



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

**PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO PARA VEHÍCULO
DE CARGA PESADA CON MOTOR DETROIT DIESEL SERIE 60 DE
TRANSPORTES CASTILLO**

Hugo Alfredo Orellana Grave

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO PARA VEHÍCULO
DE CARGA PESADA CON MOTOR DETROIT DIESEL SERIE 60 DE
TRANSPORTES CASTILLO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HUGO ALFREDO ORELLANA GRAVE
ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO PARA VEHÍCULO DE CARGA PESADA CON MOTOR DETROIT DIESEL SERIE 60 DE TRANSPORTES CASTILLO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 2 de septiembre de 2015.



Hugo Alfredo Orellana Grave

Guatemala 29 de julio de 2016

Ingeniero
Roberto Guzmán Ortiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor director:

Respetuosamente, le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO PARA VEHÍCULO DE CARGA PESADA CON MOTOR DETROIT DIESEL SERIE 60 DE TRANSPORTES CASTILLO** presentado por el estudiante **Hugo Alfredo Orellana Grave**, carné **2009 15340**, y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo llena los requisitos necesarios para ser sometido a discusión en su Examen General Público y recomiendo su aprobación para el efecto.

atentamente,


Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 3071



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.210.2016

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO PARA VEHÍCULO DE CARGA PESADA CON MOTOR DETROIT DIESEL SERIE 60 DE TRANSPORTES CASTILLO** desarrollado por el estudiante **Hugo Alfredo Orellana Grave, carné 2009-15340** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, agosto 2016



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

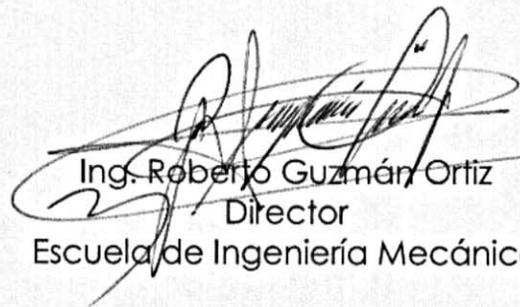
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.269.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO PARA VEHÍCULO DE CARGA PESADA CON MOTOR DETROIT DIESEL SERIE 60 DE TRANSPORTES CASTILLO** del estudiante **Hugo Alfredo Orellana Grave**, carné No. **200915340** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, septiembre de 2016

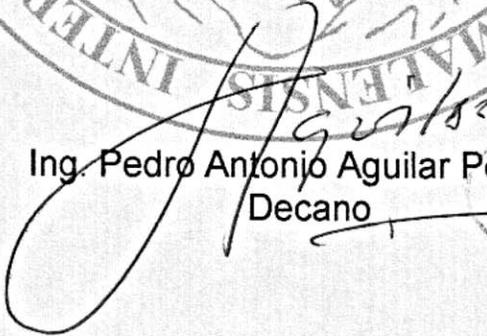
/aej



Ref. DTG.428.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO PARA VEHÍCULO DE CARGA PESADA CON MOTOR DETROIT DIESEL SERIE 60 DE TRANSPORTES CASTILLO**, presentado por el estudiante universitario: **Hugo Alfredo Orellana Grave**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, septiembre de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** El Todopoderoso, por ser la luz, amor, sabiduría y fortaleza en mi vida, quien me brindó una nueva vida llena de bendiciones cada día y el ser que guía mis pasos en cada momento.
- Mis padres** Miguel Hugo Orellana y Ana María Grave de Orellana, por su amor incondicional que me han brindado desde el momento en que nací y me ha ayudado a superar cualquier adversidad así alcanzar cualquier objetivo que me proponga.
- Mis hermanos** David Eduardo y Jonathan Eliu, quienes han estado para mí en todo momento, la vida me ha permitido ser su ejemplo y que este logro les sirva para alcanzar logros aún mayores a este.
- Mi tío** Ing. Carlos Eduardo Orellana (q.d.e.p), por ser la persona quien me animó y motivó a formar parte del prestigioso gremio de Ingenieros.
- Mi familia en general** Por cada consejo y dirección que me brindaban en este largo camino.

Mis amigos

Los quisiera mencionar a todos, pero cada uno por nombre sabe que su amistad, confianza y compañía ha sido de las mejores cosas que puedo tener en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios superiores y darme el privilegio de pertenecer a la misma.

Facultad de Ingeniería

Por pasar por esas prestigiosas aulas y recibir clases con docentes que me dieron muy buenas lecciones.

**Ing. Carlos Humberto
Pérez Rodríguez**

Por su ejemplo como profesional de alto nivel, por incentivarme para pertenecer con prontitud al gremio, por su colaboración y asesoraría en la elaboración de este proyecto.

Al señor

Aníbal Mardoqueo Castillo, por su amistad, experiencia y asesoramiento brindado para culminar este proyecto.

Los señores

Técnicos, pilotos y demás personal que labora en Transportes y Talleres Castillo, por su apoyo en la parte técnica de este trabajo.

**Mis amigos de la
Facultad**

Luis Herrera, Pedro Marroquín, Fabián Pérez, Herbert Reyes, Álvaro Coronado, José Lemus, Jesúa Reyna, Shirley Chaclán, José Márquez, Paulo Vargas y amigos de Ingeniería Civil, por ser influencia muy importante en mi

carrera, brindandome su apoyo en este laborioso camino.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.1.1. Freightliner y Detroit Diesel.....	1
1.1.2. Historia del transporte de carga en Guatemala	2
1.1.3. Evolución del mantenimiento	3
1.1.4. Transportes Castillo.....	5
1.2. Generalidades del transporte terrestre de carga pesada	6
1.2.1. Transporte comercial	7
1.2.1.1. Tipos de cargas	7
1.2.1.2. Tipos de empresas de transporte	8
1.2.2. Consideraciones legales para una empresa de transporte de carga pesada.....	9
1.2.3. Principales rutas que transitan las unidades de la empresa.....	10
1.2.3.1. Rutas nacionales	11
1.2.3.2. Ruta internacional.....	12
1.3. Sistemas y subsistemas mecánicos de un vehículo de transporte de carga pesada.....	13

1.3.1.	Motor	13
1.3.2.	Sistema de transmisión	18
1.3.2.1.	Embrague o clutch	19
1.3.2.2.	Caja de velocidades	20
1.3.2.3.	Eje cardán	21
1.3.2.4.	Diferencial	22
1.3.3.	Sistema de dirección	23
1.3.4.	Sistema de frenos	26
1.3.4.1.	Elementos de seguridad en el sistema de frenos	29
1.3.5.	Sistema de suspensión y llantas	30
1.3.6.	Chasis	34
1.3.7.	Plataforma de carga	35
2.	PRINCIPIOS EN EL MANTENIMIENTO Y LA GESTIÓN DE ACTIVOS	37
2.1.	Mantenimiento.....	37
2.1.1.	Conceptos relacionados al mantenimiento.....	37
2.1.2.	Tipos de mantenimiento	38
2.2.	Gestión del mantenimiento preventivo	43
2.2.1.	Tipos de fallas	44
2.2.2.	Principales actividades preventivas.....	45
2.2.2.1.	Inspecciones	46
2.2.2.2.	Lubricación	47
2.2.2.3.	Limpieza.....	50
2.2.3.	Costos de mantenimiento.....	50
2.2.3.1.	Costos fijos.....	51
2.2.3.2.	Costos variables.....	51
2.2.3.3.	Costos financieros.....	52

	2.2.3.4.	Costos de fallo	52
	2.2.3.5.	Costo total del mantenimiento	53
	2.2.4.	Repuestos y materiales	53
2.3.		Gestión de activos	54
	2.3.1.	Generalidades	55
	2.3.1.1.	Beneficios	55
	2.3.2.	Sistema de gestión de activos	55
	2.3.3.	Relación con la administración del mantenimiento	59
	2.3.3.1.	Consideraciones	60
	2.3.3.2.	Identificar fortalezas y debilidades.....	61
	2.3.3.3.	Índices de mantenimiento.....	62
	2.3.3.4.	Análisis causa raíz.....	63
3.		SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO AUTOMOTOR Y REQUISITOS PARA LA DOCUMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	65
	3.1.	Situación actual	65
	3.1.1.	Vehículos.....	66
	3.1.2.	Personal operativo y técnico.....	66
	3.1.3.	Material utilizado para el mantenimiento	67
	3.2.	Actividades de mantenimiento.....	68
	3.2.1.	Aspectos específicos	70
	3.3.	Evaluación del vehículo de carga	71
	3.3.1.	Estado actual del vehículo.....	73
	3.3.2.	Costo actual del mantenimiento.....	75
	3.4.	Requisitos para elaborar la programación del mantenimiento	77
	3.4.1.	Definir objetivos	77

3.4.2.	Medición de resultados.....	78
3.4.3.	Establecer políticas de tercerización	79
3.4.4.	Definir estrategias	80
3.4.5.	Definir la orientación del plan	81
3.4.6.	Conocer los equipos.....	81
3.4.7.	Tareas de mantenimiento.....	82
3.4.7.1.	Frecuencias para realizar tareas	82
3.4.7.2.	Especialidades de mantenimiento que se asignarán para las tareas	82
3.4.8.	Definir formatos a utilizar.....	83
3.4.9.	Mantenimientos especiales	83
3.5.	Tareas específicas de mantenimiento.....	84
3.6.	Seguridad.....	88
3.6.1.	Medidas de seguridad para los técnicos	89
3.6.2.	Medidas de seguridad para los pilotos	91
4.	ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	93
4.1.	Codificación de las unidades.....	93
4.2.	Tareas y actividades generales para el mantenimiento del vehículo de carga pesada	95
4.2.1.	Frecuencia de las tareas de mantenimiento.....	97
4.2.1.1.	Tareas adicionales	97
4.2.1.1.1.	Servicio 10K.....	97
4.2.1.1.2.	Servicio 20K.....	98
4.2.1.1.3.	Servicio 30K.....	99
4.2.1.1.4.	Servicio 40k.....	101
4.3.	Aspectos para la administración del mantenimiento	102
4.3.1.	Personal	102

4.3.2.	Órdenes de trabajo	103
4.3.3.	Informes de trabajos de mantenimiento.....	103
4.4.	Aspectos para el control del mantenimiento	103
4.4.1.	Bitácora de mantenimiento	104
4.4.2.	Ficha técnica individual.....	104
4.4.3.	Control de órdenes de trabajo	104
4.4.4.	Solicitud de compra de repuestos e insumos	104
4.4.5.	Solicitud para egreso de repuestos e insumos	105
4.4.6.	Reportes mensuales de mantenimiento correctivo	105
4.4.7.	Ficha de control de llantas.....	105
4.4.8.	Ficha de control de consumo de combustible.....	107
4.5.	Propuesta para el stock necesario	107
4.6.	Propuesta para la solución de los problemas mecánicos	109
4.6.1.	Análisis de aceite.....	109
4.7.	Propuesta para el presupuesto de mantenimiento preventivo	112
	Fuente: elaboración propia.....	113
4.7.1.	Análisis comparativo de costos de mantenimiento	114
4.8.	Consideraciones para el reemplazo de una unidad (activo físico).....	115
4.9.	Planeación del mantenimiento.....	115
4.9.1.	Programación del mantenimiento preventivo.....	116
4.9.2.	Prioridades de mantenimiento	117
4.9.3.	Cronograma propuesto de mantenimiento	119
	CONCLUSIONES	121
	RECOMENDACIONES.....	123

BIBLIOGRAFÍA..... 125
APÉNDICES..... 133
ANEXOS..... 137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura básica de un motor	15
2.	Funcionamiento de un motor de 4 tiempos	16
3.	Motor con turbo alimentador	17
4.	Motor Detroit 12.7	18
5.	Embrague de diafragma.....	19
6.	Caja de cambios de EATON	21
7.	Estructura convencional de un eje cardán	22
8.	Estructura básica de un mecanismo diferencial	23
9.	Mecanismo de dirección piñón cremallera	24
10.	Dirección hidráulica.....	25
11.	Sistema de frenos de tambor	27
12.	Esquema de un sistema de frenos de aire.....	29
13.	Suspensión de aire PRIMAAX™ EX.....	31
14.	Estructura de llantas radiales y convencionales.....	33
15.	Chasis convencional de un camión.....	35
16.	Plataforma de carga de 2 ejes	36
17.	Curva de la bañera.....	45
18.	Coeficientes de fricción para varios tipos de lubricación.....	49
19.	Flujo de elementos de un SGA	57
20.	Modelo de un SGA.....	59
21.	Consideraciones para adquirir un activo físico.....	60
22.	Procedimiento actual de mantenimiento	69
23.	Diagnóstico general del vehículo de carga.....	74

24.	Vista superior de un vehículo de carga, que identifica la posición de sus llantas	106
25.	Costo por kilómetro anual	114
26.	Procedimiento propuesto para el mantenimiento.....	118

TABLAS

I.	Inversión inicial para empresas de transporte pesado.....	9
II.	Clasificación de motores térmicos	14
III.	Características técnicas del cabezal.....	72
IV.	Características técnicas de la plataforma de carga	72
V.	Costo actual del mantenimiento (cabezal y plataforma)	77
VI.	Cantidad aceite lubricante requerido por sistema.....	87
VII.	Significado de códigos propuestos	94
VIII.	Porcentaje tolerables y ppm de elementos presentes en un lubricante, dependiendo su aplicación.....	112
IX.	Presupuesto para el mantenimiento preventivo.....	113
X.	Comparación actual y propuesta del costo individual de mantenimiento	114
XI.	Prioridades para actividades de mantenimiento	117

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hp	Caballos de fuerza (<i>Horse Power</i>)
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
c.c.	Centímetros cúbicos
DS	Clasificación de aceites para uso en motores diesel
MS	Clasificación de aceites para uso en motores gasolina.
Gal.	Galón
°C	Grado centígrado
°F	Grado Fahrenheit
Kg.	Kilogramo
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Km.	Kilómetro
Lb.	Libra
psi	Libra por pulgada cuadrada
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (Reliability Centered Maintenance)
Mi.	Milla
ECM	Módulo de control electrónico
ppm	Partes por millón
Ft.	Pie
Ft·Lb	Pie por libra
%	Porcentaje

Q

Quetzal

rpm

Revoluciones por minuto

Ton.

