



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes Ingeniería de Mantenimiento

**ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO
PROACTIVO DE LAS UNIDADES DE VEHÍCULOS RENTADOS EN UNA EMPRESA DE
BEBIDAS, USANDO NORMAS DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO**

Ing. Juan Pablo Aquino de León

Asesorado por la Mtra. Ing. Sandra Ninett Ramírez Flores

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO
PROACTIVO DE LAS UNIDADES DE VEHÍCULOS RENTADOS EN UNA EMPRESA DE
BEBIDAS, USANDO NORMAS DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JUAN PABLO AQUINO DE LEÓN

ASESORADO POR LA MTRA. ING. SANDRA NINETT RAMÍREZ FLORES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA

DECANA	Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
EXAMINADOR	Mtro. Javier Fidelino García Tetzaguic
EXAMINADOR	Mtro. Mario Renato Escobedo Martínez
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:

ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PROACTIVO DE LAS UNIDADES DE VEHÍCULOS RENTADOS EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS, USANDO NORMAS DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, en octubre de 2019.

Ing. Juan Pablo Aquino de León



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 – 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 681.2021.

La Decana 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 Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PROACTIVO DE LAS UNIDADES DE VEHÍCULOS RENTADOS EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS, USANDO NORMAS DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO**, presentado por el Ingeniero Juan Pablo Aquino De León, estudiante de la **Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021.

AACE/asga



Guatemala, noviembre de 2021

LNG.EEP.OI.126.2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PROACTIVO DE LAS UNIDADES DE VEHÍCULOS RENTADOS EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS, USANDO NORMAS DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO”

presentado por **Juan Pablo Aquino De León** quien se identifica con carné **201890961** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**

Ref. Formulario SEC.DIR.EP-2018-007

Guatemala, 29 de noviembre de 2019

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente.

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

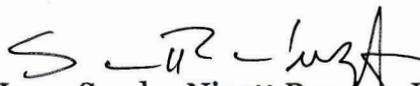
Por este medio informo que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación titulado "ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PROACTIVO DE LAS UNIDADES DE VEHÍCULOS RENTADOS EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS, USANDO NORMAS DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO.", del estudiante **Juan Pablo Aquino De León**, quien se identifica con número de carné: **201890961** del Programa de Maestría en **Ingeniería de Mantenimiento**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



Maestra. Inga. Sandra Ninett Ramirez Flores
Coordinadora de Ingeniería de Mantenimiento
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Sandra Ninett Ramirez Flores
INGENIERA QUÍMICA, COL. No. 437
Msc. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

MA. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado MA. Ing. Álvarez Coti:

Por este medio informo que he revisado y aprobado como asesora, el Trabajo de Graduación titulado **"ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PROACTIVO DE LAS UNIDADES DE VEHÍCULOS RENTADOS EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS, USANDO NORMAS DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO."**, del estudiante **Juan Pablo Aquino De León**, quien se identifica con número de carné: **201890961** del Programa de Maestría en **Ingeniería de Mantenimiento**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"

Sandra Ninnett Ramirez Flores
INGENIERA QUÍMICA, COL. No. 437
Msc. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO


MSc. Ing. Sandra Ninett Ramírez Flores
Colegiado No. 437

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por estar siempre conmigo y ser piedra angular de mi vida y motivación académica.
- Mi padre** Héctor Aquino por sus afables consejos, la guía que siempre me inculcó y los valores transmitidos que han formado en mí el carácter para afrontar la vida.
- Mi madre** Reyna De León por su inconmensurable amor y apoyo incondicional en mi vida. Por ser un pilar importante en la culminación de este logro académico; a ella y mi padre los amo demasiado.
- Mis hermanos** Luis y Alfredo Aquino, quienes con sus oportunos consejos, han logrado que me supere cada día más; ellos son mi motivación en esta vida.
- Mis amigos** Alexander Nova, Samuel Eguizábal y Manuel Calán, quienes más que equipo de trabajo, fueron amigos de fórmula que siempre me apoyaron durante la maestría.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme formarme profesionalmente y culminar un reto de vida en dicha casa de estudios.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por los conocimientos inculcados durante la maestría y la preparación académica complementaria brindada.
Mis amigos de la Facultad	Alexander Nova, Samuel Eguizábal y Manuel Calán, por el apoyo durante la maestría.
Ingeniera	Sandra Ramírez, por su valioso apoyo en el proceso de aprendizaje, la revisión de este trabajo de graduación y su valiosa retroalimentación.
Mis amigos	Por sus consejos y apoyo en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Industria de bebidas.....	1
1.1.1. Industria de bebidas en Guatemala.....	2
1.1.2. Industria de la cerveza.....	4
1.1.3. Industria de la cerveza en Guatemala.....	6
1.1.4. Empresa estudiada.....	7
1.2. Instituto Americano del Petróleo.....	8
1.2.1. Normas de Instituto Americano del Petróleo.....	9
1.2.2. Compresores de aire API 672.....	9
1.2.3. Engranajes API 613.....	9
1.2.4. Sistemas de aceite lubricante API 614.....	10
1.2.5. Gestión de maquinaria basada en el riesgo API 691 ..	10
1.2.6. Análisis e intercambio de recopilación API 689	10

1.2.7.	Acoplamientos API 671	10
1.2.8.	Características de los aceites para motores.....	11
1.2.9.	Nivel de calidad	11
1.3.	Mantenimiento.....	12
1.3.1.	Mantenimiento planificado	13
1.3.2.	Mantenimiento de averías	14
1.3.3.	Mantenimiento preventivo.....	14
1.3.4.	Mantenimiento proactivo, tareas predictivas.....	15
1.3.5.	Mantenimiento proactivo en vehículos	17
1.4.	Análisis operativo y técnicas	20
1.4.1.	Categorización de modos de falla	20
1.4.2.	Capacidad en descenso	21
1.4.3.	Aumento en el desempeño deseado	21
1.4.4.	Capacidad inicial	23
1.5.	Herramienta de pago justo	23
1.5.1.	Clasificación de los presupuestos	24
1.5.2.	Elaboración de proyecciones.....	25
1.6.	Transporte terrestre.....	26
1.6.1.	Definición de flota	27
1.6.2.	Gestión de flota	27
1.6.3.	Motores diésel	27
1.6.4.	Clasificación de motores diésel de acuerdo con la velocidad de operación.....	28
1.6.5.	Parámetros fundamentales de un motor.....	29
1.6.6.	Rendimiento de los motores diésel.....	30
1.6.7.	Especificaciones de vehículos.....	31
1.6.8.	Pesos y dimensiones de vehículos.....	32
1.6.9.	Separación entre ejes de vehículos.....	33
1.6.10.	Aplicaciones y diseño de neumáticos.....	36

2.	DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN	37
2.1.	Información general de la empresa	37
2.1.1.	Misión de la empresa	37
2.1.2.	Visión de la empresa	38
2.1.3.	Valores.....	38
2.2.	Diagnóstico de la empresa	39
2.2.1.	Aplicación de la observación directa	39
2.2.2.	Aplicación del monitoreo a las unidades de transporte	45
2.2.3.	Fortalezas y debilidades de la empresa.....	50
3.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	53
3.1.	Gestión del mantenimiento proactivo con la regla 80/20 (Ley de Pareto).....	53
3.1.1.	Condiciones de aprovechamiento.....	62
3.1.2.	Innovación del plan de mantenimiento.....	67
3.2.	Herramienta para aprovechamiento óptimo de los vehículos	71
3.2.1.	Costos fijos	71
3.2.2.	Costos variables	72
3.3.	Gestión retroactiva de costos en mantenimiento	74
3.3.1.	Propuesta para control de indicadores operativos	74
3.3.2.	Mejora en la eficiencia del rendimiento de los vehículos	76
4.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	79
4.1.	Oportunidades de mejora en el mantenimiento proactivo.....	79
4.2.	Variables de control del consumo de combustible y uso de neumáticos para aumentar la rentabilidad de los vehículos	81
4.3.	Mejoras al plan de mantenimiento proactivo para aumentar la vida útil de las unidades rentadas	84

4.4.	Herramienta de pago para mejorar el aprovechamiento de los vehículos rentados.	91
4.5.	Discusión de resultados	94
4.5.1.	Validez interna.....	95
4.5.2.	Validez externa.....	98
	CONCLUSIONES.....	101
	RECOMENDACIONES	103
	REFERENCIAS	105
	APÉNDICES.....	111
	ANEXOS.....	127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Variación del PIB en las industrias manufactureras.....	4
2.	Diagrama de flujo del proceso de producción de cerveza	5
3.	Mapa de la cerveza más popular en cada país	6
4.	Consumo de bebidas en Guatemala	7
5.	Esquema del procedimiento para el mantenimiento preventivo.....	15
6.	Curva P-F	16
7.	Modos de falla en los sistemas de un vehículo de transporte pesado....	18
8.	Relación entre el rendimiento esperado y la reducción de la capacidad	21
9.	Relación entre el rendimiento esperado y el desempeño deseado	22
10.	Relación entre el rendimiento esperado y la capacidad inicial.....	23
11.	Principios de la presupuestación organizacional	25
12.	Diseño 3D de los componentes de un motor de tracción.....	29
13.	Parámetros fundamentales de un motor de combustión interna.....	29
14.	Curva característica de un motor diésel sin turbocompresor	30
15.	Curva característica de un motor diésel con turbocompresor.....	31
16.	Límites de carga para vehículos de transporte pesado	33
17.	Límites entre ejes y pesos para vehículos o combinación de vehículos .	34
18.	Pesos máximos por ejes para remolques	34
19.	Tipo de vehículos por rango de peso.....	35
20.	Organigrama general de empresas de transporte de carga	40
21.	Proceso de solicitud de viajes a los proveedores de transporte	44
22.	Distribución de los viajes según la distancia recorrida.....	47
23.	Análisis FODA de las empresas de transporte estudiadas	52

24.	Contaminación del aceite de motor en unidades de transporte.....	55
25.	Inconvenientes mecánicos en la flota de vehículos rentados.....	56
26.	Factores que impactan en el tiempo de vida de los neumáticos	59
27.	Ubicaciones de las principales marcas de los neumáticos.....	63
28.	Especificaciones del motor EPA04 de los vehículos de 10 pallets.....	66
29.	Unificación de puntos por mejorar en la flota de vehículos rentados	75
30.	Tablero de luces testigo de los vehículos de 10 toneladas métricas	77
31.	Comparativo de costos operativos por kilómetro.....	83
32.	Operación de lubricantes para transmisión de 20 – 40 °C	88
33.	Operación de lubricantes para transmisión de 40 – 80 °C	89
34.	Operación de lubricantes para transmisión de 20 – 100 °C	90

TABLAS

I.	Medición del PIB por el origen de producción.....	3
II.	Grados de viscosidad SAE	12
III.	Técnicas de elaboración de proyecciones	26
IV.	Campos indicados en una requisición de viaje	41
V.	Categoría de viaje por la distancia total recorrida en el viaje redondo....	45
VI.	Distribución de los viajes según las distancias recorridas	47
VII.	Detalle del tipo de vehículo usado para los viajes según el destino	48
VIII.	Inconvenientes presentes en los vehículos de transporte de carga	54
IX.	Especificaciones técnicas de los vehículos de 10 pallets	65
X.	Pruebas de análisis de aceite para motor y componentes.....	67
XI.	Componentes y límites admisibles en aceites	68
XII.	Especificaciones de aceites para engranajes de vehículos de carga	70
XIII.	Variables para cálculo de tarifa variable	73
XIV.	Inconvenientes en las unidades de transporte rentado	80
XV.	Casos analizados en los motores de los vehículos de carga.....	82
XVI.	Costos operativos de las flotas de vehículos propios y rentados.....	82
XVII.	Comparación de las tarifas de los viajes.....	84
XVIII.	Resultados de encuesta a pilotos de flotilla	86
XIX.	Costos fijos del servicio de transporte de carga	92
XX.	Costos variables del servicio de transporte de carga	93
XXI.	Costos fijos y variables del servicio de transporte de carga	94

GLOSARIO

API	Instituto Americano de Petróleo, por sus siglas en inglés (<i>American Petroleum Institute</i>).
Cámara de combustión	Sección de un motor donde se realiza la mezcla de aire y combustible previo a la combustión.
Carrera	Distancia recorrida por el pistón dentro de la cámara de combustión desde su punto muerto superior hasta su punto muerto inferior.
Combustión	Proceso de incineración que provoca que un tipo de combustible combinado con aire, en una proporción adecuada, genere una explosión.
ILSAC	Comité Internacional de Normalización y Aprobación de Lubricantes (<i>International Lubricant Specification Advisory Committee</i>).
Mantenimiento proactivo	Es una técnica de mantenimiento de precisión basada en optimizar las tareas diarias a través de mejoras continuas e identificación de las causas de las fallas para combatirlas.

NAEG	Nomenclatura de Actividades Económicas de Guatemala.
PIB	Producto Interno Bruto.
Pistón	Componente oscilante que permite subir y bajar en una cámara impulsando fluidos o bien siendo impulsado por fluidos.
Punto dulce de manejo	Se define como el rango de operación adecuado en el cual un motor genera la mayor cantidad de potencia con la mayor eficiencia posible.
Punto muerto superior (PMS)	Punto inicial de la carrera de un pistón dentro de la cámara de combustión.
Punto muerto inferior (PMI)	Punto final de la carrera de un pistón dentro de la cámara de combustión.
Turbocompresor	Turbina acoplada a un compresor centrífugo de alta presión y que se destina a la compresión de un fluido.
SIG	Superintendencia de Bancos de Guatemala.
Volumen de compresión	Es el volumen al que se reduce la mezcla de aire – combustible que ingresa en la cámara de combustión.

Volumen de trabajo Es el volumen que ingresa a la cámara de combustión antes de iniciar la etapa de compresión.

RESUMEN

El problema abordado está directamente relacionado con el monitoreo y mantenimiento de una flota de vehículos para el transporte de carga, puesto que el inadecuado control repercute en la disponibilidad y rentabilidad de los servicios. Esto debe gestionarse de una forma idónea con el fin de preservar y aumentar la vida útil de la flota y así, evitar inconvenientes con el deterioro acelerado de las unidades.

El objetivo de analizar la operación y las oportunidades de mejora fue posible con un seguimiento minucioso de la operación y el cuidado de las unidades, por medio de la aplicación de normas internacionales, la mejora del mantenimiento proactivo en la flota de vehículos, los cuadros de indicadores y el monitoreo detallado que permiten evidenciar el correcto cuidado de las unidades de transporte de carga y evitar incurrir en mantenimiento correctivo.

Los resultados alcanzados permiten divisar, por medio del análisis con la Ley de Pareto, que el 74 % de los inconvenientes mecánicos suscitados en la flota de vehículos representa un 20 % de las fallas que se reportaron en el periodo de estudio. Dichos inconvenientes son debidos a la falta de conocimiento y asesoramiento acerca de la forma de elegir los neumáticos y líquidos lubricantes adecuados para las unidades, lo cual es posible solventar con el uso de normas internacionales.

Entre los logros obtenidos se destaca el aumento de rentabilidad en la flota de vehículos, de seis pallets de un 36.86 %, si se usan los vehículos de la flota propia; y un 25.81 % en los vehículos de diez pallets, si se usan los vehículos de la flota propia, siempre y cuando sean viajes de recorrido menor a 50 kilómetros, debido a la complejidad del proceso de distribución de producto y la experiencia de las tripulaciones propias con las ubicaciones de los clientes y horarios de atención.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de una correcta gestión del mantenimiento de las unidades rentadas de los proveedores influye en la dependencia directa de un servicio del que no siempre se tiene la disponibilidad que se requiere, o bien, que las unidades cuentan con desperfectos al momento de efectuar su entrega. Dichos desperfectos impactan directamente en el incumplimiento de la entrega del producto al cliente final, y adicionalmente, afecta en el aumento del costo de servicio por el mantenimiento correctivo de las unidades, que, hasta el momento, es el principal indicador de los proveedores para la reparación de los vehículos, y por ende, la empresa compensa parte del mantenimiento correctivo con el alza de las cuotas asignadas a los servicios de transporte proporcionados.

El aumento en la tarifa de los servicios prestados repercute directamente en el presupuesto disponible en el departamento de Logística porque son eventualidades que no se contemplan, dado que los proveedores brindan un servicio con la certeza de que no ocurrirá ningún siniestro como tal, pero al presentarse el incumplimiento en las entregas se genera un impacto en la reducción de ventas. El investigador tendrá presente que la generación de cotizaciones de los proveedores, en ocasiones, se hace con base en un dato aproximado, ya que se puede cumplir o exceder con el uso de combustible, neumáticos o servicios. En consecuencia, el personal a cargo de las unidades se ve en la necesidad de incorporar, por parte del departamento de Logística, un medio que brinde una pauta del costo que implican los viajes y evitar cotizaciones excesivas al momento de requerir del servicio de transporte a los proveedores.

La causa con mayor probabilidad de incumplimiento en la entrega de producto de parte de los proveedores es el deterioro y consecuente fallo de los neumáticos, con lo cual se observa una oportunidad de mejora en el proceso de la gestión de dichos componentes y el cuidado de controlar las variables que implican un buen desempeño. Ante este escenario será necesario incorporar una forma de controlar y evitar que los neumáticos de dichas unidades presenten deterioro excesivo o que una mala manipulación de estos repercuta en el aumento del tiempo de entrega de producto a los clientes finales, ya que esto generaría razones para un aumento de la tarifa del viaje.

A consecuencia de los problemas suscitados, se generan las siguientes preguntas:

- Pregunta general

¿Cómo se puede mejorar el mantenimiento proactivo de la flota de vehículos rentados en una empresa de bebidas?

- Preguntas específicas

¿Qué variables del mantenimiento proactivo de las unidades podría aumentar la vida útil de estas?

¿Cómo se puede prolongar la vida útil de las unidades rentadas?

¿Qué proceso de control se puede utilizar para un mejor aprovechamiento del consumo de combustible, uso de neumáticos y mantenimiento de los vehículos rentados?

OBJETIVOS

General

Analizar la operación y oportunidades de mejora en el mantenimiento proactivo de las unidades de vehículos rentados en una empresa de bebidas, usando normas del Instituto Americano del Petróleo.

Específicos

1. Determinar las variables de control de consumo de combustible y de uso de neumáticos al mantenimiento proactivo, con base en las Normas API, para mejorar el rendimiento y la rentabilidad de los vehículos.
2. Proponer mejoras al plan de mantenimiento proactivo para aumentar la vida útil de las unidades rentadas.
3. Crear una herramienta de pago para mejorar el aprovechamiento del consumo de combustible, uso de neumáticos y mantenimiento de los vehículos rentados.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

La investigación se enmarcó en un enfoque mixto: cuantitativo y cualitativo, con un diseño no experimental. Cualitativo, debido a la constante participación de personas entrevistadas y revisión documental de los procesos existentes. Cuantitativo, porque el investigador buscó la forma de relacionar indicadores que no se analizaban y se controló el pago a las unidades de transporte rentadas. Se basó en tres instrumentos con el fin de adquirir la información indispensable para el estudio de la muestra.

El diseño fue no experimental, debido a que las situaciones propuestas fueron mostradas y analizadas tal y como se presentaron, sin recurrir a ensayos bajo condiciones forzadas. Es decir, no existió un control sobre las variables monitoreadas, ni una manipulación explícita y directa de estas.

El alcance correspondió al tipo descriptivo, ya que se expresó de una manera simple cómo era la situación estudiada y qué mejoras se obtuvieron, con un análisis basado en la determinación de sus causas y consecuencias. Se describieron tanto los hallazgos encontrados de la situación previa, como las mejoras que se esperan posterior a la implementación.

Las principales variables estudiadas fueron las siguientes: distancia recorrida por las unidades de transporte rentado, cantidad de libras transportadas, cantidad de clientes visitados, el tiempo de viaje y el tipo de camión utilizado.

Los instrumentos utilizados para recopilar y analizar la información fueron observación directa e indirecta, línea base de información, entrevista estructurada, gráfico de líneas, tablas de porcentajes y cantidades, como se verá más adelante.

La metodología para solucionar el problema planteado consistió en tres fases principales:

- Recolección selectiva de la bibliografía existente, en donde se identificaron aquellas teorías que sirvieron de guía para el desarrollo de la investigación.
- Diagnóstico de la situación de la empresa, en donde se describió la estructura organizacional de las empresas de transporte, los problemas con respecto a los inconvenientes mecánicos más frecuentes en los vehículos y la forma en que las tripulaciones abordaban los inconvenientes.
- Diseño del plan de mantenimiento proactivo adecuado para la operación y los inconvenientes mecánicos en la flota y de la herramienta de cálculo de las tarifas variables para los viajes, con base en el recorrido, carga, tiempo en ruta y cantidad de clientes, para aumentar la rentabilidad de la operación.

INTRODUCCIÓN

La perspectiva general del trabajo se basó en la sistematización del transporte de carga para el traslado de bebidas. Esto permitió poner los productos de la empresa de bebidas al alcance del cliente final; sin embargo, surgieron circunstancias complejas cuando se generó la etapa de demanda alta en el mercado, la cual incurrió en la contratación de personal y unidades externas a la empresa para cumplir con la misión de entrega de producto. La contratación de transporte de carga con proveedores del servicio ajenos a la empresa permitió cumplir con la entrega a tiempo y en totalidad del producto, pero en este caso la remuneración a dichos proveedores no contó con un modelo de pago justo y acorde al desgaste general de las unidades, tomando como base el recorrido de las unidades, la cantidad de clientes visitados y la carga trasladada.

El problema del caso analizado es la operación deficiente y el mal uso, o nula aplicación del mantenimiento preventivo y los indicadores respectivos para gestionar el uso adecuado de las unidades de transporte de carga. La importancia de la solución radicó en sistematizar el modelo de pago, lo cual representa la forma para evitar modificaciones o ajustes solicitados por los proveedores a la tarifa por viaje, puesto que dichos cambios incurren en la trazabilidad del presupuesto e impacta directamente en la proyección de la empresa.

Los resultados del estudio se obtuvieron con base en la mejora de un plan de mantenimiento preventivo adecuado de las unidades de transporte y en un análisis de punto de equilibrio del historial de pago para llevar a cabo la deducción de un modelo combinado que permitió la generación de un pago justo. Dicho pago incluyó las variables de distancia, carga, clientes visitados, tiempo de viaje

y tipo de camión utilizado, de tal forma que el antiguo método de pago fijo por destino visitado se innovó, es flexible y justo con los proveedores de transporte.

Los aportes del estudio basado en mantenimiento preventivo y análisis de punto de equilibrio, con un enfoque retrospectivo, surgen del historial de pagos de los años anteriores como base de la información, lo cual tuvo como resultado el modelo de cálculo de la tarifa variable y, de esta manera, se reguló el pago a los proveedores de transporte. Dicha base se tomó en cuenta debido al enfoque del estudio y el fin de regular y estandarizar una herramienta para la generación de un pago justo que se basara en la distancia recorrida por las unidades de transporte pesado, el peso del producto a entregar y la cantidad de visitas que realizó la unidad de transporte de los proveedores en la ruta. Así, se evitaron datos atípicos en la remuneración por el servicio de transporte prestado.

Los beneficios obtenidos fueron las reducciones en los costos de la operación del traslado de mercaderías y bienes de la empresa, porque estos incurrieron en su mayoría en costos logísticos de hasta un 45 % a 50 % de los costos totales de la compañía. Por lo tanto, este se convirtió en un factor crítico para considerar y eficientizar con el fin de evitar gastos innecesarios. Tal fue la importancia, que el hecho de incurrir en un análisis del uso de transporte de carga rentado ante el propio se refleja en el pago desequilibrado que benefició parcialmente a los transportistas y afectó directamente a la empresa de bebidas, por lo cual fue necesario indagar en la generación de una tarifa dinámica y, así, se equilibró el pago y se generó un ahorro.

La metodología en la presente investigación se basó en tres instrumentos con el fin de adquirir la información indispensable para el estudio de la muestra. Los tres instrumentos fueron:

En primer lugar, se usó una encuesta específica que permitió evaluar a las autoridades y altos mandos de las empresas que prestan el servicio de transporte, con el fin de conocer el estado de las empresas y la forma en que controlaban las unidades y la logística usada para la asignación de viajes.

Como segundo punto, se analizó la operación de la flota por medio de la observación directa con base científica. Esto con el fin de detectar las variables involucradas en el proceso de operación de la empresa de transporte, enfocándose en los vehículos que prestaron el servicio a la empresa y generaron mayores inconvenientes relacionados con consumo de combustible, mantenimiento y uso de neumáticos.

En tercer lugar, se usó el método estadístico para determinar los valores adecuados de las variables por medio de un análisis de punto de equilibrio. Así se conoció la tendencia de costos en el historial de pago de viajes a las empresas de transporte que prestan el servicio y se generó un rango de cobros justos que cumplen con el requerimiento mínimo de mantenimiento, consumo de combustible con un rendimiento adecuado, gastos administrativos y uso correcto de neumáticos.

El esquema de solución se basó en el punto inicial de la investigación bibliográfica previa para formular y generar la importancia y justificación del problema, con lo cual se precedió a justificar el objetivo de llevar a cabo dicho trabajo y, por lo tanto, se tomaron como pautas primordiales los objetivos trazados. Posterior a la estructuración de los objetivos se llevó a cabo una deducción y toma de decisiones acerca del método adecuado para la solución del proyecto. Se tomaron como base los antecedentes de investigaciones previas relacionadas con el estudio para tener una guía sobre la forma en que podría solucionarse esta problemática. Teniendo presentes los métodos adecuados y,

luego de una iteración, se inició con la recolección de la información con los instrumentos de recopilación. De esta manera, se obtuvo la información necesaria para el análisis y generación de resultados y, así, poder dar a conocer la propuesta de solución.

En la investigación se contemplaron los siguientes capítulos:

El capítulo I brinda una pauta de la base teórica que abarca el detalle de la industria de bebidas en el ámbito internacional y nacional, generalidades acerca del mantenimiento de flotas, análisis operativos del modo y efectos de falla, parámetros de operación de los vehículos de transporte de carga y, finalmente, conceptos claves en los cuales se fundamenta el trabajo de investigación para conocer a detalle los puntos que se tratarán y resolverán en el presente trabajo. Se dan a conocer un poco más detalladas las normas API que se implementarán en el proyecto, tomando en cuenta la aplicación enfocada en el transporte de carga, específicamente bebidas envasadas.

El capítulo II muestra los resultados del estudio, así como el análisis y la correlación de los datos obtenidos. Esta información da paso a identificar los puntos de mejora en las empresas de transporte de carga en su operación logística y de mantenimiento, los métodos de manejo, la operación de las unidades de transporte en ruta, las técnicas de manejo de la tripulación de los vehículos y la revisión de las fallas primarias de las unidades, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de las unidades y su rentabilidad. Dichos resultados se dividieron en tres bloques que conforman la manera eficiente del uso de combustibles y neumáticos en las flotas de vehículos, basados en la manera de conducir de las tripulaciones en la ruta asignada. Se mejoró el plan de mantenimiento proactivo de las empresas de transporte para aumentar la vida útil

máxima de los componentes dinámicos de las unidades que más daño sufren en las trayectorias de los viajes. Además, se generó una herramienta de pago enfocada en la generación y cálculo dinámico de una tarifa justa para estandarizar los precios de los viajes a los distintos destinos de entrega de producto a los clientes y así, evitar la segmentación de tarifas que varíen según empresas, distancias, peso o clientes transportados.

El capítulo III expone los resultados obtenidos en el análisis de la información. La metodología incluyó instrumentos de recopilación de información, uso de FODA y análisis correlacional. Esto permitió conocer que el análisis de la operación y los puntos que debían ser mejorados en el uso de las unidades de transporte recaen en una inspección integral; esta abarcará, primordialmente, el control adecuado del desgaste y daño de los neumáticos, y el de los elementos fijos y móviles que conforman la suspensión, como segundo punto y no menos importante que el primero. Lo anterior se reconoció luego de la tabulación de los instrumentos de recopilación de información que dejaron notar que un 34 % de los fallos en las unidades de transportes fueron porque los neumáticos se averiaron, a tal punto que imposibilitaron las funciones de las unidades. Por otro lado, un 22 % de los paros en las unidades se generó por problemas graves en los sistemas de suspensión, con un porcentaje acumulado, de las dos variables críticas, de 56 %, de todos los problemas analizados desde enero hasta agosto del 2019.

En el capítulo IV se indican las mejoras al mantenimiento proactivo para el aumento de la vida útil de las unidades. Se pudo notar que, según la tripulación que use las unidades, la forma de ejecutar los cambios de las velocidades dentro del punto dulce de operación del motor no siempre se cumple y la repercusión de dicha condición recae en un mal uso del combustible y en la potencia de los motores diésel. Por consiguiente, una adecuada capacitación al personal sería

los más adecuado. La generación de la herramienta de pago justo a los transportistas se basó en los costos fijos, que incluyen sueldos de las tripulaciones, gastos administrativos, pago de peajes en ruta, hospedajes y viáticos; así también se contemplan los gastos variables que son combustible, depreciación de vehículo, rendimiento del motor en ruta y cantidad de horas extra. Con esto se evitó que las distintas cotizaciones de los transportistas estuvieran alejadas del pago justo.

1. MARCO TEÓRICO

La base teórica para la investigación se centrará en la importancia del transporte terrestre para la dinámica industrial y en las prácticas de mantenimiento recomendables para extender la vida útil de las unidades de transporte más allá de la esperada. El análisis de la operación se basará en el uso y aplicación de normas internacionales que brinden las pautas para crear una herramienta de seguimiento y asignación de un valor económico justo y estándar para los proveedores de los servicios de movilización de mercancía.

1.1. Industria de bebidas

La industria de las bebidas se compone de dos categorías principales y ocho subgrupos. La categoría de las bebidas sin alcohol comprende: la fabricación de jarabes de bebidas refrescantes; el embotellado y enlatado de agua y bebidas refrescantes; embotellado, enlatado y envasado en cajas de zumos de frutas; la industria del café; y la industria del té. La categoría de las bebidas alcohólicas incluye los licores destilados, el vino y la cerveza. (Franson, 1998, p. 2764)

La presencia en el mercado de productos como la cerveza, el vino y el té se debe al desarrollo de la industria de las bebidas, aunque la fabricación de estas se remonta a varios años en la historia. Dicha industria se considera bastante fragmentada debido a la gran cantidad de fabricantes, los métodos de producción, procesos de envasado y los productos finales obtenidos. Aunque se divise una fragmentación, la industria de bebidas sigue un proceso de

consolidación desde la época de 1970, de tal forma que está cambiando la situación (Stellman, 1998).

