costo total final	<u>\$ 686 94</u>

Con una tasa de compra del dólar estadounidense por parte del Banco de Guatemala, BANGUAT de Q 8 10, se obtiene un costo total final en moneda nacional de Q 5 565,21

3.2.2. Lugares de suministro de combustible

Guatemala cuenta con una gama de empresas dedicadas a la comercialización del GLP, estos se han expandido en la actualidad a distribuir al público en general lo que respecta a GLP como combustible para vehículos, por lo que han puesto a disposición una cantidad moderada de centros de venta. Puntos de distribución:

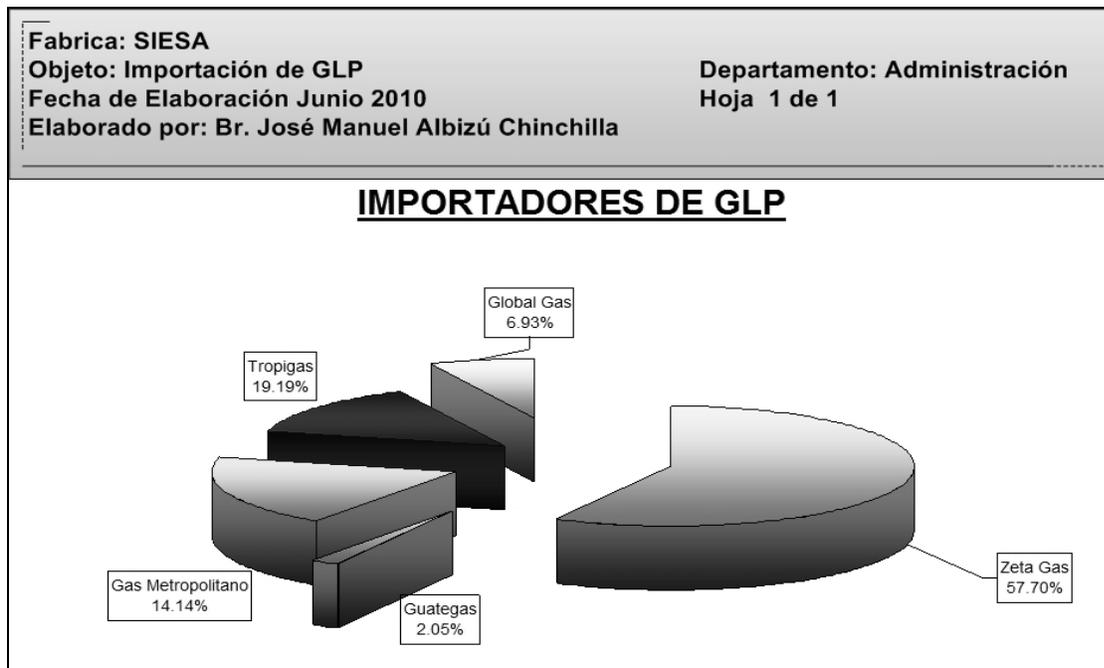
- DAGAS zona 12, Avenida Petapa y 53 calle
- DAGAS Ruta al Atlántico Km. 10.1
- ZGAS Calzada San Juan: 37 avenida, Colonia Utatlán zona 7

- ZGAS Ruta al Pacífico Km. 19
- TROPIGAS Ruta al Atlántico Km. 18
- TROPIGAS Mixco Colonia Lo de Coy zona 1
- TROPIGAS Petapa: Avenida Petapa y 21 calle zona 12
- TROPIGAS Villa Hermosa: Km. 14.5 San Miguel Petapa

Estas estaciones de servicio tienen un nivel de participación considerable en el mercado que manejan. Los puntos de distribución muestran que básicamente las empresas han pensado en centros estratégicos en los que se maneja mayor carga de trabajo para las redes logística de entrega de zonas industriales, esto aporta una visión de cómo generar de mejor manera las rutas de trabajo que SIESA tiene día con día.

A continuación el figura 40, se desglosa el nivel de participación de los principales proveedores de combustibles para Guatemala, teniendo a la vista que el mayor representante es “Z” Gas con un aproximado del 58% del mercado posible.

Figura 40. Principales importadores de GLP



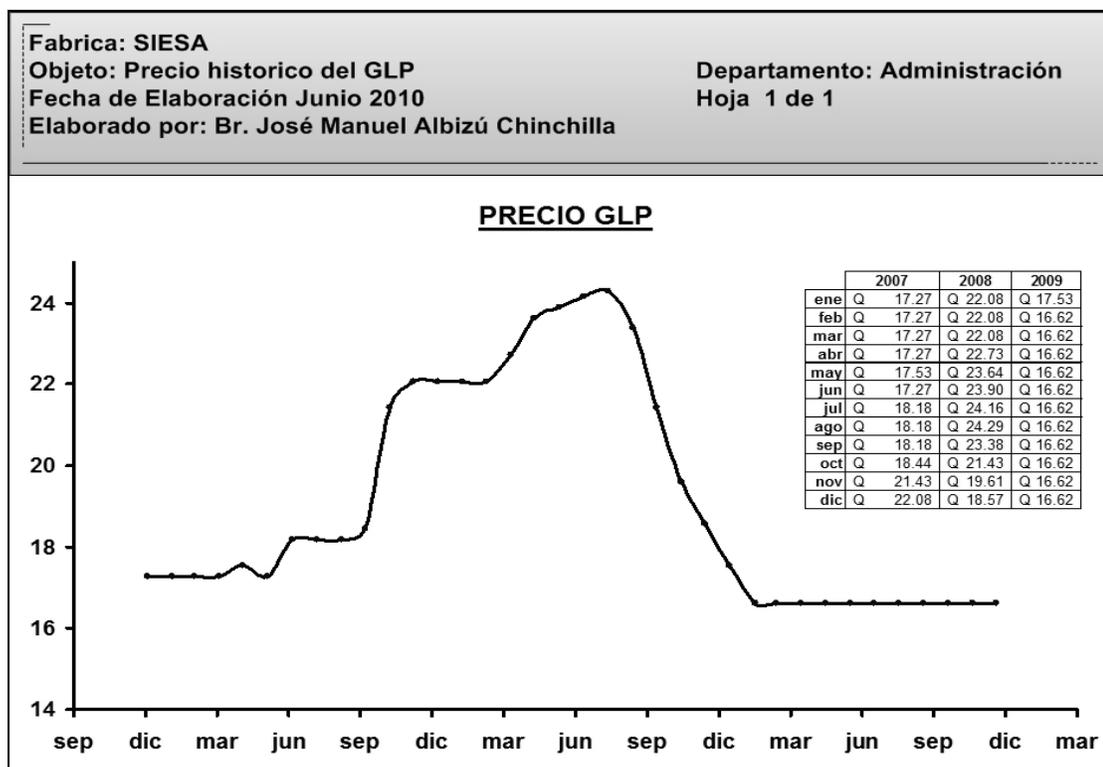
Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Guatemala 2009.