Tonelada

GLOSARIO

Activo físico	Es un bien tangible o intangible que posee una empresa o persona y es parte de las cuentas financiarás.
Aditivo	Elemento químico que se agrega a un producto para resaltar alguna característica, es utilizado en líquidos refrigerantes, combustibles y lubricantes.
Alcalinidad	Capacidad para neutralizar ácidos de una sustancia química en una solución acuosa.
Alternador	Generador de corriente eléctrica, que la genera por medio de campos magnéticos.
API	Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute).
Avería	Daño que evita el funcionamiento del mecanismo de un sistema o una máquina.
Borne	Terminal metálica que se usa para la conexión a hilos conductores de electricidad.
Cárter	Caja metálica que aloja mecanismos del motor, que a su vez es un deposito para el aceite del motor.

Chumacera	Pieza metálica o de madera que posee una muesca donde descansa y gira cualquier tipo de eje.
Cilindrada	Recorrido completo del émbolo de un cilindro, lo que aspira el motor, también da la capacidad de los cilindros del motor.
Cojinete	Pieza o conjunto de ellas donde se sujeta y gira un eje de alguna máquina.
Colineal	Es una denominación de la geometría que sitúa dos puntos en una misma recta.
Desgaste	Deterioro de un material como efecto del uso o del roce.
Drenar	Medio por el cual el agua contenida en una zona o área fluye a través de una superficie.
Eficiencia	Capacidad para cumplir de manera adecuada una función.
Eje	Barra cilíndrica que atraviesa un cuerpo giratorio que además le sirve de centro para girar.
Embrague	Mecanismo que une o separa el eje del cambio de velocidades de un vehículo al movimiento del motor
Falla	Incumplimiento de una obligación.

Filtro	Elemento que evita el ingreso de suciedad, agua o sedimentos que puedan dañar u obstruir un sistema.
Freno	Mecanismo de una máquina que modera o detiene su movimiento.
Freno de tambor	Es un tipo de freno que utiliza la fricción generada por un par de zapatas para producir el efecto de frenado.
Fricción	Fuerza que se opone al movimiento.
Intercooler	Radiador de aire o agua que enfría el aire comprimido del sobrealimentador o turbocompresor de un motor de combustión interna.
ISO	Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization).
Kilometraje	Distancia recorrida por un vehículo, verificada por el cuentakilómetros del tablero.
Mecánica	Rama de la física que estudia y analiza el movimiento y reposo de los cuerpos, su evolución en el tiempo, bajo la acción de fuerzas.
Mecanismo	Conjunto de elementos que ajustados entre sí, emplean energía mecánica para realizar un trabajo.

Motor	Parte sistemática de una máquina que es capaz de hacer funcionar un sistema.
Multigrado	Aceite lubricante que no varía sus propiedades con los cambios de temperatura.
Normas API	Normas del Instituto Americano del petróleo, se usan para definir niveles de calidad a los lubricantes empleados para los motores automóbiles norteamericanos.
Quinta rueda	Es un tipo de enganche con un pasador de bloqueo para acoplarse con un pivote central de un remolque o plataforma.
Par motor	Torque, movimiento de fuerza que ejerce un motor sobre un eje de transmisión de potencia.
Potencia	Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.
Radiador	Aparato metálico, que en su interior circula fluido caliente que transmite calor a un medio circulante.
RCA	Análisis causa raíz (<i>Root Cause Analysis</i>).
Refrigerante	Sustancia química que se utiliza para producir refrigeración, a su vez reduce y mantiene la temperatura de un objeto o espacio.

Rodamiento	Cojinete que consta de dos cilindros concéntricos donde va colocado un juego de rodillos o bolas que giran libremente.
SAE	Sociedad norteamericana que se denomina Society of Automotive Engineers, esta formada por especialistas del sector. Impulsa propuestas para unificar normas y materiales de diferentes industrias de automóviles y adyacentes .
Tándem	Término utilizado en camiones y motoniveladoras para describir el uso de dos ruedas consecutivas, para proporcionar mejor tracción y soporte de carga.
Transmisión	Mecanismo usado para seleccionar velocidad y transmitir la potencia para el avance de una máquina.
Turboalimentador	Mecanismo de sobrecarga, que utiliza los gases de escape para hacer girar una turbina que fuerza la mezcla de aire-combustible en los cilindros del motor.
TPM	Mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance).
Válvula	Elemento que controla la dirección de un fluido o la medida del mismo.

Volante	Rueda de acero instalada en el extremo posterior de un cigüeñal y que almacena energía del motor en el ciclo de potencia y suministra un flujo continuo de giro al embrague.
Vida útil	Tiempo estimado que un objeto puede tener para cumplir de manera correcta su función por lo que ha sido creado.
Zapata	Compuesto que fricciona con el roce de un elemento metálico (tambor).

RESUMEN

Generalmente el funcionamiento vehicular tiene una correcta operación del mismo, que influye en el tipo de mantenimiento que se efectúa, ya que esta actividad ayuda a preservar y prolongar la vida útil de los sistemas y mecanismos principales que influyen en la operación de un vehículo.

El presente trabajo de graduación describe los sistemas principales en el funcionamiento de un vehículo de carga pesada, principales rutas por las que transita y efectúa una breve observación de la situación actual de la empresa, para enfocarse en un equipo por efectos de estudio y análisis, se identifica la necesidad de tener un control de mantenimiento, para organizar, supervisar y administrar las diferentes actividades de mantenimiento que se ejecutan en la unidad evaluada.

El proyecto plantea una propuesta, para implementar un plan de mantenimiento preventivo que contiene rutinas periódicas de inspección, lubricación, limpieza, tareas adicionales y servicios específicos, para una unidad de transporte de carga. Así alcanzar un mejor control en las labores de mantenimiento, optimizar la mano de obra, reducir costos y aumentar la disponibilidad de la unidad para sus respectivos viajes.

El plan propone organizar las rutinas estableciendo frecuencias para ponerlas en práctica, efectuar los servicios según su kilometraje y aprovechar la mano de obra interna de la empresa, para efectuarlos de manera propia la reducción de costos y el plan fundamentado en protocolos genéricos para su desarrollo.

El trabajo impulsa introducir la ideología de la gestión de activos físicos, para aprender a equilibrar las labores de mantenimiento y costos, es decir, preservar y mantener la vida útil de un activo, siempre y cuando sea rentable el hacer estas labores. Además, enseñar a evaluar el cambio de la unidad por otra que sí cumpla con lo anterior.

OBJETIVOS

General

Elaborar una propuesta de un plan de mantenimiento mecánico preventivo, para vehículo de transporte de carga pesada con motor Detroit Diesel serie 60 de Transportes Castillo.

Específicos

1. Investigar los principios de funcionamiento de sistemas, subsistemas y componentes mecánicos principales del vehículo de transporte de carga pesada.
2. Estudiar los principios básicos en el mantenimiento, gestión de activos y su relación en la administración del mantenimiento preventivo en el transporte de carga pesada.
3. Realizar un diagnóstico del mantenimiento actual que se efectúa a la unidad de transporte de carga pesada a evaluar.
4. Recabar información sobre los requisitos para los formatos de registro de mantenimiento preventivo, para los sistemas mecánicos del cabezal y su plataforma.

5. Diseñar los procesos para las actividades de mantenimiento preventivo de los sistemas mecánicos, sobre rutinas de inspección, lubricación, reparación y control de llantas.

INTRODUCCIÓN

El tema de mantenimiento a nivel industrial y automotriz es muy importante hoy en día para el correcto funcionamiento de las diferentes unidades operativas de una empresa, es una labor que muchas entidades pueden considerar como un gasto innecesario, pero la realidad es que una actividad de mantenimiento preventivo es una inversión a mediano y largo plazo.

Este trabajo incentiva fomentar el ideal anterior en la administración y control de las diferentes tareas de mantenimiento preventivo que propone, para reducir labores correctivas por fallas inesperadas que son las causantes de elevar de manera desmesurada costos de operación de la unidad de transporte de carga. Todo lo tratado en el presente trabajo será para brindar herramientas así alcanzar confiabilidad en el equipo, mejorar la disponibilidad y optar por una manera organizada y planificada de trabajo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

El contenido de este capítulo tiene como fin primordial brindar una descripción general de los principales sistemas mecánicos de un vehículo de carga pesada.

1.1. Reseña histórica

Una breve historia acerca de Freightliner, Detroit Diesel, la historia del transporte de carga pesada en Guatemala y la evolución del mantenimiento industrial con el pasar del tiempo.

1.1.1. Freightliner y Detroit Diesel

En 1930, se fabrica un camión que fuere más ligero y durable, que ayudara al acarreo de bienes con mayor facilidad, con el diseño de una cabina encima del motor los hacía fáciles de manejar, L. James ayudó a la creación de la empresa Freightway Manufacturing Company, en la fabricación de vehículos, en 1942 cambiaron su nombre a Freightliner Corporation, siendo el más importante fabricante de tractocamiones, comenzando así la revolución en la industria de vehículos, construyendo el primer vehículo de aluminio, instalando plantas en Portland Oregón, y realizando acuerdos comerciales que ayuden a la comercialización de sus camiones, creciendo rápidamente, ya que en 1952 construye una planta con mayor capacidad en Swan Island, introduciendo dos nuevos modelos con lo que crecería la demanda siendo así que en 1961 exceden las 1000 unidades vendidas y en menos de cuatro años en 1965 a 4700 unidades.

Con el transcurrir de los años crece no únicamente en ventas de flota vehicular, si no que lo hace en partes y repuestos, sin mencionar los distintos modelos que desarrollan para las distintas necesidades que son requeridas en el mercado, esto creando una serie de camiones que satisfacen las necesidades, rendimientos y lo más importante durabilidad y calidad.

Creando a si la serie Classic XL en los inicios del 2000, con un gran rendimiento en caminos abiertos sin mencionar la comodidad con que este cuenta, permitiendo mayores cargas útiles y lo más importante una mayor economía en lo relacionado al combustible, generando mayor utilidad, innovando así su tecnología, la mezcla entre lo clásico y lo nuevo, con lo que lo hacía un camión destinado para rutas largas, durabilidad con un motor más fuerte, el 12.7 este motor fue tan resistente que ningún piloto podía acabarlos, en la actualidad la línea Detroit salió con un turbo nuevo, y con los inyectores de la familia 11.1 y 12.7 dan más de un millón de millas.

1.1.2. Historia del transporte de carga en Guatemala

A inicios del siglo XX había un lento crecimiento en Guatemala, por lo que se contrataron algunas empresas extranjeras para construir una vía de transporte de carga desde el exterior hacia los puertos, poder exportarlas a otros países, dando lugar a una red ferroviaria la cual era estatal y que transitaba grandes extensiones de territorio nacional. Se construyeron muchas carreteras de tierra en los senderos de terrenos boscosos donde normalmente se transitaba, pero durante malos climas llegaban a ser casi intransitables.

En el transcurso de este siglo se instalaron grandes empresas productoras de vehículos de uso particular, transporte público, mercancías y hasta exportación a diferentes países. Pero el transporte de carga pesada se

desarrolla de una manera más lenta, ya que durante muchos años se estaba limitado a viajar sobre animales, carros y trineos halados por animales. El movimiento de integrantes de numerosas familias hacia el área urbana llevó a que el Gobierno agilizara la construcción de carreteras a lo largo de todo el país, para comercio, importaciones, exportaciones, entre otros.