1.1.1. Industria de bebidas en Guatemala

En el sector industrial se cuenta con una clasificación que denomina Alimentos y Bebidas al conglomerado de negocios cuya función es brindar comida y bebidas a la población, en donde los habitantes no producen sus alimentos sino los obtienen de empresas especializadas (Superintendencia de Bancos, 2012).

Según la Superintendencia de Bancos (2012), a un nivel más desagregado, en la Nomenclatura de Actividades Económicas de Guatemala (NAEG), las actividades económicas reconocidas que conforman la actividad de Elaboración de productos alimenticios, bebidas y tabaco son:

- Producción, procesamiento y conservación de la carne y productos cárnicos;
- Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado;
- Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas;
- Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal;
- Elaboración de productos de molinería;
- Elaboración de alimentos preparados para animales;
- Elaboración de productos de panadería;
- Elaboración de azúcar;
- Elaboración de macarrones, fideos y productos farináceos similares;
- Elaboración de otros productos alimenticios;
- Elaboración de bebidas alcohólicas;
- Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales; y,

- Elaboración de productos de tabaco.

El monitoreo de la actividad económica medida por la estimación del Producto Interno Bruto (PIB) real registró un incremento del 3.0 % en el primer trimestre del 2019, el cual superó al índice registrado en el trimestre anterior (1.8 %) y los puntos principales que impulsaron dicho aumento fueron el gasto de consumo en hogares y la inversión (Banco de Guatemala, 2019).

El comportamiento de las actividades económicas se clasificó en el siguiente orden:

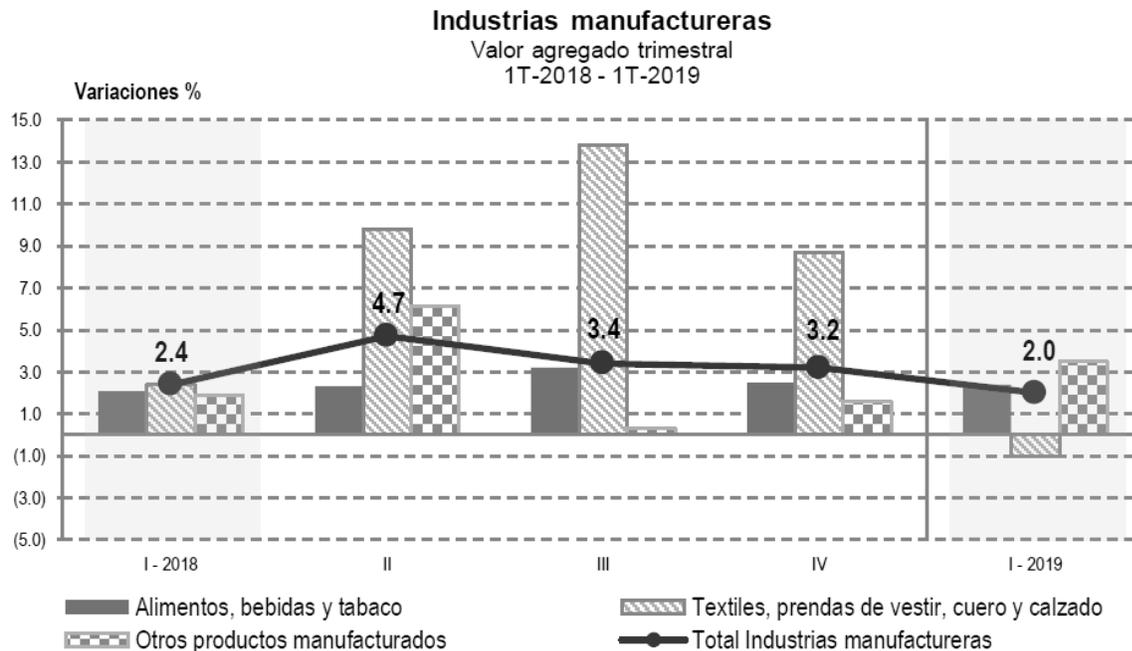
Tabla I. **Medición del PIB por el origen de producción**

Actividad económica	PIB
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	6.9 %
Servicios privados	4.0 %
Comercio al por mayor y al por menor	4.5 %
Industrias manufactureras	2.0 %
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	2.2 %

Fuente: Banco de Guatemala. *Producto Interno Bruto Trimestral*. Consultado el 10 de julio del 2019. Recuperado de:
https://www.banguat.gob.gt/cuentasnac/1T_2019_JM.pdf.

Según Banco de Guatemala (2019), el grupo alimentos, bebidas y tabaco registró un incremento que se vio influenciado por las exportaciones y ventas al mercado interno de aceite y grasas de origen vegetal y animal, alimentos preparados para animales, bebidas malteadas y de malta, así como de bebidas no alcohólicas.

Figura 1. **Variación del PIB en las industrias manufactureras**



Fuente: Banco de Guatemala. *Producto Interno Bruto Trimestral*. Consultado el 10 de julio del 2019. Recuperado de: https://www.banguat.gob.gt/cuentasnac/1T_2019_JM.pdf

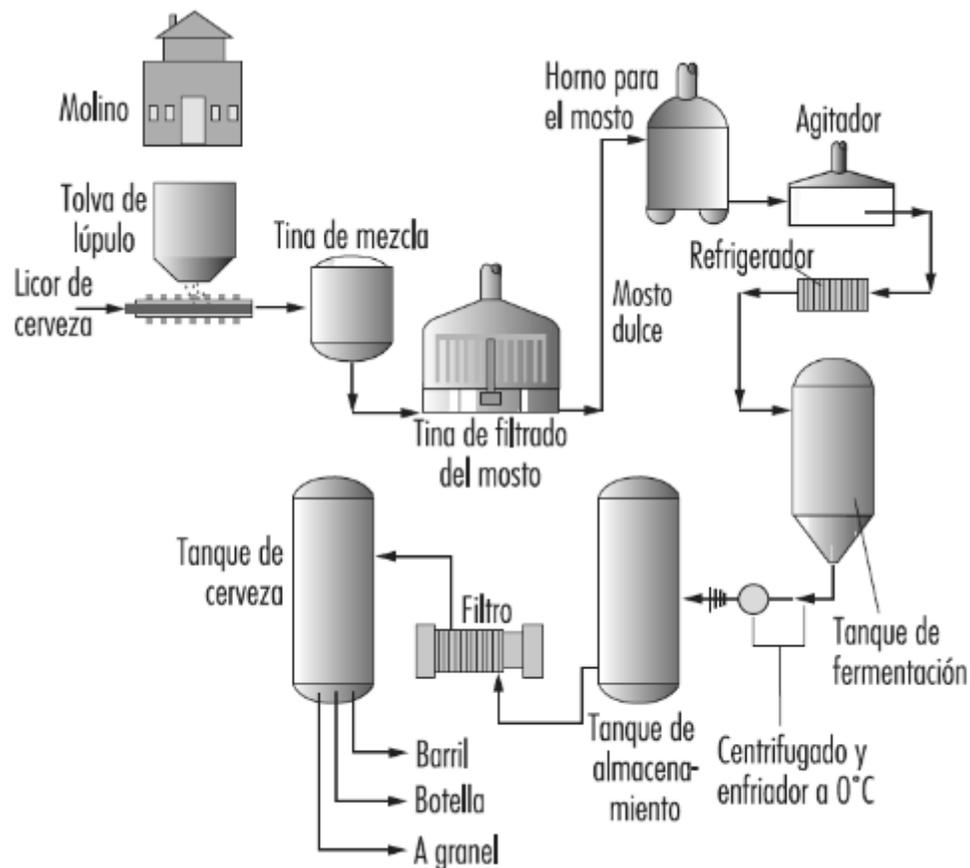
1.1.2. **Industria de la cerveza**

La elaboración de la cerveza es una de las industrias más antiguas del mundo: la cerveza, en sus diferentes variedades, se bebía ya en la antigüedad y los romanos la introdujeron en todas sus colonias. Hoy en día se elabora y consume en casi todos los países, especialmente en Europa y en las áreas de dominio europeo. (Eustace, 1998, p. 2776)

El proceso de la fabricación de la cerveza en la industria de bebidas se realiza a base de cereales, entre los cuales, el más utilizado es la cebada, aunque también se suele utilizar como complementos: centeno, maíz, arroz y avena. La primera etapa se basa en el cocimiento de los cereales, conocido también como

malteado, con el fin de convertir los carbohidratos en dextrina y maltosa: azúcares que posteriormente se fermentarán. Posterior al mateado, se obtiene mosto dulce; este se hierva junto con el lúpulo, el cual le confiere el tono de amargura y funge como preservante de la cerveza. A continuación, se separa el mosto. Se enfría y se traslada a los recipientes de fermentación donde se le añaden las levaduras; dicho proceso se conoce como cebado, con lo cual se culmina la conversión del azúcar en alcohol. Como fase final, la cerveza se enfría a 0 °C y se envía al filtrado, para culminar en el envasado (Stellman, 1998).

Figura 2. **Diagrama de flujo del proceso de producción de cerveza**



Fuente: Stellman (1998). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*.

1.1.3. Industria de la cerveza en Guatemala

Según Quiste (2014) existen en el territorio guatemalteco tres entes comercializadores de cerveza, con una variedad de marcas para la diversidad de clientes a quienes abastecen. Dichos entes son: Cervecería Centroamericana, Cervecería Río y Dinorsa, quienes compiten por liderar en la comercialización de la cerveza a nivel nacional.

La definición de Gisbert (2016) de la cerveza es: producto que se puede encontrar disponible en cualquier tienda de conveniencia o supermercado, pero para llevar a cabo la fabricación de esta es requerido llevar a cabo una serie de procesos, que inician en la germinación de los cereales, luego pasan por la maceración (que se conoce como hidrólisis enzimática) y la cocción de los granos y finalizan con la fermentación.

Figura 3. Mapa de la cerveza más popular en cada país



Fuente: Malín. *MAP: The Most Popular Beer In Every Country*. Consultado el 25 de julio del 2019. Recuperado de: <https://vinepair.com/wine-blog/most-popular-beer-every-country-map/>.

Figura 4. Consumo de bebidas en Guatemala



Fuente: Prensa Libre. *Sube consumo por verano*. Consultado el 2 de agosto del 2019. Recuperado de: <https://www.prensalibre.com/economia/sube-consumo-por-verano/>

1.1.4. Empresa estudiada

Estancos cerveceros, así se denominaban los lugares donde se comercializaba cerveza en el siglo XVIII en la Capitanía General de Goathemala, y se considera a estos sitios los primeros lugares donde se comerciaba con la bebida hecha de forma artesanal. En el continente americano se tiene reseña que la elaboración de cerveza se remonta a 1544, cuando se estableció por

primera vez una cervecería cerca de la ciudad de México. En el territorio guatemalteco no hay evidencia de fabricación de cerveza, sino hasta 1729 cuando se otorga el primer permiso al Cabildo para iniciar la producción (Cervecería Centro Americana, 2019).

Desde 1886 la empresa en cuestión realiza importantes inversiones e innovaciones con el objeto de industrializar el proceso de fabricación de cerveza. La inversión de recursos e ideas se ha hecho con el fin de profesionalizar una labor que se desarrollaba, en sus inicios, de manera artesanal pero que resultaba ineficiente; entonces, la empresa insistió en comprobar y aumentar la pureza y calidad de sus productos. Por esta razón es que el 6 de marzo de 1899 se realizó una solicitud al Ministerio de Hacienda y Crédito Público para que el Laboratorio de la Casa Nacional de La Moneda realizara un análisis químico de las cervezas que se producían en la empresa. El resultado de estas pruebas fue sobresaliente, y, como legado de la empresa, ese aspecto se ha mantiene en las fórmulas que se producen hasta la fecha (Cervecería Centro Americana, 2019).

1.2. Instituto Americano del Petróleo

API, por sus siglas en inglés (*American Petroleum Institute*), es una asociación comercial, única en el tipo de gestión que ejecuta, y representa todas las facetas de los procesos presentes en la industria del gas natural y el petróleo. Dicha operación respalda 10.3 millones de empleos en Norteamérica y casi el 8 % de la economía de esa área empresarial. Los miembros activos de la organización API incluyen grandes empresas integradas, tales como empresas de exploración y producción, refinación, comercialización, oleoductos y marinas, y empresas de servicios y suministros. El API fue formada en 1919 como una organización cuya función es la que establece estándares aptos para realizar una operación eficiente y segura (Instituto Americano del Petróleo, 2019).

1.2.1. Normas de Instituto Americano del Petróleo

El API ha desarrollado más de 600 estándares distintos para mejorar la seguridad operacional y ambiental en las empresas dedicadas a la extracción de petróleo, tomando en cuenta la eficiencia y la sostenibilidad de estas. Aunque el enfoque fue inicialmente nacional, en los últimos años el trabajo se ha expandido para incluir una dimensión internacional creciente, y ahora la institución es reconocida a nivel mundial por su amplia gama de programas desarrollados Instituto (Instituto Americano del Petróleo, 2019).

Atlas Copco Mexicana, S.A. (2017) permite conocer que el objetivo de las normas API se basa en rigurosos estándares que tienen como fin potenciar el rendimiento de los equipos en sus debidos procesos y aumentar la seguridad en sus operaciones. Las normas API más comúnmente aplicadas en la industria del transporte, se listan a continuación:

1.2.2. Compresores de aire API 672

SAI Global (2019) dice que esta norma cubre los requisitos mínimos para compresores de aire centrífugos de velocidad constante, empaquetados, de uso general, de engranajes integrales; incluidos los accesorios para su uso en los servicios de la industria del petróleo, productos químicos y gas.

1.2.3. Engranajes API 613

Esta norma determina los requisitos mínimos para los incrementadores y reductores de velocidad de una y dos etapas de precisión, cerrados, helicoidales de una y dos hélices de diseño de eje paralelo para servicios de la industria petrolera, química y de gas (SAI GLOBAL, 2019).

1.2.4. Sistemas de aceite lubricante API 614

Esta norma establece los requisitos generales para sistemas de lubricación, sistemas de sellado de eje de tipo aceite, sistemas de sellado de eje de tipo cara de gas seco y sistemas de control de aceite para aplicaciones de uso general o especial (SAI GLOBAL, 2019).

1.2.5. Gestión de maquinaria basada en el riesgo API 691

Esta norma describe los requisitos mínimos para la gestión de riesgos para: salud, seguridad y medio ambiente (en inglés, HSE), en todo el ciclo de vida de la maquinaria (SAI GLOBAL, 2019).

1.2.6. Análisis e intercambio de recopilación API 689

Esta norma proporciona una base integral para la recopilación de datos de: confiabilidad y mantenimiento (en inglés, RM), en un formato estándar para equipos en todas las instalaciones y operaciones dentro de las industrias petrolera, de gas natural y petroquímica durante el ciclo de vida operativo de los equipos (SAI GLOBAL, 2019).

1.2.7. Acoplamientos API 671

Esta norma determina los requisitos para los acoplamientos para la transmisión de potencia entre los ejes rotativos de dos máquinas en aplicaciones especiales en las industrias de petróleo, petroquímica y gas natural (SAI GLOBAL, 2019).

1.2.8. Características de los aceites para motores

La elección del lubricante adecuado para el motor depende directamente del tipo de motor y de las exigencias a las que este sea sometido. Por tanto, es importante tomar en cuenta las siguientes características al momento de elegir un lubricante:

- Vehículos particulares gasolina: basarse en normas API SN para motores que utilizan combustibles con etanol hasta E85, desde el año 2010 a la fecha; API SM para motores del año 2005 al 2010; API SL para motores del 2002 al 2004 y API SJ para motores del año 2001 y anteriores.
- Vehículos particulares diésel: basarse en normas API CJ-4 para motores de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos que cumplen normas Tier 4, desde el año 2010 a la fecha, API CI-4 para motores del año 2002 al 2009 y API CH-4 para motores del año 2001 y anteriores.

1.2.9. Nivel de calidad

Los aceites de motor diseñados para automóviles se dividen en 2 grandes categorías: los que se usan en vehículos con motores de gasolina están incluidos en la categoría “S” (Servicio) de API y, los vehículos pesados y con motores diésel, se incluyen dentro de la categoría “C” (Comercial) (American Petroleum Institute, 2013).

Müller (2016) deja saber que la calidad cumple un papel importante en la reducción de contaminantes en el ciclo mecánico de un vehículo automotor, y los factores claves que se deben controlar son:

- Eficiencia en el motor: Inyección directa, mezclas estratificadas, turbocompresores variables, bombas de aceite con caudal variable y materiales con coeficiente de fricción reducido.
- Transmisiones optimizadas: Transmisiones de baja fricción, sistema de doble embrague, incorporación de bombas ATF y reducción de la viscosidad del ATF.
- Post tratamiento de gases de escape: Uso de válvulas EGR, filtros de partículas y convertidores catalíticos.

Todas las especificaciones mencionadas anteriormente tienen vinculación directa o indirecta con la lubricación en el vehículo automotor; para esto se tiene una gama de aceites que varía según el grado de viscosidad y que depende de la temperatura de operación del ambiente en que se desempeña la operación. Estos grados de viscosidad se clasifican de la siguiente manera:

Tabla II. **Grados de viscosidad SAE**

Si la temperatura exterior esperada es de	Grados de viscosidad SAE típicos para vehículos de pasajeros
0 °C (32 °F)	0W-20, 0W-30, 5W-20, 5W-30, 10W-30, 10W-40, 20W-50
-18 °C (0 °F)	0W-20, 0W-30, 5W-20, 5W-30, 10W-30, 10W-40
Inferior a -18 °C (0 °F)	0W-20, 0W-30, 5W-20, 5W-30

Fuente: American Petroleum Institute (2013). *El aceite para motor es importante.*

1.3. **Mantenimiento**

Existen varias definiciones que permiten entender el significado del mantenimiento; a continuación, se detallan algunas:

Según Garrido (2010), “el mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento” (p. 3).

Como menciona Mounbray (2000), “el mantenimiento es asegurar que los bienes físicos continúen cumpliendo las funciones que sus usuarios esperan” (p. 11).

Tavares (2006) explica que mantener significa perdurar, continuar en las mismas condiciones, soportar en condiciones iguales operativas, finalmente “conservar”. Sin embargo, todos tenemos la conciencia que mantener es mucho más que eso y que solo quienes trabajan en la mejora continua, pueden lograr que sus empresas sean rentables y eficientes. (p. 2)

Las definiciones anteriores detallan el universo del mantenimiento, que se puede desglosar según el tipo al que se haga referencia:

1.3.1. Mantenimiento planificado

Es el conjunto de actividades, con una debida programación, para el mantenimiento con el fin primordial de que en las unidades operativas se presenten cero averías, cero defectos y cero accidentes. Este tipo de mantenimiento se llevará a cabo por personal capacitado y a partir de un plan debidamente estructurado (Rodríguez, 2006).

1.3.2. Mantenimiento de averías

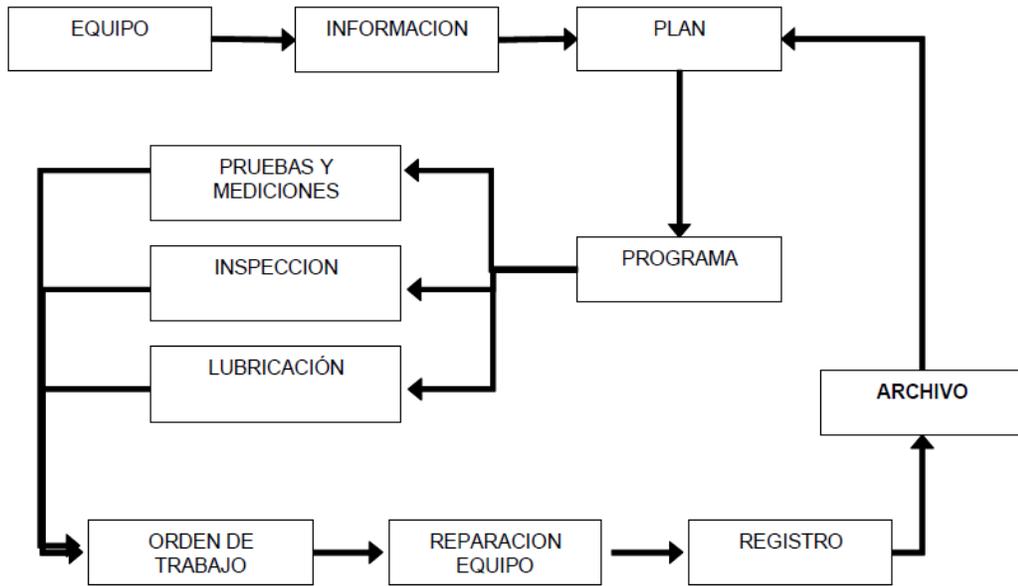
Son las acciones por ejecutar posteriores a la presencia de una falla que impide el correcto funcionamiento de los equipos, cuyas pérdidas se intentan disminuir para evitar las alzas de los costos de reparación. Dicho mantenimiento incurre en costos administrativos, de mantenimiento y de producción; esto se debe al tiempo no operado por el equipo cuando se detecta la falla y adicional a eso, el tiempo invertido para el mantenimiento y recuperación del estado funcional (Rodríguez, 2006).

1.3.3. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se enfoca en la planificación de las actividades que permitan evitar paros futuros y problemas en los equipos. El mantenimiento preventivo tiene como objetivos:

- Inspeccionar los equipos antes de que su incorrecta operación cause defectos en la calidad o cantidad de la producción de la empresa.
- Efectuar las reparaciones o sustituciones de los equipos antes de que los costos de reparación sean excesivamente elevados.
- Disminuir o eliminar riesgos en mecanismos estratégicos con altos costos de paro en la operación.
- Eliminar causas de accidentes.
- Mitigar consumos excesivos de energía (Rodríguez, 2006).

Figura 5. **Esquema del procedimiento para el mantenimiento preventivo**

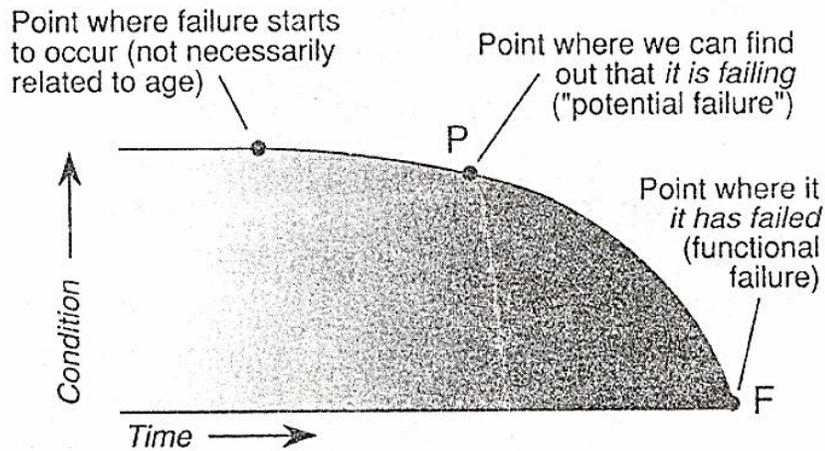


Fuente: Rodríguez (2006). *Modelo gerencia de mantenimiento para flotas de transporte de carga.*

1.3.4. **Mantenimiento proactivo, tareas predictivas**

La identificación a tiempo de las fallas y la probabilidad de evitar el uso de mantenimiento correctivo es posible si se toman en cuenta las señales que brindan los distintos componentes en los equipos, puesto que estas representan las evidencias de potenciales fallas que pueden evitarse con inspecciones periódicas en los componentes más propensos a la falla. En la figura 6 se pueden visualizar las etapas finales de una falla; se le conoce con el nombre de curva P-F, en la cual se muestra el inicio de una falla, el deterioro del componente, el punto de detección de la falla (punto "P") y si esa falla no se corrige a tiempo, el punto de falla funcional (punto "F") (Mounbray, 2000).

Figura 6. Curva P-F



Fuente: Mounbray (2000). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*.

El punto en el cual es posible detectar si la falla está ocurriendo o está por ocurrir, se le conoce como punto de falla potencial. En la práctica, hay una diversidad de opciones para descubrir si una falla está en proceso de ocurrir; un ejemplo de ello son los ensayos no destructivos (Mounbray, 2000).

Los objetivos esenciales del mantenimiento proactivo son:

- Disminuir las averías en los equipos.
- Disminuir las lesiones provocadas por equipos en mal estado.
- Mantener la confiabilidad en el servicio.
- Evitar un aumento en el costo de operación.
- Salvaguardar la inversión en los equipos.
- Justificar el presupuesto de las reparaciones.

Sakurai (2007) indica que un mantenimiento proactivo adecuado debe conseguir una reducción, tanto en el número como en la intensidad, de las fallas

hasta un porcentaje no mayor a 15 % de las horas invertidas por los mecánicos al ejecutar mantenimiento correctivo.

El trabajo técnico involucrado en el mantenimiento proactivo se basa en 5 puntos:

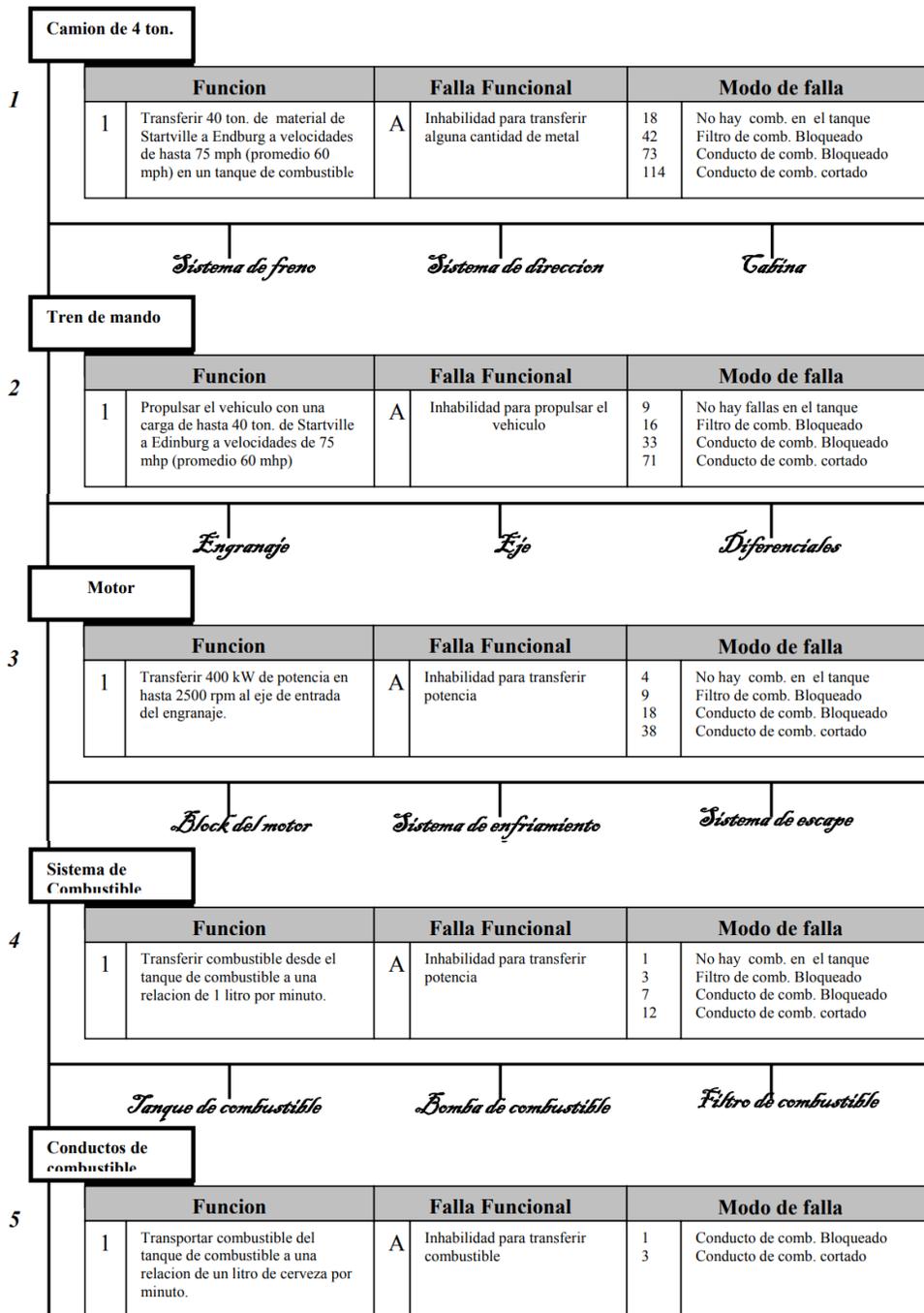
- Chequeo, evaluación y registro de los informes del chofer.
- Chequeo, evaluación y registro de los informes del mecánico de turno.
- Registro y actualización del historial de reparación de cada una de las unidades de transporte.
- Registro y actualización del inventario de repuestos en bodega.
- Análisis del historial de reparación para indagar en las causas de las fallas.

Sakurai (2007) también expone que es necesario establecer un esquema de mantenimiento proactivo, el cual debe ser revisado de manera periódica con base en los resultados del historial de reparación de los vehículos.

1.3.5. Mantenimiento proactivo en vehículos

Entre los modos de falla existentes, Mounbray (2000) presenta los casos en un panorama crítico que generan fallas en varios subsistemas simultáneamente, por tanto, es requerido contar con un plan de inspección que cubra todas las variables, si se presentara el caso menos favorable de mantenimiento. Para generar un mantenimiento proactivo efectivo y eficiente, es necesario analizar los modos de falla para los vehículos de manera integral, como se muestra a continuación:

Figura 7. Modos de falla en los sistemas de un vehículo de transporte pesado



Etc...