3.2.2.1. Costo de combustible

En términos financieros, el costo de un galón de GLP es bajo, la relación indica que se necesita 1,10 galones de GLP para tener la misma capacidad energética que un galón de gasolina. Si 1 galón de combustible = 1,10 galones de GLP.

Entonces, al tener un galón de combustible a un costo promedio de Q 30 00 a finales de 2009, y el GLP tiene un costo de 18.44, esto conlleva a que el costo real de GLP sea de: $1,10 \times Q 18 44 = Q 20 28$ reales en consumo en relación a gasolina; esto equivale a un 32,4% de ahorro en costo monetario. (Véase figura 41 de fluctuación para cuarto trimestre 2010)

Figura 41. **Fluctuación de precios del GLP en Guatemala**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, pronóstico de precios del GLP para el 4 trimestre de 2009

3.2.3. Consumo de combustible GLP mensual

Químicamente, para obtener el mismo rendimiento de un 1,0 galón de gasolina en prestaciones de potencia y kilometraje sería necesario el consumo de 1,10 galones de GLP, con una relación 70% propano/ 30% butano en el tanque., por ende esto determina que el consumo necesario para GLP se comportara de la manera siguiente para el segundo semestre del 2010.

Tabla XV. **Proyección de consumo de gasolina para el segundo semestre 2010 en SIESA**

	Proyectado 2010					
MES	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Gasolina	212	213	215	217	219	221
GLP	233	235	237	239	241	243

Fuente: elaboración propia.

Al tener en consideración esta relación, es necesario conocer cual es el máximo de combustible que podría utilizar cada unidad al relacionar la desviación con el consumo de gasolina proporciona

Si $\sigma = 40$ galones de gasolina/ mes, con una relación de 1,10 / galón de gasolina

$$1,10 \times 40 = 44 \text{ galones/mes}$$

La máxima cantidad de combustible será de 256 galones de GLP/mes, este parámetro al ser multiplicado por su costo da como resultado el consumo monetario al final del mes

$$Q 18,44 / \text{galón} \times 256 \text{ galones/mes} = Q 4 720,64$$

3.3. Comparación de costos de gasolina vs. GLP

La comparación económico financiero de usar GLP como sustituto de la gasolina, se basa en el precio que este tiene sobre el carburante actual, además de ello se cuenta con algunos ahorros en lo que respecta a mantenimientos y el precio de algunas actividades que se necesitan para su realización.

A este nivel de costos, se puede tener un ahorro de hasta 40% cuando se tiene un control completo de la forma de trabajo, en el caso de SIESA, es posible tener un ahorro del 34% que a nivel financiero es visible y aceptado.

3.3.1. Costos anuales

La empresa ha consolidado sus gastos, tomando en consideración únicamente los datos que presentan mayor relevancia en el contexto de análisis del costo incurrido en la administración y mantenimiento de sus vehículos.

En el caso de la gasolina, se tiene un costo anual de Q 162 343,12 el cual esta compuesto de la siguiente manera.

Tabla XVI. **Detalle simplificado de los gastos operacionales utilizando gasolina**

Servicio mayor	Q 4 745,00	X	4 unidades =	Q 18 980,00
Servicio menor	Q 570 00	X	12 veces al año =	Q 6 840,00
Mecánico	Q 37 443,12			Q 37 443,12
Combustible	Q 83 880,00			Q 83 880,00
Fondo reparaciones mayores	Q 12 000,00			Q 12 000,00
Gastos mantenimiento	Q 200 00	X	16 veces	Q 3 200,00
			Total anual	<u>Q162 343,12</u>

Fuente: elaboración propia.

Los puntos relevantes que son visibles de manera concreta reflejan un total de 16 servicios de mantenimiento a lo largo de un período contable o de trabajo, esto ocasiona en determinado momento la erogación de dinero considerable para su realización.

En el caso de usar un sistema GLP, se considera no variar más del 5% de utilización de gasolina como combustible, por ello se alarga la vida de los accesorios y materiales de funcionamiento. El total a tener en consecuencia es de Q 137 695,75.

Tabla XVII. **Detalle simplificado de los gastos operacionales utilizando GLP**

Servicio mayor	Q 4 745,00	X	4 unidades	Q 18 980,00
Servicio menor	Q 57000	X	8 veces al año	Q 4 560,00
Mecánico	Q 37 443,12			Q 37 443,12
Combustible	Q 62 312,45			Q 62 312,45
Fondo reparaciones mayores	Q12 000,00			Q 12 000,00
Gastos mantenimiento	Q 200,00	X	12 veces	Q 2 400,00
			Total anual	<u>Q137 695,57</u>

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Valoración presente neto

La empresa espera obtener de la incorporación de un sistema GLP una tasa de interés del 10%, así mismo por las proyecciones realizadas por parte del “BANGUAT quienes esperan que la tasa de inflación para el país alcance el 6,40%”⁹, esto conlleva al cálculo siguiente:

$$i \% = \text{tasa inflación} + \text{tasa deseada} = 6,40\% + 10,0\% = 16,4\% \approx 17\%$$

⁹ Fuente: Banguat, inflación a mediano plazo

<http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=vmc/vmc01&e=559>

Al ser una tasa de interés capitalizable anualmente, es necesario que esta se pase a mensual haciendo la operación pertinente

$$i = \frac{(17\%)}{(12)} = 1.42\%$$

El análisis se realizara para un período de 12 meses, por lo que las proyecciones realizadas con anterioridad serán utilizadas.