Después de terminada la construcción de la carretera al atlántico a inicios de los años cincuenta, surgen las empresas pioneras en el transporte de carga ya con más de dos camiones para el traslado de productos y mercancías, a principios del año 1960 con el aporte del Estado con nuevas carretas surge el transporte de carga tal y como lo conocemos en la actualidad, por medio de camiones, cabezales (versión más moderna que el camión) plataformas de carga y furgones en las últimas décadas, medios por los cuales es posible movilizar cualquier tipo de mercancía de un lugar a otro, en menor tiempo, con mayor seguridad ya sea dentro del país o fuera de él, aeropuertos locales, puertos, entre otros.

1.1.3. Evolución del mantenimiento

Cuando finaliza la Primera Guerra Mundial e inicia la Revolución Industrial se empieza a ver las primeras actividades correctivas en las fallas de los equipos y maquinaria en operación de distintas industrias “mantenimiento correctivo” (CM, Corrective Maintenance) para evitar el problema de retrasos y consecuencias (graves accidentes) que producían paros repentinos del equipo por fallas mecánicas.

Durante el desarrollo de la Primera Guerra Mundial, la industria del acero es obligada a ser una industria de guerra, Estados Unidos de América aunque no fue partícipe, ayudó de gran manera en la manufactura de armas para los

países “aliados”, y es aquí en el desarrollo de este escenario de guerra donde surge el “mantenimiento preventivo” (MP).

El MP es resultado de la necesidad de prevenir las fallas inesperadas en las máquinas y poder alcanzar el funcionamiento de los equipos en condiciones más optimas. Se designó personal para esta actividad, que regularmente no contaba con mayor preparación para desarrollar las distintas tareas, muchas veces los mismos operarios de los equipos, eran los integrantes de los departamentos de mantenimiento de esa época.

Con el pasar del tiempo, la ideología preventiva crece, procesos administrativos, estadísticos, control de costos, calidad en las labores y la producción, entre otros. El año 1950 fue muy importante, ya que cambia la metodología tradicional de cuidado de las máquinas “Mantenimiento Preventivo” hacia el “cuidado del producto”, Mantenimiento Productivo (PM).

Para inicios del año 1960 se inicia el desarrollo de una nueva metodología implementada por la industria aeronáutica, llamado Centrado en la Confiabilidad (RCM, siglas en inglés), básicamente consiste en aumentar la confiabilidad de los equipos por medio de herramienta tecnológica y procesos que permitan adelantarse de manera oportuna a las fallas.

Seguidamente en el año 1965, surge el Análisis Causa Raíz (RCA, siglas en inglés) que es una herramienta que ayuda a realizar un análisis de fallas que se desean resolver, buscado eficacia en las soluciones para que la falla no se repita y mitigarla desde su raíz. El RCA no es herramienta exclusiva del mantenimiento ya que involucra una eficiente comunicación con los integrantes del sistema, negocios, entre otros y así solucionar cualquier problemática que se presente.

Desde el año 1970 hasta la fecha, sigue surgiendo una gran variedad de tendencias que buscan adaptarse a cualquier tipo de negocio o industria para la mejora en la producción, calidad, control de costos, cuidado con el ambiente, confiabilidad, manejo de activos, entre los más importante se mencionan:

- Uso de herramientas informáticas para la administración de activos (CMMS).
- Mantenimiento Productivo Total (TPM).
- Optimización del mantenimiento planificado (PMO).
- Desarrollo del RCM-2 para cualquier industria.
- Proceso de desarrollo para los 5 pilares visuales del lugar de trabajo (5S's)
- Para el 2005 se inicia el estudio de la conservación industrial (IC).
- Implementación de sistemas para la mejora continua, cuidado con el ambiente, seguridad en el área de trabajo, entre otros.

1.1.4. Transportes Castillo

Durante muchos años don Anibal Castillo labora como supervisor del área de mecánica para una empresa nacional de importación, venta de camiones y repuestos para vehículos pesados, con el pasar del tiempo decide arriesgarse por cambiar su entorno de trabajo y ser parte del rubro del transporte de carga, adquiriendo su primera unidad en el año 2008 para iniciar labores formalmente al siguiente año, logrando prestar sus servicios de movilización de cargas en la Industria Siderúrgica de Guatemala, S.A. (SIDEQUA), empresa que hasta el día de hoy sigue solicitando los servicios de Transportes Castillo.

Sin tener una instalación fija que represente a la empresa, la única carta de presentación para el primer año era la unidad de transporte de carga, por consiguiente el tema de mantenimiento era abordado muy poco, pero conforme ha crecido la demanda de la empresa, también lo hacía el número de unidades, las tareas de mantenimiento y la necesidad de un espacio propio para efectuar labores administrativas, de mantenimiento y parqueo para las unidades. Para el año 2013 ya eran 5 equipos en operación para los respectivos traslados, por lo que en ese mismo año don Anibal Gerente General de la empresa decide arrendar un predio ubicado en la zona 8 de Mixco, ciudad San Cristóbal.

Para el presenta año, la empresa cuenta con 8 cabezales y 8 unidades para movilización de cargas, conservando la alianza de trabajo con Sidegua y a la vez tratando de expandir más sus horizontes, realizando diferentes tipos de fletes a personas o empresas diferentes que requieran de este servicio, ya sea desde movilizar cargas arrendando solamente el cabezal, transporte de frutas y verduras con plataformas de carga que poseen carrocería de madera y muy recientemente se espera tener a la disposición furgones para el transporte de cargas secas. Desde que se arrendo el predio ya se cuenta con personal técnico para las labores de mantenimiento, por lo que la empresa también posee el servicio técnico de mecánica para transporte pesado externo.

1.2. Generalidades del transporte terrestre de carga pesada

El transporte en general es un medio de traslado de personas o bienes desde un lugar hacia otro. En la mayor parte de países del mundo se utiliza para la importación y exportación de mercancías o productos, y es debido a este medio que se agilizan las entregas al receptor final.

1.2.1. Transporte comercial

El transporte comercial consiste en todos los medios e infraestructura que intervienen en el movimiento de personas o bienes, tanto como recepciones y entrega de los mismos. En el mundo este tema es muy influyente, ya que está relacionado con el atraso o progreso de distintos países, también influye en el desarrollo económico debido a que desde la manufactura de un producto se estima el medio de traslado, tiempo y costo que le sumará este movimiento al producto.

Una empresa de transporte pesado es la que brinda el servicio de logística y movilización de cargas, siendo mercancías físicas que se trasladan por medio de diferentes equipos de transporte. Por esta razón, un productor debe adecuar el medio de traslado para la reducción de costos de operación, volverse competitivos en los diferentes mercados y maximizar las ganancias.

La correcta planificación de la logística en una empresa o la elección de un tercero que se encargue de esto, tiene significativa representación en el costo final de un producto. Actualmente, Guatemala no está debidamente controlado debido a la falta de buena infraestructura, malos procesos de carga y descarga, pero son aspectos que se encuentran en vías de mejora para controlar la logística de productos de manera eficiente

1.2.1.1. Tipos de cargas

- Carga seca: son productos de tipo sólido, que pueden ser transportados sueltos, en cajas, a granel, sacos, entre otros. Algunos ejemplos de estos pueden ser: hierro, productos industriales, granos, productos agrícolas,

respectivamente y una amplia variedad de mercancías en sus diferentes clasificaciones.

- Carga húmeda: productos en estado gaseoso o líquido, que se trasladan en unidades de carga especiales que dependen del tipo de producto que se desea movilizar, en la mayoría de los casos se transportan a granel por la fácil agrupación de los mismos, los cuales pueden ser: derivados del petróleo, gas, agua, alcohol, productos químicos, agrícolas, entre otros.

Para la movilización de los diferentes tipos de cargas (seca o húmeda) se necesitan diferentes tipos de contenedores para transportarlos, que pueden ser: furgones (secos o refrigerados), plataformas, pipas (para el transporte de líquidos), entre otros.

1.2.1.2. Tipos de empresas de transporte

La industria del transporte de carga es muy diversa, debido a la competitividad que día a día se puede desarrollar, a pesar de los obstáculos que se encuentran en el momento que se inicia una empresa, adquiriendo una unidad para este tipo de negocio y que con el paso del tiempo, una buena administración y buenos enlaces de negocios se convierta en una gran empresa con más unidades para prestar sus servicios.

Para ser parte de la gran industria del transporte de carga pesada por carreteras, en la actualidad se necesita de una fuerte inversión inicial, la cual se estima y detalla en la siguiente tabla:

- Valor estimado de un cabezal: Q150,000
- Valor estimado de una plataforma de carga: Q60,000

Tabla I. **Inversión inicial para empresas de transporte pesado**

Tipo de empresa	Unidades de transporte	Inversión aproximada (Q)
Microempresa	1	210 000
Pequeña empresa	10	2 100 000
Mediana empresa	25	5 250 000
Grande	150 o más	31 500 000

Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Consideraciones legales para una empresa de transporte de carga pesada

Como toda empresa, para iniciarse como tal necesita estar debidamente controlada y regida por reglamentos, normas o leyes estatales para su correcto desempeño y legitimidad en sus acciones, se puede hacer mención de lo siguiente:

- Mención en la Constitución Política de Guatemala (1985), en el Artículo 131, donde acuerda: la importancia económica que tiene el transporte en general para el desarrollo del país, donde establece que el mismo goza de protección del Estado, y quedan sujetos solamente a la jurisdicción de autoridades civiles.
- Código de Comercio de Guatemala, Decreto 2-70 del Congreso de la República.

- Ley de Impuesto Sobre la Renta, Decreto 26-92 y su respectivo reglamento contenido en el Acuerdo Gubernativo 206-2004.
- Ley del Impuesto al Valor Agregado junto con su reglamento contenidos en el Decreto 27-92 y el Acuerdo Gubernativo 424-2006.
- Ley y Reglamento de Tránsito, contenidos en el Acuerdo Gubernativo 499-97 el cual fue emitido el 2 de julio de 1997.
- Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones, contenido en el Acuerdo Gubernativo 379-2010. Establece regulaciones que todo vehículo de transporte de carga debe cumplir cuando transite por carreteras nacionales.

Leyes y reglamentos mencionados anteriormente deben ser cumplidos por cualquier persona o empresa que es parte del negocio del traslado de carga pesada, además es muy importante hacer mención de los dos últimos rubros tratados en el párrafo anterior.

Cada persona o empresa debe considerarlos desde el momento que desee circular con cualquier tipo de camión en las diferentes carreteras del país, ya que el incumplimiento de los requisitos establecidos en el reglamento de control de pesos y dimensiones y la Ley de Tránsito, pueden ocasionar penalizaciones, multas e incluso no permitir la circulación de los vehículos de transporte.

1.2.3. Principales rutas que transitan las unidades de la empresa

Dentro de los distintos recorridos que la flota transita, se pueden dividir en dos importantes, las rutas nacionales e internacionales:

1.2.3.1. Rutas nacionales

Inician en la Siderúrgica de Guatemala, S.A. (SIDEGUA) hacia distintas ubicaciones donde están localizados los distintos clientes de la empresa, siendo las áreas siguientes:

- **SIDEGUA - CIUDAD CAPITAL**
 - Zonas: 7, 10, 11, 12, 13, 14
 - Chimaltenango
 - Kilómetro 22 Carretera a El Salvador
- **SIDEGUA – ESCUINTLA**
 - Escuintla cabecera
 - Taxisco
 - Siquinalá
 - Santa Lucía Cotzumalguapa
 - Puerto Quetzal
 - La Gomera
 - San Vicente Pacaya
 - Ingenios: Pantaleón, Madre Tierra, Santa Ana, Magdalena
- **SIDEGUA – PETÉN**
 - Poptún
 - San Benito
 - El Naranjo
- **SIDEGUA – SAN MARCOS**
- **SIDEGUA – HUEHUETENANGO**
- **SIDEGUA – QUETZALTENANGO**
 - Xela
- **SIDEGUA – IZABAL**
 - Puerto Barrios

- SIDEGUA – QUICHÉ
 - Nebaj
 - Santa Cruz
 - Uspantán
- SIDEGUA – ALTA VERAPAZ
 - San Pedro Carchá
- SIDEGUA – SUCHITEPEQUEZ
 - Cocales
 - Mazatenango
 - Ingenio el Pilar

Los puntos anteriores son las rutas más importantes que la empresa cubre para la entrega de material, es importante mencionar que las rutas inician en SIDEGUA, seguidamente en los distintos puntos de entrega, y culminan de nuevo en la Siderúrgica para estar a la espera de más viajes, esto siempre y cuando no haya alguna novedad mecánica en el trayecto o no se requiera que el vehículo se desvie al parque vehicular de la empresa.