Fuente: Mounbray (2000). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad.*

Según Michelin (2013) los defectos en elementos como los neumáticos pueden deberse a las siguientes causas:

- Pérdidas de aire: son provocadas por elementos ajenos al neumático y producen fugas que les hacen perder su forma adecuada. Las principales razones de esta falla pueden ser clavos, agujeros, objetos olvidados dentro del neumático o una mala reparación.
- Daños por rodado de una llanta desinflada: el efecto de rodar una llanta desinflada es el daño de las caras internas del neumático, que en ningún momento se notará con una inspección visual externa. Esto produce daños internos severos que, con el tiempo, se reflejan exteriormente como rupturas en forma de zipper, formación de bolsas en los laterales de los neumáticos e incluso, explosiones repentinas.
- Desgaste irregular: este problema puede tener involucradas varias variables, entre las que se mencionan: exceso o falta de aire, exceso de torque en los componentes del neumático, uso inadecuado en terreno montañoso, excesivo uso de frenos, recorrido de la unidad con el bloque de frenos activado, mala alineación, por mencionar las más comunes.

1.4. Análisis operativo y técnicas

Mounbray (2000) revela que las principales ventajas de iniciar con un análisis operativo y técnicas en los vehículos de transporte pesado son:

- Las funciones y expectativas de desempeño son más fáciles de definir.
- Las consecuencias de las fallas son más fáciles de evaluar.
- Se reduce la repetición de funciones y modos de falla.
- Se facilita la identificación y el análisis de los controles operativos, al tratarlos como un todo.

1.4.1. Categorización de modos de falla

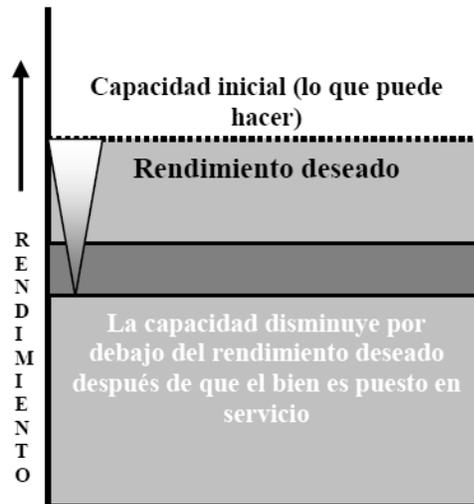
Mounbray (2000) define un modo de falla como cualquier suceso que cause una falla funcional. El mantenimiento es una tarea que se considera necesaria únicamente cuando se presentan deterioros en la maquinaria, y existen casos donde se especifica que el Análisis de Efectos y tipos de Fallas (FMEA, por sus siglas en inglés) sólo debe aplicarse si los bienes dejan de cumplir su función e ignorar otro tipo de fallas, tales como errores humanos y defectos de diseño. Desafortunadamente, el porcentaje de fallas causadas por deterioro es insignificante; por lo tanto, un programa de mantenimiento debe abarcar todos los posibles modos de falla, que se clasifican a continuación:

- Cuando la capacidad está por debajo del desempeño deseado.
- Cuando el desempeño deseado supera la capacidad inicial.
- Cuando el bien no puede cumplir su función.

1.4.2. Capacidad en descenso

La primera categoría de los modos de falla ocurre cuando la capacidad inicial del equipo está por encima del desempeño esperado, pero disminuye posterior al servicio ejecutado. Las cinco causas de una capacidad reducida son: deterioro, fallas de lubricación, suciedad, desmontaje y errores humanos.

Figura 8. **Relación entre el rendimiento esperado y la reducción de la capacidad**



Fuente: Mounbray (2000). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*.

1.4.3. Aumento en el desempeño deseado

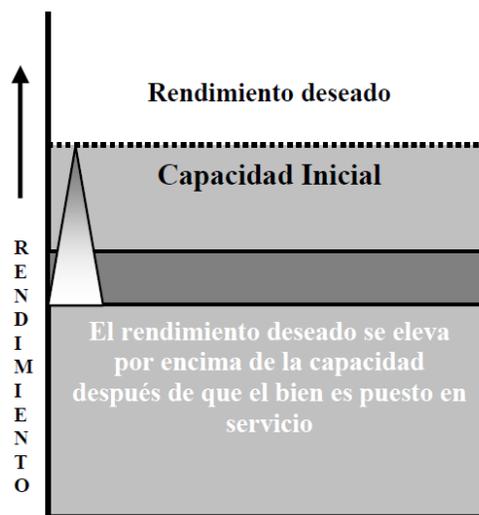
La segunda categoría de los modos de falla ocurre cuando el esfuerzo aplicado a la maquinaria supera el esfuerzo máximo, de tal forma que las expectativas de la operación sobrepasan la capacidad inicial. Este esfuerzo extra provoca que:

- El desempeño esperado aumente hasta que la maquinaria no puede cumplirlo.
- El incremento de esfuerzo cause deterioro y el bien pierda confiabilidad en la operación.

Lo anterior se ve influenciado por:

- Sobrecarga aplicada deliberadamente.
- Sobrecarga aplicada inintencionalmente.
- Sobrecarga esporádica inintencionada.
- Material de proceso incorrecto.

Figura 9. **Relación entre el rendimiento esperado y el desempeño deseado**

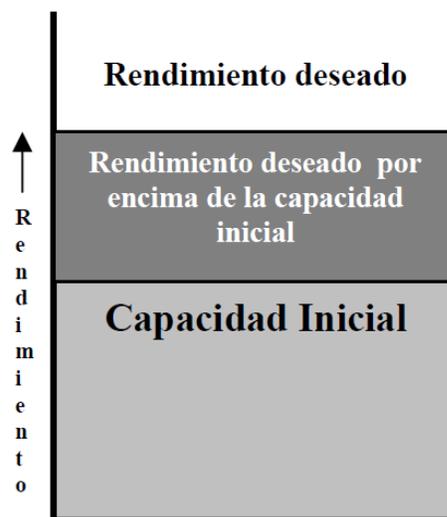


Fuente: Mounbray (2000). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*.

1.4.4. Capacidad inicial

Existen situaciones donde no se tiene previsto un panorama claro para definir o elegir la capacidad inicial de un equipo o se cae en error de elección. El inconveniente con la incapacidad de los equipos en muy pocas ocasiones afecta la totalidad del equipo. Se notan los inconvenientes en una o dos de sus funciones, sin embargo, esto repercute en el funcionamiento del equipo completo y se evita así, que se desempeñe adecuadamente.

Figura 10. **Relación entre el rendimiento esperado y la capacidad inicial**



Fuente: Mounbray (2000). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*.

1.5. Herramienta de pago justo

Una herramienta de pago es uno de los principales enlaces entre el control financiero de una organización y la correcta gestión de los recursos económicos. Las funciones e importancia de una herramienta de pago es el impacto en el presupuesto, el control de lo que se está invirtiendo, la visualización y proyección de resultados, la evaluación preventiva y correctiva dentro de la organización, y

es el principal medio para minimizar el riesgo de las operaciones (Rodríguez, 2007).

1.5.1. Clasificación de los presupuestos

La clasificación de los presupuestos dependerá directamente del sector en donde se esté llevando a cabo la evaluación. En tal caso puede tratarse del sector público o privado y la clasificación, según (Rodríguez, 2007) sería de la siguiente forma:

- Presupuestos del sector público: estos son aquellos que involucran programación, planificación, proyectos, tácticas y objetivos relacionadas con el Estado.
- Presupuestos del sector privado: estos son usados por empresas particulares y normalmente se les conoce como presupuestos empresariales, cuyo fin es gestionar todas las actividades financieras de la organización.
- Los principios de la presupuestación se muestran en la figura 11 y permiten conocer los cinco pilares en los que se basa la creación de presupuestos, sean del sector público o privado.

Figura 11. **Principios de la presupuestación organizacional**

Principios De Previsión <ul style="list-style-type: none">• Predictibilidad• Determinación cuantitativa• Objetivo	Principios De Planeación <ul style="list-style-type: none">• Previsión• Costeabilidad• Flexibilidad• Unidad• Confianza• Participación• Oportunidad• Contabilidad por áreas de responsabilidad.	Principios De Organización <ul style="list-style-type: none">• Orden• Comunicación
Principios De Dirección <ul style="list-style-type: none">• Autoridad• Coordinación	Principios De Control <ul style="list-style-type: none">• Reconocimiento• Excepción• Normas• Conciencia de Costos	

Fuente: Rodríguez (2007). *Herramienta de control de presupuesto y análisis de proyectos.*

1.5.2. Elaboración de proyecciones

Para la planeación organizacional es posible basarse en la técnica de proyecciones con el fin de evaluar el entorno y las variables involucradas que podrían afectar el ámbito financiero de la organización y contar con una predicción eficaz y certera de eventos futuros (Robbins, 2014). En la tabla III se presentan las técnicas de proyecciones que se pueden utilizar en un ámbito general, además de la descripción y la aplicación acorde al tema de recursos y proyección financiera de una empresa de bebidas.

Tabla III. **Técnicas de elaboración de proyecciones**

Técnica	Descripción	Aplicación
Cuantitativas		
Análisis de series de tiempo	Expresa una línea de tendencia en términos de ecuación matemática, con base en la cual crea una proyección a futuro.	Pronosticar las ventas del trimestre siguiente con base en la información de las ventas de los años previos.
Modelos de regresión	Predecen el comportamiento de una variable con base en datos, reales o supuestos, relativos a otras variables.	Determinación de factores capaces de pronosticar cierto nivel de mantenimiento (como los precios o el gasto en insumos para la reparación de las unidades rentadas).
Modelos econométricos	Emplean un conjunto de ecuaciones de regresión para estimular algún segmento de la economía.	Pronosticar cambios en la venta de bebidas como consecuencia de nuevas leyes fiscales.
Indicadores económicos	Se basan en uno o varios indicadores para predecir el futuro estado de la economía.	Usar el cambio en el PIB para pronosticar el ingreso discrecional.
Efecto sustitución	Usa una fórmula matemática para pronosticar cómo, cuándo y bajo qué circunstancias un nuevo producto o una nueva tecnología reemplazarán a los ya existentes.	Predecir el efecto que tiene la aparición de productos ecológicos sobre la venta de los productos convencionales.
Cualitativas		
Jurado de opinión ejecutiva	Combina y promedia las opiniones de los expertos.	Sondear los puntos de vista de los gerentes de la empresa para pronosticar las necesidades de abastecimiento de la bodega de repuestos.
Composición de la fuerza de ventas	Combina las estimaciones realizadas por el personal de ventas que trabaja en campo respecto del nivel de compra que podrían tener los clientes en el futuro.	Pronosticar la venta de bebidas en el mercado local.
Evaluación de unidades	Combina estimaciones con base en los pagos fijos ya establecidos.	EL departamento financiero de la empresa puede realizar un sondeo y comparación entre las tarifas de los proveedores de servicio de transporte para tener un criterio de elección entre proveedores.

Fuente: Robbins (2014). *Administración*.

1.6. Transporte terrestre

El transporte de carga representa uno de los pilares imprescindibles en la industria de cualquier país. Es una actividad que involucra bienes y conocimientos logísticos, los cuales permiten generar un flujo dinámico de los productos, y en dichas actividades se ven involucrados un rango de 45 % a 50 % de los costos para una compañía, hablando propiamente de actividades logísticas (Mora, 2014).

¿Cuál es el origen de la palabra transporte? Etimológicamente, viene del latín *trans* que significa 'al otro lado'; y *portare* que significa 'llevar', referente al proceso de traslado de personas o bienes de un lugar a otro (Mora, 2014).

1.6.1. Definición de flota

Se designa como una flota a un conjunto de vehículos automotores que permiten el movimiento de recursos materiales o humanos. Las flotas tienen una implicación financiera por parte de la empresa propietaria de los vehículos que las conforman. Un adecuado transporte por carretera de los diversos productos es imprescindible para el desarrollo social y económico de la región (Arroba, 2016).

1.6.2. Gestión de flota

Es la administración de una cantidad determinada de vehículos en una empresa, que cuenta con funciones diversas como: gestión de costos, gestión del mantenimiento, monitoreo de operaciones, regulación de carga, asignación y control de los pilotos, regulación del uso de combustible, salud y seguridad ocupacional. La gestión de flota permite regular, minimizar y eliminar los peligros ligados a la inversión en las unidades de transporte, lo cual mejora la eficiencia, en cumplimiento de las normas legales locales (Arroba, 2016).

1.6.3. Motores diésel

Son motores cuyo proceso de combustión se genera internamente en una cámara de combustión y poseen características específicas, las cuales a su vez determinan un estado de funcionamiento y condiciones del entorno favorables con las cuales se podrá obtener el máximo desempeño posible con una mejor

eficiencia. Son motores térmicos cuyo encendido del combustible se logra a altas temperaturas que producen la compresión de aire en el interior del cilindro cuando el pistón asciende, lo cual reduce el volumen de la cámara de combustión (Maldonado, 2010).

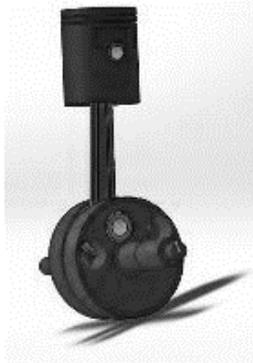
1.6.4. Clasificación de motores diésel de acuerdo con la velocidad de operación

En función de las revoluciones por minuto (rpm) a las que funcione un motor diésel, estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Motores rápidos: Son motores que exceden 2 000 rpm en funcionamiento. Dentro de este grupo se podría mencionar a los motores veloces porque sus rangos de operación están entre los 4 000 y 5 000 rpm.
- Motores medianos: Estos funcionan con una velocidad de rotación del cigüeñal en un rango entre los 1 000 y 2 000 rpm.
- Motores lentos: Son motores que no superan unos pocos centenares de rpm. La ventaja principal de este tipo de motores es que queman productos pesados de petróleo y, al ser de bajas rotaciones, el desgaste es mucho menor (Maldonado, 2010).

La velocidad de rotación a la que se refiere se aplica a los motores de tracción, los cuales se componen de un pistón que oscila de manera rectilínea, una biela que convierte el movimiento oscilante rectilíneo en movimiento rotatorio y un cigüeñal que transmite el movimiento al medio de transmisión de potencia al vehículo (Solórzano, 2015).

Figura 12. **Diseño 3D de los componentes de un motor de tracción**

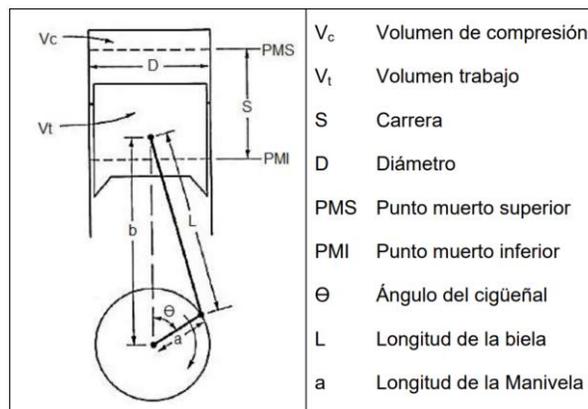


Fuente: Solórzano (2015). *Elaboración de un prototipo virtual de un banco de prueba del sistema manivela - biela – pistón.*

1.6.5. **Parámetros fundamentales de un motor**

Para comprender el funcionamiento de un motor de combustión interna, a continuación, se detallan los componentes internos del mecanismo pistón-biela-cigüeñal:

Figura 13. **Parámetros fundamentales de un motor de combustión interna**

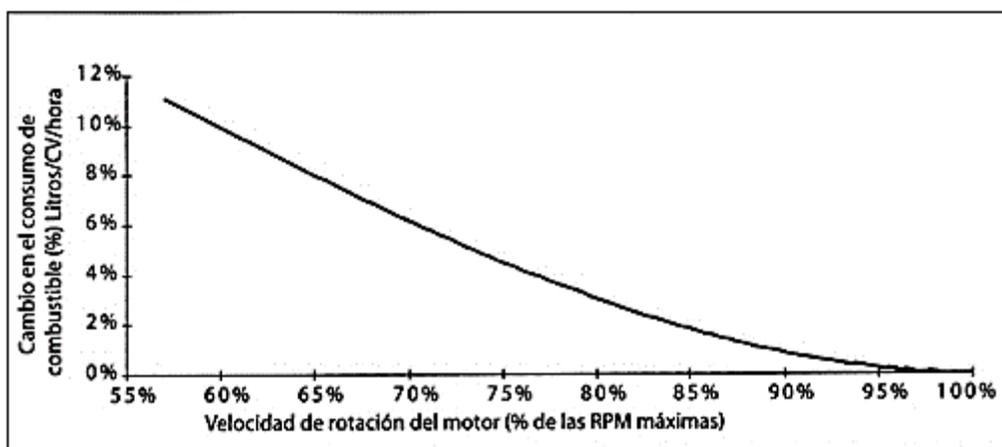


Fuente: Varona (2017). *Diseño óptimo multiobjetivo del mecanismo pistón-biela-cigüeñal de un motor de aire comprimido.*

1.6.6. Rendimiento de los motores diésel

El volumen de combustible consumido en un motor diésel por cada caballo de vapor generado es variable según la velocidad de giro del motor. Un motor diésel sin turbocompresor emplea más combustible por caballo de vapor cuando la velocidad del motor es menor, según se puede ver en la figura 14. Si las rpm del motor se disminuyen, la eficiencia del motor se reduce considerablemente (Wilson, 2005).

Figura 14. **Curva característica de un motor diésel sin turbocompresor**

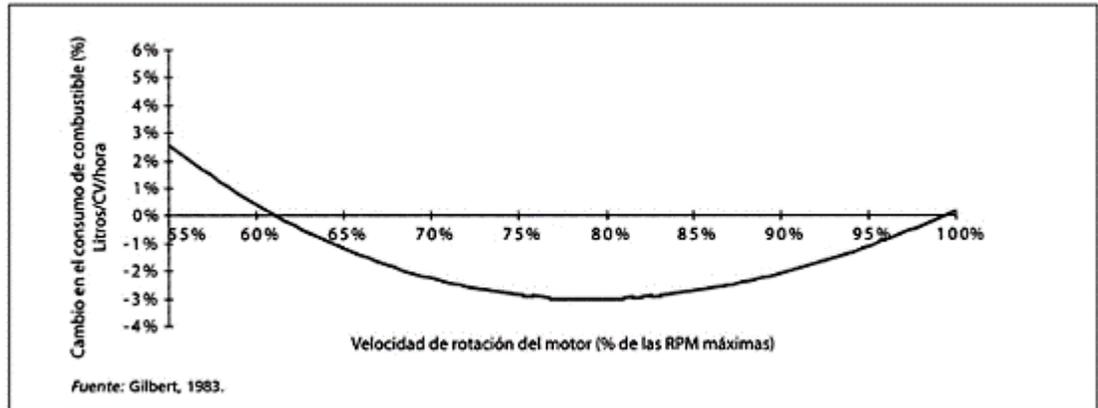


Fuente: Wilson (2005). *Medidas de ahorro de combustible y de costos para armadores de pequeñas embarcaciones pesqueras*. Consultado el 7 de agosto del 2019. Recuperado de:

<http://www.fao.org/docrep/009/x0487s/X0487S00.htm#TOC>.

Un motor diésel con turbocompresor cuenta con características un poco distintas. Este tipo de motores puede contar con un funcionamiento más eficiente cuando trabaja a bajas rpm, pero puede disminuir drásticamente si la velocidad se reduce aún más. En la figura 15 se puede observar que el motor funciona de manera eficiente cuando las rpm se mantienen en un 80 % del límite máximo (Wilson, 2005).

Figura 15. **Curva característica de un motor diésel con turbocompresor**



Fuente: Wilson (2005). *Medidas de ahorro de combustible y de costos para armadores de pequeñas embarcaciones pesqueras*. Consultado el 7 de agosto del 2019. Recuperado de:
<http://www.fao.org/docrep/009/x0487s/X0487S00.htm#TOC>.

Las curvas características del consumo de combustible cambian dependiendo de los motores, más cuando la capacidad de estos es menor, pero generalmente se cumple la siguiente regla: Un motor diésel pequeño debe funcionar al 80 por ciento aproximadamente del máximo de rpm Wilson (2005).

1.6.7. Especificaciones de vehículos

Según (Dirección general de caminos, 1992) las abreviaturas y definiciones de vehículos son:

- C2: se refiere a un camión o autobús, el cual cuenta con un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción).
- C3: se refiere a un camión o autobús, el cual cuenta con un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble o tándem (eje de tracción).

- C4: se refiere a un camión o autobús, el cual cuenta con un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).
- T2: se refiere a un tractor o cabezal, el cual cuenta con un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje simple de rueda doble (eje de tracción).
- T3: se refiere a un tractor o cabezal, el cual cuenta con un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje doble o tándem (eje de tracción).
- S1: se refiere a un semirremolque con un eje trasero simple de rueda doble.
- S2: se refiere a un semirremolque con un eje trasero doble (tándem).
- S3: se refiere a un semirremolque con un eje trasero triple.
- R2: se refiere a un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero simple o de rueda doble.
- R3: se refiere a un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero doble (tándem).
- R4: se refiere a un remolque con dos ejes de rueda doble o tándem en cada uno de sus extremos.

1.6.8. Pesos y dimensiones de vehículos

Según la Dirección General de Caminos (1992), los vehículos que transiten en ruta deben cumplir los siguientes aspectos, sin excederlos:

Figura 16. **Límites de carga para vehículos de transporte pesado**

PARA VEHÍCULOS TIPO C2 Y C3	PARA OTROS VEHÍCULOS	
Eje Simple	5,500 Kgms	5,000 Kgms
Eje Simple Rueda Doble	10,000 Kgms	9,000 Kgms
Eje Doble (tándem) Tipo A	16,500 Kgms	16,000 Kgms
Eje Doble (tándem) Tipo B	12,000 Kgms	12,000 Kgms
Eje Triple Tipo A		20,000 Kgms
Eje Triple Tipo B		17,000 Kgms

Fuente: Dirección General de Caminos (1992). *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones.*

Las cifras anteriores tienen permitido una variación de hasta 8 % del peso por eje indicado de los vehículos C2 y C3, y 5 % para el resto de los vehículos, siempre que el peso bruto del vehículo no exceda del peso máximo autorizado en el reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones (Dirección general de caminos, 1992).

1.6.9. Separación entre ejes de vehículos

La circulación de los vehículos o combinaciones de vehículos que circulen en el territorio guatemalteco se regirá según los siguientes rangos:

Figura 17. **Límites entre ejes y pesos para vehículos o combinación de vehículos**

TIPO DE VEHÍCULO AUTORIZADO	SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE EJES MÁS DISTANTES (Metros)	PESO TOTAL (Kilogramos)
C-2	5.00	15,500
C-3	5.00	22,000
C-3 Rueda de Doble Ancho	5.00	26,000
C-4	5.00	25,000
T2-S1	6.67	23,000
T2-S2	10.50	30,000
T2-S3	10.50	34,000
T3-S1	10.50	30,000
T3-S2	14.40	37,000
T3-S3	14.40	41,000
C2-R2 (Remol. c/rueda sencilla)	12.38	25,500
C2-R2 (Remol. c/rueda sencilla y rueda doble)	12.38	27,500
C2-R2 (Remol. c/rueda doble)	12.38	29,500
C3-R2 (Remol. c/rueda sencilla)	14.40	32,000
C3-R2 (Remol. c/rueda sencilla y rueda doble)	14.40	34,000
C3-R2 (Remol. c/rueda doble)	14.40	36,000
C3-R3 (Remol. c/rueda sencilla)	14.40	37,000
C3-R3 (Remol. c/rueda sencilla y rueda doble)	16.00	39,000
T2-S1-R2 (Remol. c/rueda sencilla)	16.00	33,000
T2-S1-R2 (Remol. c/rueda sencilla y rueda doble)	16.00	35,500
T2-S1-R2 (Remol. c/rueda sencilla y rueda doble)	16.00	38,000
T3-S1-R2 (Remol. c/rueda sencilla)	16.00	40,000
T3-S1-R2 (Remol. c/rueda sencilla y rueda doble)	16.00	42,500
T3-S1-R2 (Remol. c/rueda doble)	16.00	45,000
T3-S1-R4 (Remol. c/ejes tándem)	16.00	50,000
T3-S2-R2 (Remol. c/rueda sencilla)	16.00	47,000
T3-S2-R2 (Remol. c/rueda sencilla y rueda doble)	16.00	49,500
T3-S2-R2 (Remol. c/rueda doble)	16.00	52,000
T3-S2-R4 (Remol. c/ejes tándem)	16.00	57,000

Fuente: Dirección General de Caminos (1992). *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones.*

Figura 18. **Pesos máximos por ejes para remolques**

Combinados con vehículos Tipo C2 y C3

- a) Eje sencillo rueda simple 5,000 kg.
- b) Eje sencillo rueda doble 7,000 kg.
- c) Ejes tándem 10,000 kg.

Combinados con vehículos Tipo T-S-R

- d) Ejes sencillo rueda simple 5,000 kg.
- e) Eje sencillo rueda doble 7,500 kg.
- f) Ejes tándem 10,000 kg.

- g) Eje de rueda de doble ancho 10,000 kg.

Fuente: Dirección General de Caminos (1992). *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones.*

Figura 19. Tipo de vehículos por rango de peso

CLASE 6 8,400 a 11,350 kg GVW	CLASE 7 11,351 a 15,000 kg GVW	CLASE 8 15,001 kg o más	REMOLQUE Peso: No especificado	NOTAS
 GRUA	 TANQUE URBANO	 CAMIÓN TANQUE	 CAJA SECA	<p> Aplicaciones recomendadas</p> <p> Póngase en contacto con MICHELIN®</p> <p>Para obtener información sobre la llanta MICHELIN® X One® para aplicación de 4 x 2 vaya a la página 22.</p> <p>GVW – peso bruto vehicular Peso total del vehículo cargado, que incluye el chasis, la carrocería y la carga.</p> <p>GCW – peso bruto combinado Peso total de la combinación del tracto camión y el remolque cargado, que incluye a estos dos y la carga.</p> <p>CDE - capacidad de diseño del Eje GAWR Peso de carga máximo permitido para una combinación específica de espiga, eje y rin.</p> <p>Vehículos idénticos pueden aparecer en diferentes clases de peso de vehículo. Esto se debe a que existen diferencias entre los componentes instalados en cada uno de los vehículos, tales como motores, transmisiones, ejes traseros e incluso llantas, que no pueden identificarse fácilmente a partir de la apariencia externa de dichos vehículos específicos.</p>
 MUDANZERO	 BASURA	 DE VOLTEO	 FULL	
 REDILAS	 CAMIÓN DE BOMBEROS	 REVOLVEDORA	 PIPA	
 CAMIÓN	 AUTOBÚS 3 EJES	 CAMIÓN REFRIGERADO	 GRANELERO DE CARGA SECA	
 CAMIÓN 1 EJE	 AUTOBÚS URBANOS	 CAMIÓN 2 EJES	 CAMIÓN MADERERO	
 BOTELLERO		 AUTOBÚS REGIONAL	 PLATAFORMA	
 TRACTOR BAJO PERFIL		 BASURA EN TÁNDEM	 EJE MÓVIL	
			 MARCO DE CAÍDA	
	GCW A 65,000	GCW A 80,000	 VOLTEO	
	 TRACTOR ALTO PERFIL	 TRACTOR DE BAJO PERFIL TÁNDEM	 CAMIÓN REFRIGERADO	
	 TRACTOR MEDIO CONVENCIONAL	 TRACTOR PESADO CONVENCIONAL	 DOBLE FONDO	
		 TÁNDEM PESADO CONVENCIONAL CON CABINA	 MADRINA	
		 TÁNDEM PESADO CONVENCIONAL CON CABINA	 CONVERTIDOR	

Fuente: Michelin (2013). *Manual de servicio para llanta de camión Michelin*

X One.

1.6.10. Aplicaciones y diseño de neumáticos

- Recorridos largos (A): cuando la operación de las unidades requiere un recorrido de entre 130,000 y 320,000 kilómetros anuales.
- Regional (E): en esta categoría, el recorrido de las unidades se encuentra entre 50,000 y 130,000 kilómetros anuales.
- Camino / Fuera de carretera (Y): en esta categoría, las unidades exponen a ambientes agresivos los neumáticos y a recorridos de entre 15,000 y 115,000 kilómetros anuales.
- Urbano (U): en esta división es común contar con un porcentaje de frenado y arranque bastante elevado y con recorridos de entre 30,000 y 100,000 kilómetros anuales (Michelin, 2013).

2. DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN

2.1. Información general de la empresa

El trabajo de investigación se llevó a cabo en una empresa totalmente guatemalteca, con 25 años de experiencia y liderazgo en la elaboración de néctares, bebidas y otras categorías de alimentos de la más alta calidad.

Su objetivo fundamental es ofrecer a los consumidores alimentos innovadores de alta calidad, lo que ha llevado también, a exportar sus productos.

Se encuentra ubicada en la República de Guatemala, específicamente en el departamento de Guatemala.

La empresa tiene un portafolio de más de 100 productos y cuenta con una alta capacidad de producción instalada, lo que permite abastecer tanto el mercado local como el internacional.

2.1.1. Misión de la empresa

Es la razón de ser de la empresa; el motivo por el cual existe. Asimismo, es la determinación de las funciones básicas que la empresa va a desempeñar en un entorno determinado para conseguir tal misión. Por lo tanto, la misión que se ha trazado la empresa es:

“Ser la empresa número uno en el mercado de bebidas.”

2.1.2. Visión de la empresa

Se refiere a lo que la empresa quiere crear, la imagen futura de la organización. La visión es creada por el equipo encargado de dirigir la empresa, y quien tiene que valorar e incluir en su análisis muchas de las aspiraciones de los agentes que componen la organización, tanto internos como externos. Por lo tanto, la visión de la empresa es:

“Somos una empresa de bebidas líder en el mercado con una creciente participación en otros países, creemos en nuestros clientes y proveedores como socios estratégicos y trabajamos para exceder las expectativas de nuestros consumidores e invertimos para proporcionar mejores beneficios a nuestros consumidores”.