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Cálculos

$$\text{Factor} = (P/A, i\%, n) \rightarrow \text{Factor} = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$\text{Factor} = \frac{(1+1.42\%)^{12} - 1}{1.42\%(1+1.42\%)^{12}}$$

Factor = 10.96206

En el caso de la gasolina se tiene

A = Q 9 408,33

I = 1,42%

N = 12

Para el GLP se tienen los siguientes datos

A = Q 6 887,84

I = 1,42%

N = 12

Al realizar el cálculo de presente dadas una anualidad para las dos opciones, se tiene:

Gasolina:

$$P = A(P/A, i\%, n)$$

$$Q \ 9 \ 408,33 \times 10,96206 = Q \ 103 \ 134,67$$

El GLP describe un comportamiento de menor cantidad monetaria, siendo

$$P = A(P/A, i\%, n)$$

$$Q \ 6 \ 887,84 \times 10,96206 = Q \ 75 \ 504,91$$

Se procede al cálculo del VAN, teniendo en consideración que debe sumar todas aquellas partes que lo componen

VAN= Valores de inversión + Valores de operación

Opción de Gasolina

$$VAN_1 = Q \ 103 \ 134,67$$

Opción de GLP

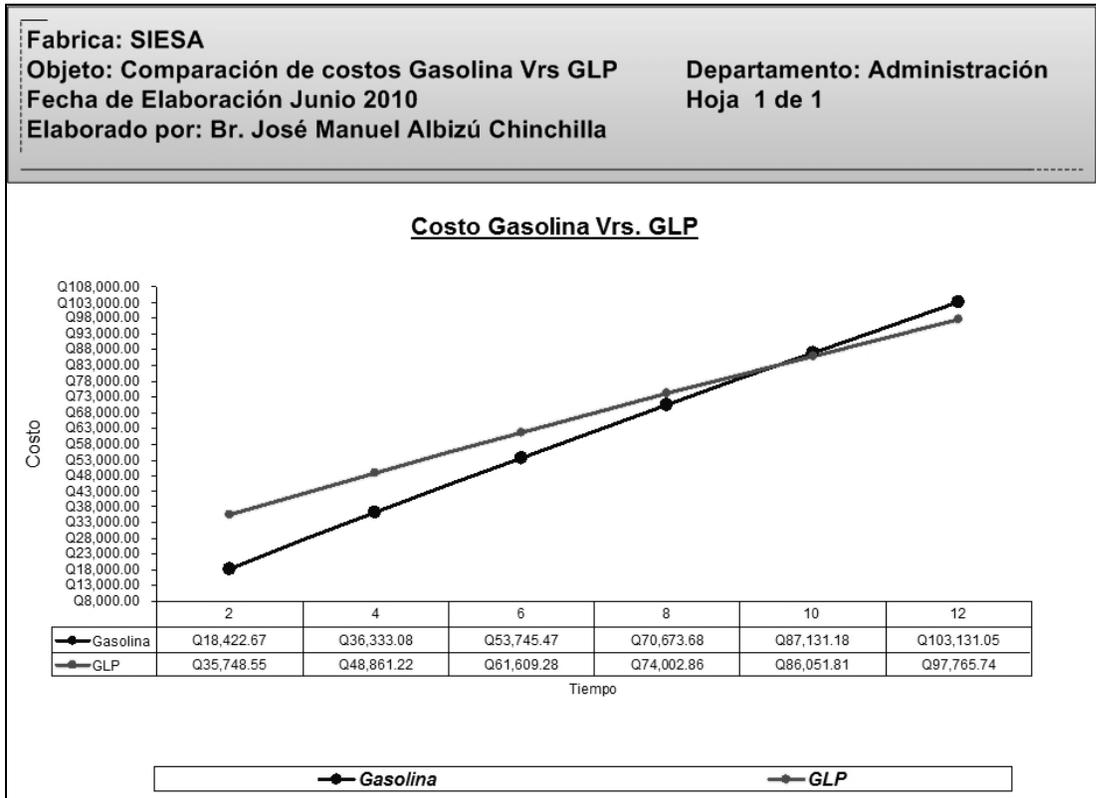
$$VAN_2 = \text{Inversión} + \text{Operación}$$

$$VAN_2 = Q \ 5 \ 565,21 + Q \ 75 \ 504,91$$

$$VAN_2 = Q \ 97 \ 765 \ 75$$

Con una tasa del 1,42% mensual, se necesita calcular en qué momento el proyecto comienza a ser rentable, siendo en este caso al final del mes diez.

Figura 42. Gráfica de gastos por gasolina en comparación con GLP



Fuente: elaboración propia.

El cálculo de tiempo transcurrido para tener un retorno sobre la inversión, indica que se necesitan poco más de 10 meses. Este valor será a continuación corroborado con el despeje del valor n de la fórmula original, indicando de mejor forma cuantos días son necesarios para tener un gasto igual o menor para la opción del GLP, siendo de la manera siguiente:

$$VAN_1 = VAN_2$$

$$Anualidad_1(Factor) = Anualidad_2 \times Factor + Inversión$$

$$Factor(Anualidad_1 - Anualidad_2) = Inversión$$

$$Factor = \frac{Inversión}{Anualidad_1 - Anualidad_2}$$

$$\frac{(1,0142)^n - 1}{0,0142(1,0142)^n} = \frac{Q22,260}{Q9408,33 - Q6887,84}$$

$$\frac{(1,0142)^n - 1}{0,0142(1,0142)^n} = 8,831616$$

$$(1,0142)^n - 1 = 8,831616x[0,0142x(1,0142)^n]$$

$$(1,0142)^n - 1 = 0,1254089x(1,0142)^n$$

$$(1,0142)^n(1 - 0,1254089) = 1$$

$$(1,0142)^n = \frac{1}{0,87455911}$$

$$\log(1,0142)^n = \log(1,143391)$$

$$n \log(1,0142) = \log()$$

$$nx() = (0,058211)$$

$$n = \left(\frac{0,05821}{0,00612} \right) = 9,50$$

Como el período comprende a 12 meses que es equivalente a 360 días, únicamente se hace el producto de ambos para determinar el total de días necesarios

$$\text{Días necesarios} = 360 \text{ días} \times \left(\frac{9,5}{12} \right) = 285$$

Esto ratifica que se necesitan 10 meses para poder tener una recuperación sobre la inversión realizada.

Para poder visualizar de mejor manera cuales son los valores obtenidos en el cálculo se proporciona la tabla XVIII, se ha estimado para esta la incorporación de un sistema GLP a los vehículos, donde se busca la TIR necesaria para que la misma no sea rentable, a diferencia del sistema actual.