Eventualmente surgen personas o empresas que solicitan el servicio de fletes a distintas localidades, se puede realizar si existe alguna unidad disponible o no interrumpen el itinerario de viajes ya planificados.

1.2.3.2. Ruta internacional

Es la ruta más reciente que genera trabajo en la empresa, es cubierta por una persona ajena a la empresa, pero a la vez en alianza con la misma. Las mercancías se trasladan en unidades de carga que poseen carrocería de madera para trasladar diferentes frutas y verduras al país de Honduras o ingresar a este país fruta proveniente de este país vecino, las principales rutas son las siguientes:

- GUATEMALA – HONDURAS
 - Ciudad capital – Sonaguera Colón
 - Ciudad capital – San Pedro Sula
 - Ciudad capital – Tegucigalpa
 - Tecún Umán – San Pedro Sula
 - La Gomera, Escuintla – San Pedro Sula

1.3. Sistemas y subsistemas mecánicos de un vehículo de transporte de carga pesada

Un vehículo de carga pesada esta compuesto por diferentes sistemas tales como sistema eléctrico, mecánico y electrónico, pero para efectos de estudio solo se tratará el sistema mecánico que se desglosa de la siguiente forma:

1.3.1. Motor

Componente de una máquina que puede hacer funcionar un sistema por medio de la transformación de una energía (térmica o eléctrica) en energía mecánica y capaz de realizar un trabajo, existen diversos tipos de motores, pero los más comunes son los eléctricos y térmicos.

Un motor térmico puede producir trabajo aprovechando la energía de una combustión o reacción química que se encuentre a elevadas temperaturas para posteriormente transformarla en energía mecánica, por esta razón son llamados motores de combustión y se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla II. **Clasificación de motores térmicos**

Motores térmicos	Combustión interna	Combustión externa
Alternativos	De explosión (diesel y gasolina)	Máquina de vapor
Rotativos	De explosión (turbina de gas)	Turbina de vapor

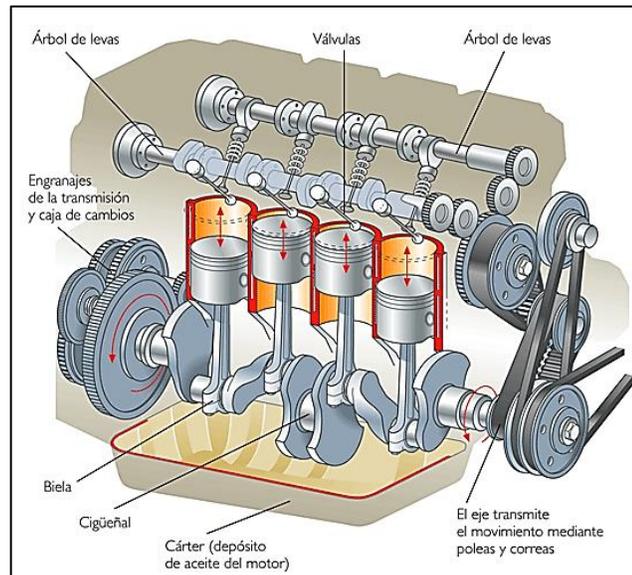
Fuente: elaboración propia.

Un motor de combustión interna es el componente principal de un vehículo y tiene como fin transformar la energía calorífica que genera una reacción química (combustible, aire, calor) en energía mecánica.

Cuando ocurre la combustión es cuando la temperatura y la presión se transforman en empuje sobre la cabeza del pistón, generar movimiento alternativo en la biela y seguidamente es transformado en movimiento rotatorio por un eje cigüeñal. Algunas de las principales partes que intervienen en la transformación de los movimientos descritos anteriormente son las siguientes:

- Biela
- Pistón o émbolo
- Bulón del pistón
- Cigüeñal
- Anillos
- Volante
- Cojinetes
- Árbol de levas
- Válvulas

Figura 1. Estructura básica de un motor



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-básica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

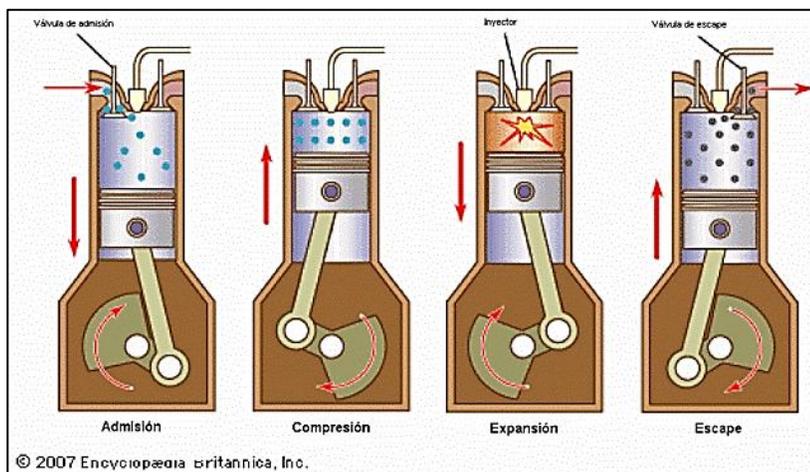
- Motor diesel:

Es un motor alternativo utilizado para servicios comerciales e industriales, su construcción usualmente robusta esta diseñada para mayores temperaturas y presiones en comparación al motor gasolina, con relaciones de compresión altas aproximadamente hasta un 21:1 que puede generar presiones de hasta 35 kg/cm^2 (500 Psi) y temperaturas de 537°C ($1\ 000^\circ\text{F}$).

Su principio de operación ocurre en la cámara de combustión donde por medio de la aspiración de aire, el mismo se comprime a una presión mayor en comparación al motor gasolina, a la vez al aire comprimido a una alta temperatura le es inyectado combustible, el cual se inflama de manera

espontánea por la alta temperatura y presión que se genera en ese instante y así el pistón pueda iniciar la carrera de movimiento alternativo, transformarlo al cigüeñal y poner en marcha el motor. Los tiempos de trabajo de un motor diésel de 4 tiempos se pueden apreciar en el siguiente gráfico:

Figura 2. **Funcionamiento de un motor de 4 tiempos**

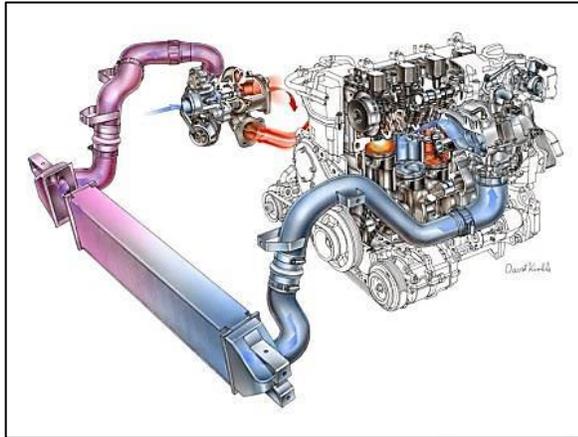


Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-básica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

Su instalación tiene el fin de generar grandes potencias de trabajo, que puede aumentar aun más sobrealimentando estos motores por medio de un turbo alimentador, que tiene como función utilizar la energía que contienen los gases de escape del mismo y reutilizarla para accionar un compresor-turbina que comprime el aire de aspiración que se dirige a los cilindros con una mayor presión, acompañado de una inyección de combustible mayor y así generar un aumento de potencia del motor desde un 20 % a un 40 % más.

Figura 3. **Motor con turbo alimentador**



Fuente: Estructura básica de un motor.

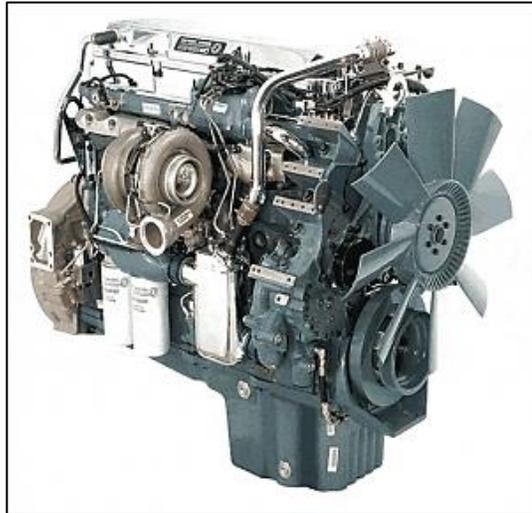
<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

- Motor Detroit Diesel 12,7 serie 60

Es un motor alternativo Diésel de 4 tiempos, de 6 cilindros, construido de un block de hierro fundido, pistones de aluminio, con una cilindrada de 12 700 c.c., posee un turbo alimentador o turbocargador con válvula para la regulación del flujo de aire de admisión de aire, utiliza dos filtros de aceite y uno de combustible para el cuidado de los fluidos de trabajo.

Cuenta con un módulo de control electrónico, DDEC IV, que controla el funcionamiento de sensores, registra un historial de fallos de mantenimiento, genera breves diagnósticos del motor y demás sistemas controlados por el mismo. Además este tipo de motor se encuentra instalado en el cabezal a realizar el estudio y en el resto de la flota de transporte.

Figura 4. **Motor Detroit 12.7**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

1.3.2. Sistema de transmisión

También llamada transmisión mecánica, es un mecanismo que transmite potencia entre dos o mas elementos dentro de una máquina, en este caso potencia generada del motor transformado en movimiento hacia las ruedas para así desplazarse y que el piloto del vehículo pueda varias las diferentes velocidades que el terreno y la carga le demanden para poder movilizarse, dichos elementos son los siguientes:

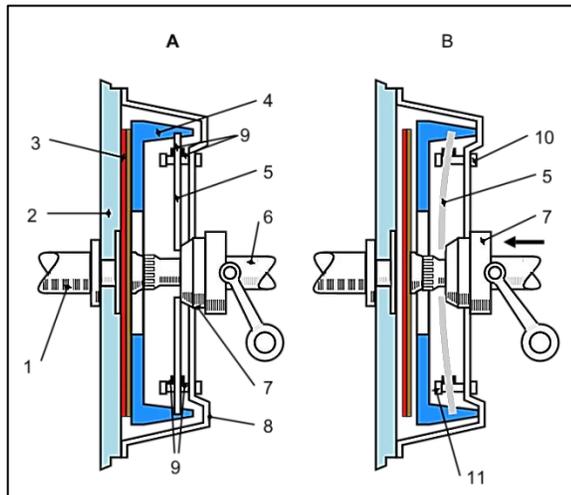
- Embrague o clutch
- Caja de velocidades
- Cardan
- Diferencial

1.3.2.1. Embrague o clutch

Es un elemento mecánico que se encuentra instalado entre el volante del motor y la caja de cambios, su función principal es la de transmitir potencia del motor hacia la caja de velocidades, por medio del desacoplamiento o acoplamiento del eje cigüeñal hacia la caja, esto para evitar cambios bruscos que puedan haber en la potencia que se esta transmitiendo la cual puede ocasionar que se dañen los dientes de los engranajes, piñones, entre otros.

Además este elemento ayuda a detener el vehículo sin que pare el motor, también a realizar una salida más suave y el correcto engranado de las velocidades con mayor facilidad. A continuación se presenta un esquema básico de un embrague y sus diferentes partes:

Figura 5. Embrague de diafragma



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

A: posición de acoplamiento o "*embragado*"

B: posición de desacople o "*desembragado*"

1. Cigüeñal (u otro eje conductor)
2. Volante
3. Disco de fricción
4. Plato de presión
5. Muelle o resorte de diafragma
6. Eje conducido
7. Cojinete de empuje
8. Cubierta
9. Anillos de apoyo
10. Tornillos de fijación
11. Anillo de tope

1.3.2.2. Caja de velocidades

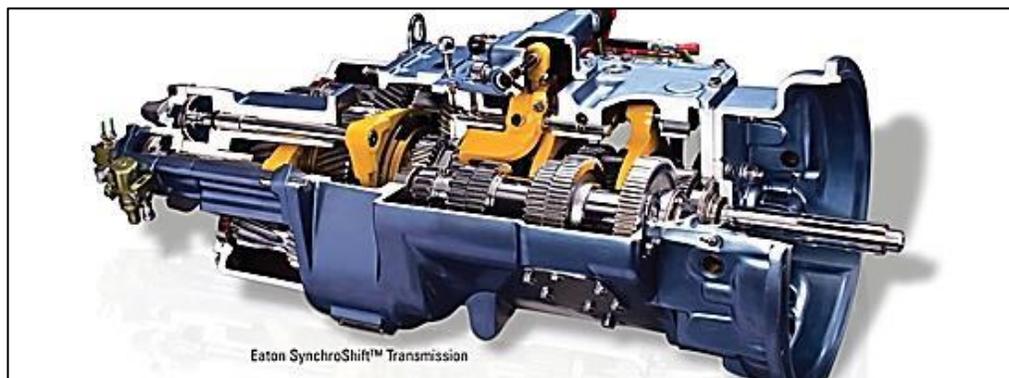
Llamada también como caja de cambios o solamente caja, es un conjunto de piñones y ejes que tienen como función transformar la potencia obtenida del volante del motor en un par suficiente para poner en marcha las ruedas del vehículo que al inicio se encuentran estáticas y cuando el vehículo esté en movimiento se puede obtener el par necesario para vencer las diferentes resistencias que se puedan generar durante el avance.