2.1.3. Valores

Son aquellos juicios éticos sobre situaciones imaginarias o reales a los cuales se sienten más inclinados por su grado de utilidad personal y social. Por lo tanto, los valores que se ha trazado la empresa son:

- Respeto
- Responsabilidad
- Pasión
- Honestidad
- Lealtad

2.2. Diagnóstico de la empresa

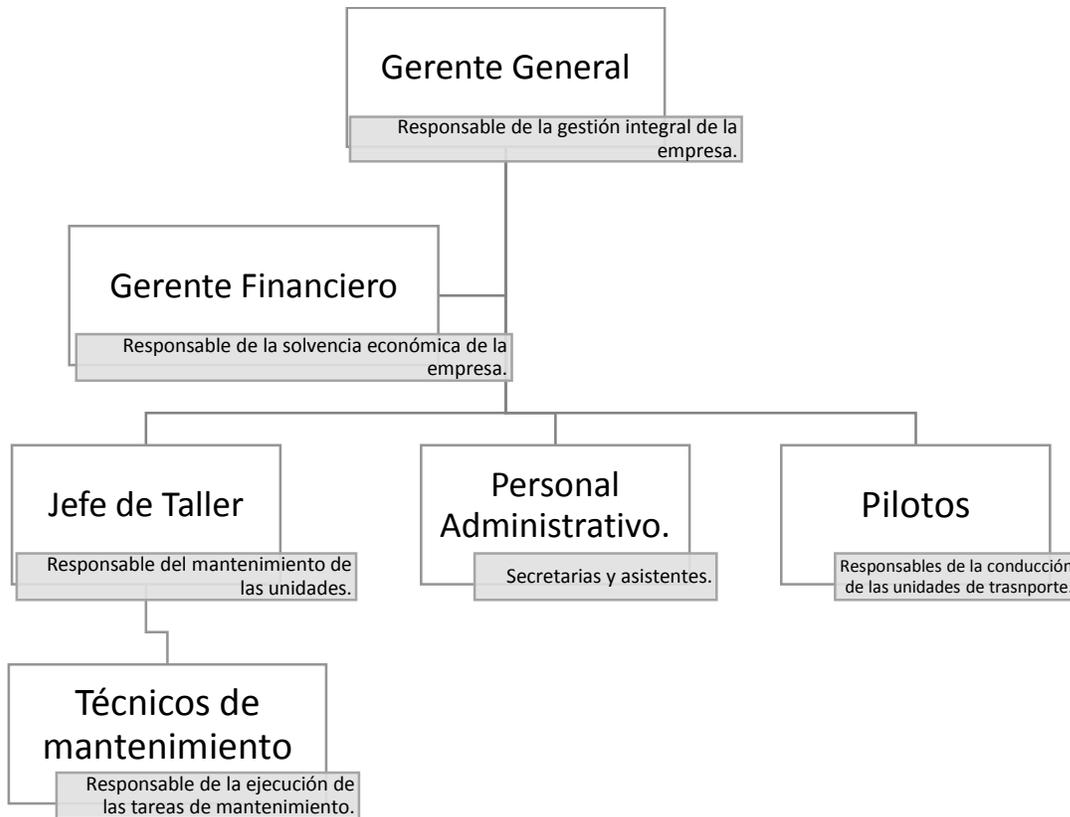
Con el fin de realizar un reconocimiento de las actividades de la empresa y tener un panorama de la situación en la que se encuentra, con sus fortalezas y debilidades en procesos y procedimientos, se ejecutó un diagnóstico inicial. Este permitirá tener la pauta de los puntos que se deben mejorar. Cabe mencionar que las unidades de transporte cuentan, en todo momento, con dispositivos GPS que permiten recabar la información necesaria para el estudio.

2.2.1. Aplicación de la observación directa

La autorización previamente pactada con la empresa para llevar a cabo la observación directa fue basada en la información necesaria y exclusiva que se muestra en el presente informe. Se tomó en cuenta que dicha información permite ejecutar el análisis y proponer mejoras de los procesos sin poner en riesgo ningún secreto corporativo. Para tener conocimiento de la línea de mando con la que se ejecutan las operaciones en las empresas propietarias de los vehículos rentados, se pudo validar la jerarquía en dichas empresas, asimismo, se pudo indagar en la base de datos de los vehículos y obtener el tiempo en ruta que se invirtió en los diversos viajes ejecutados.

Con base en la lista de comprobación de puntos por observar en la empresa estudiada, que se muestra en el Apéndice 1, se determina que la línea de mando de las empresas que proporcionan el servicio de transporte de carga se conforma de: gerente de la empresa, gerente financiero, jefe de taller, técnicos de mantenimiento, pilotos y el personal administrativo, conformado generalmente por una secretaria. Lo anterior se visualiza en el siguiente organigrama:

Figura 20. **Organigrama general de empresas de transporte de carga**



Fuente: elaboración propia.

La forma de operar de estas empresas y el servicio que prestan de transporte de carga de productos como bebidas, se basa en una requisición inicial por parte de la empresa estudiada, donde se indican los detalles del viaje; estos son:

- Origen del viaje
- Destino del viaje
- Distancia por recorrer
- Tipo de carga y peso total
- Día y hora de entrega deseada
- Cantidad de clientes por despachar

Tabla IV. Campos indicados en una requisición de viaje

Requisición			No. 00000125
Requisición de viaje para transporte de producto			
Fecha de creación:	19/11/2019	Hora:	14:14:36
Origen del viaje:	Escuintla, Escuintla.		
Destino de viaje:	Morales, Izabal.		
Distancia por recorrer:	382 km.		
Cantidad de clientes:	1 cliente.		
Descripción de la carga			
Producto	Unidades	Peso (lb)	<i>Pallets</i>
Néctar de pera	5,000	1,500	2
Refresco sabor limón	10,000	5,500	4
Agua pura embotellada	5,000	3,000	2
Totales	20,000	10,000	10

Fuente: elaboración propia.

En el formato de la requisición mostrado en la tabla IV se brinda el detalle de un viaje solicitado a uno de los proveedores de transporte, donde se tiene en cuenta que a todas las requisiciones se les añade un número correlativo con el fin de evitar inconvenientes de mezcla, cruces o falsificación de estas. El número de correlativo se utiliza como seguimiento de los trámites; desde la requisición del viaje, su ejecución, el pago de los servicios brindados por parte de las empresas; y como parte de la base de datos de viajes ejecutados, ordenados por fecha.

El hecho de brindar el detalle del origen del viaje es dar a conocer a los transportistas la ubicación de la bodega donde tendrá que cargar el producto en

las unidades de transporte, y esa sede será la encargada de procesar la papelería, entrega de producto, carga de producto en los vehículos y autorizar el envío hacia el destino detallado en la requisición. El detalle del destino de entrega es un dato imprescindible, por el hecho de saber exactamente dónde se entregará el pedido transportado, y este dato tiene repercusión e importancia por dos razones: es la dirección de facturación con la que se procederá el trámite de pago y generación de comprobantes de pago del cliente y es el punto donde el cliente ha aceptado recibir su producto. Lo anterior se ha estandarizado de tal manera que se eviten solicitudes de viajes extraordinarios por parte de los clientes a las unidades de transporte rentadas, debido a que ese costo no está considerado en la tarifa pactada con los transportistas. El recorrido extra se atribuye como un costo adicional que la empresa no ha solicitado y el cliente no está dispuesto a cubrir; por lo anterior, es prohibido entregar en una dirección distinta a la que se detalla en la requisición.

Con el origen y destino del viaje se determina la distancia en kilómetros que existe entre los dos puntos de referencia a partir de la cual se calculan los tiempos de viaje, descarga y entrega de producto, así como el tiempo administrativo requerido para el trámite de pago. Lo anterior se hace con el objetivo de reservar las unidades de transporte necesarias durante ese tiempo y que el transportista esté de acuerdo con esa reserva y evite la recepción de solicitudes de viajes para esas unidades; así, se evitan inconvenientes de disponibilidad. La cantidad de clientes por despachar varía entre uno y quince como máximo, los cuales conformen una distribución lógica y a no más de 1 km alejado de las vías terrestres principales del territorio guatemalteco. Las excepciones que surgen con esta condición son tratadas primeramente con las empresas proveedoras del servicio. El rango reducido de clientes se ejecuta con el fin de asegurar la entrega del producto a la totalidad de estos y así evitar atrasos en la logística del viaje y en el despacho del producto. Asimismo, se

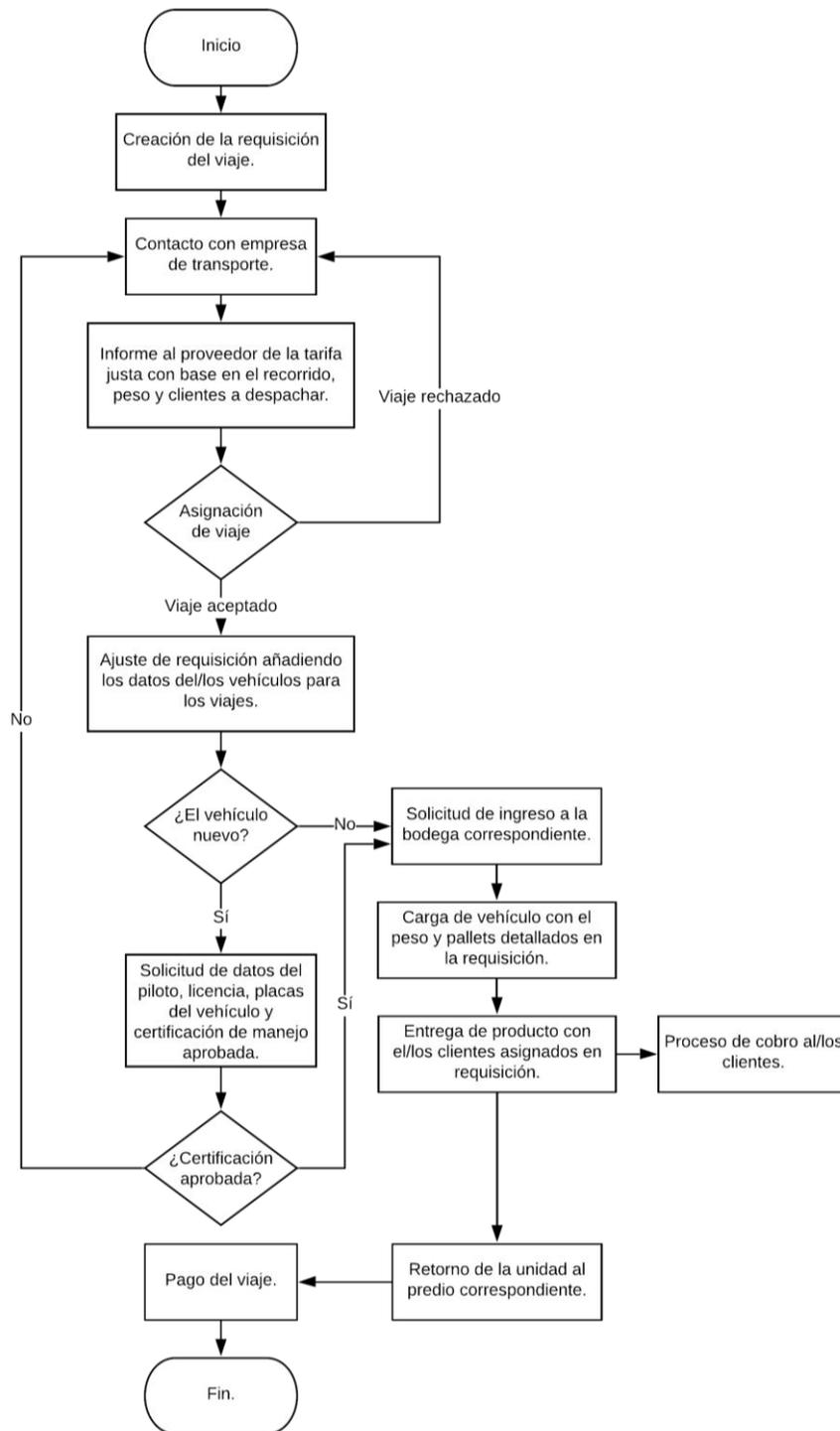
pretende reducir la cantidad de pedidos rechazados por los clientes por llegar al punto de entrega fuera del horario previamente establecido.

Con lo anterior, se considera que la gestión de la logística de las empresas debe ser ejecutada correctamente, por tanto, los detalles de los viajes se proporcionan con 24 a 36 horas de antelación, con el fin de coordinar de la forma óptima la entrega del producto. En las flotas de este estudio se cuenta con una amplia variedad de vehículos que se utilizan para el transporte de carga, entre estos se pueden mencionar:

- Camiones de capacidad de 2 *pallets*
- Camiones de capacidad de 6 *pallets*
- Camiones de capacidad de 10 *pallets*
- Tractocamiones con plataforma
- Tractocamiones con remolque de doble fondo
- Tractocamiones con remolque de caja seca

Para el enfoque del estudio, y por el tipo de producto transportado, se decide indagar en el uso de los camiones de capacidad de 10 *pallets*, los cuales representan un 60 % de la operación; las incidencias de mantenimiento son más frecuentes y el costo de mantenimiento más elevado que el resto de los vehículos en las empresas.

Figura 21. **Proceso de solicitud de viajes a los proveedores de transporte**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Aplicación del monitoreo a las unidades de transporte

Es necesario tener en cuenta la lista de comprobación de puntos por observar en la empresa estudiada (Apéndice 1) y las siguientes variables evaluadas:

- Estado actual de las flotas
- Historial de viajes de enero 2019 a agosto 2019
- Distribución de viajes por origen
- Distribución de viajes por destinos visitados
- Tiempo de recorrido de las unidades
- Promedio de clientes visitados

Con base en lo anterior, se determina que las flotas de vehículos rentados en las empresas de transporte de carga cuentan con una distribución de distancias de los viajes acumulados, de enero 2019 a agosto 2019, que varían desde 1 km a más de 230 km. Estos se clasifican considerando los criterios de recorrido y mantenimiento de las unidades. Se establece que, para el estudio que se lleva a cabo, los viajes se consolidan de la siguiente manera:

Tabla V. **Categoría de viaje por la distancia total recorrida en el viaje redondo**

Distancia en km.	Categoría de recorrido
1 – 50	Corto
51 – 90	Medio
91 – 150	Largo
151 – 230	Muy largo
231 – 230	Súper largo

Fuente: elaboración propia.

La consolidación y clasificación de los viajes en las cinco categorías mostradas anteriormente se basa en el costo del mantenimiento que se genera según los viajes y el rendimiento de los vehículos. Es decir, que en la categoría de viajes cortos los vehículos no requieren un costo de mantenimiento elevado, sin embargo, el rendimiento de los vehículos se ve afectado por ser viajes que requieren movilizar las unidades en áreas urbanas y con una carga de tráfico elevada. En el caso de los viajes largos, el transporte se enfoca en un viaje por las rutas nacionales y vías con una movilización fluida que no considera tiempos de espera en carreteras secundarias o terciarias; esto representa un rendimiento óptimo de los vehículos y un costo de mantenimiento considerable, por el tiempo extendido de operación.

En la última categoría de la clasificación, nombrada viajes súper largos, son viajes que por su naturaleza deben considerar un costo de mantenimiento alto por el extenso tiempo de operación continua de los motores de los vehículos y el rendimiento en las rutas nacionales del territorio guatemalteco representan un rendimiento tal, que los motores pueden operar en los rangos de revoluciones por minuto adecuados para obtener la mayor potencia por el menor consumo de combustible.

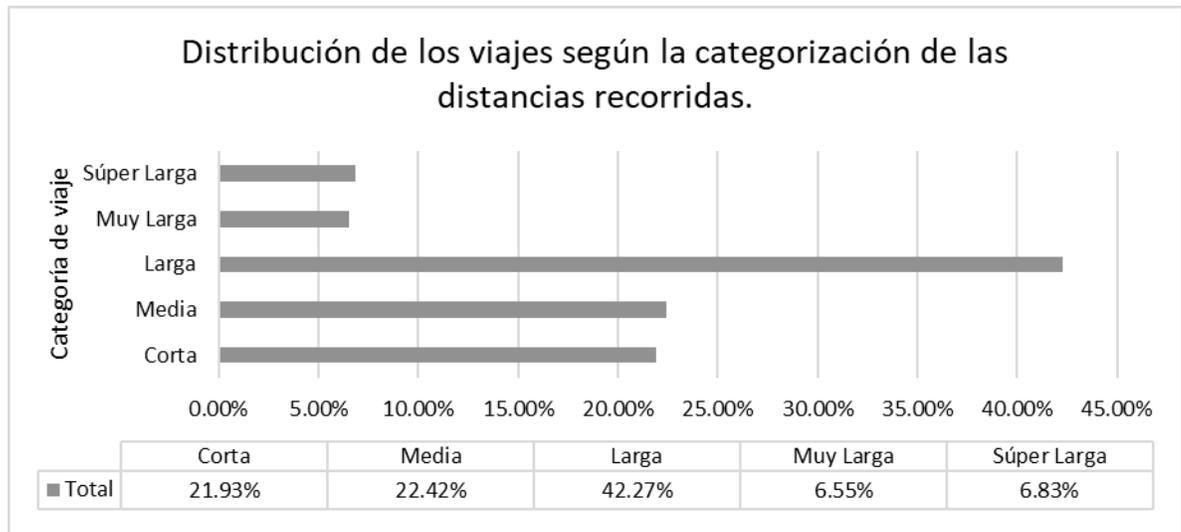
Tabla VI. **Distribución de los viajes según las distancias recorridas**

Etiquetas de fila	Kilómetros recorridos
Corta	66
Larga	38
Media	36
Muy Larga	4
Súper Larga	3
Total general	147

Fuente: elaboración propia.

Posterior a la clasificación de los viajes tomando como base el recorrido realizado, se hace una distribución de los viajes en el tiempo de análisis, mostrados en el Apéndice 2, para tener un panorama de la frecuencia de estos.

Figura 22. **Distribución de los viajes según la distancia recorrida**



Fuente: elaboración propia.

La distribución porcentual de los viajes y su categorización se enfoca, principalmente, en viajes de largas distancias en el rango de 91 km a 150 km, que representa alrededor de la mitad de los viajes completados en el presente

estudio. Lo anterior tiene repercusión en el tipo de mantenimiento que debe atender la demanda tanto de los viajes cortos y de mediano recorrido, menor a 91 km y los viajes muy largos y súper largos, que superan los 150 km. Ambos criterios de mantenimientos deben considerar: para los viajes cortos y medios el mantenimiento se enfoca en el motor y la transmisión por el bajo rendimiento que representan debido al tráfico de la ciudad de Guatemala; y, para los viajes largos, muy largos y súper largos el mantenimiento debe enfocarse en la suspensión y neumáticos por el amplio recorrido de las unidades.

Al tomar como base el período para el estudio de los viajes realizados, de enero a agosto del 2019, se analizó la cantidad de viajes ejecutados dentro y fuera de la ciudad con el fin de tener una base de datos que cumpliera con el requisito de muestra de las unidades analizadas y se llegó al siguiente resultado:

Tabla VII. **Detalle del tipo de vehículo usado para los viajes según el destino**

Tipo de camión	Dentro de la capital	Fuera de la capital	Total general
Camión 10 <i>pallets</i>	766	287	1053
Camión de 6 <i>pallets</i>	437	160	597
Total general	1203	447	1650

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VII se brinda el recuento de los viajes de los vehículos disponibles en las flotas de las empresas que brindan el servicio de transporte de carga, con un enfoque en los vehículos de 10 y 6 *pallets*, los cuales representan la mayor demanda de viajes. Los vehículos de 10 *pallets*, debido a su capacidad, representan un 63.8 % del total de viajes efectuados de enero a agosto del 2019, frente a un 36.2 % de viajes en los vehículos de 6 *pallets*, con lo cual es necesario un enfoque primario en los vehículos de 10 *pallets* sin dejar de analizar los

vehículos de 6, que figuran como un apoyo importante en la logística de transporte de producto. Con lo anterior, se determina que los datos de los vehículos analizados en este estudio cumplen y superan la muestra poblacional establecida para obtener los resultados esperados, teniendo como detalle las libras transportadas y los kilómetros recorridos en el Anexo 2.

Como parte del seguimiento cercano a la operación de los vehículos de transporte pesado de las distintas empresas, se pudo indagar en el cuidado y mantenimiento que se invierte en tema de los vehículos por medio de un informe creado y aplicado por el investigador (Apéndice 3). Ahí, se llegó a la pauta de que es un tema de descuido y únicamente se aplica un mantenimiento correctivo. Es decir, posterior a un mal funcionamiento, fuga de aire, desalineación de los ejes a causa del mal estado de los neumáticos, rotura de la banda de los neumáticos o incluso averías como una perforación que los inhabilitara, se procedía a ejecutar la reparación, o en caso fuera imposible, el reencauchado o posible cambio.

2.2.3. Fortalezas y debilidades de la empresa

Si se toman en cuenta las características de las empresas estudiadas, y las sendas formas de operar para lograr el cumplimiento adecuado de la entrega de producto a los clientes en el tiempo, lugar y cantidades óptimas, se pueden determinar los puntos en los cuales las empresas sobresalen y en qué será necesario mejorar.

Las fortalezas que se divisan en las empresas estudiadas radican en la gestión adecuada del tiempo disponible para calendarizar las operaciones de entrega de producto, el envío a tiempo de los vehículos a las respectivas bodegas, el proceso de la papelería de los distintos viajes y la entrega del producto al cliente. Adicionalmente, los viajes híbridos, los cuales consisten en el servicio de transporte de un tractocamión de las empresas que prestan el servicio de transporte de carga, y la plataforma con el producto es propiedad de la empresa estudiada, con lo cual se complementa la gestión adecuada.

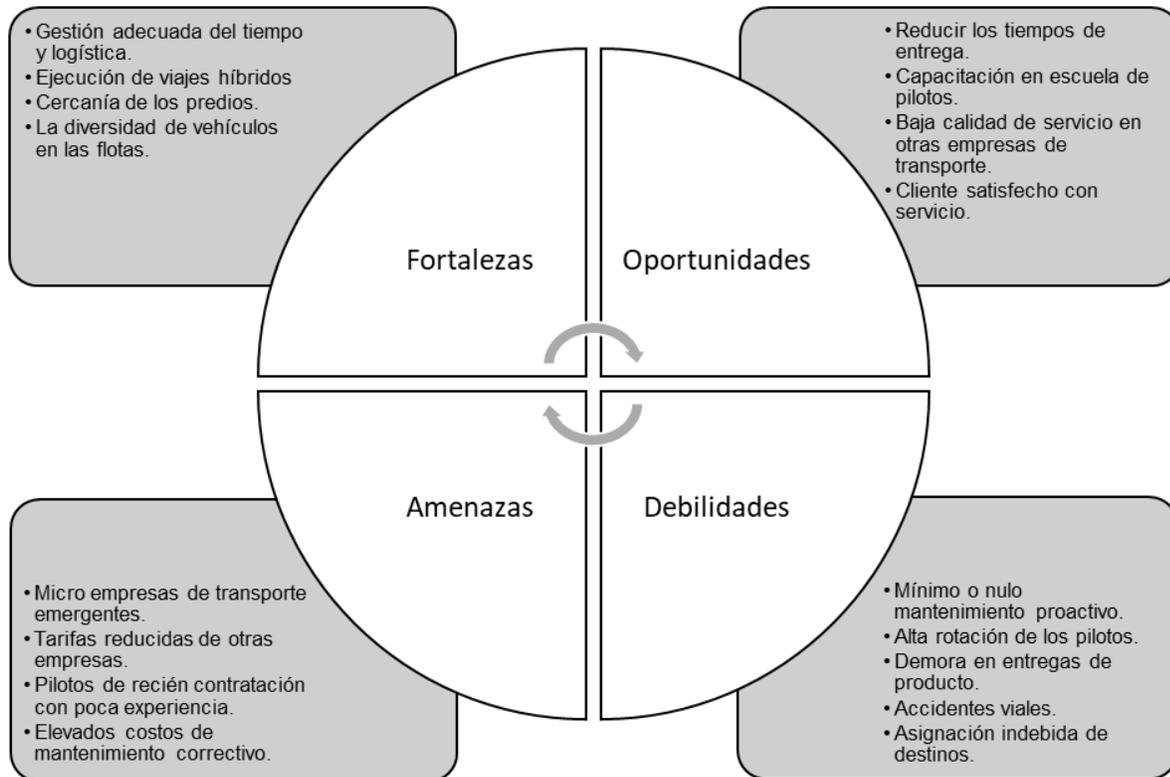
La distancia de los predios hasta las bodegas de la empresa estudiada representa una ventaja considerable, debido a que las ubicaciones estratégicas de estas no exceden los 30 km, con lo cual la operación se agiliza enormemente. La diversidad de vehículos y sus capacidades de carga también aportan beneficios para la operación, pues se cuenta con un amplio catálogo de opciones al momento de transportar los productos a los clientes. Además, las distintas vías de comunicación terrestres en Guatemala, a pesar de estar accidentadas y en precario estado, pueden ser transitadas pues se cuenta con opciones suficientes para superar dichas dificultades.

Entre las debilidades que se observaron, se puede mencionar un mínimo o nulo mantenimiento proactivo en las distintas empresas, por lo cual, recurren

en la mayoría de los casos al mantenimiento correctivo: desde los neumáticos, componentes dinámicos y estáticos de los vehículos, estructura general de las plataformas, cajas secas y carrocerías. Otro aspecto en el cual es necesario trabajar es la preparación y destreza de los pilotos en los territorios a los cuales se envían, debido a la alta rotación, es imposible dotarlos de toda la experticia para poder ejecutar todos los viajes asignados. Lo anterior resulta en una doble debilidad para las empresas, puesto que la falta de conocimiento de las rutas o distintos destinos implica mayor inversión de tiempo en la función de llevar el producto con el cliente; además, daños a las unidades por el poco cuidado en el manejo en las vías de comunicación terrestre y, en el peor de los casos, accidentes que ponen en riesgo la vida de la tripulación y terceros.

Como último punto, y no menos importante, se puede mencionar la indebida asignación de tareas del personal de taller, puesto que al considerar que algunas son micro y medianas empresas, el personal a cargo no cuenta con tareas específicas. Por lo tanto, no todo el personal cumple con un perfil óptimo para el puesto asignado y deben cumplir con tareas ajenas a su función principal; en tal caso, el mantenimiento pasa a segundo plano cuando debería ser parte de las funciones vertebrales en las empresas. Esto afecta directamente la disponibilidad de las unidades de transporte pesado y se refleja en las fallas mecánicas durante su recorrido, las cuales repercuten en incumplimientos de viajes y entrega del producto a los clientes.

Figura 23. **Análisis FODA de las empresas de transporte estudiadas**



Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Con el fin de solventar situaciones de mejoras que se notan en la flota de vehículos rentados, se procede a detallar los puntos y características sugeridas para implementar a la operación, todo con el fin de impactar positivamente en la rentabilidad de las empresas, la disponibilidad de las unidades y el óptimo aprovechamiento de los recursos. Lo anterior teniendo en cuenta que el tiempo para la mejora al plan de mantenimiento y cumplimiento del proyecto es un año, y teniendo en consideración que el ahorro estimado en la operación deberá ser igual o superar el 3 %, con respecto a los costos operativos.

3.1. Gestión del mantenimiento proactivo con la regla 80/20 (Ley de Pareto)

Como parte del análisis se procede a realizar un censo de las causas de las fallas más comúnmente detectadas en la flota de vehículos, esto por medio de una evaluación directa y acompañamiento en rutas de los distintos viajes, tanto de recorrido corto, como medio y largo, basándose en el formato presentado en el Apéndice 4. Dicho formato fue utilizado por el investigador abordando personalmente los vehículos con viajes asignados a los distintos destinos en el territorio guatemalteco, y la forma de aplicarlo es confidencial hacia la tripulación; es decir, los cuatro puntos a evaluados (salida de ruta, en la ruta, despacho y estado de la unidad) se hicieron de forma discreta de parte del evaluador, con el fin de no alterar demasiado el comportamiento habitual de la tripulación y que no se obtuvieran resultados sesgados del estudio. Luego de los abordajes a las rutas se detecta lo siguiente:

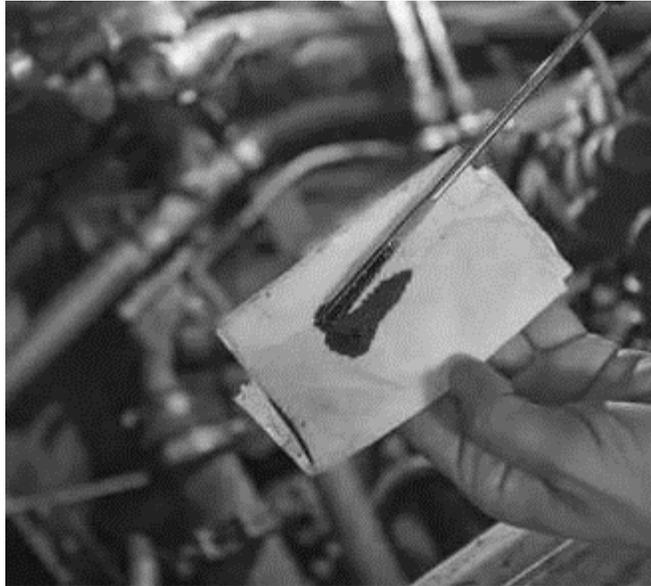
Tabla VIII. **Inconvenientes presentes en los vehículos de transporte de carga**

Detalle de inconveniente	Casos	Porcentaje de incidencias	Suma acumulada	Porcentaje acumulado
Neumáticos dañados	48	34 %	48	34 %
Sistema de suspensión dañado	31	22 %	79	56 %
Embrague desajustado	25	18 %	104	74 %
Frenos averiados	17	12 %	121	86 %
Aceite de motor con kilometraje excedido	12	9 %	133	95 %
Sistema de transmisión con problema	5	4 %	138	99 %
Carrocerías y chasis con inconvenientes	2	1 %	140	100 %
Total de casos	140			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII se puede observar las 140 entrevistas realizadas en los diversos viajes ejecutados en el período de enero 2019 a agosto 2019 y la distribución de los casos con menor índice de reportes o incidencias de mantenimiento fueron el sistema de transmisión y las carrocerías. Con lo anterior, se puede reflejar que la estructura de los vehículos cuenta con un mantenimiento adecuado puesto que solo el 5 % de los casos se enfocaron en ajustes de esos elementos. El siguiente inconveniente en la lista de mantenimientos realizados, que representa el 9 %, es el aceite de motor con un exceso de recorrido. Además, se puede decir acerca de la coloración, textura y olor, que no era ámbar, era viscosa sin contaminantes y sin olor a diésel.