Tabla XVIII. **Utilización del valor TIR para comparación entre sistemas**

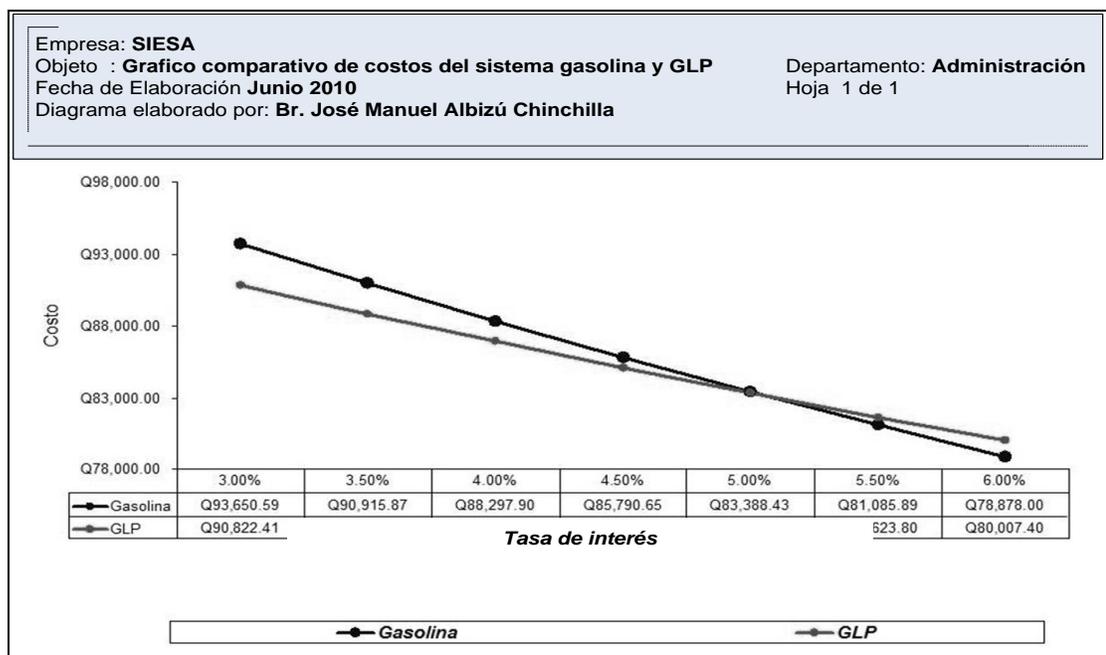
Tasa de interés	Gasolina	GLP
1,50 %	Q102 621,44	Q 97 389,98
2,00 %	Q 99 496,34	Q 95 102,08
2,50 %	Q 96 508,47	Q 92 914,67
3,00 %	Q 93 650,59	Q 90 822,41
3,50 %	Q 90 915,87	Q 88 820,33
4,00 %	Q 88 297,90	Q 86 903,71
4,50 %	Q 85 790,65	Q 85 068,15
5,00 %	Q 83 388,43	Q 83 309,49
5,50 %	Q 81 085,89	Q 81 623,80
6,00 %	Q 78 878,00	Q 80 007,40
6,50 %	Q 76 760,01	Q 78 456,82
7,00 %	Q 74 727,44	Q 76 968,78
7,50 %	Q 72 776,08	Q 75 540,19
8,00 %	Q 70 90,93	Q 74 168,13

Fuente: elaboración propia.

A una tasa de interés mensual del 5% la transformación de los vehículos es inviable, esta tasa es equivalente al 60% anual. La consideración tiene su origen en determinar la intersección de los costos generados al utilizar ambos sistemas de combustión.

En el caso del sistema gasolina que no necesita una inversión inicial en equipo y modificaciones, es lo que lo hace que decrezca en mayor medida su costo estimado, en contra parte el GLP lo hace de forma pausada, dando como resultado que al tener este 5% sea mejor el sistema actual que el propuesto. El grafico 38 demuestra de mejor manera cual es el comportamiento de costos de ambos sistemas.

Figura 43. **Grafico comparativo del costo del sistema gasolina y el GLP, utilizando la TIR**



Fuente: elaboración propia.

4. FASE DOCENTE (capacitación, mantenimiento)

Cuando se piensa en cambio de sistema de combustión de un vehículo, es importante verificar que el mismo no presente desperfecto alguno, entre los problemas que pueden tenerse como de suma importancia se pueden mencionar:

- Motor con fallas en compresión
- Termostato en mal estado
- Ventilador con poca efectividad para control de temperatura
- Agua de radiador sin refrigerante/anticorrosivo

Presentándose alguno de los anteriores problemas, intentar convertir un vehículo así a GLP no garantiza que el funcionamiento mejore, únicamente se estará produciendo un acortamiento de la vida útil del motor y generando un gasto innecesario al propietario.

Si por el contrario, se realiza a un vehículo que previamente haya contado con un mantenimiento de sus piezas y accesorios, garantiza que el sistema GLP realice la combustión del gas de forma más completa, dado que esto ocurre a mayores temperaturas generando una quema de combustible mas limpio, no ensucia el aceite tanto como lo hace la gasolina y tampoco contamina el ambiente por su escape de gases.

Estos aspectos son relevantes tanto para el usuario como para la persona que será encargada de velar por el buen funcionamiento del vehículo al que se realiza el cambio de sistema de combustión.

4.1. Planificación de capacitaciones

Al considerar la implementación de un sistema GLP a los vehículos de una empresa, se debe pensar en todos aquellos detalles que lo hacen funcional y en los que se puede encontrar algún problema para el personal que hace uso de los mismos. A esto se debe de incorporar que cada tarea que utiliza los vehículos no es calendarizado con anticipación, dando como resultado la ausencia de alguno de los colaboradores en las charlas informativas sobre la utilización del GLP.

Por esta y muchas causas mas, se ha pensado en tener capacitaciones en fechas preestablecidas en función de las actividades descritas en la planificación de trabajo, siendo estas:

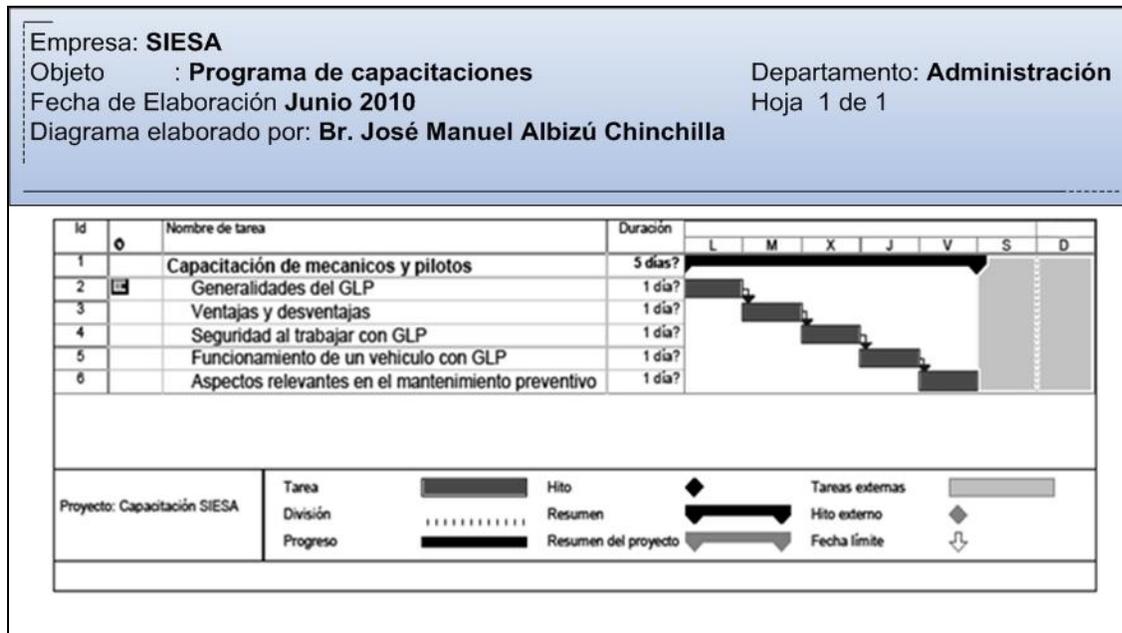
- La generación del plan de trabajo.
- La elaboración de la capacitación de uso, mantenimiento y seguridad del GLP: tiene como finalidad el proporcionar las herramientas y conocimientos necesarios al personal en lo concerniente a los temas de gas licuado de petróleo y como estos serán implementados.
- Incorporación dentro de los planes de desarrollo humano: fase que pretende involucrar a todo colaborar en los temas necesarios en relación a GLP.

- Capacitación por áreas de trabajo: se desplegará un manejo del personal por áreas de trabajo para un mejor desarrolló dentro de las actividades y temas a tratar dentro de la capacitación propuesta.
- Identificar la necesidad de nuevas capacitaciones: estas serán realizadas al momento de tener el análisis de las evaluaciones de capacitaciones previamente realizadas, estas al no ser efectivas en cierto número de personas es necesario tener nuevas metodologías y se realizan de nuevo.

4.1.1. Programación

En una buena administración se necesita que todo el personal dentro de la empresa conozca las generalidades, el funcionamiento, condiciones de trabajo y todo aquel aspecto que es necesario para poder trabajar de la mejor manera con el GLP. En vista de esto, se ha estimado que el tiempo de capacitación necesario para dar a conocer estos temas es de cinco días, los mismos se han programado respecto de la importancia y relevancia del mismo.

Figura 44. **Planificación de capacitación a mecánicos y pilotos**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Calendarización de actividades de capacitación sobre GLP**

Personal	Capacitador	Lugar	Tema	Horario	Fecha
Mecánicos, pilotos, personal, administrativo	Técnico MEM	Sala de Reuniones	Generalidades del GLP	9 am a 12 pm	21/06/2010
Mecánicos pilotos, personal administrativo	José Manuel Albizú	Sala de Reuniones	Ventajas y desventajas de usar GLP	2 pm a 5 pm	22/06/2010
Mecánicos, pilotos, personal, administrativo	Ing. Mario Santos	Sala de Reuniones	Seguridad al trabajar con GLP	2 pm a 5 pm	23/06/2010
Mecánicos y pilotos	Sr. Juan R. Albizú	Taller de reparaciones	Funcionamiento de un vehículo con GLP	8 am a 12 pm 1 pm a 5 pm	24/06/2010
Mecánicos y pilotos	Sr. Juan R. Albizú	Taller de reparaciones	Aspectos relevantes en el mantenimiento preventivo	8 am a 12 pm 1 pm a 5 pm	25/06/2010

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. ¿Qué es GLP?

GLP son las siglas del gas licuado del petróleo, o lo que es lo mismo, una mezcla de butano y propano que también se le conoce comúnmente como gas propano. Una vez que se extrae el petróleo, para conseguir los diferentes hidrocarburos se realiza una destilación y un proceso que se denomina *cracking*. En una de estas fases del *cracking* se consigue el GLP o esa mezcla de butano y propano. Hay que tener muy claro que no hay que confundirlo con el gas natural licuado (denominado GNL) que es básicamente metano en estado líquido también bajo presión.

Figura 45. **Abastecimiento de un vehículo con sistema GLP**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Manejo adecuado del equipo GLP

Dentro de los elementos, fenómenos, ambientes y acciones que el personal realiza, son capaces de producir una cantidad innumerable de accidentes, los cuales provocan daños a las instalaciones o al mismo personal que en ella labora.

El control que se debe de tener de estos factores dependen en gran medida de qué tipo de tarea se está desempeñando de forma cotidiana dentro del área de trabajo, almacenaje y traslado del material que se utiliza para la producción de los bienes o servicios. Los elementos potenciales que se revisaran son los siguientes:

- Precariedad laboral
- Trabajo estresante
- Trabajo monótono y rutinario
- Trabajo con esfuerzo mental
- Síndrome de colaborador quemado (*burn-out*)

Este último es principal generador de riesgo físico-químico, en el que todo aquel objeto, elemento, sustancia, fuentes de calor, que en ciertas circunstancias especiales de inflamabilidad, pueden desencadenar un incendio y/o explosión al trabajar con vehículos cargados con GLP.

“Tomando en consideración estos aspectos, se han analizado los lineamientos a cumplir en el reglamento del IGSS”.¹⁰ Teniendo principal relevancia los artículos descritos en los numerales siguientes:

¹⁰ Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, Guatemala

- Capítulo IV y V - Título II
- Capítulo I – Título III
- Capítulo I – Título V

Siendo estos los de mayor relación con el trabajo sobre el GLP en instalaciones, maquinaria y vehículos.

- Artículo 55. Los locales de trabajo en los que se desprendan polvo, gases o vapores fácilmente inflamables, incómodos o nocivos para la salud, deben reunir las condiciones máximas de cubicación, aeración, iluminación, temperatura y grado de humedad. El piso, paredes y techo, así como las instalaciones deben ser de materiales no atacables por los agentes indicados y susceptibles de ser sometidos a la limpieza y lavados convenientes.