Las diferentes cajas de velocidades para servicio liviano son manuales, automáticas y combinadas, pueden llegar a tener de 5 a 6 velocidades en marcha delantera y una en marcha trasera, para motores con mayor potencia o vehículos de carga pueden llegar a tener una gran cantidad de velocidades, partiendo desde 6 velocidades hasta llegar de 13 – 18 y 21 velocidades, con

una o dos velocidades en marcha trasera dependiendo de su diseño para los diferentes tipos de terrenos, cargas y potencias requeridas para vencer las resistencias que se pueden combinar para movilizar el vehículo.

Básicamente este tipo de cajas para servicio pesado utilizan multiplicadores que son un juego adicional de piñones y engranajes que son parte de la caja y permiten mayor número de cambios y mayor potencia.

Figura 6. **Caja de cambios de EATON**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-básica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

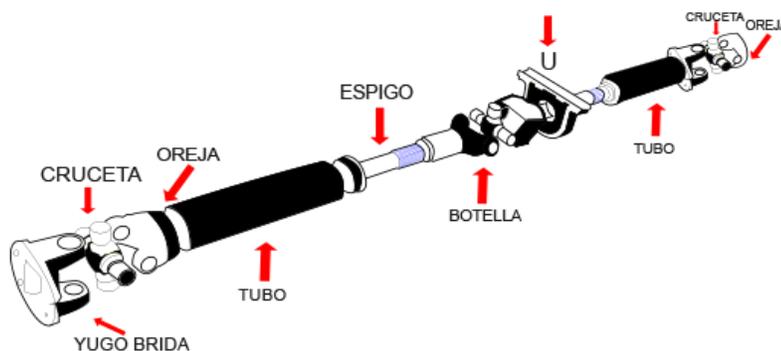
1.3.2.3. Eje cardán

Es un elemento mecánico tan antiguo como la bicicleta, llamado cardan o unión universal el cual une dos ejes no colineales, su función principal es la de transmitir la rotación de un eje a otro a pesar de su no colinealidad, en la mayoría de vehículos lleva la fuerza del motor que se ha transmitido a la caja, situada en la parte delantera al diferencial donde se ubican las ruedas traseras

del mismo para que puedan girar y generar movimiento todas las ruedas del vehículo.

El eje cardan tiene que ser flexible y bastante resistente a las vibraciones que se puedan generar debido a los diferentes terrenos y movimientos que pueden encontrarse cuando el vehículo esta en marcha.

Figura 7. Estructura convencional de un eje cardán



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-básica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

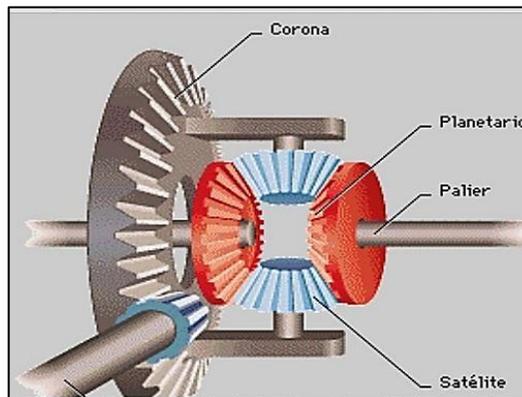
1.3.2.4. Diferencial

Mecanismo que ayuda a las ruedas de un vehículo para girar a distintas revoluciones, este elemento mecánico esta formado de engranajes repartidos dentro de la carcasa del mismo en forma de “U” alrededor de un eje, no importando como se encuentre el vehículo; si va en línea recta, el engrane conserva su posición neutra, pero tomando una curva hacia la derecha o hacia

la izquierda, los engranes tienen un ligero desplazamiento para así compensar distintas velocidades de giro que pueda tener cada rueda, es por esto que no importa la dirección que la rueda izquierda o derecha tome en el giro, ambas girarán a la misma velocidad.

La mayoría de vehículos poseen un mecanismo diferencial para la tracción del mismo, de igual manera los vehículos de carga pesada, pero también está el caso donde dicho vehículo tiene instalado dos diferenciales en dos de sus ejes para doble tracción o bloque de un eje en específico.

Figura 8. **Estructura básica de un mecanismo diferencial**



Fuente: Estructura básica de un motor.

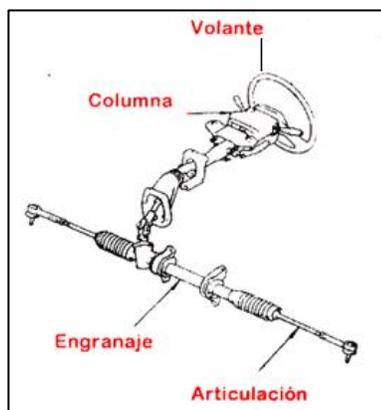
<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

1.3.3. Sistema de dirección

Grupo de mecanismos que tienen como función orientar el movimiento de las ruedas delanteras de un vehículo a voluntad del conductor, adaptándolas a las vías por donde circula. Las direcciones básicamente están formadas por:

- Caja de dirección
- Barras de dirección
- Columna
- Volante

Figura 9. **Mecanismo de dirección piñón cremallera**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

Se puede ampliar un poco más sobre la caja de dirección que es el elemento más importante del conjunto, que tiene como función la de transmitir el movimiento que entra por la columna que viene del volante y es dirigido a las terminales de la dirección en movimiento oscilatorio a través de la biela de dirección.

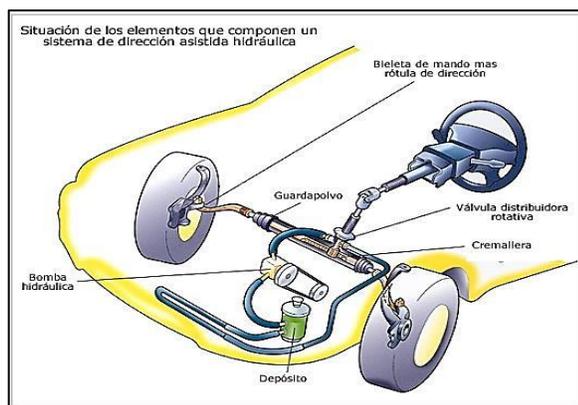
La caja de dirección esta conformada por un tornillo sin fin, que al momento de rotar manipula algunos elementos secundarios que van conectados a una biela que activa un sistema de varillas, tuercas, sectores dentados y bolas.

Para vehículos pesados o de carga por las fuerzas que deben superar debido a los grandes pesos del camión y de sus cargas, sumado con las dimensiones de las llantas, utilizan sistema de dirección hidráulica que puede estar formado por los siguientes elementos:

- Depósito de aceite
- Bomba hidráulica
- Válvula de regulación
- Cilindro hidráulico de dirección

La encargada de suministrar el fluido que proviene del depósito al sistema es la bomba hidráulica, seguidamente el elemento encargado de transformar la presión de aceite en una fuerza auxiliar que ayuda a manipular la biela de mando de dirección es el cilindro hidráulico, la válvula de regulación sede el paso del aceite al cilindro y cuando el mismo no se encuentra en uso, permite la circulación del aceite a su depósito.

Figura 10. **Dirección hidráulica**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

1.3.4. Sistema de frenos

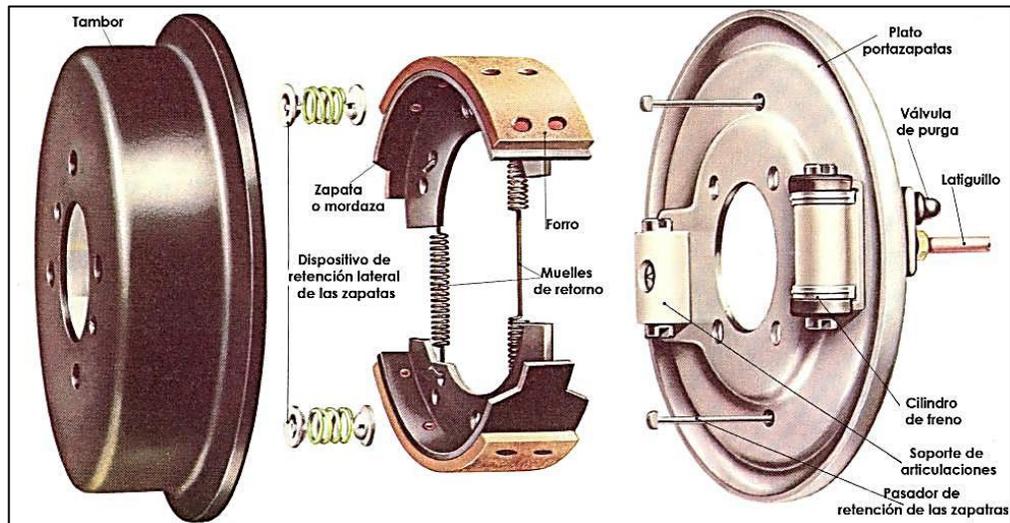
Sistema mecánico que se utiliza para absorber el efecto de la energía cinética de un vehículo en movimiento y transformarla en calor, convirtiéndola primero en fricción y como resultados en calor, así reducir la velocidad de marcha o detener el vehículo por completo.

El frenado se alcanza a través del rozamiento, por la resistencia al movimiento entre dos superficies en contacto, una de estas estacionaria (zapata o fricción) y la otra móvil (tambor de freno), lo que a su vez provocara la disminución de velocidad de esta última.

En un vehículo se puede utilizar frenos de tambor o de disco, en su mayor parte los vehículos de transporte liviano utilizan frenos de disco; sin embargo, los de tambor son de uso industrial y en vehículos de carga, como lo es el caso del transporte pesado. Algunos de los componentes básicos de un sistema de frenos de tambor pueden ser:

- Tambor
- Mordazas (zapatas)
- Material de fricción
- Actuador
- Resortes de retorno o muelles
- Mecanismos de recuperación del juego

Figura 11. Sistema de frenos de tambor



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

El tambor tiene un movimiento de rotación junto con el eje de las llantas, dentro del mismo se encuentran las zapatas que están recubiertas por material de fricción que es llamada pasta o banda de freno y debe de tener un buen coeficiente de rozamiento tanto en condiciones ambientales y cuando aumenta la temperatura, debido al calor que se genera por su uso, dependiendo de cómo se efectuó el empuje de zapatas pueden ser simples, de doble acción o de acción hidráulica.

De igual importancia es el dispositivo electromecánico denominado como actuador, que se ajusta a los requerimientos del conductor, se encarga de empujar las zapatas contra el interior de la superficie del tambor lo que produce la disminución de la velocidad de las llantas traseras o delanteras; finalmente, el mecanismo de recuperación y resorte llevan el sistema a su posición original.