Figura 24. **Contaminación del aceite de motor en unidades de transporte**



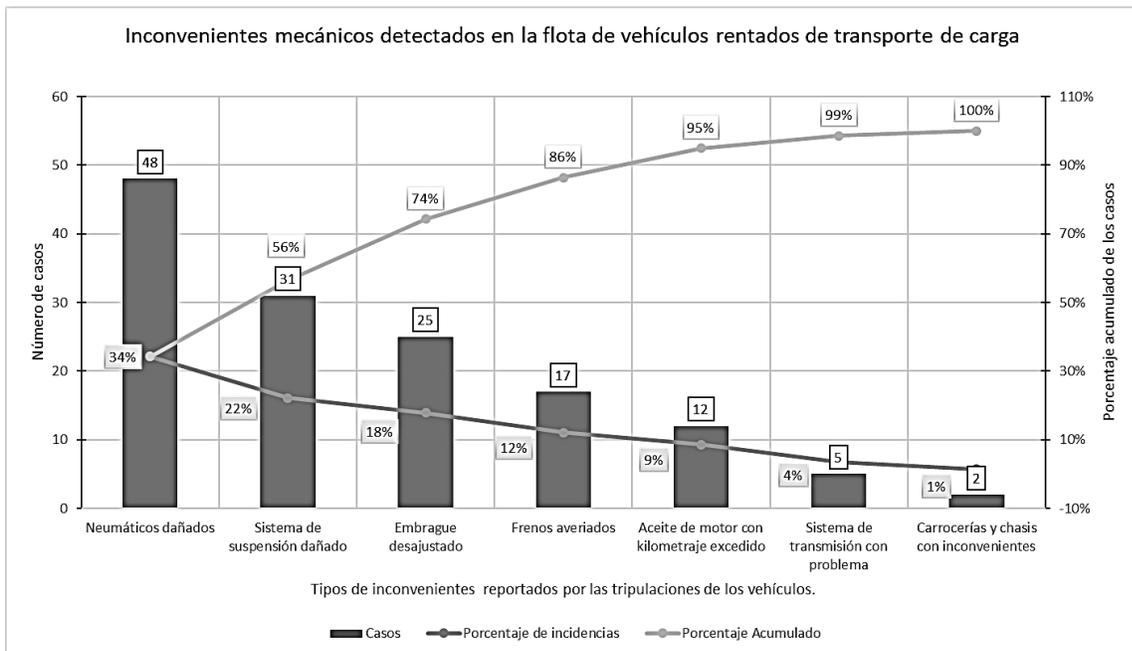
Fuente: [Fotografía de Juan Pablo Aquino]. (Guatemala, Guatemala. 2019).
Colección particular. Guatemala.

Luego de la investigación con los responsables del mantenimiento de las empresas de transportes no fue posible conocer el tipo de aceite específico que manejan para los motores de los vehículos, lo cual es un grave inconveniente puesto que no se está siguiendo, y tampoco cumpliendo, las recomendaciones del fabricante y las normas internacionales.

Lo que se recomienda es aplicar aceites de una categoría CI-4 en los motores de combustión interna, según la clasificación de los aceites recomendada por el Instituto Americano del Petróleo presentada en el Anexo 1, con la cual se cumple con las normativas de emisiones de gases contaminantes al ambiente. Se busca cumplir con lo anterior, aunque en Guatemala, el reglamento creado en 1993 que estipulaba los límites máximos de emisiones permitidas al ambiente fue derogado (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2012). Sin embargo, cumplir con los estándares internacionales de

aceites recomendados y emisiones asegura un óptimo aprovechamiento del motor y rendimiento del combustible y, adicionalmente, reduce la tasa de contaminación del ambiente y la huella de carbono.

Figura 25. **Inconvenientes mecánicos en la flota de vehículos rentados**



Fuente: elaboración propia.

Analizados los casos de criticidad media-baja que representan el 26 % del total de los casos y que actualmente no repercuten un impacto considerable en la disponibilidad de los vehículos, se procede a analizar los inconvenientes mecánicos catalogados por el investigador como criticidad media-alta y criticidad alta. Estos representan el 76 % de los casos analizados y tienen una alta importancia, puesto que son la mayor parte de los inconvenientes que han impactado severamente el buen desempeño de las unidades de transporte. Dicha categorización se hizo en función del riesgo que representan los inconvenientes,

y, más que las pérdidas materiales, de tiempo o de producto no entregado, se está poniendo en riesgo la vida de la tripulación.

Procediendo con el análisis, entre los inconvenientes que representan un 30 % de los casos analizados están: frenos averiados, con un 12 % de incidencias en el estudio realizado y embrague desajustado, con un 18 %. Estos casos son notados por la tripulación debido a que el vehículo en ruta permite detectar señales inusuales que entorpecen o dificultan la maniobra del mismo, o reduce funciones básicas como estabilidad, frenado y desarrollo de potencia normal.

Entre las señales, se podrían mencionar las siguientes: oscilación o movimiento en vaivén lateral del camión en ruta, arrastre del tren delantero o trasero al frenar, derrape parcial en un lado de los ejes del vehículo, acoplamiento de velocidad incompleto, transmisión imparcial de potencia al soltar el pedal del embrague, calentamiento de la transmisión de potencia, fuga de aceite de la caja de cambios y nula transmisión de potencia, en algunas ocasiones.

Todos los casos mencionados anteriormente, surgen de una inadecuada inspección mecánica a las unidades, de la falta de reporte de dichos inconvenientes por parte de la tripulación al personal de mantenimiento, o bien, porque simplemente, se trata de exceder la vida útil de los componentes y se evita el mantenimiento proactivo. Por el contrario, se esperan daños severos para aplicar el mantenimiento correctivo, sin tomar en cuenta las señales como el sobrecalentamiento de la unidad de transmisión, fugas de aceite, ruidos en la caja de cambios o desajustes al hacer los cambios de velocidades.

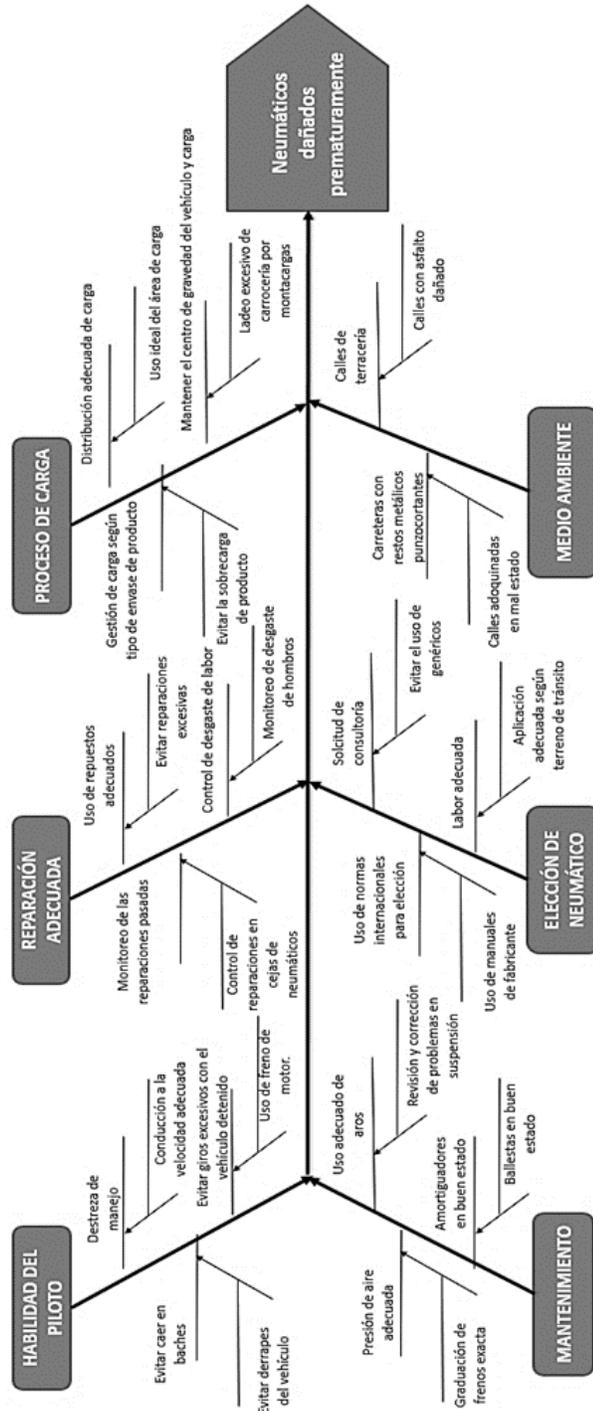
Por último, la categoría de criticidad alta, que incluyó la mayor cantidad de casos (56 %), representa el mayor riesgo de accidentes en la ruta de transporte de productos; por lo tanto, el estudio se enfocó en dichos casos. El caso con un

22 % de incidencias fue el sistema de suspensión dañado, lo cual ocasionaba una oscilación constante cuando el vehículo se conducía por la ruta. Desde el momento en que conectaba el motor con la transmisión de potencia, se generaba un movimiento de vaivén considerable en la unidad que estaba alejado de una condición aceptable; dicho factor a una velocidad mayor de 45 km/h en la ruta generaba mayores oscilaciones y el peso del producto provocaba que el movimiento se perpetuara, hasta cinco o seis oscilaciones.

Arraigado al inconveniente mencionado anteriormente, la estructura, el peso del producto y los componentes dinámicos del vehículo recaen directamente en los neumáticos, los cuales reflejan una serie de problemas detallados en el Apéndice 5, donde se detallaron los seis casos más frecuentes en el análisis de rutas, los cuales van desde desgastes irregulares hasta fracturas en los flancos. Cabe mencionar que el único medio de tracción mediante el cual los vehículos pueden detenerse en caso de emergencia son los neumáticos y el hecho que no estén recibiendo la atención y mantenimiento proactivo adecuado pone en riesgo muchas variantes: desde daños a los vehículos, el producto transportado, e incluso daños a la tripulación y en el peor de los casos, la muerte de estos por accidentes viales.

Posterior a la tabulación y detalle de los inconvenientes reportados en los vehículos, se procede a ejecutar el estudio de análisis de causa raíz en el principal problema de los neumáticos dañados, para incluir todas las posibles variables que requieren atención, lo cual se basó en el Apéndice 7 y se detalla a continuación:

Figura 26. Factores que impactan en el tiempo de vida de los neumáticos



Fuente: elaboración propia.

Del diagrama de causa-raíz se resaltarán los puntos que actualmente se pueden mejorar, sin embargo, se está llevando a cabo un proceso adecuado en los procesos que requieren atención inmediata por el riesgo que representan, iniciando por los puntos con menor riesgo.

El proceso de carga por parte del personal de las bodegas se ejecuta de tal manera, que las tarimas con el producto se colocan adecuadamente en los espacios, o también conocidos como bahías de carga, con lo cual no se detectó riesgo alguno de derrumbe de las tarimas con producto de los vehículos; este es uno de los puntos que se resaltan de la operación. El medio ambiente es una variable independiente del proceso, la cual únicamente se puede afrontar teniendo un adecuado proceso de mantenimiento, que asegure la integridad y óptimo funcionamiento de los vehículos. Como se tiene conocimiento, la mayor cantidad de vías terrestres de Guatemala están en una mala condición y esto genera mayor deterioro en las unidades.

Para la elección del neumático, a la fecha, se tiene conocimiento de que las empresas de transporte se asesoran con empresas de venta de neumáticos y según el criterio, el precio y la disponibilidad de inventario de estos se toman decisiones de compra. Ante esta situación, se puede resaltar que el factor tiempo e inventario disponible sesgan demasiado las opciones de los propietarios de los vehículos, puesto que no se lleva a cabo un proceso comparativo de varias propuestas, sino que se realizan compras urgentes debido a que los cambios de neumáticos en estas empresas de transporte se llevan a cabo hasta el momento en que se cambiarán, sin ninguna anticipación y esto incurre en errores como una mala elección de neumáticos y a un precio elevado, por el tipo de aplicación.

La reparación adecuada de los neumáticos en los casos estudiados cuenta con nula importancia; las fallas importantes por reparar son únicamente cuando

se pinchan o tienen alguna fuga de aire, de lo contrario, los casos presentados en el Anexo 6 son condiciones de operación normal. En el caso de la habilidad del piloto para manipular uno de los vehículos, adicional a contar con su licencia adecuada para la operación, en la empresa se cuenta con una escuela de pilotos y su debida certificación para verificar que los responsables de manipular algunas de las unidades reúnan las habilidades y conocimientos adecuados, para evitar así que se incurra en algún tipo de manejo irresponsable o en acciones que pongan en riesgo a los pilotos y a terceros involucrados, ajenos a la operación.

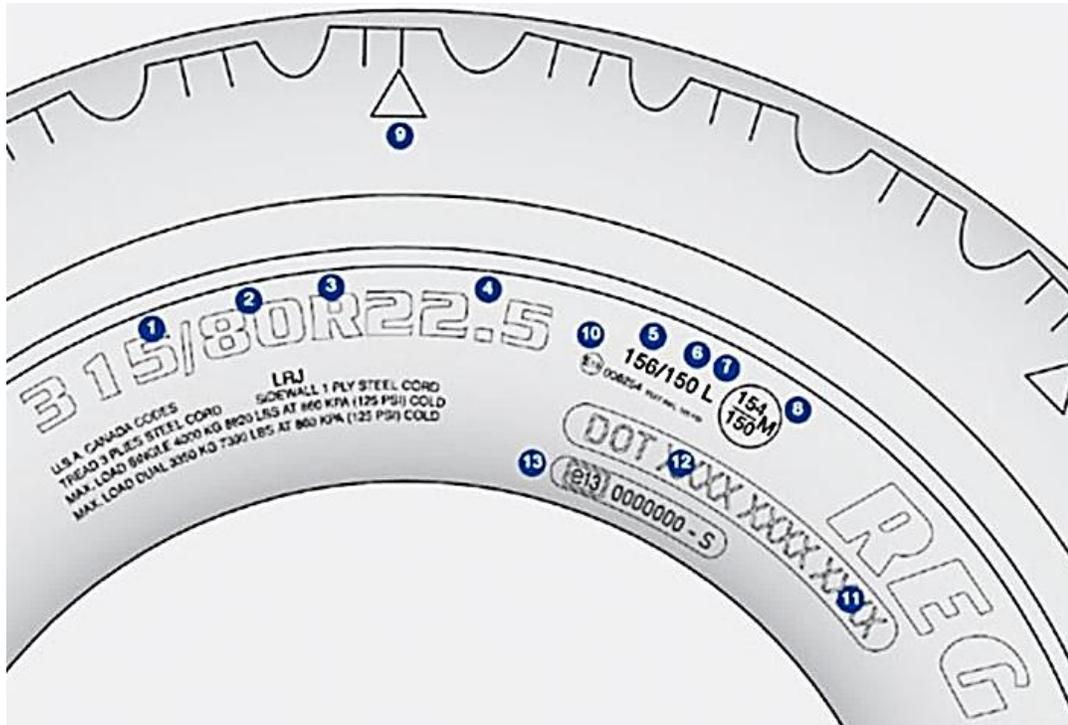
Como último punto en el diagrama causa-efecto se menciona el tema de mantenimiento, el cual se está dejando a merced de las fallas y posterior a eso, se efectúa el mantenimiento correctivo, menuda operación. Considerando la evaluación y estudio ejecutado en las unidades y el abordaje a ruta para conocer su desenvolvimiento se pudieron detectar varios puntos que deben considerarse en el mantenimiento proactivo y planificar una reparación, lo más pronto posible, en primer caso de los neumáticos y junto a ese mantenimiento, tomar en cuenta la condición de la suspensión. El hecho de trabajar en conjunto el mantenimiento proactivo de los neumáticos y suspensión, se basa en las condiciones actuales y primordialmente al tomar en consideración que el único medio de contacto y tracción de los vehículos son precisamente estos. Por lo tanto, es importante tanto el sistema de frenos como estos dos sistemas, puesto que sería insuficiente contar con una tracción adecuada de los vehículos si los frenos no funcionan correctamente.

3.1.1. Condiciones de aprovechamiento

Como situaciones primordiales que se deben mitigar, según los múltiples casos observados en los distintos predios de las empresas, se destacan el buen uso de los neumáticos y el monitoreo del desgaste. Esto se debe a la falta de atención que se les brinda y al alto impacto en el rendimiento de las unidades, con lo cual se disminuye considerablemente el indicador de rendimiento del combustible.

El principal efecto causado por defectos en los neumáticos principalmente es la volcadura, por tanto, es requerido e indispensable su debido monitoreo y una correcta elección, para evitar que un neumático inadecuado esté presente en las unidades de transporte de carga. Se puede utilizar el Anexo 2 para hacer una correcta elección de neumáticos, como primera medida de prevención. En dicho anexo se explica detalladamente desde el índice de carga hasta el símbolo ISO de velocidad, tomando en cuenta el tipo de vehículo que se utilizará, la forma de manejo del personal, el tipo de camino que se recorrerá cotidianamente, las condiciones de las vías de transporte y las condiciones climáticas.

Figura 27. **Ubicaciones de las principales marcas de los neumáticos**



1. Anchura de sección de neumático (mm o pulgadas).
2. Relación de aspecto entre altura y anchura nominales (SH/SD) Estructura radial.
3. R = radial
4. Diámetro de llanta (pulgadas)
5. Índice de carga (carga máx. por neumático - sencillo)
6. Índice de carga (carga máx. por neumático - gemelado)
7. Código de velocidad
8. Índices de carga alternativos cuando se usa velocidad alternativa
9. TWI = Indicador de desgaste de banda de rodadura
10. Número de homologación CEE
11. Código de fecha (semana, año)
12. Código de fabricación DOT
13. Número de ruido, indicador de que el neumático cumple con la normativa CEE sobre ruido

Fuente: Goodyear (2015). *Entendiendo su neumático*. Consultado el 30 de julio del 2019. Recuperado de:

https://www.goodyear.eu/es_es/truck/goodyear-quality/understanding-your-tyre/#load-index

Posterior a la adquisición de uno o varios neumáticos nuevos es necesario brindarle una atención dedicada y un historial de recorrido, así como de reparaciones y rotaciones ejecutadas. Si fuese requerido reparar y brindar mantenimiento proactivo a los neumáticos, según sea el caso del mantenimiento por planear y ejecutar, se puede llevar a cabo con el Anexo 3. En dicho apartado se detallan ocho tipos de reparaciones, las cuales son precisamente seis de las que se han presentado hasta la fecha en la flota de vehículos rentados. Según la clase de reparación que se va a ejecutar, se brinda un apartado de aplicación, donde se puede clasificar el tipo de uso y carga que se le aplica al neumático, de acuerdo con estas opciones: servicio interno, transporte de larga distancia, recolección y entrega de producto, recorridos largos, recolección y entrega de productos, servicio intenso o todas las anteriores.

Si es necesario repetir algún tipo de reparación en el neumático por incidencia de daños, en el Anexo 3 se brinda una guía de la cantidad máxima permitida por neumático y las dimensiones de las reparaciones, principalmente, para asegurar que la reparación se está ejecutando correctamente y evitar que el exceso de reparaciones conlleve a una falla total del elemento. En caso de exceder las cantidades máximas de reparaciones, es necesario considerar nuevamente la elección del tipo de neumático y la aplicación que se le está brindando.

El daño de los sistemas de suspensión va directamente ligado al mal uso del vehículo, así como también el embrague y los frenos. Esto se ve impactado por la poca destreza o descuido de los pilotos asignados a cada uno de los vehículos, con lo cual será necesario la evaluación de estos previo a la asignación de una unidad de transporte. Por ende, será necesario un proceso más riguroso o hacer uso de una institución de *outsourcing*, para la capacitación y evaluación adecuada del personal a cargo de los vehículos.

El uso adecuado del lubricante para cada motor se ve reflejado en el rendimiento de los vehículos. Para las unidades estudiadas, se cuenta con las siguientes especificaciones:

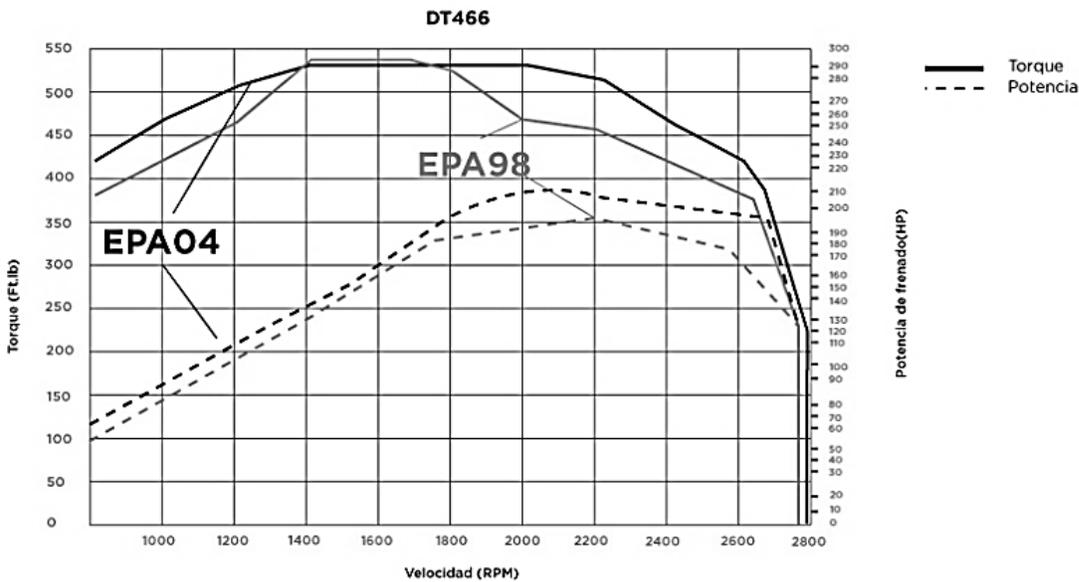
Tabla IX. Especificaciones técnicas de los vehículos de 10 pallets

MOTOR	Diesel, 4 tiempos, enfriado por agua, 6 cilindros en línea.	PESO BRUTO VEHICULAR	13,000 Kgs. (28,600 Lbs.).
POTENCIA	260 HP a 2,500 rpm.	DIRECCIÓN	Hidráulica inclinable y ajustable.
DESPLAZAMIENTO	7,684 cc	FRENOS	Aire sobre Hidráulico de doble circuito.
TIPO DE ASPIRACIÓN	Turbo cargado con Intercooler	VELOCIDADES	6 cambios más retroceso, sincronizadas de segunda a sexta.
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Riel común.	TANQUE DE COMBUSTIBLE	200 litros.
EMISIÓN DE GASES	EURO III	DISTANCIA ENTRE EJES	4,850 mm.
CAPACIDAD DE CARGA	9.5 Toneladas.	CARROCERÍA RECOMENDABLE	21 ft.
VELOCIDAD MÁXIMA	122 kms. por hora.	NEUMÁTICOS	255/70R22.5
GRADEABILIDAD	47.2%.		

Fuente: Grupo Codaca (2019). *Camiones de carga*.

En la tabla IX se cuenta con los datos técnicos y básicos acerca de las unidades analizadas, iniciando por el detalle del motor, el tipo de combustible usado, la cantidad de cilindros, la potencia desarrollada y las revoluciones por minuto a la cual desempeña dicha potencia; el volumen de las cámaras de combustión, el tipo de aspiración de aire del ambiente, la capacidad de carga del vehículo, la velocidad máxima desarrollada, el tipo de dirección y su sistema de asistencia; los tipo de freno y el método de accionamiento, la cantidad de velocidades de la caja de transmisión de potencia, la capacidad del tanque de combustible, la distancia entre ejes del vehículo, la dimensión de la carrocería más apta para el tipo de vehículo y los neumáticos recomendados.

Figura 28. **Especificaciones del motor EPA04 de los vehículos de 10 pallets**



Fuente: International (2019) *Datos técnicos de motores*. Consultado el 5 de agosto del 2019. Recuperado de: <https://latin-america.internationalcamiones.com/motores/international-dt466>

Si se tienen presentes los datos técnicos de las unidades, se esperaría que los pilotos operaran en el punto dulce del motor, es decir, cuando el motor desarrolla su mayor potencia con un consumo eficiente de combustible y acerca del cual, el fabricante recomienda no exceder dichas revoluciones por minuto en el manejo de vehículo. Sin embargo, en la observación de campo se detectó que la mayoría de los pilotos excede ese límite de 2 600 rpm, con lo cual impactan negativamente el rendimiento esperado y reducen considerablemente la vida útil del aceite; además, generan daños al motor por calentamiento, un desgaste paulatino de los componentes dinámicos y, en general, reducen la vida útil de los vehículos.

3.1.2. Innovación del plan de mantenimiento

Con una buena elección del lubricante, debe incluirse un control estricto y específico de análisis de aceite para asegurar que el funcionamiento del motor es el adecuado. Para esto se detalla a continuación la distribución recomendada para un análisis de aceite y evitar imprevistos en el motor. Adicionalmente, el cambio de lubricante debe tener una serie de análisis recomendables y aconsejables que permitirán conocer el estado de los componentes dinámicos, la cantidad de agentes ajenos al aceite y sus aditivos y tener un panorama adecuado de cuándo es aconsejable llevar a cabo un cambio de aceite, o bien, un reemplazo de componentes en el motor, con el fin de evitar una falla en operación, que representaría mayor daño al equipo con desgaste y componentes aledaños, en casos más severos. A continuación se detalla una serie de análisis y la aplicación a los equipos presentes en un motor de combustión interna:

Tabla X. **Pruebas de análisis de aceite para motor y componentes**

Equipo	Análisis Espectro-gráfico	RFS	Ferrografía	Viscosidad FTIR
Motor	R	A	A	R
Compresor	R	R	A	R
Caja de cambios	R	R	A	R
Rodamientos	R	R	A	R
Componentes hidráulicos	R	R	A	R
Turbo compresor	R	R	A	R
Motores eléctricos	R	R	A	R

R: Requerido
A: Aconsejable

Fuente: elaboración propia.

Los componentes presentes en los motores de los vehículos estudiados son todos los indicados en la tabla X, con lo cual se esperaría que las pruebas de análisis espectro-gráfico, RFS (Espectroscopia de filtro Rotrode, por sus siglas en inglés), ferrografía, viscosidad y FTIR (Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, por sus siglas en inglés) se realicen por lo menos una

vez al año, debido a la antigüedad de los vehículos y, de esta manera, prever un servicio específico de los componentes dinámicos de motor, como el compresor, la caja de engranes, los rodamientos, los componentes hidráulicos, el turbocompresor, los motores eléctricos, incluso el mismo motor.

Tabla XI. **Componentes y límites admisibles en aceites**

Elemento	Caterpillar	Cummins	Detroit Diesel
Hierro	100 ppm	84 ppm	150 ppm
Cobre	45 ppm	30 ppm	90 ppm
Plomo	100 ppm	100 ppm	No especificado
Aluminio	15 ppm	15 ppm	No especificado
Cromo	15 ppm	15 ppm	No especificado
Estaño	20 ppm	20 ppm	No especificado
Sodio	40 ppm	20 ppm	50 ppm
Boro	20 ppm	25 ppm	20 ppm
Silicio	10 ppm	15 ppm	No especificado
Viscosidad	+20 % a -10 % del grado SAE nominal	+/- 1 grado SAE o 4 cSt del aceite nuevo @ 100°C	+40 % a -15 % del grado SAE nominal @ 40°C
Agua	0.25% máx.	0.2% máx.	0.3% máx.
TBN	1.0 mg KOH/g valor min.	2.0 mg KOH/g min., 0 50% del inicial o igual a TAN	1.0 mg KOH/g valor mín.
Dilución por combustible	5% máx.	5% máx.	2.5% máx.
Dilución por glicol	0.1% máx.	0.1% máx.	0.1% máx.
Ferrografía	Por excepción	Por excepción	Por excepción

Fuente: elaboración propia.

Luego de la generación de los resultados de los análisis de aceite de los componentes del motor y del motor de combustión interna de las unidades, es necesario contar con una guía que permita conocer los límites aceptables de componentes en el aceite. Idealmente, el aceite del motor debería contar con la presencia de los aditivos de fábrica, pero al saber que la función del aceite es evitar el desgaste del motor y al momento de envejecer el aceite, se pierden sus características de protección y anticorrosión, es común que se presenten elementos ajenos. El objetivo de los análisis de aceite es tener presente qué elementos se están deteriorando dentro del motor, y así poder ejecutar el mantenimiento predictivo y evitar paros de las unidades de transporte de carga.

En cuanto a la conducción y los inconvenientes presentados en las unidades analizadas, se detectaron varios casos con enfoque en la caja de cambios y una mala transmisión intermitente o nula transmisión, en el peor de los casos. Aunado a la importancia de selección del lubricante adecuado para las unidades y considerando que por la antigüedad de algunos equipos ya no se cuenta con los manuales de usuario para seguir las indicaciones del fabricante, es necesario avocarse a las normas del Instituto Americano del Petróleo, que son las más relevantes en el tema de investigación y aplicación de lubricantes a equipos y mecanismos. En dicha institución se cuenta con especificaciones normadas para aceites para ejes y transmisiones, las cuales se detallan ampliamente en el Anexo 4 y de las cuales existen tres categorías que ya no están vigentes; estas se incluyen con el fin de brindar una guía a los usuarios para que eviten usar aceites con dichas clasificaciones, que son:

- API GL-1: Categoría aplicada en transmisiones manuales en condiciones moderadas de presión y velocidades
- API GL-2: Categoría aplicada a ejes de engranajes de tornillo sinfín en condiciones de presión y velocidad bajas-moderadas
- API GL-3: Categoría de transmisiones manuales y ejes cónicos espirales bajo condiciones de carga y velocidad moderadas-severas

Se extrae la recomendación de la API MT-1 como principal opción para la flota de vehículos estudiada, por el tipo de aplicación, la cual se detalla a continuación:

Tabla XII. **Especificaciones de aceites para engranajes de vehículos de carga**

Categoría	Estado	Se usa en	Condiciones de funcionamiento	Notas
API MT-1	Activo	Transmisiones manuales no sincronizadas que se usan en autobuses y camionetas para uso pesado	Protección contra la combinación de degradación térmica, desgaste de los componentes y deterioro del sello de aceite	Supera la protección proporcionada por lubricantes que cumplen únicamente con los requisitos de API GL-4 y API GL-5.