Dentro de los centros de trabajo, estos locales deben aislarse con el objeto de evitar riesgos a la salud de los trabajadores entregados a otras labores.

- Artículo 56. Aparte de las disposiciones de este Reglamento, se estará a las especiales reglamentadas para sustancias peligrosas, que se aplicarán a todos los locales, talleres, plantas, fábricas, etc., donde se manufacturen, manipulen o empleen sustancias dañinas en estado sólido, líquido o gaseoso o donde se produzcan o liberen polvos, fibras emanaciones, gases nieblas o vapores inflamables, infecciosos, irritantes o tóxicos, en cantidades capaces de afectar a la salud de las personas.

- Artículo 57. Deben establecerse tasas límites de concentraciones permisibles de las sustancias nocivas.
- Artículo 58. Siempre que sea posible, las sustancias nocivas serán sustituidas por sustancias inocuas o menos nocivas.
- Artículo 59. Será obligación del patrono, de su representante o de quien haga sus veces, eliminar en la medida de lo posible el riesgo, adoptando las medidas efectivas que garanticen condiciones de seguridad adecuadas.
- Artículo 60. Cuando fuere necesario los trabajadores contarán con el equipo de protección personal, de conformidad con las reglamentaciones especiales que se dicten sobre la materia.
- Artículo 61. Si existiese posibilidades de desprendimiento de gases o vapores en cantidades tales que comprometieran gravemente la vida y salud del personal, deberá adoptarse dispositivos que anuncien la aparición del peligro, oída la cual, es obligación de los trabajadores el abandono inmediato de sus labores. Para este evento se entrenará debidamente al personal en tales prácticas.
- Artículo 68. Los aparatos que no deban transportar personas, deben hacerlos constar así y todos ellos deben llevar una indicación visible con la carga máxima que puedan admitir, debiendo estar sometidos a una vigilancia rigurosa en cada una de sus piezas y en su mecanismo.

- Artículo 94. Los patronos están obligados a proporcionar a los trabajadores, según la clase de trabajo.
 - Máscaras o caretas respiratorias, cuando por la índole de la industria o trabajo, no sea posible conseguir una eliminación satisfactoria de los gases, vapores, polvo u otras emanaciones nocivas para la salud.
 - Gafas y protectores especiales contra radiaciones luminosas o caloríficas peligrosas, cualquiera que sea su origen.
 - Cascos para toda clase de proyecciones violentas o posible caída de materiales pesados.
 - Guantes, manoplas, manguitos, cubrecabezas, gabachas y calzado especial, para la protección conveniente del cuerpo contra las proyecciones, contaminaciones y contactos peligrosos en general.
 - Trajes o equipos especiales para el trabajo, cuando éste ofrezca marcado peligro para la salud o para la integridad física del trabajador.
 - Aparatos respiratorios de tipo aislante “ciclo cerrado” o del tipo de máscara en comunicación con una fuente exterior de aire puro mediante tubería, para aquellos trabajos que deban realizarse en atmósfera altamente peligrosas.
 - Cualquier otro elemento, dispositivo o prenda que pueda proteger al trabajador contra los riesgos propios de su trabajo.

- Artículo 106. Todos los lugares de trabajo deben tener convenientemente instalados un botiquín médico-quirúrgico provisto de todos los elementos indispensables para atender casos de urgencia, de conformidad con las normas que sobre el particular fijen el Ministerio de Trabajo y Bienestar Social y el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, según la índole de trabajo, frecuencia y clase de riesgos y número de trabajadores. Estos botiquines deberán estar a cargo de personal adiestrado.

Cuando la importancia del lugar de trabajo o la peligrosidad del trabajo que en éstos se realiza lo exija, debe disponerse de una enfermería atendida por personal competente, para prestar los primeros auxilios a los trabajadores víctimas de accidentes de cualquier clase.

Toda fábrica o taller que ocupe mujeres deberá contar con una habilitación de reposo adecuada.

4.1.4. Como trabaja el sistema GLP carburante

En cuanto a su instalación, el kit GLP se instala sobre vehículos de motor de gasolina con una sencilla instalación que obliga a modificar los conductos del sistema de alimentación e instalar un depósito adicional que, en este caso, va colocado en el espacio destinado a la rueda de repuesto y tiene una capacidad de 50 litros. Como no lleva rueda de recambio se coloca en esta ocasión un kit antipinchazos.

Una vez instalado, con un botón en el tablero se puede elegir entre alimentarse con gasolina normal o con GLP, por lo que la autonomía se incrementa hasta los 700 Km. que es la suma con el depósito de gasolina que puede realizar una media de 440 Km. y la del depósito de GLP que puede realizar una distancia de 260 Km.

Finalmente y una vez en marcha, se debe saber que con este dispositivo apenas se nota la pérdida de potencia que este combustible presenta y su ruido desciende de una forma bastante considerable. El instalar el sistema GLP supone un costo de instalación, pero es compensado con el ahorro que se tiene en el precio del combustible a comparación a la gasolina.

4.1.5. Examen oral

Una evolución contempla saber el grado de conocimiento de una persona sobre un tema en particular. Es por ello que se ha diseñado una evaluación rápida sobre algunos temas en función de las actividades que realizan tanto pilotos como mecánicos dentro de la empresa.

Dicha evaluación tiene como finalidad dos temas, motores y GLP, por ello se realizara en dos partes:

- Hacer 9 preguntas en las que el examinando conteste de una manera coloquial sobre el cuestionamiento hecho, en este caso, será criterio del evaluador considera si la respuesta es correcta o incorrecta.
- Posterior a la pregunta 12 se le presentan dos mecanismos de funcionamiento, en ellos deberá de colocar las partes que componente cada uno de ellos de manera concreta y puntual.