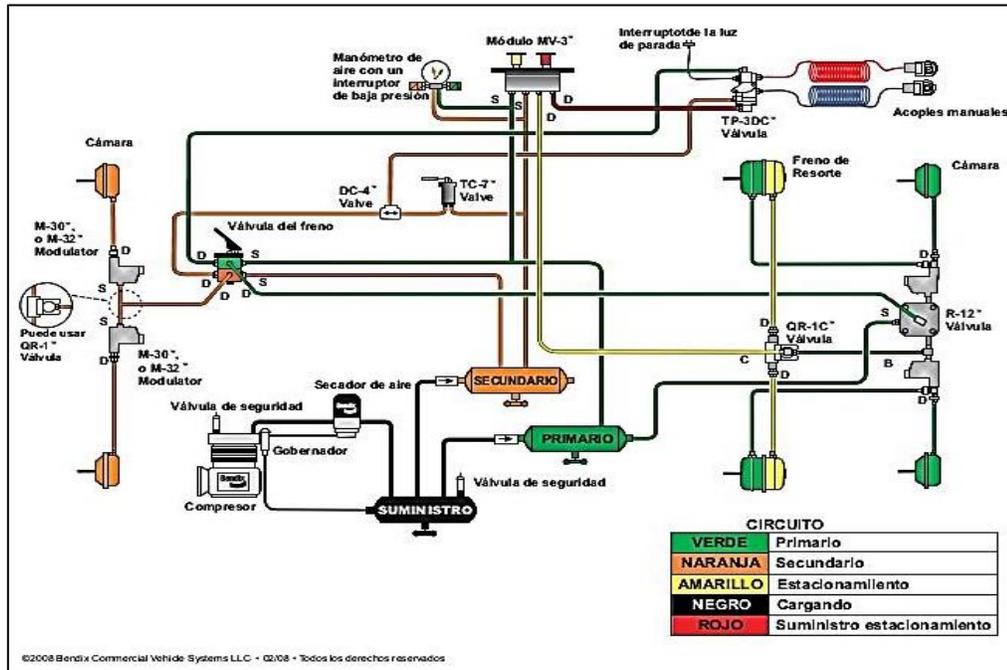
El peso del vehículo y la capacidad de carga juegan un papel importante en el sistema de frenos en los vehículos de grandes dimensiones, utilizan un sistema neumático que ayuda al funcionamiento de los frenos, se compone de los siguientes elementos:

- Compresor de aire, que almacena presiones en un depósito en rangos de (8 a 12 kg/cm²).
- Un sistema anticongelante o un secador de aire.
- Un depósito de almacenamiento de aire, que suministra presión a otros elementos del vehículo.
- Cilindros neumáticos para activar las zapatas.

En la distribución de aire en sistemas neumáticos se utiliza una variedad de válvulas que para los vehículos de carga podemos mencionar las siguientes:

- Válvula de freno
- Relé o válvula relay
- Válvula distribuidora y de descarga rápida, entre otros.

Figura 12. Esquema de un sistema de frenos de aire



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

1.3.4.1. Elementos de seguridad en el sistema de frenos

- Freno de parqueo: sistema que bloquea las llantas (traseras en especial) para inmovilizar el vehículo cuando se requiera. En sistemas neumáticos utiliza una perilla que activa diafragmas de freno que por medio de unas bandas bloquea las ruedas traseras.
- Freno de plataforma o remolque: desde la cabina del cabezal acciona diafragmas de freno de las llantas de la plataforma, lo que provoca

frenado en el mismo. Este mecanismo trabaja por medio de mangueras de transmisión del aire, se pueden ubicar en la parte trasera externa del cabezal que por lo general son de color azul y rojo.

- Freno de motor: sistema que abre las válvulas del motor de manera no sincronizada, para reducir la potencia del motor, utilizado en motores de potencias mayores a los 350 HP, son utilizados en camiones y cabezales, su función principal es la de suspender la inyección de combustible y que el motor trabaje como un compresor, para seguidamente frenar la marcha del motor, generalmente se usa cuando el vehículo se moviliza en descensos.

1.3.5. Sistema de suspensión y llantas

- Suspensión delantera
Compuesta por un eje rígido, por sus grandes dimensiones y capacidad de carga, utiliza resortes de hojas de ballesta forma semi elíptica, taladradas por la mitad para mantenerse unidas mediante un tornillo que evita desplazamientos axiales de estas hojas, por la parte lateral el movimiento se evita a través de abrazaderas de ballestas o grapas.
- Suspensión trasera
De igual manera que el eje delantero esta formado por un eje rígido, resortes dobles que tienen como función utilizar el resorte principal para cargas leves y utilizar el auxiliar para cargas pesadas. Uno de los extremos del resorte principal se conecta a un pasador (cojinete) que mejora la condición de manejo y la lubricación.

Sistema de suspensión: grupo de elementos que ayudan a absorber los diferentes efectos que producen las irregularidades de un terreno en las llantas de un vehículo en marcha, reducir efectos sobre elementos rígidos del mismo (ejes, chasis, carrocería), mejorar el control y la comodidad del vehículo. Dicho sistema se puede desglosar de la siguiente manera:

- Componentes elásticos
- Amortiguadores
- Componentes estabilizantes
- Subsistema de suspensión de aire

Figura 13. **Suspensión de aire PRIMAAAX™ EX.**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

- Componentes elásticos: los más comunes utilizados en vehículos de carga son llamados *ballestas*, son un grupo de hojas metálicas que se flexionan cuando son deformadas por oscilaciones en la irregularidad del terreno o por el peso de la carga, a pesar de su capacidad de regresar a su estado original luego de ser deformado, no es un material idóneo para

absorber la energía mecánica y es por esto que su instalación es junto con amortiguadores ya que le permite a la ballesta restituirse de una manera más fácil. Otro elemento elástico puede ser un muelle helicoidal o resorte, que se utilizan generalmente en camiones pequeños y furgones.

- Amortiguadores: son los encargados de disminuir oscilaciones de tracción como compresión que se generan por las deformaciones que el terreno puede generar, liberando la energía mecánica de modo que no tenga ningún efecto en el chasis o la carrocería del vehículo, comúnmente se utilizan los amortiguadores de tipo telescópicos de funcionamiento hidráulico.
- Componentes estabilizantes: son barras de acero instaladas en ejes delanteros y traseros, que tienen una buena elasticidad para ayudar al vehículo cuando se dirige por curvas o cae dentro de un bache y se produzca un riesgo de volcarse, las barras reaccionan con un par de torsión opuesto que logra estabilizar al vehículo nuevamente.
- Subsistema de suspensión de aire: consta de un tipo de bolsa de aire o bombona (fuelle), funciona como amortiguador y elemento elástico, a su vez también para regular la altura de los ejes del camión, este sistema es utilizado en vehículos pesados con sistemas de frenos neumáticos, para aprovechar al máximo el uso del aire comprimido.

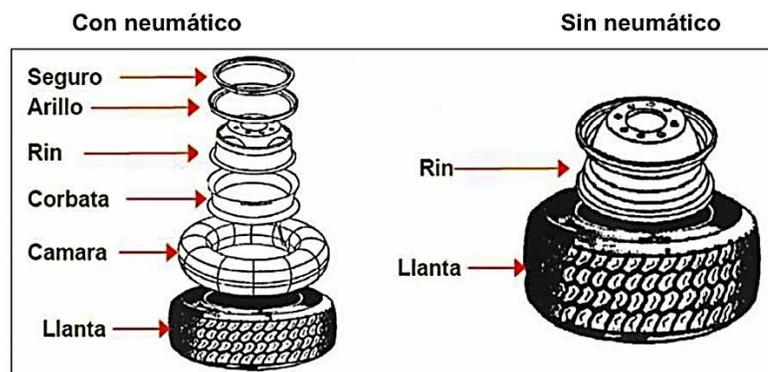
Sistema de llantas: también llamadas ruedas o neumáticos, son el medio de enlace entre un vehículo y la superficie donde transita. Están fabricados por una mezcla de alambre, tejido textil y caucho, sus principales características pueden ser:

- Alta resistencia al calor
- Resistencia al resbalamiento
- Resistencia al corte
- Resistencia a los golpes

A pesar de estas características que tienen las llantas existen factores como la resistencia a la rodadura, la resistencia que presenta el aire, la resistencia que presenta la gravedad, sobre o baja presión de aire en las llantas y finalmente la inercia que puede tener el vehículo, son aspectos que ayudan al mayor consumo de combustible del vehículo.

Existen dos tipos de llantas para los vehículos las que trabajan con neumático y las que no lo hacen. Las llantas se pueden clasificar también por su diseño, pueden ser radiales, radial de perfil bajo y convencional (con neumático)

Figura 14. **Estructura de llantas radiales y convencionales**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-básica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

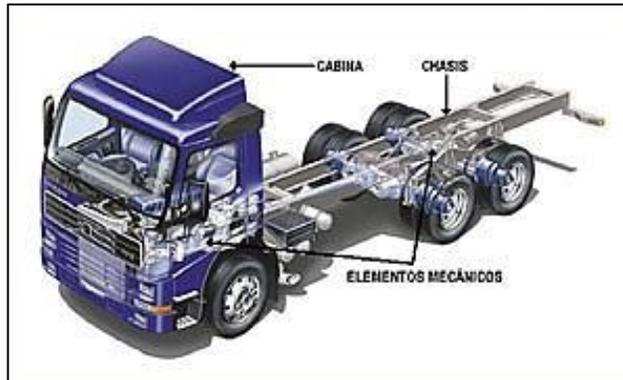
- Causantes de daños en las llantas: exceso de calor por frenados continuos, desbalanceo de llantas, corte por elementos cortantes en la superficie del neumático, desalineación, baja o alta presión de aire, sobre carga en el vehículo.

1.3.6. Chasis

Elemento de un vehículo que no debe confundirse con la carrocería, es una estructura de gran importancia, ya que de esta depende el desempeño total del vehículo. Su función se enfoca en dos aspectos que son la seguridad y consistencia del vehículo, influyendo sobre esto factores como ruido, vibraciones, colisiones y por último, la conducción del piloto.

El chasis es la estructura esencial de un vehículo debido a que de este van sujetos componentes principales en el funcionamiento del mismo, elementos como el motor, transmisión, cabina, suspensión, entre otros. La estructura básicamente esta formada de dos vigas principales unidas transversalmente por otras más pequeñas llamadas puentes. El material de fabricación de un chasis regularmente es acero estructural templado y su tamaño depende directamente de la capacidad total de carga que el vehículo soportara.

Figura 15. **Chasis convencional de un camión**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

1.3.7. Plataforma de carga

Llamado remolque y coloquialmente como “rastra”, básicamente es un chasis adaptado para carga pesada que consta de dos vigas de acero unidas por puentes transversales, sobre las mismas instalada una plancha de aluminio o una combinación de acero y madera, con capacidad de carga desde 40,000 libras hasta 90,000 libras dependiendo de sus dimensiones y material de construcción, se encuentra en el mercado en longitudes entre 28 y 53 pies de largo.

Las plataformas están construidas en una variedad de componentes totalmente de acero, de aluminio y combinaciones de acero o de aluminio. Comúnmente trabaja con 2 o 3 ejes de llantas, dependiendo de la cantidad de peso que movilizara, ya que generalmente se transporta volumen, peso o ambos. Utiliza el sistema de frenos de tambor neumático, para su suspensión

puede utilizar del tipo de bolsas de aire, de muelle helicoidal o resortes, o una combinación de ambos.

Figura 16. **Plataforma de carga de 2 ejes**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

2. PRINCIPIOS EN EL MANTENIMIENTO Y LA GESTIÓN DE ACTIVOS

La información del presente capítulo tiene la finalidad de describir los aspectos generales del mantenimiento, aspectos específicos del mantenimiento preventivo, las generalidades y conceptos básicos para la introducción a las gestión de activos.

2.1. Mantenimiento

Es la serie de tareas, actividades, trabajos y operaciones que se efectúan en uno o más equipos, que pertenecen a un sistema, industria o empresa, con el fin de preservar y alargar la vida útil de operación de los mismos, y que a la vez trabajen con altos rendimientos y seguridad en las operaciones.

Actualmente, su finalidad es alcanzar el más alto nivel de efectividad en el funcionamiento de un sistema productivo o de servicios, con la menor contaminación al medio ambiente y proporcionando seguridad para el personal técnico al menor costo posible.

2.1.1. Conceptos relacionados al mantenimiento

- Sistema de mantenimiento “Conjunto de procesos que trabajan de manera combinada, par alcanzar los objetivos de mantenimiento, defendidos por la empresa dentro de sus metas”. TAVARES, Lourival A. Administración moderna del mantenimiento, 2003.

- **Mantenibilidad:** posibilidad que un sistema o equipo tiene para ser reparado y llevado a una condición específica en un tiempo establecido, mientras sus labores de mantenimiento sean realizadas conforme a recursos y métodos establecidos anteriormente, en resumen es la capacidad de un equipo para ser reparado.
- **Fiabilidad o confiabilidad:** probabilidad que una máquina o instalaciones, operen correctamente sin que se produzcan fallos en un tiempo específico, bajo condiciones operativas específicas.
- **Disponibilidad:** es definida por la relación de tiempo donde un equipo o sistema se encuentra en condiciones de ser utilizado, esta relacionado con las fallas, y depende del tiempo que se tarda en retomar su servicio.
- **Tiempo:** es el lapso de cumplimiento y entrega de los trabajos de mantenimiento previstos.
- **Seguridad** Es la acción de cuidar y preservar el estado del personal, sistemas, instalaciones y equipos, este concepto no se puede dejar por un lado por ningún momento en el desarrollo de las distintas labores.