Fuente: Lubrizol (2019). *Especificaciones para aceites para ejes: de API GL-1 a la actualidad*. Consultado el 21 de agosto del 2019. Recuperado de: <https://espanol.lubrizol.com/Lubricant-and-Fuel-Additives/Driveline-Additives/Axle-Oil/Specifications>.

Con base en las normas del Instituto Americano del Petróleo, se toma como referencia la categoría de aceite API MT-1 para los vehículos de 10 y 6

pallets de las flotas de vehículos de transporte de carga, puesto que no se detectó un criterio propio por parte de los encargados del mantenimiento de las flotas para la elección de los aceites para las cajas de cambios, lo cual dejaba a discreción los criterios de elección basados en la experiencia recurrente de un tipo de lubricante, o marca en específico.

3.2. Herramienta para aprovechamiento óptimo de los vehículos

El aumento de la eficiencia en el aprovechamiento de los vehículos radica en la reducción de costos por medio del buen uso de las unidades, conociendo los costos fijos en que se pueden incurrir y controlarlos, para generar el ahorro esperado. Además, se identifican los costos variables y la manera de efficientizar la operación de los vehículos para buscar el ahorro de combustible, uso ideal de los neumáticos y generar un mayor margen de uso de las unidades de transporte pesado. Para llevar a cabo el análisis y generación de la herramienta de cálculo, se tomarán en cuenta los siguientes puntos:

3.2.1. Costos fijos

Son los gastos que no variarán independientemente de si el vehículo está en funcionamiento o no. Esos costos son:

- Sueldo base del personal: Es el sueldo de los conductores y auxiliares de ruta, conocidos en conjunto como tripulación.
- Estacionamiento: Es la tarifa por el alquiler de espacio mientras las tripulaciones descargan el producto.
- Seguros de mercancía: Es la prima de la póliza que cubre la mercancía de accidentes, robos o hurtos en la ruta.

- Gastos administrativos: Son aquellos rubros que las empresas pagan por oficinas, sueldos de personal de oficina, equipo de oficina, entre otros.
- Depreciación: Compensación económica por el deterioro de los vehículos al realizar el transporte de mercancías.
- Servicios de telecomunicaciones: Servicios como internet, seguimiento de unidades por GPS y telefonía usados con el fin de monitorear los vehículos en ruta.

3.2.2. Costos variables

Son los gastos que varían dependiendo de la distancia recorrida y el tiempo de las unidades de transporte. Esas variables son:

- Combustible: Es el costo por el derivado del petróleo usado para la combustión y generación de potencia, comúnmente llamado diésel.
- Mantenimiento e insumos: Son los implementos usados para llevar a cabo las operaciones de reparación de las unidades de transporte.
- Viáticos del personal: Son los gastos incurridos al momento que la tripulación requiere hospedaje y alimentación por viajes que exceden el límite de horas laborales por día.
- Limpieza de la unidad: Es la cuota usada para mantener las unidades de transporte en estado adecuado para que las personas las usen.
- Horas extra: Se incurre en el pago de horas extra cuando se excede el límite de horas laborales al día para una o varias personas.
- Pago de peajes: Tarifa usada para el tránsito de las unidades por vías privadas, por motivos de agilizar la logística de los viajes.

De las variables anteriores, para los casos estudiados se seleccionan las siguientes, que se usarán en el modelo de cálculo de la tarifa variable:

Tabla XIII. **Variables para cálculo de tarifa variable**

Costos fijos	Costos variables	Costos extras (manual)
Sueldo del piloto y auxiliar	Consumo de combustible	Pago de peajes
Seguro de mercancía	Mantenimiento de la unidad	
Gastos administrativos		

Fuente: elaboración propia.

Con base en la tabla XIII, se procede a realizar las ecuaciones de los costos fijos para el modelo de cálculo:

$$C_{fijo} = \text{Sueldo de piloto (Q)} + \text{Sueldo de auxiliar (Q)} + \text{Renta de Operación (Q)} \\ + \text{Gastos administrativos (Q)} + \text{Seguro de mercancía (Q)} \quad [1]$$

En el caso de los costos variables, se toman en cuenta la tabla XIII, el costo por mantenimiento de los vehículos de 10 toneladas métricas (6.3 Q/km) y el rendimiento promedio de los motores (11 km/Gal). La ecuación para el costo variable sería:

$$C_{variable} = \left[\frac{\text{Distancia(km)}}{\text{Rendimiento} \left(\frac{\text{Km}}{1\text{Gal}} \right)} * \text{Costo de combustible} \left(\frac{\text{Q}}{1\text{Gal}} \right) + \text{Costo Mantto} \left(\frac{\text{Q}}{\text{Km}} \right) \right] \\ * \text{Distancia (Km)} * [\text{Peso a trasportar(Lbs)}] + [\text{Cuota de tiempo en ruta}] \quad [2]$$

3.3. Gestión retroactiva de costos en mantenimiento

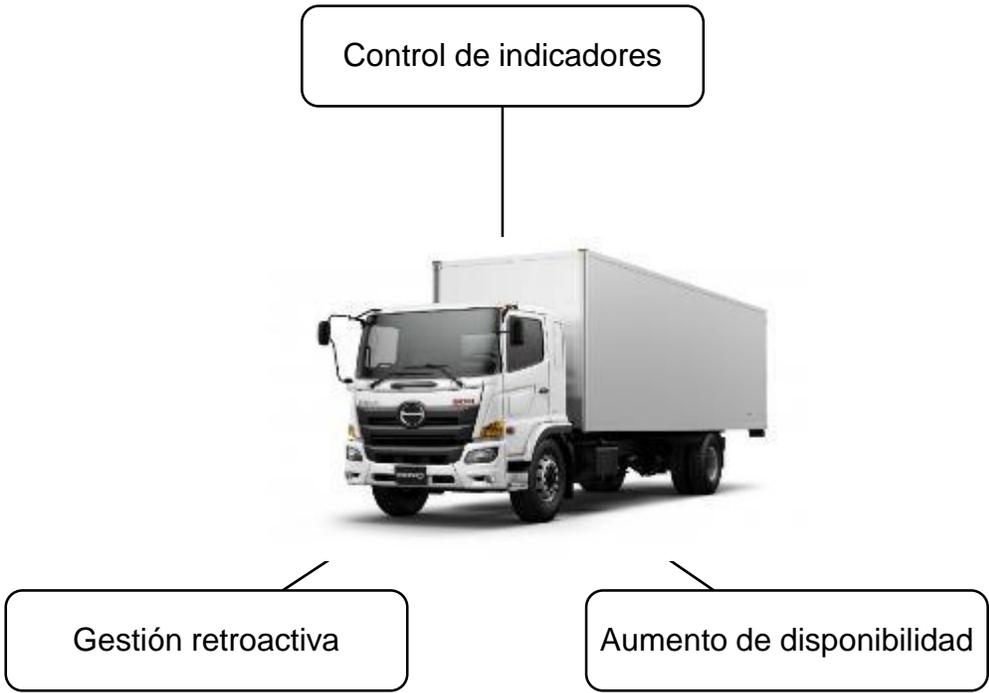
La gestión de los costos de mantenimiento se basará en el historial de tarifas del año 2019 y los pagos realizados por los viajes ejecutados, en ese mismo año, a los proveedores del servicio de transporte pesado. El pago para los proveedores se basa en el tipo de vehículo utilizado para el transporte de carga, en este caso se basa en la muestra de vehículos de 10 toneladas métricas, los kilómetros recorridos, el tiempo en ruta estimado por el programa de ruteo y la cantidad de clientes que tendrá que visitar (los cuales no exceden un número de quince). Para los años anteriores a 2019, la forma de pago se realizaba por una tabla consolidada de tarifas de varios proveedores que solicitaban el pago según sus estimaciones; sin embargo, en la ejecución de cotizaciones, las tarifas variaban según empresa y esto conllevó a realizar un ajuste con base en los kilómetros recorridos, las libras transportadas, el tiempo en ruta y los clientes llevados por los vehículos. Dicho cálculo basado en la suma de las ecuaciones 1 y 2 genera datos distintos para las tarifas que, en muchas ocasiones, es menor a las cotizaciones de los proveedores, lo cual se hace de su conocimiento y por medio de un mutuo acuerdo se acepta la tarifa, explicándole las pautas de cálculo y condiciones del viaje.

3.3.1. Propuesta para control de indicadores operativos

La investigación y seguimiento de los procesos de distribución de productos a los clientes, aunado con la mejora continua, radica en el mayor aprovechamiento de los vehículos. Por otro lado, es importante que la cantidad de libras transportadas en los vehículos sean cercanas a la capacidad máxima; en cuanto a los tiempos en ruta se requiere trabajar en la optimización, esto para evitar fatiga de las tripulaciones, el vehículo y exceder las jornadas de trabajo del personal. Con lo anterior se asegura la efectividad de entrega del producto en el

tiempo pactado, con la cantidad total del pedido del cliente y efectuando todas las visitas a los clientes asignados a las rutas. Esto será posible si se tiene lo más actualizada posible la base de datos de las empresas que prestan el servicio de transporte, de su flota disponible para la asignación de viajes y de la distribución de los pedidos según los destinos solicitados por los clientes.

Figura 29. **Unificación de puntos por mejorar en la flota de vehículos rentados**



Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Mejora en la eficiencia del rendimiento de los vehículos

El enfoque en el rendimiento de los vehículos radica principalmente en la forma de manejo de las unidades, por tanto, es intrínseco de los pilotos y la escuela de manejo que han tenido a lo largo de su trayectoria y la experiencia acumulada. En este punto es muy difícil indicar que la falta de mantenimiento pueda tener una amplia influencia en la forma en que se desarrolla el manejo y el cuidado que se tenga en la ruta en evitar irregularidades de las vías, tales como baches, obstáculos en la vía, conducción en terracería, entre otros.

La probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente en el momento que el piloto realice una maniobra, es responsabilidad del taller de mantenimiento; cómo realizar las maniobras de conducción es independiente al cumplimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo. Se menciona este punto con el fin de aclarar que a continuación se hará una reseña acerca de la forma de conducir, considerando que el motor tiene indicaciones preestablecidas del fabricante y es recomendable seguirlas.

El punto dulce del motor, o el rango de revoluciones en que este se desempeña de la forma más eficiente y tiene un rendimiento de combustible mayor, es el punto en el cual el fabricante indica que debe desenvolverse el motor, preferentemente. Exceder ese límite de revoluciones provocará que se use más combustible del necesario para desempeñar la misma función, y eso incide en el aumento de la temperatura del motor, el aumento del consumo de combustible y la reducción drástica del rendimiento del combustible. Para los modelos de vehículos de 10 toneladas métricas en estudio, el rango de revoluciones por minuto recomendadas por el fabricante es entre 1 000 a 2 200 rpm.

Figura 30. **Tablero de luces testigo de los vehículos de 10 toneladas métricas**



Fuente: [Fotografía de Juan Pablo Aquino]. (Guatemala, Guatemala. 2019).
Colección particular. Guatemala.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la cuarta fase de la investigación se desglosa el análisis de la información recolectada por los distintos medios, desde entrevistas hasta base de datos del sistema interno, con el fin de ejecutar los cálculos y análisis pertinentes para alcanzar la meta de la culminación del proyecto de las tarifas dinámicas. Las áreas de oportunidad de mejora se detectaron principalmente en el mantenimiento proactivo de las unidades y la forma de conducción de las unidades, respecto a las recomendaciones de los fabricantes.

4.1. Oportunidades de mejora en el mantenimiento proactivo

El mantenimiento proactivo en las empresas de transporte de bebidas que prestan el servicio muestra señas de desorganización, ya que su táctica de mantenimiento ha sido mayormente reactiva, es decir, se ejecutan mantenimientos correctivos hasta el momento en que ocurren las fallas. Así, se produce una reducción considerable de la disponibilidad de las unidades y esto afecta al cumplimiento de las entregas de producto a los clientes, en el tiempo pactado. Por medio del análisis de la operación se detectó que la mayor atención del mantenimiento proactivo debe enfocarse en la sección de neumáticos y suspensión, debido al alto porcentaje de incidencias que presentan desde enero hasta agosto del 2019, que asciende a un 56 %, como se muestra a continuación:

Tabla XIV. **Inconvenientes en las unidades de transporte rentado**

Detalle de inconveniente	Casos	Porcentaje de incidencias	Suma acumulada	Porcentaje acumulado
Neumáticos dañados	48	34 %	48	34 %
Sistema de suspensión dañado	31	22 %	79	56 %
Embrague desajustado	25	18 %	104	74 %
Total de casos	104			

Fuente: elaboración propia.

Para solventar la falta del mantenimiento proactivo en las empresas de transporte, se ha generado un esquema de mantenimiento proactivo, mostrado en el Apéndice 6, el cual detalla el tipo de tareas que deben ejecutarse cada día, semana, mes, trimestre, semestre, año y cada 2 años para preservar el estado de las unidades de transporte de carga. Dicho esquema indica específicamente cuáles elementos deben ser limpiados, reacondicionados, revisados, restaurados o sustituidos, con base en el estado de estos. Adicionalmente, se presenta un informe diario que la tripulación de las unidades deberá llenar y reportar con el estado actual de los componentes básicos y de fácil acceso con el fin de detectar las primeras alertas, que generalmente solo pueden ser percibidas por el personal que más tiempo está en los vehículos: el conductor y los auxiliares. Este informe se encuentra en el Apéndice 3 y contiene la lista de 22 componentes del vehículo, entre los cuales resalta el estado de los neumáticos y la suspensión, los cuales representan el 56 % de los incidentes detectados en las unidades.

4.2. Variables de control del consumo de combustible y uso de neumáticos para aumentar la rentabilidad de los vehículos

Por medio de la información monitoreada por medio de GPS en las unidades de vehículos rentados se pudo realizar un análisis del historial de viajes, que comprendió el rango de días desde enero hasta agosto del 2019, con el fin de analizar las variables de control del consumo de combustible y el uso de neumáticos. Así también, calcular los costos de mantenimiento de las unidades que pertenecen a las flotas de las empresas rentadas y compararlo con el costo del mantenimiento que representa el envío de los vehículos de las flotas propias de la empresa estudiada.

Al conocer la forma de operar de las empresas y la preparación de los pilotos responsables del uso de vehículos en las flotas de los proveedores, fue posible determinar, por medio del monitoreo directo por medio del abordaje de rutas, el poco cuidado de las unidades en ruta y en muchas ocasiones el manejo temerario de parte de las tripulaciones, tanto de la unidad como del producto entregado a los clientes. Parte de los inconvenientes observados fue la frecuente sobre revolución del motor de las unidades, excediendo las 3,000 rpm, con lo cual se impacta directamente al rendimiento del combustible y la potencia generada por el motor no es mayor, sino menor en ese rango de rpm. La observación del manejo de las unidades reflejó la siguiente información:

Tabla XV. **Casos analizados en los motores de los vehículos de carga**

Tipo de vehículo	Casos estudiados	Rpm por encima de 2 200	Rpm en rango de 1 000 - 2 200
Vehículo de 10 <i>pallets</i>	10	7	3
Vehículo de 6 <i>pallets</i>	10	6	4
Total	20	13	7

Fuente: elaboración propia.

Como se puede notar, el 65 % de los viajes rentados sobre revolucionan el motor de las unidades, lo cual genera un gasto innecesario de combustible, calentamiento del motor y desgaste en los componentes dinámicos del vehículo. Lo anterior impacta directamente en la suspensión y neumáticos, que son el elemento de transmisión de potencia final y de estabilidad del vehículo.

Para aclarar el punto de comparación y los costos de mantenimiento, se muestra en la tabla XVI el costo fijo que representa el personal y funciones administrativas en ambos ámbitos, en las empresas externas como internamente.

Tabla XVI. **Costos operativos de las flotas de vehículos propios y rentados**

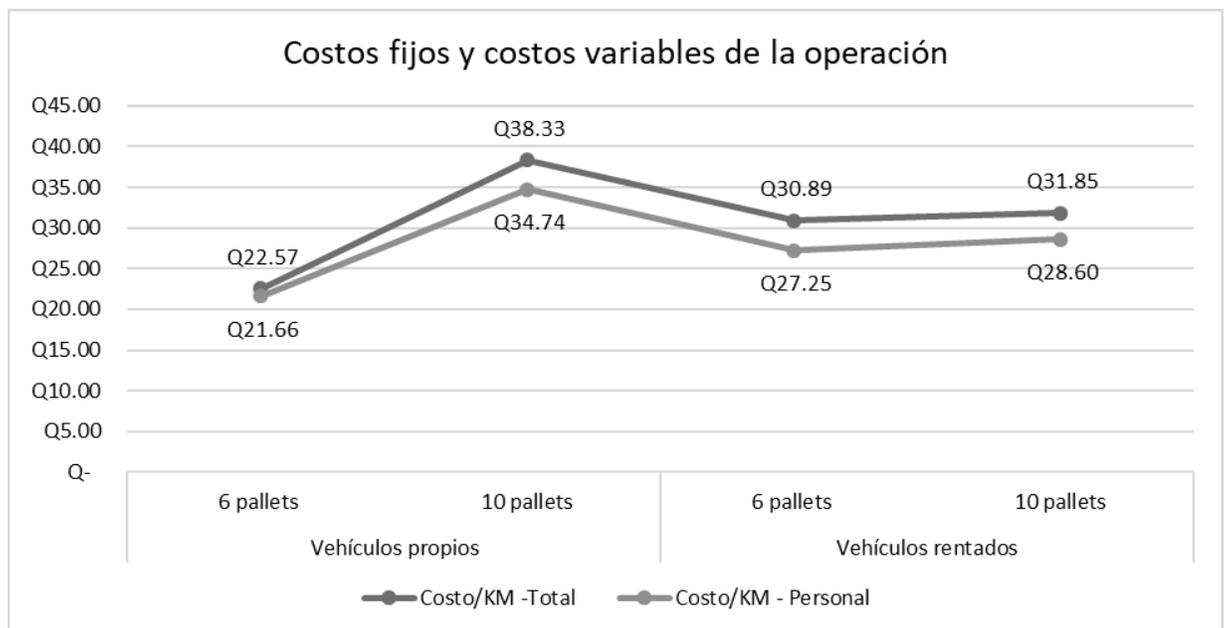
Tipo de vehículos	Costo/km total	Costo/km personal
Vehículos propios		
6 <i>pallets</i>	Q 22.57	Q 21.66
10 <i>pallets</i>	Q 38.33	Q 37.74
Vehículos rentados		
6 <i>pallets</i>	Q 30.89	Q 27.25
10 <i>pallets</i>	Q 31.85	Q 28.60

Fuente: elaboración propia.

Los costos operativos por kilómetro de las unidades propias, frente a los vehículos rentados se ve impactado directamente por la forma de manejo de las

unidades, es decir, el hecho de que los pilotos de los vehículos propios conduzcan las unidades dentro del límite de rpm recomendado por el fabricante (1 000 – 2 200) representa ahorro en la operación de las unidades, disminuyendo el impacto en la transmisión, suspensión y tracción en los neumáticos. Parte de eso es la reducción en el costo por kilómetro de las unidades propias contra las rentadas.

Figura 31. **Comparativo de costos operativos por kilómetro**



Fuente: elaboración propia.

En el caso de la comparación de los costos operativos en que se incurren en la operación de los vehículos propios se puede divisar que los vehículos de 6 *pallets*, que son los más usados en la flota de vehículos propios, representan un ahorro en comparación al uso de vehículos de 6 *pallets* rentados cuyos costos de operación son más elevados. En el caso de los vehículos de 10 *pallets*, los costos de operación de la flota propia están por encima del costo de la operación de los vehículos rentados, donde se refleja el impacto positivo del cálculo de la tarifa dinámica para los vehículos de 10 *pallets*, ajustando de manera justa el

pago de los proveedores. En el caso del uso de vehículos de 10 *pallets* es necesario considerar los factores siguientes: conocimiento del sector de despacho, territorio catalogado como área peligrosa, territorios con ingresos especiales con marbetes como residenciales y clientes de despacho especiales, los cuales se deben distribuir con los vehículos de la flota propia para asegurar la entrega del producto. Por los demás casos, se nota que es más adecuado el uso de vehículos de flotas rentadas.

Tabla XVII. **Comparación de las tarifas de los viajes**

Tipo de vehículos	Ahorro en costo/km total	Ahorro en costo/km personal
<i>6 pallets</i>	36.86%	25.81%
<i>10 pallets</i>	-16.91%	-17.67%

Fuente: elaboración propia.

4.3. Mejoras al plan de mantenimiento proactivo para aumentar la vida útil de las unidades rentadas

Entre los casos analizados y la observación directa en varias unidades, se logró determinar, por medio de un análisis un poco más minucioso y permitido por las empresas de servicio de transporte de carga, el estado de las unidades con el fin de inspeccionar posibles inconvenientes que las tripulaciones pueden detectar entre sus tareas cotidianas, o bien, antes de iniciar las rutas diarias.

Entre las variables observadas y revisadas a detalle denotaron 3, que son:

- Nivel y estado del aceite del motor: Los niveles de aceite, en su mayoría, estaban cerca del mínimo aceptable con presencia de un leve aroma a diésel.

- Nivel y estado del aceite de la caja de cambios: Los niveles de aceite revisados estaban en el mínimo aceptable, algunos por debajo del límite aceptable y en algunos casos se divisaban fugas en la transmisión.
- Desgaste y daños en los neumáticos: Los casos revisados tuvieron el 100 % de presencia de algún daño. Además, la tripulación conocía con bastante exactitud la forma en que se provocó dicha falla en los neumáticos, sin embargo, no lo reportaron en el área de mantenimiento en el momento oportuno.

Para los primeros dos casos se profundizó un poco más al respecto y se consultó a las tripulaciones acerca de la forma de mitigar los niveles de los lubricantes del motor y la caja de cambios, a lo cual respondieron lo que se detalla en la tabla siguiente:

Tabla XVIII. **Resultados de encuesta a pilotos de flotilla**

Acción por ejecutar	Cantidad de casos
Comprar un litro de aceite extra en alguna gasolinera y echarlo.	15
Esperar a que el personal de mantenimiento lo revise, mi trabajo sólo es manejar.	11
Hablar con algún encargado de mantenimiento para que lo revise y ajuste.	4
No hacer algo al respecto.	6
No sabe qué hacer.	2
Total de casos	38

Fuente: elaboración propia.

Se determinó que, aunque el 39.5 % de las tripulaciones (sea el piloto o los auxiliares) tienen la iniciativa de solventar el problema de niveles bajos, en muchas ocasiones la solución repercute en una mezcla de líquidos lubricantes para ajustar el nivel aceptable de operación de los vehículos, con lo cual se evita que los motores o cajas de cambio trabajen en seco, y eso provoque mayores desgastes en los componentes dinámicos.

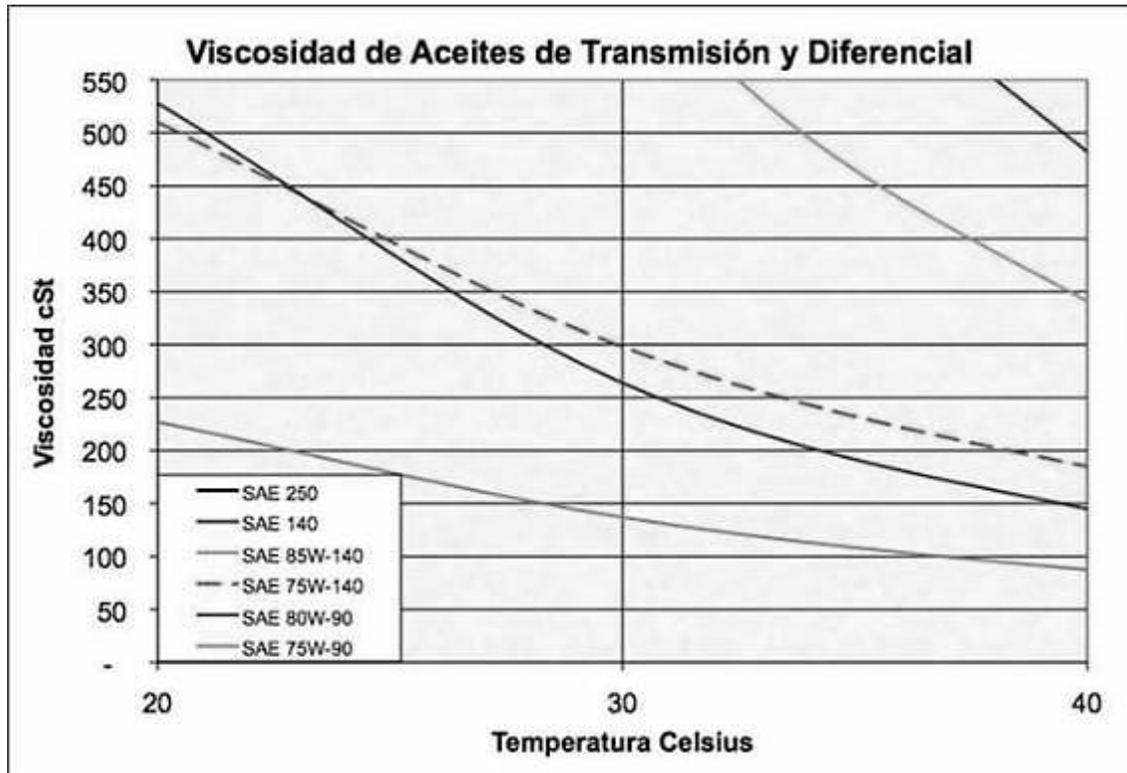
Según Lubrizol (2019) la mezcla de líquidos lubricantes es permitida para solucionar emergencias en la ruta, sin embargo, dichas mezclas deben contar con el monitoreo debido al cambio de las propiedades de las bases y aditivos de los aceites mezclados, lo que provoca una reducción de su vida útil original.

En el resto de los casos, el 60.5 % se tiene el inconveniente que se deja el problema a la deriva y la consecuencia es el daño prematuro de los vehículos, lo cual implica mayores costos de mantenimiento correctivo cuando las unidades dejan de funcionar. Parte de esos inconvenientes son las fugas de lubricante de las cajas, las cuales se dieron en los sellos de los ejes que transmiten la potencia a los transeje y las ruedas del vehículo. Estas se podían divisar únicamente con

revisar la parte inferior del vehículo y los ejes cardán. El resto de los inconvenientes se dio en el sello del eje que conecta el embrague con el motor, y en tal caso, se dificulta o no se divisa el problema puesto que la unión de la caja de cambios y el motor no permite revisar con una simple observación debajo del vehículo. En este caso se determinó que la falla de embrague dañado en los vehículos, que representa un 18 % de los casos analizados, se generó por la falta de atención a la unidad y los niveles de lubricantes.

La mezcla de líquidos lubricantes en la operación de las unidades es una medida aceptable en casos de urgencia. Con una programación clara, a corto plazo, para sustituir dicha mezcla por un lubricante de un solo tipo, se previene que las propiedades y aditivos de los aceites se desvanezcan y la viscosidad se disminuya con la temperatura de operación. Según (Widman International SRL, 2018), las propiedades de los aceites cambian con el tiempo y la temperatura expuesta; especialmente en la transmisión y el diferencial.

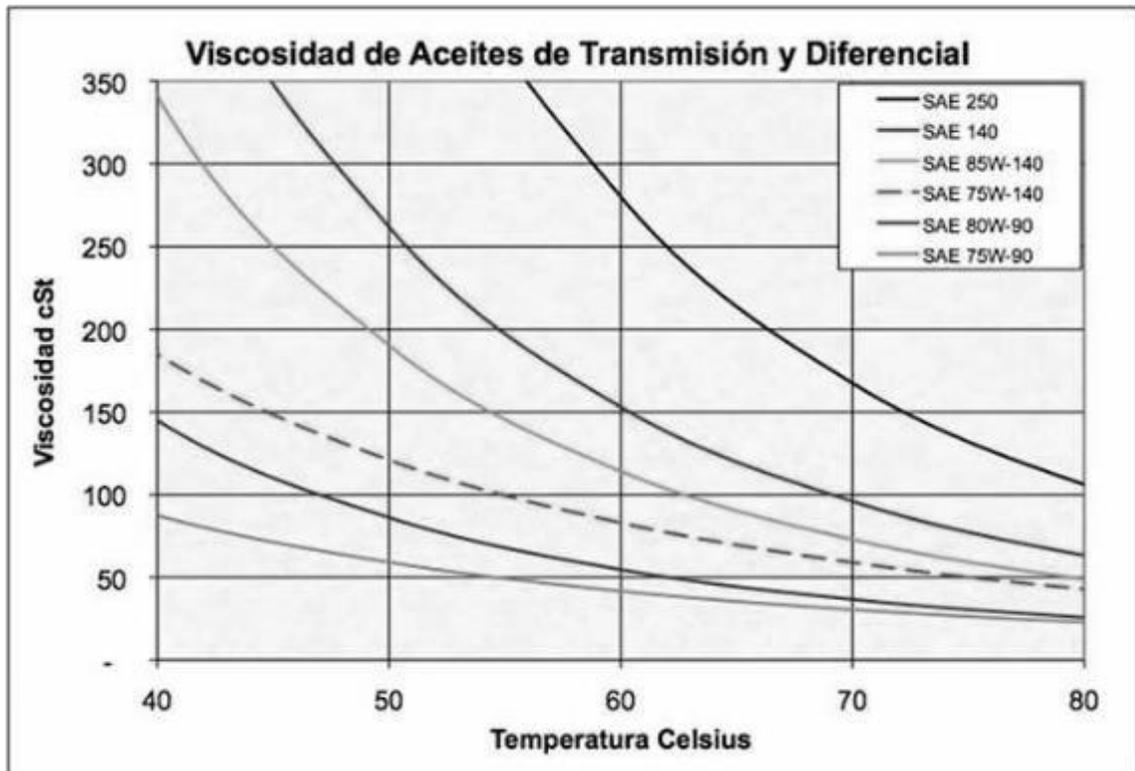
Figura 32. Operación de lubricantes para transmisión de 20 – 40 °C



Fuente: Widman International SRL (s.f.). *Aceites para Transmisiones y Diferenciales*. Consultado el 15 de agosto del 2019. Recuperado de: <https://widman.biz/Seleccion/gr-dif.html>

El comportamiento de variación de las viscosidades de los distintos aceites, sin mezcla, varía en la operación de poca velocidad y poca carga de los vehículos. Es decir, cuando el vehículo realiza viajes cortos la temperatura del aceite de la caja y transmisión no excede los 40 °C y con eso se puede visualizar un cambio considerable de reducción de la viscosidad de los aceites entre el SAE 75W-90 y un SAE 85W-140, que frecuentemente se usan en las unidades y no presentan comportamientos similares para mezclarlos.