Figura 46. **Documento para la elaboración de evaluación de conocimientos generales a mecánicos**

Empresa: SIESA Objeto: Evaluación de conocimiento general Fecha de Elaboración Junio 2010 Elaborado por: Br. José Manuel Albizú Chinchilla	Departamento: Mantenimiento Hoja 1 de 3
---	---

Lugar de evaluación _____

Fecha _____ Vehículo _____

Encargado _____

Persona evaluada _____

	Correcto	Incorrecto
1. ¿Cuál es la vida útil de los filtros de aire para cambiarlos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Qué tipo aceite recomienda para un motor E350 Ford?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Cuál es el orden de encendido de un motor de 8 cilindros y uno de 4 cilindros?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Alguna vez ha oído de GLP?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Continuación figura 46

Empresa: **SIESA**

Objeto: **Evaluación de conocimiento general**

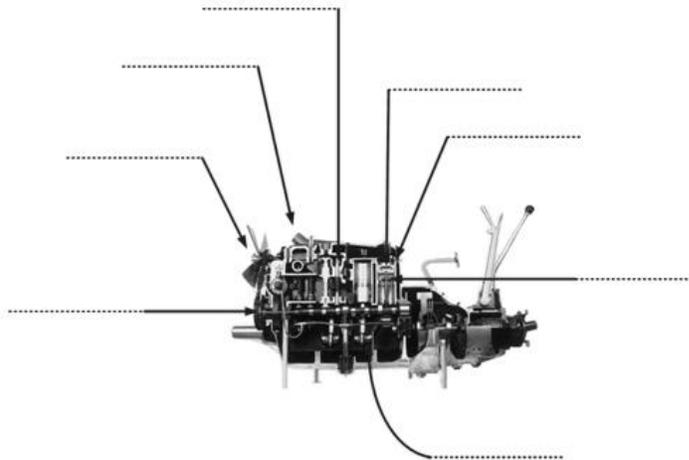
Fecha de Elaboración **Junio 2010**

Elaborado por: **Br. José Manuel Albizú Chinchilla**

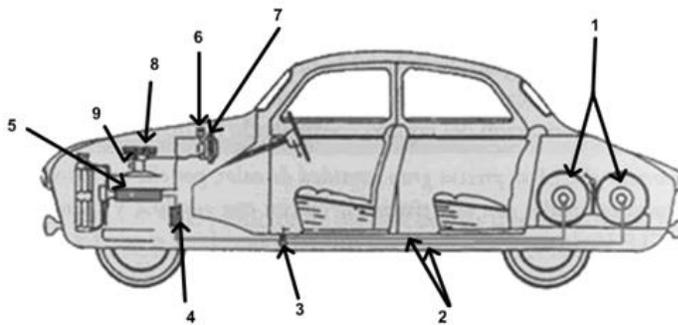
Departamento: **Mantenimiento**

Hoja 3 de 3

A. ¿Indique cuales son las partes que componen un motor?



B. ¿Indique los componentes para trabajar con GLP?



_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Fuente: elaboración propia.

4.2. Mantenimiento de los vehículos con sistema GLP

Asegurar que el motor está en buen estado antes y luego de convertirlo. Esto incluye la correcta operación del termostato, el sistema de refrigeración, la calidad de chispa llegando a los cilindros, la compresión, el lodo en el cárter y la tapa de válvulas, y los depósitos de carbón, etc.

Una vez instalado el sistema, se toman en cuenta los elementos variables que afectaran la vida útil y los costos de mantenimiento.

- La mezcla correcta es muy importante.
 - Si la mezcla es muy pobre (poco gas y mucho aire), la temperatura del motor será mas baja, la fuerza reducida y la nitración aumentará, causando depósitos, cortos intervalos entre cambios de aceite y creando lodo en el motor.
 - Si la mezcla es muy rica (mucho gas y poco aire), la temperatura aumentará y la potencia aumentará, pero puede causar varios frentes de combustión en los cilindros, causando detonación. La detonación puede causar serios daños en la culata, los pistones, los asientos de válvulas y a veces hasta la falda del pistón como soplete. Como cualquier adaptación, la mezcla tendrá que ser ajustada de acuerdo a los resultados hasta llegar al punto óptimo para cada tipo de motor. Esto será determinado por la medición del gas del escape con equipo electrónico. Una vez determinado, hay que anotararlo para el futuro.

- La temperatura del motor tiene que ser entre 82°C y 93°C como regla general. Cada marca de motor tiene su diseño.
- La calidad del aceite determinará la economía de operación. Un aceite de última generación, API SL, formulado con aceite básico sintetizado, sintético, o grupo II dará un buen intervalo entre cambios de aceite sin problemas de nitración.
- La viscosidad del aceite determinará la facilidad de arranque, el desgaste del motor y la vida útil de la batería.
- Eliminar la contaminación insistiendo que no limpian su filtro de aire con aire comprimido. El soplado del filtro de aire abre los poros y pliegos del papel para permitir la entrada de polvo. El polvo se vuelve lija al pasar por el motor.

Observando estos puntos, se puede convertir su auto o camioneta de gasolina a GLP, economizar en combustible, reducir las emisiones del escape al aire y reducir sus costos de mantenimiento. Al final, cuando se acaba el motor, será por el tipo de servicio o mantenimiento, no por el combustible.

4.2.1. Aditivos a utilizar en los motores

Un aceite SAE 40 no es apto para motores convertidos a gas en países en los que se tiene una temperatura de 0°C en horas de trabajo. Con esta consideración se debe tener en cuenta todas aquellas especificaciones y recomendaciones, por lo que se indicará cualquiera de los siguientes aceites:

- SAE 5W-30
- SAE 10W-30
- SAE 15W-40
- SAE 20W-50

Además de resistir la nitración y la oxidación, los mejores de estos aceites mantendrán hasta 45% mayor grosor de película en áreas de alta presión en el motor (árbol de levas, anillos, cojinetes) que los aceites tradicionales.

Hoy en día nunca se encontrará una recomendación para SAE 40 de un fabricante o de un Ingeniero actualizado en alguno de estos países, Guatemala cuenta con temperatura en la que se le realiza una recalibración de 3 grados de inclinación en la generación de la chispa para poder hacer uso del SAE 40.

4.2.2. Mantenimiento del motor

Al realizar la conversión de un vehículo gasolina a GLP, se deben de tener en consideración los siguientes lineamientos:

- Necesitan el mantenimiento a los 6500 Km. o su equivalente estimado en 4 meses, para tener en buen estado el vehículo.
- El aceite puede parecer limpio cuando se realiza el cambio luego de 6500 Km, pero este ya ha perdido las cualidades de lubricación, por ello se debe efectuar.

- Con respecto al filtro de aire, este debe cambiarse cada vez que se realiza un cambio de aceite, para que no se produzcan contra-explosiones por mala mezcla, y para evitar el mayor consumo de gas.
- En el caso de las bujías, estas deben ser de una numeración recomendadas por el fabricante en las especificaciones del vehículo.
- Revisión periódica de conexiones eléctricas y bujías, para determinar si la cantidad de oxígeno esta en relación con la cantidad de gas proporcionada por el gasificador.