2.1.2. Tipos de mantenimiento

Pueden establecerse diferentes clases de mantenimiento y aunque el enfoque de este trabajo será en uno en específico: mantenimiento preventivo, es necesario conocer algunas de las tendencias de gran importancia en el ámbito, ya que dan valor agregado, ayudan a tener una proyección más amplia de objetivos próximos en el tema y no solo enfocarse en la vieja escuela que

tiene como objeto principal: reparar y corregir. Entre las diferentes tendencias o ideologías destacan los siguientes:

- Correctivo: Llamado de diferentes maneras como reactivo, a rotura (*Breakdown maintenance*) o de falla, es la intervención en un equipo cuando en este se ha producido una falla mecánica. Esta intervención tiene dos funciones primordiales, las cuales son: la corrección de la falla o avería que el equipo presentó y el reacondicionamiento del equipo que por una falla mayor implique esta acción correctiva, ya que con esto se corrigen también defectos y fallas observadas en el equipo, maquinaria o instalaciones. Cuando se realiza esta medida correctiva luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no puede planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados.
- Preventivo: consiste en la planificación de la conservación de un equipo, para reducir reparaciones correctivas, por medio de rutinas de inspección, reparación planificada, lubricación, renovación o cambio de elementos con deterioro, entre las más importantes. La programación de esta medida preventiva es en los momentos de menor impacto en la producción o en el desarrollo de alguna labor e incluso cuando el equipo este parado.
- Predictivo: predecir la falla antes que ocurra, surge como una medida para reducir costos de métodos correctivos y preventivos, para conseguir adelantarse a la falla se necesita de monitoreo periódico en dos aspectos muy importantes; el primero, parámetros funcionales que sean indicadores del funcionamiento óptimo del equipo; segundo, inspecciones y vigilancia periódica del equipo, con esto anterior poder

proyectar un pronóstico o diagnóstico de cuándo será necesaria la intervención de mantenimiento, reparación o reacondicionamiento. Para llevar a cabo estas labores son necesarias herramientas de monitoreo como: analizadores de temperaturas, vibraciones, ruidos, aceites lubricantes, entre otros. La implementación de estos programas se ven más utilizados en industrias donde los fallos imprevistos del equipo ocasionan grandes pérdidas de producción, dinero y tiempo, o en algún ente donde se necesita altos niveles de seguridad, ya que la adquisición de los equipos de monitoreo para realizar este mantenimiento y el personal técnico capacitado muchas veces representa una gran inversión monetaria.

- Proactivo: es la suma o el conjunto de los tres tipos de mantenimiento anteriores, con la diferencia que cuando se corrige una falla, se realiza una búsqueda “del por qué de la falla” para luego tomar acciones que eviten que se produzca la misma. Se puede llamar también como: la técnica de la detección temprana, debido al monitoreo constante de los parámetros clave que se consideren como una posible causa de falla, con las distintas herramientas tecnológicas que el mantenimiento predictivo trae hoy en día, sumado con las acciones que se pueden tomar cuando se observen posibles cambios en dichos parámetros para regresar el equipo a las condiciones óptimas de operación, las cuales permitan el correcto desempeño del mismo por más tiempo. Adicionalmente, esta ideología de tiene como base principios de iniciativa, trabajo en equipo, solidaridad, sensibilización, colaboración, entre otros, de tal manera que los involucrados indirecta y directamente en la gestión del mantenimiento (Desde directivos hasta técnicos y operarios) conozcan las problemáticas del mantenimiento y estén consientes de las labores de mantenimiento que se desempeñan.

- Centrado en la confiabilidad o fiabilidad: se enfoca en la búsqueda de mejoras en sus resultados por medio de el estudio del modo y la forma en que se pueda producir una falla y como puede convertirse en repercusiones y costos, realizar de manera eficiente las labores de mantenimiento (predecir, detectar, planificar, organizar) y evitar toda actividad inútil en las mismas. Llamado RCM por sus siglas en inglés (*Reability Centered Maintenance*), se implementa por medio de una serie de pasos relacionados y planificados que numerosas empresas utilizan, empresas como la aeronáutica, industria militar, ferroviarias, energéticas, farmacéutica, aeroespacial, entre otros.
- Productivo total: conocido como TPM por sus siglas en inglés (*Total Productive Maintenance*) es un sistema orientado a lograr: cero accidentes, cero defectos, cero averías. Es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado por el concepto: Mantenimiento Preventivo Llevado a cabo en las industrias de los Estados Unidos de América. Las siglas TPM representan lo siguiente: la letra “M” trata sobre acciones de mantenimiento y managment, lo cual son labores de dirección y transformación de la empresa. La letra “P” esta asociada a la palabra “productivo” o “productividad” de los equipos que también podemos compararlo con “perfeccionamiento”. Finalmente, la letra “T” representa “Total” y se asocia con “Todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa u organización”. La agrupación de los conceptos anteriores tienen que llevar a la obtención de servicios y productos de las mas alta calidad, bajos costos de producción, moral en el trabajo y una excelente imagen de la organización. El TPM se orienta principalmente a la mejora de dos actividades directivas, siendo estas: la dirección de operaciones de mantenimiento y la dirección de tecnologías

de mantenimiento. Otro pilar que rige esta metodología es la de “Las 5S (*Housekeeping*)” y básicamente trata los siguientes temas:

- Seiri – Organización (utilización, selección)
- Seiton – Orden (sistematización, arreglo)
- Seiso – Limpieza (inspección, celo)
- Seiketsu – Aseo (estandarización, salud, perfeccionamiento)
- Shitsuke – Disciplina (control de si mismo, educación)

- Mantenimiento de clase mundial: su objetivo es aumentar la productividad en las empresas con visión de negocio, consiste en una serie de ideas y fuerzas dirigidas a orientar de una manera distinta las estrategias de manutención a un enfoque de mantenimiento proactivo, dirigido en prácticas estandarizadas, gestiones autonómicas, de carácter competitivo y con valores de índices de desempeño de clase mundial. Maximizar la protección ambiental que es un tema actualmente de carácter crítico, para este tipo de mantenimiento se requeriría utilizar todos los recursos para una mejora continua. La aplicación de esta medida trata de crear un todo armónico o ideal de un alto valor práctico, para que al aplicarla en forma coherente genere ahorros sustanciales a las empresas, también se debe preocupar por la subsistencia del mismo y con lo que la organización pueda enfrentar, debido a las nuevas exigencias de las organizaciones en términos de viabilidad y rentabilidad. El enfoque principal del MCM es el mejoramiento continuo y los pilares de esta ideología son los siguientes:

- Mejora enfocada
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planeado
- Mantenimiento de calidad
- Educación y entrenamiento

- Seguridad y medio ambiente
- Logística
- Gestión anticipada de los equipos
- Gestión anticipada de los productos
- MCM en la oficina
- Costos

2.2. Gestión del mantenimiento preventivo

Como se mencionó anteriormente, es el grupo de actividades programadas encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos, tiene como finalidad primordial garantizar el uso de un equipo alargando y preservando la vida útil del mismo.

Se implementan medidas donde se busque la reducción de costos, por reparaciones correctivas, minimizar los paros inesperados en la maquinaria, tener un registro del historial del estado de los equipos, mejorar la confiabilidad del equipo, entre otros. Las diferentes labores que se pueden desarrollar en el mantenimiento preventivo pueden ser :

- Inspecciones
- Lubricación
- Limpieza
- Revisiones
- Servicios
- Reparaciones

2.2.1. Tipos de fallas

Las diferentes fallas que se pueden presentar en un equipo se pueden describir de la siguiente manera:

- **Tempranas:** son las fallas que ocurren al inicio de la vida útil de un equipo, conforman un pequeño porcentaje del total de fallas, las principales causas de estas pueden ser por una mala instalación, problemas de diseño o de material. Su aparición repentina puede causar graves daños, además este fenómeno es denominado como: Mortalidad infantil.
- **Adultas:** son fallas que aparecen con una mayor frecuencia en la vida útil de un equipo, se hacen notar de una manera más lenta que las tempranas y son efecto de las condiciones de operación en un equipo.
- **Tardías:** son una pequeña fracción de las fallas en su totalidad, aparecen de manera lenta y son las que ocurren en la etapa final de la vida útil de un equipo.

Aunque se tiene esta clasificación de fallas muchas de estas no avisan o aparecen en momentos menos esperados, otra clase de fallas son lo contrario de las anteriores, ya que dan señales con anticipación de su pronta llegada. Para entender mejor lo relacionado a las fallas, está el siguiente gráfico:

Figura 17. Curva de la bañera



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

2.2.2. Principales actividades preventivas

Son las actividades que prevalecen en cualquier clase de programa de mantenimiento, no importando la magnitud del mismo, siempre estarán presentes debido a que son actividades básicas que siempre son rentables para la manutención de un equipo.

Se efectúan en intervalos programados para examinar las condiciones físicas de un activo, minimizar las probabilidades de falla del mismo, mantenerlo en condiciones óptimas, preservar y alargar su vida útil, se mencionan las siguientes:

2.2.2.1. Inspecciones

En la industria en general cuando un equipo se encuentra en funcionamiento, un operario puede manipularlo de manera adecuada o inadecuada, no importando el escenario siempre existe la posibilidad que se presenten condiciones de desgaste, anomalías y fallas.

En el ámbito del transporte, para minimizar lo anterior es necesario realizar inspecciones o visitas periódicas a los vehículos cuando se encuentren fuera de servicio y también en operación (inspecciones realizadas por los pilotos). Esta labor ayuda a tener mayor confiabilidad en los vehículos, mejorar la disponibilidad de los mismos y garantizar su correcto desempeño en el desarrollo de sus diferentes viajes. La siguiente herramienta puede ser de gran utilidad para el técnico de mantenimiento y el piloto de la unidad:

- Inspección VOSO: en una empresa de transporte pesado como es común las unidades no permanecen estacionarias en un solo lugar, es debido a esto que el personal que estará en mayor relación con el vehículo es el piloto. Es debido a lo anterior que se necesita el apoyo del piloto para la aplicación de esta técnica, la cual consiste en que el operario de la unidad utiliza sus sentidos (vista, olfato, tacto, oído) para la detección de fallas cuando la unidad se encuentra en marcha o en operación, ya que es en este momento cuando se aprecia mejor la condición de los equipos.
 - Ver: utilizar el sentido de la vista para localizar derrames de cualquier tipo de fluido de trabajo, apariencia en los gases de escape, anomalía en el desgaste de llantas, entre otros, y cualquier falla que se puede percibir con la vista.

- Oír: esta técnica es muy útil en grandes industrias, ya que puede ser aplicada en máquinas de dimensiones pequeñas, que por su tamaño no es posible ubicar un sensor de vibración o por agregarle el peso del sensor a una máquina altere la dinámica misma del equipo. Esta técnica sigue siendo de igual importancia en este entorno, debido a que ayuda a detectar situaciones como, el estallido de una llanta de la unidad de carga y no seguir en movimiento con la unidad desbalanceada, desperfectos en rodamientos, engranes o elementos que ocasionen ruido en el funcionamiento de la caja, diferencial, eje cardan entre otros, así detener la unidad y reportar la anomalía antes que se convierta en una falla mayor.
- Sentir: utilizar el sentido del tacto para localizar temperaturas elevadas en mecanismos o sistemas que no provoquen daño al tacto, detectar vibraciones anormales en algunos mecanismos, percibir la condición física del estado de los líquidos de trabajo.
- Oler: hacer uso del sentido del olfato para detectar y localizar temperaturas elevadas, fugas, entre otros.

2.2.2.2. Lubricación

Es la actividad que se realiza para minimizar rozamientos, fricción y desgastes superficiales en dos o más superficies en contacto que experimentan movimiento entre sí. El fin principal de un aceite lubricante es lubricar, suministrando una superficie deslizante para minimizar los desgastes y la corrosión en las distintas piezas en movimiento, otras aplicaciones pueden ser las de brindar enfriamiento o refrigeración, sellar y limpiar los sistemas mecánicos, entre otras.

Un aceite lubricante debe soportar trabajar en temperaturas menores a los 0 °F y también cuando los sistemas mecánicos (motor, transmisiones, o cualquier otro sistema) alcanza temperaturas de hasta 350 °F o ligeramente mayores. La selección adecuada de un aceite lubricante dependiendo de su aplicación es de mucha importancia, se tiene que considerar el tipo de aplicación en la que se utilizará y las calidades disponibles en el mercado.

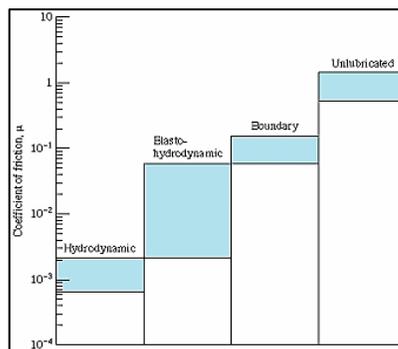
- Propiedades básicas de un lubricante
 - Viscosidad: resistencia que presenta un material al fluir.
 - Índice de viscosidad: cantidad adimensional que marca la variación de la viscosidad con respecto a la temperatura.
 - Punto de fluidez: temperatura en la que un lubricante empieza a fluir.
 - Demulsibilidad: habilidad que posee un lubricante de separar moléculas de agua con el lubricante.
 - Índice de neutralización de basicidad (TBN): contenido de ácido necesario para neutralizar compuestos alcalinos en el lubricante.
 - Índice de neutralización de acidez (TAN): contenido de sustancia alcalina necesaria para neutralizar compuestos ácidos en el lubricante.