Figura 33. Operación de lubricantes para transmisión de 40 – 80 °C

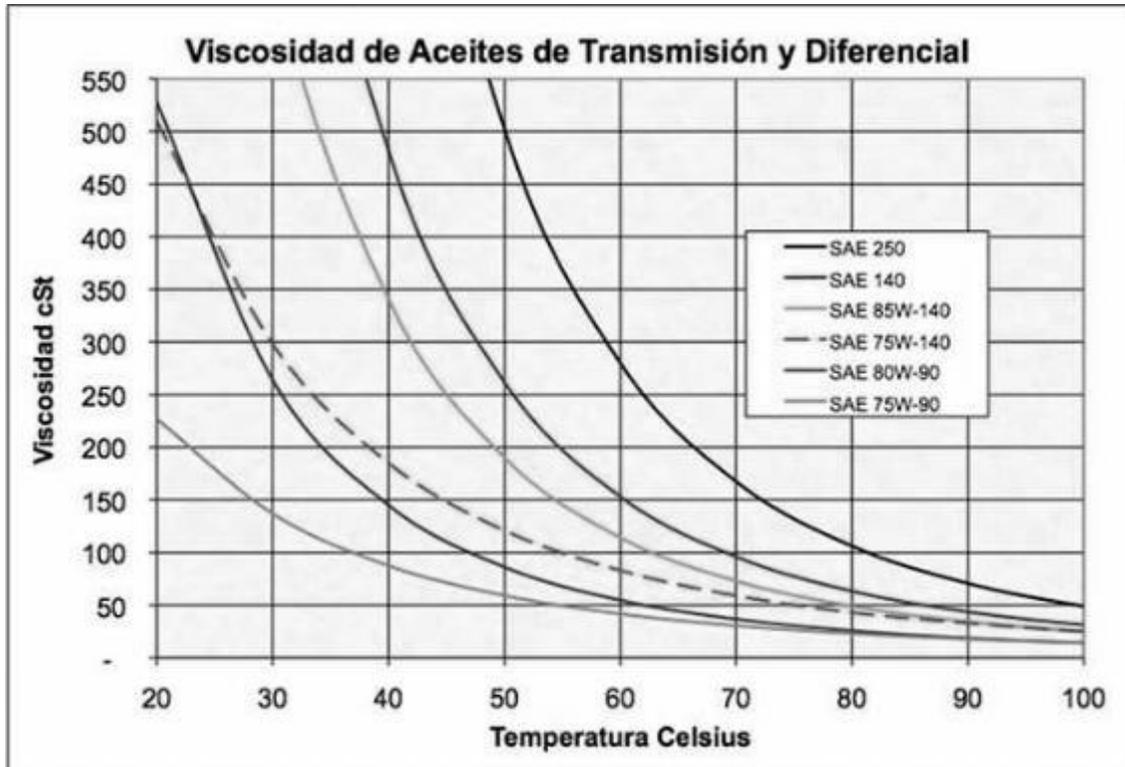


Fuente: Widman International SRL (s.f.). *Aceites para Transmisiones y Diferenciales*. Consultado el 15 de agosto del 2019. Recuperado de: <https://widman.biz/Seleccion/gr-dif.html>

En los viajes de recorrido medio y largo con temperaturas del líquido lubricante entre 40 °C y 80 °C, considerada una temperatura de operación normal, se puede notar que la variación de viscosidad de los aceites es mayor y dicho comportamiento es debido a la función principal del aceite, que es proteger los sincronizadores, cojinetes y disipar la temperatura. Eso no sería posible con una viscosidad demasiado alta, sin embargo, cada tipo de aceite cuenta con una función particular y el caso del SAE 85W-140 con una viscosidad de 50 cSt a 80 °C comparado con un SAE 75W-90 con una viscosidad de 25 cSt a 80 °C muestra

una variación de 25 cSt, debido a que cada aceite se usa en aplicaciones distintas y la mezcla de estos no ajusta viscosidad, sino degenera el aceite.

Figura 34. Operación de lubricantes para transmisión de 20 – 100 °C



Fuente: Widman International SRL (s.f.). *Aceites para Transmisiones y Diferenciales*. Consultado el 15 de agosto del 2019. Recuperado de: <https://widman.biz/Seleccion/gr-dif.html>

Con una operación de viajes con recorridos tan variados, desde 1 a 230 km, es de esperar que los lubricantes tengan propiedades de protección exigentes en los casos de operar desde temperatura ambiente, cuando se encienden los motores y se inician los viajes, a temperaturas de hasta 100 °C cuando se recorren largas distancias y se transita en zonas tan cálidas como el oriente del territorio guatemalteco. La manera adecuada y recomendable, según el Instituto Americano del Petróleo, es una Categoría CI-4 y que el aceite usado

cumpla con su uso desde temperatura ambiente hasta temperaturas extremas de 100 °C. En tal caso, el aceite SAE 75W-90 cumple los requisitos solicitados para el servicio y mantenimiento adecuado de las unidades.

4.4. Herramienta de pago para mejorar el aprovechamiento de los vehículos rentados.

La creación de la herramienta de pago de las unidades rentadas se hace con el fin de estandarizar las tarifas a las empresas que prestan el servicio de transporte de carga, debido a las amplias variaciones de precios en las cotizaciones solicitadas y con viajes con el mismo recorrido, misma carga y número de clientes idénticos. Esto repercute en un ordenamiento de tarifas justas y estandarizadas que permitan el pago justo a los transportistas por el servicio que prestan y las condiciones de recorrido, carga y clientes que deberán cumplir en el viaje.

Para llevar a cabo la estandarización, se toman en cuenta los siguientes rubros, con el fin de cubrir los gastos de operación en que se incurre un viaje y de esa manera generar la tarifa justa esperada. Posterior al análisis de la operación de las empresas de transporte, se genera la siguiente información:

Tabla XIX. **Costos fijos del servicio de transporte de carga**

Gastos que no varían con la distancia recorrida por la unidad	
Rubro	Costo
Sueldo del piloto	Q 190
Sueldo del auxiliar	Q 150
Rentas de operación	Q -
Gastos administrativos	Q 50
Seguro de mercancía	Q 200
Total Cf	Q 590

Fuente: elaboración propia.

En los costos fijos se toman en cuenta cuatro de los cinco rubros debido a que la frecuencia de aplicar la renta de operación es demasiado baja; y, en el período de estudio y análisis de las empresas, ningún viaje ejecutado requirió alquileres de predios o pago de estos para concluir con el proceso logístico de entrega del producto al cliente final, por lo cual se deja mención del costo fijo por si en futuras ocasiones se requiere, pero no se contabilizó ninguna cuota.

Tabla XX. **Costos variables del servicio de transporte de carga**

Costos variables	
Gastos que dependen de la distancia recorrida por la unidad	
Origen	Quetzaltenango
Distancia a recorrer (km)	150
Peso a trasportar (Lbs)	15000
**Costo de combustible (Q/Gls), variable	Q 21.87
*Unidad a utilizar	Camión 6 Tn
*Costo de mantenimiento (Q/km)	Q 4.03
*Rendimiento de motor (km/Gls)	Q 14.42
Horas de ruta	10

Fuente: elaboración propia.

Los gastos variables de las unidades dependerán del origen y destino del viaje, lo cual se traduce en kilómetros por recorrer, el rendimiento de las unidades, el costo del combustible, el costo del mantenimiento de la unidad y con base en la Ecuación 2, definida en la sección 3.2.2 de este trabajo, se procede a calcular el costo variable en que incurrirá el viaje asignado.

Tabla XXI. **Costos fijos y variables del servicio de transporte de carga**

Rubro	Q/km	Q/hora
Combustible	Q 227.50	
Mantenimiento de la unidad	Q 604.50	
Ajuste según tiempo en ruta		Q 20.00
Subtotales Cv	Q 832.00	Q 20.00
Total Cv		Q 852.00
Tarifa total (Cf + Cv)		Q 1,442.00

Fuente: elaboración propia.

Una vez se tienen el cálculo del costo fijo y el costo variable de la operación por realizar, en este caso el viaje asignado, se procede a hacer la sumatoria y obtener la tarifa total. Dicha tarifa se archiva en la herramienta de pago de tarifas; se procede a informar a los proveedores sobre los puntos que se consideraron para su cálculo. Posterior a su aceptación con los factores incluidos, se procede a crear la requisición de los viajes y ejecutar la logística de entrega de producto con el cliente final.

4.5. **Discusión de resultados**

Los resultados expuestos permiten confirmar el cumplimiento de los objetivos planteados para la elaboración de la investigación. El nuevo programa de mantenimiento creado para la operación abarca el 100 % de las fallas observadas en las flotas de vehículos rentados. Por otro lado, el 74 % de las fallas que representan los mayores incidentes en el período de estudio son críticas. La herramienta de pago y cálculo de tarifas justas ha permitido estandarizar los precios de los viajes con las distintas empresas de transporte y ha generado conformidad con un pago justo por los viajes, yendo desde recorridos catalogados como cortos hasta súper largos, según lo detallado en la tabla VI.

4.5.1. Validez interna

Los métodos usados hasta la fecha en las flotas de vehículos para el transporte de carga están desactualizados, a tal punto que aún se cuenta con estanterías y archivos engavetados que tienen el registro de los mantenimientos de los vehículos, Al momento de ser necesario alguna retroalimentación respecto a algún caso, se debe buscar por cada estantería algún caso similar. La obsolescencia de ese método se hace notar cuando se consulta acerca de algún mantenimiento de rutina de los vehículos, y en caso de no estar presente el técnico que ejecutó la tarea, no se tiene información alguna del caso. Con el plan de mantenimiento recomendado y el cronograma sugerido, se podrá evitar el hecho de depender de una sola persona que tenga centralizadas las fechas de mantenimiento de las unidades. En tal caso, el personal de mantenimiento y las tripulaciones de las unidades pueden tener presente la fecha o el indicador, ya sea de horas de ruta o bien recorrido en kilómetros del vehículo, para ejecutar los mantenimientos.

El hecho de tener las entrevistas directamente con los involucrados en la operación, en lugar de únicamente basarse en lo investigado con las jefaturas y gerencias de las empresas, permitió estar más cerca del inconveniente y esto facilitó el descubrimiento de las variables en el consumo de combustible y uso adecuado de los neumáticos que han repercutido negativamente en la operación. Los indicadores de consumo de combustible en la unidades estaban por encima de lo recomendado por el fabricante en un 15 %, y se pudo errar en el juicio de no haber investigado con los pilotos y abordar la ruta para conocer el uso cotidiano de los vehículos, puesto que los componentes del motor y caja de cambios tienen un mantenimiento medianamente aceptable, pero el hecho de no respetar los rangos de rpm normales de operación del motor, provoca ese 15 % en la alza de consumo de combustible, que es innecesario.

Una facilidad con que se cuenta entre el personal es la tecnología; la presencia de plataformas de mensajería instantánea pueden ser un medio bastante eficaz y eficiente para la transmisión de información acerca del vehículo. Si bien es cierto que la documentación sería menos frecuentada, manejar información digital incluso agiliza el proceso de almacenaje en un equipo de cómputo, que está presente en todas las empresas que proveen el servicio de transporte de carga y con esa estrategia pueden concretar la recolección de información del estado de los vehículos por medio de las tripulaciones, quienes son los que están al tanto de la unidad el mayor tiempo de operación, y esto representa un monitoreo puntual y actualizado de lo que le ocurre al vehículo.

Una práctica recomendable para replicar sería el reconocimiento a los pilotos por el buen manejo por medio de bonos y compensaciones en especie e incluir así a los auxiliares con el fin de incentivar la buena labor y resaltar la importancia de conducir cumpliendo con los límites de velocidad, los límites de operación del motor, el monitoreo del estado de los neumáticos, el cuidado y limpieza de la unidad, la reportería adecuada de las fallas o indicadores de falla que se presenten en los vehículos y ser responsables en la manera que usan el vehículo, para salvaguardar su salud y la de los demás en la ruta. Esta práctica se ha ejecutado con éxito en la empresa estudiada y ha reflejado muy buenos resultados, en el sentido que las tripulaciones buscan la manera de cumplir con los requisitos de ser responsables y esmerados en tener informados al departamento de mantenimiento para los servicios correspondientes de las unidades, estado de los líquidos de los vehículos, ejecución y revisión 360° de las unidades antes de salir de ruta y al retornar de esta, con lo cual el estado de los vehículos propios cuenta con un costo de mantenimiento menor al de las unidades rentadas.

Con la propuesta del formato de seguimiento del estado de la unidad de parte de las tripulaciones de los vehículos rentados, y el cumplimiento de conducción en el rango de rpm recomendadas por el fabricante de los vehículos (1 000 rpm – 2 200 rpm), se puede estimar que, de los 48 casos descubiertos de neumáticos dañados y los 56 casos en conjunto de suspensión y embrague dañado (que aún no se habían reportado al departamento de mantenimiento), un 65 % de esos casos puede solucionarse por medio del monitoreo adecuado y el mantenimiento proactivo de esas unidades, adelantándose a las fallas y previniendo que los vehículos tengan que dejar de funcionar en la ruta o deban ser ingresadas al taller para ejecutarles el tan común, mantenimiento correctivo.

Para complementar las buenas prácticas de manejo, que deben inculcarse en las tripulaciones de los vehículos rentados, debe tomarse en cuenta la buena elección de los reemplazos de los neumáticos y aceites en las unidades. No basta con el hecho de aceptar la asesoría de parte de los vendedores, porque su objetivo es vender y en muchas ocasiones los productos recomendados no son los adecuados y están fuera de las recomendaciones del fabricante y de las normas internacionales. Para ello, será requerido que tanto el personal de mantenimiento como los pilotos y auxiliares de ruta, tengan el concepto del tipo de aceite ideal para los motores y cajas de cambio de los vehículos de las flotas; esto, con el objetivo de prevenir las mezclas de aceite en la ruta. Si fuese necesario por alguna fuga que se presente, es indispensable llevar a cabo la compensación de aceite del mismo tipo que el originalmente aplicado a los equipos. La importancia en esta práctica es evitar reducir la vida útil de los lubricantes, tomando en cuenta el volumen de estos que manejan los vehículos y asimismo extender la vida útil de los sellos, que son los más afectados en estos casos de mezclar tipos de lubricantes.

La aplicación de la herramienta para reducción de costos en las empresas proveedoras del servicio de transporte ha sido una práctica de estandarización que ha venido a reducir los casos de confusión en la presentación de cotizaciones y cobros fuera de lo normal por los servicios prestados a la empresa estudiada. Sin embargo, dicha aplicación puede extrapolarse a otras industrias con el fin de generar tarifas justas para las empresas, tanto proveedoras como clientes, que cuenten con vehículos de 6 y 10 *pallets*, incluso si fuera posible ampliar la muestra de estudio se podría incluir el resto de los tipos de vehículos existentes para transportar bebidas. Adicional a la estandarización, los proveedores de servicio han notado que las tarifas que se calculan para los distintos viajes son más lógicas y justas para cubrir los gastos de logística que les representa, con lo cual, el margen de utilidad permitirá implementar el mantenimiento proactivo sin necesidad de requerir alzas en las tarifas basadas en costos fijos y costos variables.

4.5.2. Validez externa

Arroba (2016) realizó una investigación sobre el mantenimiento preventivo en una flota de vehículos con enfoque en la operación y el ahorro al implementar mejoras en el mantenimiento de neumáticos, y el complemento del mantenimiento centrado en la confiabilidad de Mounbray (2000). Este último indagó en el tipo de fallas presentes en el mantenimiento correctivo y cómo aplacarlas antes de la falla por medio de un control adecuado. Dicha investigación permitió la creación de una guía de mantenimiento proactivo y detectar los inconvenientes en la operación del mantenimiento de las empresas y que la forma de operar las unidades era incorrecta. Además, resalta la importancia de retroalimentar esos puntos, lo cual conlleva al éxito de implementar al 100 % el mantenimiento preventivo en cualquier organización.

En el ámbito de los lubricantes, Maldonado (2010) indagó en la importancia que tiene o recae en la calidad de los lubricantes en los sistemas de los motores, con lo cual se tomó esa base y se extrapoló a la caja de cambios; esto resultó en que también se contaba con inconvenientes en el lubricante usado, añadiendo la importancia de evitar lo más posible la mezcla de tipos de aceites, porque adicional al factor que la variación de los tipos de aceite, tanto sus propiedades, como bases y aditivos son distintos y pueden dañarse por mezclarlos. Se recae en el error de poner en contacto aceite nuevo con aceite usado, lo cual reduce considerablemente la vida del aceite nuevo y sus componentes son deteriorados al ponerse en contacto con aceite ya usado.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que las variables de control son el manejo adecuado de los vehículos en el punto dulce del motor y el monitoreo adecuado del estado de los neumáticos, para mejorar la rentabilidad de los vehículos de 6 toneladas con un ahorro de 36.86 % si se usan vehículos de la flota propia en contraste con los vehículos rentados. En el caso de los vehículos de 10 toneladas el ahorro es un 25.81 % usando vehículos propios. Sin embargo, para la agilización de la entrega y logística de la empresa, se prefieren usar los vehículos rentados de 10 toneladas para viajes catalogados como largos y súper largos.
2. Se propone un plan de mantenimiento proactivo que resalta tareas para enfocarse en el 74 % de las fallas más frecuentes en las flotas estudiadas y mitigar esos puntos de inconvenientes; adicionalmente, se creó un formato de seguimiento diario del estado de las unidades por parte de la tripulación.
3. Se creó la herramienta de pago justo basada en la categorización de costos fijos y variables para mejorar el aprovechamiento de los vehículos rentados, generando así tarifas de pago a los transportistas que cubran los gastos administrativos y operativos, los costos fijos que abarcan los costos administrativos, viáticos y seguros de mercancía, como también los costos variables tomando en cuenta el rendimiento de las unidades, el recorrido del viaje asignado y la carga transportada para mejorar el rendimiento de las unidades con base en una adecuada aplicación del mantenimiento proactivo.

4. Se diseñó un plan de mantenimiento proactivo basado en las normas del Instituto Americano del Petróleo tomando en cuenta las causas de mayor inconveniente en la operación de las unidades que contiene los tres elementos más críticos que son prioridad de revisión, atención de parte de la tripulación y cuidado del departamento de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. La práctica del manejo adecuado de una unidad de transporte debe ser responsabilidad del piloto, quien está a cargo de la unidad. La propuesta ante esta situación es que esa responsabilidad sea anunciada y transmitida por escrito a los pilotos con el fin de que eviten prácticas que dañen el patrimonio de las empresas, y como parte del apoyo para que esta responsabilidad sea cumplida, se recomienda inculcar bonos en especie.
2. El plan de mantenimiento proactivo recomendado deberá inculcarse desde el departamento de mantenimiento hasta las tripulaciones de los vehículos, esto debido que la mayor parte del tiempo en operación y el conocimiento de los incidentes en ruta son mayormente conocidos por la tripulación, con lo cual será más accesible la reportería de inconvenientes de las unidades.
3. La aplicación de la herramienta de pago con las tarifas justas a los viajes para las empresas proveedoras del servicio de transporte de carga tuvo una aceptación considerable en la mayoría de las empresas y ha permitido conocer que ahora las tarifas no están tan reducidas o presentan un rango de utilidad más aceptable; sin embargo, en los casos que las empresas no acepten dichas tarifas, será necesario tratar esos casos puntuales o prescindir de sus servicios por las tarifas elevadas que requieran.

4. Para los resultados y hallazgos expuestos en esta investigación, se requiere que por parte de las empresas proveedoras del servicio de transporte de carga se enfoquen en el control y administración de los datos recopilados en el futuro, debido a que los inconvenientes analizados y reportados en esta investigación pueden variar en el tiempo; además, la aplicación de las normas del Instituto Americano del Petróleo debe seguirse para evitar un retraso en el proceso ya efectuado.

5. El uso adecuado de las unidades rentadas para realizar los viajes de la empresa de bebidas respetando su capacidad máxima debe hacerse extensivo al resto de viajes en las empresas proveedoras de servicios de transporte de carga, con lo cual se respetan las recomendaciones en este trabajo y las de los fabricantes en evitar desgastes excesivos o fallas tempranas en los componentes como neumáticos, frenos y transmisión de potencia en dichas unidades que exceden su capacidad nominal de 6 y 10 toneladas.

REFERENCIAS

1. American Petroleum Institute. (2013). *El aceite para motor es importante*. Washington DC: Energy API.
2. Arroba, J. P. (2016). *Análisis de la operación de una flota de camiones de bebidas y sus oportunidades de ahorro y mejoras en combustible, mantenimiento y neumáticos*. Quito, Ecuador.
3. Atlas Copco Mexicana, S.A. (2017). *Turbocompresores y expansores compatibles con normas API*. Recuperado de: <https://www.atlascopco.com/es-pa/compressors/CustomBenefit/APIcompliance>
4. Banco de Guatemala. (2019). Producto Interno Bruto Trimestral. *Sección de Cuentas Nacionales*, 10. Recuperado de https://www.banguat.gob.gt/cuentasnac/1T_2019_JM.pdf
5. Cervecería Centro Americana. (2019). *Las bebidas en la historia de Guatemala*. Recuperado de: <http://cerveceriacentroamericana.com/bebidashistoria/>
6. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). *Análisis de la reducción del azufre en el combustible diesel en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua*. México, D.F.: Naciones Unidas.

7. Díaz, C. E. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diesel basado en análisis de aceite*. Quito, Ecuador.
8. Dirección General de Caminos. (1992). *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones*. Guatemala: CIV.
9. Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
10. Gisbert, M. (2016). *Diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza*. Valencia.: Universidad Politécnica de Valencia.
11. González, P. R. (2007). *Herramienta de control de presupuesto y análisis de proyectos*. Bogotá, Colombia.
12. Goodyear. (2015). *Entendiendo su neumático*. Recuperado de: https://www.goodyear.eu/es_es/truck/goodyear-quality/understanding-your-tyre/#load-index
13. Grupo Codaca. (2019). *Camiones de carga*. Recuperado de: <https://hino.com.gt/index.php/GD8J>
14. Instituto Americano del Petróleo. (2019). *Gas natural y petróleo*. Recuperado de: <https://www.api.org/about#tab-history>
15. International (2019). *Datos técnicos de motores*. Recuperado de: <https://latin-america.internationalcamiones.com/motores/international-dt466>

16. Kreuzer, F. M. (2,014). *Eficiencia energética y movilidad en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile: Naciones Unidas.
17. Lubrizol (2019). *Especificaciones para aceites para ejes: de API GL-1 a la actualidad*. Recuperado de: <https://espanol.lubrizol.com/Lubricant-and-Fuel-Additives/Driveline-Additives/Axle-Oil/Specifications>
18. Maldonado, C. E. (2,010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diésel basado en el análisis de aceite*. Quito: EPN.
19. Malin, J. (2014). *MAP: The Most Popular Beer In Every Country*. Recuperado de: <https://vinepair.com/wine-blog/most-popular-beer-every-country-map/>
20. Michelin (2013). *Manual de servicio para llanta de camión michelin x one*. México: MFM.
21. Mora, L. A. (septiembre de 2014). *Google Books*. Recuperado de: https://books.google.com.gt/books?id=8to3DgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true
22. Mounbray, J. (2000). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Buenos Aires, Argentina: Industrial Press Inc.
23. Müller, A. (2016). API-ACEA--ILSAC-SAE-ISO-JASO-OEM (Específicos y Homologaciones) y otros. *Motul*, 13.

24. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. (2005). *Medidas de ahorro de combustible y de costos para armadores de pequeñas embarcaciones pesqueras*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/009/x0487s/X0487S00.htm#TOC>
25. Pablo Quiste, J. O. (2014). *La competencia monopolística de la industria cervecera en Guatemala*. Recuperado de: <https://competenciamonopolisticacerveza.weebly.com/blog/la-estructura-del-mercado-de-cerveza-en-guatemala>
26. Pelacchi, E. (2006). *Proyecto de mejora de gestión de mantenimiento de flota de maquinaria vial, orientada a la demanda*. Uruguay.
27. Prensa Libre. (2015). *Sube consumo por verano*. Recuperado de: <https://www.prensalibre.com/economia/sube-consumo-por-verano/>
28. Robbins, S. (2014). *Administración*. México: Pearson.
29. Rodríguez, O. (2006). *Modelo gerencia de mantenimiento para flotas de transporte de carga*. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
30. Rodríguez, P. (2007). *Herramienta de control de presupuesto y análisis de proyectos*. Bogotá, Colombia.: POJ.
31. SAI GLOBAL. (2019). *Normas API*. Recuperado de: <https://infostore.saiglobal.com/>
32. Sakurai, K. (2007). *Mantenimiento de equipos*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria.

33. Solórzano, L. (2015). *Elaboración de un prototipo virtual de un banco de prueba del sistema manivela - biela - pistón*. Guanajuato: IPN.
34. Stellman, J. M. (1998). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* (Vol. Cuarta Edición). Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
35. Superintendencia de Bancos. (2012). Sector de alimentos y bebidas. *Análisis de sectores económicos*, 23. Recuperado de https://www.sib.gob.gt/c/document_library/get_file?folderId=706696&name=DLFE-10844.pdf
36. Tavares, L. (2006). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo.
37. Varona, R. (2017). *Diseño óptimo multiobjetivo del mecanismo pistón-biela-cigüeñal de un motor de aire comprimido*. Holgín, Cuba: Diprosoft.
38. Wilson, J. (2005). *Medidas de ahorro de combustible y de costos para armadores de pequeñas embarcaciones pesqueras*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/009/x0487s/X0487S00.htm#TOC>

APÉNDICES

Apéndice 1: **Lista de comprobación de puntos por observar en la empresa estudiada**

Punto a consultar	Objetivo de consulta	Observaciones
<i>Organigrama de la empresa</i>	Conocer las líneas de mando de los distintos puestos, iniciando desde la Gerencia general o mando principal.	En las empresas estudiadas se contaba con un Gerente general, quien tenía a su cargo la administración y control de las operaciones.
<i>Proceso de solicitud de viajes</i>	Indagar en el proceso que las empresas de transporte pesado requieren o usan para poder aceptar y coordinar la logística de transporte de carga en los vehículos designados.	Se pudo observar que el medio de solicitud de viajes en las empresas es un documento que la empresa estudiada les hace llegar, cuando es necesario un viaje de transporte de carga.
<i>Información de las solicitudes de viajes</i>	Es necesario conocer las variables que intervienen para las solicitudes de viajes y tener en cuenta la relación e importancia de estas.	En el caso de las solicitudes de transporte se hacen saber seis variables imprescindibles para la solicitud de transporte de carga en el documento de la requisición de viaje.
<i>Tipo de vehículos disponibles para los viajes</i>	Se requiere conocer el tipo de vehículos presentes en las flotas de las empresas que prestan el servicio de transporte de carga.	Las empresas cuentan con seis tipos de vehículos que están destinados a transportar la carga que sea solicitada por medio de requisición de viaje.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2: **Viajes realizados por las empresas de transporte de carga de enero a agosto 2019**

Fecha Viaje	Kilómetros Recorridos	Libras Transportadas	Horas Totales	Cantidad de Cliente	Tipo de Vehículo	Destino	KM Redondo	Tipo Ruta
9/01/2019	49.65	6,420.87	13.55	6	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
9/01/2019	28.16	2,640.44	10.45	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
16/01/2019	139.61	9,625.64	16.77	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	140	Larga
23/01/2019	33.80	19,979.96	2.50	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
23/01/2019	48.60	16,696.28	6.15	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
31/01/2019	24.06	20,226.83	3.35	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
1/02/2019	134.54	14,105.92	15.75	6	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	130	Larga
1/02/2019	69.04	11,430.89	14.92	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
5/02/2019	164.56	12,902.18	15.15	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	160	Muy Larga
5/02/2019	31.14	9,840.53	9.23	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
5/02/2019	102.76	12,798.86	12.63	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
5/02/2019	119.98	15,147.29	13.82	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	80	Larga
5/02/2019	10.62	13,347.81	5.18	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	10	Corta
8/02/2019	59.30	14,330.05	15.23	6	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
8/02/2019	35.24	17,077.93	12.82	6	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
12/02/2019	163.91	17,645.04	15.80	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	160	Muy Larga
12/02/2019	59.14	16,954.09	13.23	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
12/02/2019	37.34	15,510.08	16.05	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
15/02/2019	74.83	19,684.69	13.53	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
15/02/2019	31.14	12,850.75	11.87	7	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
19/02/2019	122.31	18,856.64	11.95	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	120	Larga
19/02/2019	123.53	18,481.05	10.05	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	80	Larga
19/02/2019	101.47	18,730.32	13.80	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
19/02/2019	72.26	16,880.74	11.75	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
19/02/2019	43.45	20,557.56	10.73	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
19/02/2019	36.77	18,198.50	1.52	1	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
22/02/2019	124.81	11,060.17	17.43	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	80	Larga
22/02/2019	30.50	13,730.80	9.62	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
22/02/2019	58.34	13,894.59	13.23	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
22/02/2019	24.38	16,042.29	10.33	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
22/02/2019	68.00	20,997.67	9.90	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
26/02/2019	67.11	20,494.71	10.97	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
26/02/2019	101.47	16,627.53	13.80	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
26/02/2019	55.68	17,356.13	10.63	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
26/02/2019	48.52	20,706.13	10.27	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
28/02/2019	126.50	13,246.08	10.28	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	90	Larga
28/02/2019	48.52	16,135.08	8.92	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
28/02/2019	61.64	14,737.05	9.92	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
28/02/2019	39.35	11,584.04	11.53	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
1/03/2019	72.42	11,279.96	11.93	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
1/03/2019	39.83	17,349.91	12.52	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
5/03/2019	34.92	16,546.60	11.83	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
5/03/2019	68.64	16,473.96	11.23	6	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
5/03/2019	42.57	18,329.79	11.68	6	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
5/03/2019	122.55	19,000.56	10.03	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	120	Larga
8/03/2019	106.86	14,595.17	10.00	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	110	Larga
8/03/2019	73.63	13,153.85	14.10	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
8/03/2019	120.95	19,697.34	10.97	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	80	Larga
8/03/2019	32.11	10,236.41	13.37	6	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta

Continuación del Apéndice 2.