4.2.3. Mantenimiento del equipo

Al referirse a las revisiones y mantenimiento que se le realiza al equipo que es utilizado para el sistema GLP, se puede definir que únicamente se cuentan con problemas de fugas. Esto es debido a las características del GLP en el proceso de transformarse en un combustible para vehículos.

- Por ser un gas, no se presentan residuos que dañe tuberías o gasificador.
- El tanque de almacenamiento está recubierto por una doble capa, lo cual garantiza que de existir una falla se pueda realizar el cambio del mismo

El mantenimiento se basa principalmente en esa localización de los puntos de fuga de gas que pueda tener el sistema a lo largo del proceso de conversión.

CONCLUSIONES

1. El utilizar vehículos con sistemas híbridos de combustión es una de las alternativas que puede utilizar una empresa para la disminución de costos de hasta un 16% en tema de combustibles, teniendo en consideración que al utilizar el GLP se generan menores daños a los vehículos por la disminución de la vibración y disminución en los desechos generados por los lubricantes, la utilización del combustible es el aporte al medio ambiente como un valor agregado que la empresa da a la sociedad.
2. Con las propiedades físico-químicas que posee el GLP genera menores gastos de mantenimiento aún cuando se utilizara un 10% más de combustible en comparación con la gasolina, este tipo de combustible incrementa el tiempo de vida de un motor al eliminar los residuos que la gasolina posee; previo a realizarse debe tomarse en cuenta que un motor que no ha tenido un mantenimiento correcto puede generar mayores gastos, y que se presentaran problemas de combustión que propiamente son causa de su mal estado.
3. Al utilizar GLP se aporta al ambiente la eliminación de contaminantes, a nivel de mantenimiento se reducen los mantenimientos que estos pueden necesitar por daños que la gasolina causa; los vehículos pierden una cantidad de fuerza que hará necesario utilizar una cantidad variable de combustible, esto es debido a que el GLP necesita una cantidad de oxígeno para su combustión que da como resultado una variación de hasta el 10% en el consumo general.

4. Si el ahorro de recursos es uno de los principales objetivos que las empresas tienen en la actualidad, el análisis de valor actual neto determina que al ser transformados los vehículos a sistemas GLP tiene un ahorro de 16% en conceptos operacionales, la inversión realizada es recuperada en un lapso de 10 meses, lo que hace del proyecto una opción viable a ser realizada para beneficio de la empresa.
5. Permite que la vida útil de los motores de ciclo Otto se incremente, a nivel técnico el uso del GLP elimina los residuos que la gasolina posee, partiendo entonces del estimado que se tendrá un 10% más de combustible y una disminución del costo en un 31% entre precios por galón de combustible, las ventajas tanto técnicas como económicas se ven reflejadas en como se procura un mejor cuidado del vehículo con este combustible.
6. El equipo necesario para la transformación de un vehículo a tipo GLP se caracteriza por estar definido para un modelo y marca en específico, esto hace imposible que se generen errores al momento de pensar en la tanque de almacenamiento y gasificador, que a nivel de mercado son los más comunes los que se fabrican en EUA.

RECOMENDACIONES

1. En el mercado actual existe una gama de productos que permiten la conversión de todo tipo de vehículo, por ello si se quiere tomar en consideración la conversión de modelos que utilizan un sistema de inyección, la conversión se vuelve innecesaria, ya que estos cuentan con un mejor rendimiento en el uso del combustible en comparación con los que lo hacían con sistemas carburados.
2. Si la empresa desea tener un incentivo para realizar la conversión, debe tomar en consideración el análisis realizado en el presente trabajo, en el se esboza un ahorro del 31% en costos de combustibles y un incremento en el tiempo de vida de sus vehículos, el mismo es sostenible al disminuir los mantenimientos correctivos que se pueden dar por problemas ocasionados por el uso de la gasolina, haciendo de esta manera la obtención de una ventaja competitiva ante otras empresas del ramo.
3. Realizar capacitaciones constantes de las ventajas que proporciona el uso de GLP a los vehículos, haciendo hincapié en las normas y procedimiento correctos en el uso de este producto para evitar posible accidentes.
4. El uso del GLP como se ha podido comprobar, es mayor beneficio en las regiones que se encuentran cercanas al nivel del mar, por ello se debe de tener las unidades con los dos sistemas para poder garantizar que al tener que trasladarse a regiones más altas se cuente con la posibilidad de usar gasolina y con ello no sobre cargar al motor.

5. Implementar políticas que previo a ser incorporada una unidad a la flotilla, permita corroborar la viabilidad de tener los dos sistemas, con esto se podrá garantizar que la inversión no se haga en un vehículo que puede no tener las características para realizarse, esta será una de las responsabilidades del gerente de logística, quien tiene a su cargo la determinación de acciones para reducción de costos.
6. Gerencia General debe realizar cambios en el tema de visión, ya que este no cuenta con un marco conceptual que visualice el posicionamiento de la empresa en un término de tiempo definido y su aporte a la sociedad en general por el tipo de trabajo que se realiza.
7. Tener un cambio en la definición de los valores con los que cuenta la empresa, ya que este debe contemplarse en función a las características puntuales que se necesita que posean los colaboradores en forma general, dado que al utilizar una definición puede generar confusión, por ello se han considerado: la responsabilidad, ética y honestidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALBIZU, Juan Ramón. *Apuntes técnicos para las capacitaciones sobre conversión de vehículos carburados gasolina a GLP. Guatemala: RLP, 1988. 45 p.*
2. ALONSO DÁVILA, Héctor Fernando. *Manual de laboratorio de motores de combustión interna, para control y emisión gases en vehículo de gasolina diesel. Tesis de Ing. Mecánica, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. 76 p.*
3. GALARZA, Elsa y otros. *Implementación de tecnologías limpias en el Perú: el uso de GLP en taxis. Perú; Universal, 2003. Documento de Trabajo. p. 24-79.*
4. Ministerio de Energía y Minas. *Ley de Hidrocarburos, Decreto Ley Número 109-83 y su Reglamentación. , República de Guatemala. 40 p.*
5. NAEHER LUKE, Manuel Aguilar, Charlene Bayer, Jhon Allen YXianglu Han. *Exposición ocupacional a contaminantes automotrices de Particulado fino. Trujillo - USA 2002. University of Georgia. p. 34-89.*
6. Octava compañía de Bomberos Maipú, *Manual de gas licuado de petróleo (GLP), MAYO DE 1999. 54 p.*

7. SEPÚLVEDA FUENTES, Jaime. Formulación o evaluación de proyectos de Factibilidad Técnico-Económico. 27 p.