Fecha Viaje	Kilómetros Recorridos	Libras Transportadas	Horas Totales	Cantidad de Clientes	Tipo de Vehículo	Destino	KM Redond	Tipo Ruta
12/03/2019	65.42	15,053.43	12.85	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
12/03/2019	69.12	20,018.33	7.17	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
12/03/2019	97.53	20,256.48	12.68	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
12/03/2019	29.45	19,243.55	8.53	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
15/03/2019	137.20	8,897.94	15.85	7	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	140	Larga
15/03/2019	73.14	6,149.09	14.68	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
15/03/2019	36.53	19,689.41	8.78	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
19/03/2019	33.31	16,811.35	11.82	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
19/03/2019	183.06	15,313.14	16.47	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	180	Muy Larga
19/03/2019	63.97	20,423.97	10.90	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
22/03/2019	126.49	13,519.74	17.15	6	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	130	Larga
22/03/2019	96.24	13,364.55	13.42	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
22/03/2019	49.97	11,141.03	12.50	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
22/03/2019	59.30	17,891.69	17.53	6	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
26/03/2019	74.75	16,652.41	13.10	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
26/03/2019	53.99	16,934.86	12.02	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
26/03/2019	96.96	19,210.72	12.80	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
29/03/2019	57.37	15,343.84	11.70	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
29/03/2019	134.54	15,738.21	15.75	6	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	130	Larga
30/03/2019	106.46	15,798.92	9.95	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	110	Larga
30/03/2019	72.34	14,485.27	11.05	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	70	Media
30/03/2019	49.49	13,835.65	11.05	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
1/04/2019	24.30	13,812.64	2.55	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
1/04/2019	24.94	17,170.74	2.43	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
1/04/2019	20.28	16,912.99	2.30	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
1/04/2019	37.18	2,452.00	3.80	1	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
4/04/2019	95.68	16,968.71	12.37	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
4/04/2019	41.12	13,629.83	12.73	8	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
4/04/2019	61.16	11,780.52	16.40	7	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
10/04/2019	42.81	18,983.43	10.52	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
10/04/2019	33.23	14,058.44	10.32	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
10/04/2019	34.52	14,581.86	9.47	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
13/04/2019	37.34	7,971.28	8.77	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
13/04/2019	58.42	11,278.50	6.27	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
13/04/2019	21.65	18,507.59	12.78	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
16/04/2019	49.33	7,564.94	4.37	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
16/04/2019	130.12	10,346.80	9.62	3	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	90	Larga
16/04/2019	120.78	17,357.53	13.28	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	120	Larga
25/04/2019	42.73	5,326.12	12.63	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
25/04/2019	38.54	5,384.00	7.80	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
25/04/2019	32.75	5,438.17	10.38	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
25/04/2019	63.97	9,225.95	7.75	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
30/04/2019	167.61	16,026.81	15.53	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	170	Muy Larga
30/04/2019	33.23	4,665.10	13.82	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
2/05/2019	55.36	4,393.84	14.63	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
2/05/2019	124.89	9,922.22	10.43	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	80	Larga
2/05/2019	47.31	17,648.41	12.00	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
9/05/2019	118.86	7,842.32	13.23	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	80	Larga
9/05/2019	130.53	18,268.10	13.27	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	90	Larga

Continuación del Apéndice 2.

Fecha Viaje	Kilómetros Recorridos	Libras Transportadas	Horas Totales	Cantidad de Clientes	Tipo de Vehículo	Destino	KM Redond	Tipo Ruta
9/05/2019	30.58	10,040.57	7.15	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
9/05/2019	63.49	7,942.60	16.05	6	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
16/05/2019	37.34	9,616.26	10.68	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
16/05/2019	57.86	7,294.63	14.87	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
16/05/2019	99.94	15,801.99	15.68	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
20/05/2019	5.71	16,455.67	1.08	1	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	10	Corta
20/05/2019	24.46	11,767.43	3.72	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
23/05/2019	111.53	9,235.60	14.97	6	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	110	Larga
23/05/2019	45.95	9,370.00	11.02	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
23/05/2019	61.64	6,885.91	9.68	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
30/05/2019	28.89	9,385.36	14.03	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
30/05/2019	61.56	5,719.76	7.05	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
30/05/2019	48.20	3,179.50	3.72	1	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
30/05/2019	55.84	15,140.70	8.92	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
30/05/2019	19.31	6,297.88	9.20	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
30/05/2019	237.86	1,291.31	1.47	1	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	20	Súper Larga
1/08/2019	61.56	16,453.36	7.93	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
1/08/2019	97.77	14,115.83	13.52	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
1/08/2019	12.31	9,224.43	6.32	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	10	Corta
1/08/2019	72.90	11,271.28	11.67	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	70	Media
1/08/2019	98.33	9,205.25	8.67	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
5/08/2019	233.28	16,845.38	7.32	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	10	Súper Larga
8/08/2019	40.80	8,323.09	14.82	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
8/08/2019	44.18	8,587.57	9.65	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
8/08/2019	62.12	10,175.50	6.03	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
8/08/2019	97.77	16,901.99	13.48	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
15/08/2019	35.73	6,451.80	10.77	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
15/08/2019	38.54	5,547.30	7.88	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
15/08/2019	47.40	7,640.30	12.63	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta
15/08/2019	126.66	9,515.08	12.58	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	90	Larga
15/08/2019	134.47	15,065.32	12.18	5	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	90	Larga
19/08/2019	237.22	10,266.21	4.38	3	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	20	Súper Larga
19/08/2019	16.66	8,218.31	2.95	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
19/08/2019	5.47	9,803.35	3.15	2	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	10	Corta
19/08/2019	12.39	6,963.19	5.28	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	10	Corta
22/08/2019	97.12	9,356.61	11.45	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
22/08/2019	135.83	11,949.31	11.15	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	140	Larga
22/08/2019	97.04	17,340.00	13.67	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
22/08/2019	56.17	6,287.51	13.62	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
22/08/2019	42.41	7,562.52	11.87	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
29/08/2019	42.57	7,199.15	10.50	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	40	Corta
29/08/2019	97.53	8,368.82	8.30	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	100	Larga
29/08/2019	126.58	14,087.26	12.48	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	90	Larga
29/08/2019	77.57	12,258.25	12.23	4	Camión 10 Pallets	Fuera de la Capital	80	Media
29/08/2019	32.19	13,715.83	13.65	5	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	30	Corta
29/08/2019	21.00	12,238.77	8.18	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
31/08/2019	60.59	6,377.12	10.95	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	60	Media
31/08/2019	24.78	10,706.75	4.55	3	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	20	Corta
31/08/2019	52.46	17,629.28	7.92	4	Camión 10 Pallets	Dentro de la Capital	50	Corta

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3: **Informe del estado integral de la unidad de transporte de carga**

Marcar con una X los puntos que requieren revisión. *Explicar cómo llenar el formato

Punto a revisar	Observaciones
<input type="checkbox"/> Neumáticos	
<input type="checkbox"/> Suspensión trasera y delantera	
<input type="checkbox"/> Embrague	
<input type="checkbox"/> Faros y batería	
<input type="checkbox"/> Equipo de seguridad	
<input type="checkbox"/> Sistema de carga	
<input type="checkbox"/> Sistema de refrigeración	
<input type="checkbox"/> Frenos	
<input type="checkbox"/> Transmisión	
<input type="checkbox"/> Eje de transmisión	
<input type="checkbox"/> Eje trasero	
<input type="checkbox"/> Estructura	
<input type="checkbox"/> Cabina de conducción	
<input type="checkbox"/> Aire acondicionado	
<input type="checkbox"/> Bocina	
<input type="checkbox"/> Tablero de instrumentos	
<input type="checkbox"/> Escape	
<input type="checkbox"/> Dirección	
<input type="checkbox"/> Motor	
<input type="checkbox"/> Espejo	
<input type="checkbox"/> Limpiavidrios	
<input type="checkbox"/> Indicadores de nivel	
<input type="checkbox"/> Otro: _____	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4: **Bitácora de abordaje a rutas y evaluación del manejo en ruta**

Bitácora de abordaje a rutas		
Peso transportado _____		
CLIENTES A VISITAR _____		CLIENTES VISITADOS _____
Salida de ruta	Hora	Observaciones
Recepción de llaves de unidad		
Recepción de Hand Held		
Revisión 360° del vehículo		
Revisión de neumáticos		
Revisión de trockets		
Revisión de producto en bahías		
Salida de la agencia		
En la ruta	Sí/No	Observaciones
Manejo adecuado de la unidad.		
Respeto de límites de velocidad.		
Restricción de ingreso de la unidad.		
Puntos de parqueo adecuados.		
Seguimiento de ruta indicada.		
Cruce de rutas de despacho.		
Apoyo extra para cumplir el despacho.		
Despacho	Sí/No	Observaciones
Servicio al cliente.		
Tiempo de atención.		
Uso correcto de HH.		
Facturas de HH en el punto de entrega.		
Ingreso correcto de MND.		
Pedidos falsos.		
Pedidos incorrectos.		
Cientes mal ubicados.		
Funcionamiento del touch de HH.		
Funcionamiento del lápiz de HH.		
Duración adecuada de batería de HH.		
Conexión de HH.		
Porta HH para el promotor.		
Visita de todos los clientes.		
Uso de cajilla de seguridad.		
Estado de la unidad	Sí/No	Observaciones
Desperfectos mecánicos.		
El estado de las persianas es bueno.		
La limpieza del camión es adecuada.		
Pidevías funcionan bien.		
	Hora	Nombre de quién abordó la ruta
Retorno a la agencia		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5: **Tipos de desgaste y deterioros presentados en las unidades de transporte de carga**



Desgaste irregular en hombro de neumático.



Presión inadecuada.



Banda de neumático con daño irregular.



Flanco de neumático roto y neumático con poca presión.



Banda de neumático lisa.



Deterioro total de hombro de neumático.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6: **Esquema de mantenimiento proactivo de las unidades de transporte pesado**

Tareas diarias

Revisión de la presión de los neumáticos
Revisión del nivel de aceite del motor
Revisión del nivel de agua del radiador y las baterías
Revisión del sistema de iluminación
Revisión de la bocina, limpia parabrisas y tablero

Tareas semanales

Limpieza y engrasado de vehículo
Revisión detallada de los neumáticos y detección de grietas, clavos, tornillos u objetos ajenos a estos

Tareas mensuales

Revisión de las cerraduras y manijas de las compuertas
Revisión de la dirección, bujías y cables de corriente
Revisión del nivel de aceite en la caja de transmisión
Revisión de los amortiguadores y ballestas
Revisión de llantas y evaluación de rotación
Examinar el embrague

Tareas trimestrales

Examinar y limpiar los filtros de gasolina y de aceite
Limpieza y ajuste de bujías
Chequeo del motor de arranque
Ajuste y alineación de los frenos

Continuación del Apéndice 6.

Tareas semestrales

Examinar cojinetes, compensar aceite y grasa (si es necesario)

Cambio de aceite de la caja de transmisión

Revisión del circuito de frenos

Examinar y reemplazar zapatas de frenos, si es necesario

Revisión de tren trasero, mecanismo de dirección y unidades de suspensión

Tareas anuales

Remoción de la cabeza de cilindros

Limpiar las válvulas, calzarlas y ensamblar la cabeza de cilindros

Efectuar la limpieza general del vehículo

Tareas a los 2 años

Reparación del motor y la caja de cambios

Reparación de los ejes frontal y trasero

Limpieza integral del chasis

Cambio de cables de aceleración y cuerpo de aceleración

Reacondicionamiento de equipo eléctrico

Aplicación de nueva pintura en el vehículo

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7: **Modos de falla más comunes detectados en la flota de vehículos de transporte de carga**

TRAILER			
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS			
COMPONENTES	MODO DE FALLA	CAUSADO POR	QUE SE DEBE HACER
LUCES	UNA MAS LUCES NO ENCIENDEN	Focos defectuosas	Cambiar focos.
		LOS FOCOS SE QUEMAN MUY PRONTO	Malas conexiones
	LUCES MUY TENUES	Corto circuito	Revisar Instalación.
		Enchufes o conexiones oxidadas	Limpiar contactos de focos, enchufes y conexiones.
	LAS LUCES PARPADEAN	Conexiones flojas	Apretar todas las conexiones.
		Tierra defectuosa	Instalar cable a tierra.
		Corto circuito	Revisar conexiones.
NEUMÁTICOS DE LAS RUEDAS	DESGASTE DISPAREJO	Presión incorrecta de los neumáticos	Infle los neumáticos a la presión correcta.
		Alineación incorrecta	Haga que revisen/ajusten la alineación.
		Neumáticos desbalanceados	Haga balancear los neumáticos.
RUEDAS	LAS RUEDAS OSCILAN	Tuercas flojas	Apretar las tuercas.
		Ruedas desbalanceadas	Haga balancear las ruedas.
		Rueda dañada	Levante y haga girar la rueda. En caso de estar torcida debe cambiarse.
		Juego excesivo en las conexiones	Haga revisar conexiones de las ruedas.
		Amortiguadores defectuosos	Revise los amortiguadores.

Continuación del Apéndice 7.

SISTEMA NEUMÁTICO DE FRENOS	EL TRAILER NO SE DETIENE	Bandas desajustadas	Ajustar bandas.
		Bandas desgastadas	Revisar/cambiar bandas.
		Válvulas defectuosas	Revisar válvulas.
	LOS FRENOS ROZAN	Ajuste incorrecto de frenos	Haga revisar los frenos.
		Freno de emergencia pegado o muy apretado	Revise el cable en donde entra a la placa de frenos.
		Pistones de la mordaza pegados	Haga revisar las mordazas.
		Válvula reguladora defectuosa	Haga revisar el sistema.
		Resortes de retorno del freno rotos	Haga revisar los resortes de retorno de los frenos y, en su caso, cambiarlos.
	PATINES	NO SUBEN, NI BAJAN	Piñones rotos
SUBEN Y BAJAN PERO CON DIFICULTAD		Falta de grasa	Revisar y agregar grasa

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8: **Matriz de consistencia de sistematización de la investigación**

Título: Análisis de operación y oportunidades de mejora en el mantenimiento proactivo de las unidades de vehículos rentados en una empresa de bebidas, usando normas del Instituto Americano del Petróleo.				
	Objetivo	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
General	Analizar la operación y oportunidades de mejora en el mantenimiento proactivo de las unidades de vehículos rentados en una empresa de bebidas, usando normas del Instituto Americano del Petróleo.	Se determinaron 3 variables que están siendo impactadas por la falta de mantenimiento proactivo y representan el 76 % del total de fallas detectadas en la operación y se diseñó un informe de fallas para el reporte antes de suscitar una falla y un plan de mantenimiento proactivo para evitar que las unidades fallen por falta de seguimiento.	Se diseñó un plan de mantenimiento proactivo basado en las normas del Instituto Americano del Petróleo tomando en cuenta las causas de mayor inconveniente en la operación que contiene los 3 elementos más críticos.	Se recomienda el control y administración de los datos recopilados en el futuro, debido a que los inconvenientes analizados pueden variar en el tiempo.

Continuación del Apéndice 8.

	Objetivo	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Específicos	Determinar las variables de control de consumo de combustible y uso de neumáticos al mantenimiento proactivo tomando como base las Normas API, para mejorar el rendimiento y la rentabilidad de los vehículos.	Se determinó que las variables de control de consumo de combustible y uso de neumáticos que más severamente impactan en el rendimiento del combustible y daño de los neumáticos son la conducción de las unidades de manera inadecuada y la mala elección de los neumáticos por incurrir en compras urgentes para solventar mantenimientos correctivos.	Para mejorar la rentabilidad de los vehículos de 6 toneladas con un ahorro de 36.86 % y en el caso de los vehículos de 10 toneladas el ahorro es un 25.81 % usando vehículos propios se propone enfocarse en el control y seguimiento del consumo de combustible y el uso adecuado de neumáticos.	La práctica del manejo adecuado de una unidad de transporte debe ser responsabilidad del piloto, quien está a cargo de la unidad, sin embargo, es necesario que esa responsabilidad sea anunciada y transmitida por escrito.

Continuación del Apéndice 8.

	Objetivo	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Específicos	Proponer mejoras al plan de mantenimiento proactivo para aumentar la vida útil de las unidades rentadas.	Las mejoras propuestas en el plan de mantenimiento proactivo de las empresas se basan en el mejor control y adecuado análisis de la elección del tipo de lubricantes, con base en las normas del Instituto Americano del Petróleo y evitar la mezcla de lubricantes por compensación de fugas en el motor y la caja de cambios, por parte de las tripulaciones.	Se propone un plan de mantenimiento proactivo que resalta tareas para enfocarse en el 74 % de las fallas más frecuentes en las flotas estudiadas y mitigar esos puntos de inconvenientes; adicionalmente, se creó un formato de seguimiento diario del estado de las unidades por parte de la tripulación.	El plan de mantenimiento proactivo recomendado deberá inculcarse desde el departamento de mantenimiento hasta las tripulaciones de los vehículos.

Continuación del Apéndice 8.

	Objetivo	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Específicos	Crear una herramienta de pago para mejorar el aprovechamiento del consumo de combustible, uso de neumáticos y mantenimiento de los vehículos rentados.	Se crea la herramienta de pago para mejorar el aprovechamiento del consumo de combustible, uso de neumáticos basándose en el cálculo de una tarifa variable que consta de dos partes; la primera toma en cuenta los costos administrativos en la operación de una flota de vehículos y la segunda, los costos variables con base en el recorrido de los viajes, el peso de producto transportado y el número de clientes a quienes le distribuye el producto.	La herramienta de pago está basada en los costos fijos que abarcan los costos administrativos, viáticos y seguros de mercancía y en costos variables tomando en cuenta el rendimiento de las unidades, el recorrido del viaje asignado y la carga transportada.	La aplicación de la herramienta de pago aplicando las tarifas justas a los viajes para las empresas proveedoras, tuvo una aceptación considerable en la mayoría de las empresas.

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1: Clasificación de los aceites para motores diésel

MOTORES DIÉSEL (Siga las recomendaciones del fabricante de su vehículo respecto de los niveles de prestaciones del aceite)		
Categoría	Estado	Servicio
CK-4	Actual	La categoría de Servicio API CK-4 describe los aceites para motores diésel de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos, diseñados para cumplir las normas de emisiones de gases de escape para modelos de automóviles en carretera del año 2017 y las normas de emisiones Tier 4 para vehículos industriales, así como para modelos de motores diésel anteriores. Estos aceites están formulados para su utilización en todas las aplicaciones con combustibles diésel con un contenido de azufre de hasta 500 p.p.m. (0.05 % en peso). Sin embargo, el uso de estos aceites con combustibles con contenido de azufre mayor a 15 p.p.m. (0.0015 % en peso) puede afectar a la durabilidad de los sistemas de postratamiento de los gases de escape y/o al intervalo de cambio del aceite. Estos aceites son especialmente eficaces en el mantenimiento de la durabilidad del sistema de control de emisiones cuando se emplean filtros de partículas y otros sistemas avanzados de postratamiento de los gases de escape. Los aceites API CK-4 están diseñados para brindar una mejor protección contra la oxidación del aceite, la pérdida de viscosidad debido a la cizalla y la aireación del aceite, así como protección contra la contaminación del catalizador, bloqueo de filtros de partículas, desgaste del motor, formación de depósitos en pistones, degradación de las propiedades a baja y alta temperatura, e incremento de la viscosidad debida al hollín. Los aceites API CK-4 superan los niveles de desempeño API CJ-4, CI-4 con CI-4 PLUS, CH-4, y pueden lubricar eficazmente motores que requieran estas categorías de Servicio API. Si se utiliza un aceite CK-4 con combustibles que contengan más de 15 p.p.m. de azufre, consulte al fabricante del motor para conocer las recomendaciones del intervalo de mantenimiento.
CJ-4	Actual	Para motores diésel de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos, diseñados para cumplir las normas de emisiones de gases de escape para modelos de automóviles en carretera del año 2010 y las normas de emisiones Tier 4 para vehículos industriales, así como para modelos de motores diésel anteriores. Estos aceites están formulados para su utilización en todas las aplicaciones con combustibles diésel con un contenido de azufre de hasta 500 p.p.m. (0.05 % en peso). Sin embargo, el uso de estos aceites con combustibles con contenido de azufre mayor a 15 p.p.m. (0.0015 % en peso) puede afectar a la durabilidad de los sistemas de postratamiento de los gases de escape y/o al intervalo de cambio del aceite. Los aceites API CJ-4 superan los niveles de desempeño API CI-4 con CI-4 PLUS, CH-4, CH-4, CG-4 y CF-4, y pueden ser utilizados eficazmente en motores que requieran estas categorías de servicio API. Si se utiliza un aceite CJ-4 con combustibles que contengan más de 15 p.p.m. de azufre, consulte al fabricante del motor para conocer el intervalo de mantenimiento.
CI-4	Actual	Se comenzó a utilizar en el año 2002. Para motores diésel de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos, diseñados para cumplir con las normas de emisiones de gases de escape del año 2004 implementadas en el año 2002. Los aceites CI-4 están formulados para mantener la durabilidad del motor cuando se emplean sistemas de recirculación de gases de escape, y están diseñados para ser utilizados con combustibles diésel con un contenido en azufre de hasta 0.5 % en peso. Puede utilizarse en lugar de aceites CD, CE, CF-4, CG-4, y CH-4. Algunos aceites CI-4 también pueden calificarse como CI-4 PLUS.
CH-4	Actual	Se comenzó a utilizar en el año 1996. Para motores de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos, diseñados para cumplir las normas de emisiones de gases de escape del año 1998. Los aceites CH-4 están específicamente formulados para su uso con combustibles diésel con un contenido en azufre de hasta 0.5 % en peso. Puede utilizarse en lugar de aceites CD, CE, CF-4 y CG-4.

Fuente: American Petroleum Institute (2013). *El aceite para motor es importante.*

Anexo 2: Guía para el índice de carga y símbolo de velocidad

ÍNDICE DE CARGA

El ÍNDICE ISO* DE CARGA es un código numérico asociado con la carga máxima que una llanta puede transportar a la velocidad indicada por su SÍMBOLO DE VELOCIDAD** bajo condiciones de servicio especificadas por el fabricante de la llanta. (1 kg = 2,205 lb)

Índice de carga	kg	Libras
155	3,875	8,540
156	4,000	8,820
157	4,125	9,090
158	4,250	9,370
159	4,375	9,650
160	4,500	9,920
161	4,625	10,200
162	4,750	10,500
163	4,875	10,700
164	5,000	11,000
165	5,150	11,400
166	5,300	11,700
167	5,450	12,000
168	5,600	12,300
169	5,800	12,800

SÍMBOLO DE VELOCIDAD **

El SÍMBOLO ISO* DE VELOCIDAD indica la velocidad a la que la llanta puede transportar una carga correspondiente a su índice de carga, bajo condiciones de servicio especificadas por el fabricante de la llanta.

Símbolo de velocidad	Velocidad**	
	km/h	mph
J	100	62
K	110	68
L	120	75
M	130	81
N	140	87

*Organización Internacional de Estándares

** No se recomienda o promueve exceder el límite legal de velocidad.

Fuente: Michelin (2013). *Manual de servicio para llanta de camión Michelin*

X One.

Anexo 3: **Guía de recomendaciones para reparación de neumáticos de vehículos de transporte de carga**

Tipo de reparación	Aplicación	Cantidades máximas	Límites de dimensión
Reparación local (sin afectar a las cuerdas del cuerpo)	Transporte de larga distancia, recolección y entrega	Máximo 10 por costado	Sin límite
	Servicio intenso	Máximo 20 por costado	Sin límite
Reparaciones de ceja (daño solamente en hule)	Todas	Máximo 4 por ceja	Ancho máximo: 150 mm (6") Distancia mínima entre reparaciones: 75 mm (3")
	Servicio intenso	Sin límite	Largo = 2 mm x Ancho = 50 mm (1/16" x 2") Distancia mínima entre reparaciones: 75 mm (3")
Reparaciones de ceja (tira chafer)	(Solamente para reparación de punta de la ceja)	Máximo 4 por ceja	Largo = 25 mm x Ancho = 55 mm (1" x 2") Distancia mínima entre reparaciones: 75 mm (3")
Reparaciones de capa interna	Todas	Sin límite	Si el diámetro de la burbuja es menor a 5 mm (3/16"), no tocar; Reparación entre 5 mm (3/16") y 20 mm (3/4")
			Si el diámetro de la burbuja es mayor a 20 mm (3/4"), rechazar casco.
Cardeado (capa de protección de cinturones)		Máximo 15 por llanta	Diámetro máximo: 40 mm (1.6") Superficie máxima: 1600 mm ² (2.5 pulgadas cuadradas)
	Recorridos largos, recolección y entrega	Máximo 60 por llanta	Diámetro máximo: 40 mm (1.6") Superficie máxima: 1,600 mm ² (2.5 pulgadas cuadradas)
Cardeado (2do cinturón; Infinicoll)	Servicio intenso	Máximo 3 por llanta	Diámetro máximo: 30 mm (1.2") Superficie máxima: 900 mm ² (1.4 pulgadas cuadradas)
	Recorridos largos, recolección y entrega	Máximo 20 por llanta	Diámetro máximo: 30 mm (1.2") Superficie máxima: 900 mm ² (1.4 pulgadas cuadradas)
Reparaciones de ponchaduras	Servicio intenso	Máximo 5 por llanta	Diámetro máximo: 10 mm (0.4")
Reparaciones de secciones	Todas	Máximo 2 por llanta	Corona Diámetro máximo: 25 mm (1.0)
			Costado Largo 70 mm x Ancho 25 mm (2.8" x 1.0") Largo 90 mm x Ancho 20 mm (3.8" x 0.8") Largo 120 mm x Ancho 15 mm (4.7" x 0.6")

Para reparaciones de ponchaduras de hasta 6 mm en el área del hombro, el parche de reparación deberá escalarse (mayor a CT20) y desviar el extremo de refuerzo tan lejos del área flexible máxima como sea posible.

Fuente: Michelin (2013). *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One.*

Anexo 4: **Guía para seleccionar un aceite para la transmisión manual en aplicaciones de transporte de carga**

Categoría	Estado	Se usa en	Condiciones de funcionamiento	Notas
API GL-1	Inactivo	Transmisiones manuales.	Condiciones moderadas: Bajas presiones en la unidad y velocidades mínimas de deslizamiento	Se pueden utilizar inhibidores de la oxidación y la herrumbre, así como inhibidores de la fluidez, para mejorar las características de los lubricantes diseñados para este servicio. No se deben utilizar modificadores de fricción ni aditivos de presión extrema.
API GL-2	Inactivo	Ejes de engranajes de tornillo sinfín de tipo automotor.	Condiciones de carga, temperatura y velocidades de deslizamiento que los lubricantes API GL-1 no serán suficientes.	
API GL-3	Inactivo	Transmisiones manuales y ejes cónicos espirales.	Condiciones de velocidad y carga de suaves a moderadas y a severas	Capacidades de transporte de cargas mayores a APL GL-1, pero inferiores a los requerimientos de los lubricantes que sirven para el servicio API GL-4.

Continuación del Anexo 4.

API GL-4	Activo	Engranajes cónicos espirales e hipoides en ejes automotrices	Velocidades y cargas moderadas	Estos aceites se pueden utilizar en transmisiones manuales y aplicaciones de transeje seleccionadas.
API GL-5	Activo	Engranajes, especialmente los hipoides, en los ejes automotrices	En condiciones de altas velocidades o bajas velocidades y torque alto	Los lubricantes calificados bajo la especificación MIL-L-2105D (anteriormente MIL-L-2105C), MIL-PRF-2105E y SAE J2360 cumplen con los requisitos de la designación de servicio API GL-5.
API GL-6	Inactivo	Engranajes diseñados con un descentramiento muy alto del piñón	Diseños que requieren una protección contra estriación (engranaje) superior a la provista por API GL-5	El instrumental de pruebas original API GL-6 está obsoleto.

Continuación del Anexo 4.

MIL-PRF-2105E	Se rescribió como norma SAE J2360	Ejes	Combina los requisitos de rendimiento de su predecesor (MIL-L-2105D) y API MT-1	Requisitos: Químicos/físicos, prueba de ejes fijos, prueba de campos, revisiones de datos realizadas por Lubricants Review Institute y de API MT-1: requisitos estrictos de prueba de durabilidad térmica y de compatibilidad del sello de aceite.
SAE J2360	Activo	Ejes	Rendimiento equivalente al definido por MIL-PRF-2105E	Incluye todos los requisitos más recientes de pruebas del eje y la transmisión identificados en API GL-5, API MT-1 y MIL-PRF-2105E, incluyendo la necesidad de demostrar la prueba de rendimiento por medio de pruebas de campo rigurosas.

Fuente: Lubrizol (2019). *Especificaciones para aceites para ejes: de API GL-1 a la actualidad*. Consultado el 21 de agosto del 2019. Recuperado de: <https://espanol.lubrizol.com/Lubricant-and-Fuel-Additives/Driveline-Additives/Axle-Oil/Specifications>.