- Tipos de lubricación
 - Lubricación límite (marginal): desplazamiento del lubricante en materiales en contacto tan cerca que las asperezas de los mismos pueden hacer contacto directo entre sí, para minimizar lo anterior es necesario de un aditivo para evitar desgastes severos y minimizar la fricción. Los aditivos que se adaptan mejor a esta necesidad son los químicos o polares ya que forman una barrera

que disminuye la fricción y la posibilidad de daño en la superficie de los materiales en contacto.

- Lubricación hidrodinámica: la característica más importante es la viscosidad, ya que la película del aceite lubricante adquiere la apariencia de un colchón para mantener una separación entre las superficies, muy gruesa y así evitar el contacto directo entre las superficies de los materiales.
- Lubricación elastohidrodinámica: es el fenómeno que surge cuando las superficies en contacto experimentan un tipo de deformidad de manera elástica, esto quiere decir que regresan a su estado original, al mismo tiempo la película lubricante queda atrapada en medio de las superficies, dando así una lubricación del tipo hidrodinámica microscópica. En este punto, la película del lubricante puede ser menor a un micrómetro.

Figura 18. **Coefficientes de fricción para varios tipos de lubricación**



Fuente: Estructura básica de un motor.

<https://carlosjuliolopez.wordpress.com/2014/08/21/estructura-basica-del-motor-diesel-de-4-tiempos/>. Consulta: 28 de junio de 2016.

2.2.2.3. Limpieza

Este factor siempre estará presente en cualquier tipo de metodología de mantenimiento e involucrados en cualquier instante de las programaciones respectivas, ya que significa mantener el área de trabajo, equipos y herramienta, ordenados y limpios.

En el área muchas veces es un aspecto que no se le da mayor atención, pero trabajar con herramienta limpia y de manera ordenada hace que la tarea sea más efectiva, incluso se puede ejemplificar el trabajar en una reparación a un motor con herramienta sucia esto podría ocasionar que partículas ajenas al lubricante se mezclen con el mismo e iniciar problemas de desgaste y abrasión por partículas extrañas en el mismo.

Lo anterior no solo en un motor puede ocurrir, puede pasar en la caja de velocidades, transmisión, industrias de otro tipo y distinto tipo de maquinarias, así que las actividades de limpieza siempre estarán presentes en cualquier programación.

2.2.3. Costos de mantenimiento

Actualmente son valores parte del porcentaje final del precio de un producto o servicio, dependiendo del negocio o la empresa dichos costos no deberían ser más del 5 – 10 % del precio final del mismo. Por esta razón, se consideran como un aspecto de suma importancia en el desarrollo económico de una empresa.

Los costos de mantenimiento tienen que ser planificados (de preferencia anualmente) para evitar imprevistos que puedan ocasionar pérdidas estimables

o si suceden poder mitigarlos de manera que no afecten significativamente. Pueden ser los siguientes:

2.2.3.1. Costos fijos

Son los costos de los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades de mantenimiento preventivo sistemático y condicional, que son los siguientes:

- Mano de obra directa (técnicos)
- Mano de obra indirecta (personal administrativo del departamento de mantenimiento)
- Repuestos y materiales empleados, se consideran al salir del inventario
- Utilización de equipos y herramientas
- Contratación de seguros para el mantenimiento de ciertos equipos.

2.2.3.2. Costos variables

Se pueden dividir de dos formas

- Costos de mantenimiento correctivo:
 - Mano de obra directa, que puede ser propia de la empresa o contratada (*outsourcing*)
 - Repuestos y materiales empleados, considerados al momento de salir del inventario o un valor real de compra cuando no existe *stock* de los mismos.
 - Utilización de equipos y herramientas
- Costos de mejora de la fiabilidad/mantenibilidad de los equipos

- Costo de mejora = costo de implementación + nuevo costo de utilización/mantenimiento.

Y de estas dos partes, se obtiene lo siguiente:

Costos variables = costos de mantenimiento correctivo + costos de mejora

2.2.3.3. Costos financieros

Comprenden lo siguiente:

- El valor en su totalidad del *stock* del inventario más el valor estimado de su almacenamiento. Guardar poco o muchos materiales resulta contrario para los objetivos generales de una empresa, por lo que conseguir un punto óptimo en el nivel de *stock* es clave para reducir este costo.
- Valor de liquidación de los equipos que por su importancia en los procesos, eventualmente requieran tener un duplicado (unidad de emergencia), para cumplir la disponibilidad requerida.

Muchas veces el valor del inventario de *stock* es considerado dentro de los costos fijos de mantenimiento.

2.2.3.4. Costos de fallo

Valor económico que una empresa deja de recibir, por motivos relacionados directamente con el mantenimiento emergente de los equipos productivos, que se refiere a lo siguiente:

- Costo por interrupción de la producción o un proceso debido a un fallo
- Costos provenientes de la pérdida de calidad por defectos en los equipos

- Costo de la degradación de los equipos, producido por mantenimiento inadecuado y aparición de averías como consecuencia.
- Costo proveniente del incremento de accidentes de trabajo, por falta de seguridad en los equipos con fallas
- Costo por pérdidas energéticas
- Costo por sanciones ambientales, atribuibles a un equipo con defectos, por lo que las emisiones superan tolerancias permitidas.

2.2.3.5. Costo total del mantenimiento

Idea general de la administración del mantenimiento comparado con un análisis particular de cualquier otro de los costos. Este costo considera todos los factores relacionados con el funcionamiento de un equipo y no solamente los relacionados directamente con su mantenimiento.

Costo total = costos fijos + costos variables + costos financieros + costos de fallo

2.2.4. Repuestos y materiales

Es de mucha importancia la gestión de inventarios de repuestos y materiales para desempeñar las actividades de mantenimiento, de acuerdo a la demanda y el momento en que se necesiten, la raíz de esta necesidad inicia cuando se producen fallos inesperados en los equipos y es necesario tener un stock de insumos y repuestos necesarios para corregir estos imprevistos.

Respecto a los materiales de mantenimiento su rotación es corta, por lo que hacen casi rutinaria su gestión, para alcanzar una buena gestión de repuestos se empieza con un estudio de tiempos y nivel de abastecimiento,

distribución y manejo, lo que complicaría esta labor es la gestión de inventarios, control de stocks, lenta rotación y elevados costos.

Para su correcto desarrollo se necesita de dos elementos, la relación no solo del departamento de mantenimiento, sino también por la parte de producción y finanzas de una empresa (logística y finanzas para el transporte pesado), esto para minimizar el stock inmovilizado en la bodega o almacén. Para alcanzar objetivos deseados se puede apoyar con lo siguientes pasos:

- Efectuar un estudio de los vehículos y repuestos que se necesiten
- Seleccionar los repuestos y materiales que se puedan necesitar con mayor tendencia.
- Establecer el *stock* con bastante rotación para alcanzar una gestión eficiente en el manejo de costos
- Gestión en la bodega de repuestos y materiales

2.3. Gestión de activos

Un activo es un objeto que tiene valor potencial o real para una entidad, empresa u organización, como lo puede ser una infraestructura, maquinaria, planta de producción, vehículos, entre otros. La gestión de activos es un sistema para la administración de activos físicos en una empresa. Son labores, prácticas ordenadas y organizadas en una entidad.

Administra de manera eficiente y sustentable sus activos, sistemas, desempeños, riesgos y costos que intervienen en los ciclos de vida de los activos físicos, con el fin de alcanzar un plan estratégico organizacional.

2.3.1. Generalidades

- Norma ISO 55000: esta norma da una visión general de los principios y terminología en la gestión de activos. Se requiere la aplicación de un sistema de gestión de activos, bajo los lineamientos y directrices que brinda la norma ISO 55000, debido a que esto asegurará que los objetivos, en relación al desempeño de los activos, se alcanzarán de manera consciente y sustentable en el transcurso del tiempo, ofreciendo sistemas de control.
- Norma ISO 55001: define los requisitos para la creación, implementación, mantenimiento y mejoras de un sistema de Gestión de Activos.
- Norma ISO 55002: básicamente es una guía para al correcta aplicación de la norma ISO 55001.

2.3.1.1. Beneficios

- Maximiza el conocimiento sobre la organización por medio del entorno de sus activos.
- Asegurar el regreso de la inversión de los activos.
- Prolongar la vida útil y optimizar el costo de los activos.
- Control del riesgo de los activos en el ciclo de su vida útil.

2.3.2. Sistema de gestión de activos

Este sistema de gestión de activos (SGA) inicia fijando objetivos estratégicos para la entidad, proyectar los activos físicos como un medio para

entregar valor y con esto potenciar las decisiones para la instalación, reparación, renovación reemplazo o disposición de un activo.

El alcance de un SGA es muy amplio porque trata de administrar el ciclo de vida total de un activo, el cual inicia desde la compra o adquisición, operación, mantenimiento, hasta llegar al punto de la disposición (reparar, reemplazar, rediseñar), todo lo anterior para enfocarlo y adecuarlo al entorno de negocios de la empresa.

La ideología tradicional en el mantenimiento es la correcta mantención del equipo para obtener el mayor tiempo de vida útil de un activo, pero en un SGA es un poco diferente la correcta mantención del equipo tanto tiempo que de valor agregado el hacerlo. Ambas ideologías buscar preservar y alargar la vida útil en un equipo, pero lo tradicional básicamente es mantener en operación un equipo, sin que se tome en cuenta que otro activo lo pueda reemplazar para incrementar la productividad y ser más efectivo en costos.

La implementación de este sistema se apoya en usar herramientas de mantenimiento de última generación, es decir, ya no se habla de mantenimientos correctivos ni preventivos, sino se adiciona la parte predictiva, proactiva y de confiabilidad entre otras; también las culturas y tecnologías recientes que cada ideal posee se toman en consideración, todas estas herramientas son utilizadas en industrias o empresas donde sus instalaciones, tecnologías o personal les permitan y además sea rentable tener todo lo anteriormente mencionado para preservar y alargar la vida útil de un equipo.

En esta empresa se puede utilizar esta metodología para tomar decisiones como: reparación o reemplazo del motor de un cabezal porque esta generando gastos innecesarios, debido a que alcanzó su vida útil, defectos

mecánicos o cualquier otra razón. Otro ejemplo puede ser la reparación total o reemplazo total del cabezal, debido a inconvenientes similares que el caso anterior.

No solo es aplicable a los equipos operativos sino también en decisiones que surgen en el momento de la compra de repuestos o herramientas, de esta manera se pueden seguir dando ejemplos y hacer una larga lista de las diferentes situaciones que se pueden presentar, pero queda reflejado que el no tener la tecnología, herramienta o el personal capacitado para tener buenas prácticas en el mantenimiento, no significa que no sea posible tomar lo bueno de los ideales de las tendencias del mantenimiento de última generación y querer iniciar el camino para liderar la confiabilidad.

- Elementos de un SGA: estos son algunos de los aspectos de mayor importancia a considerar cuando se decide iniciar la implementación de un sistema de gestión de activos:

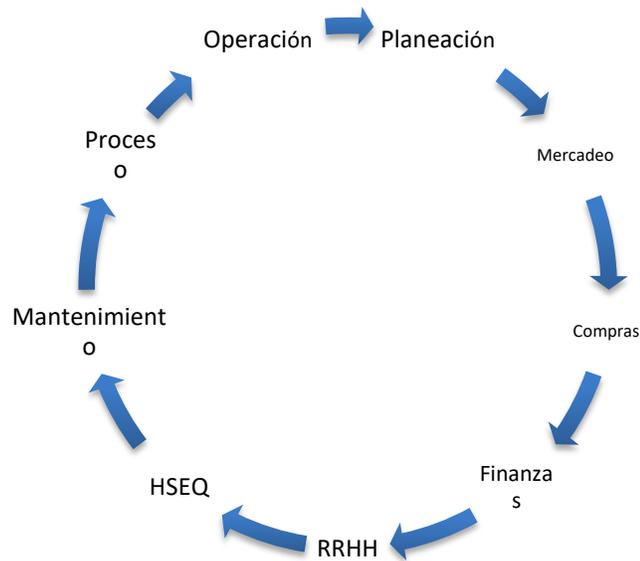
Figura 19. **Flujo de elementos de un SGA**



Fuente: elaboración propia.

- Plan estratégico organizacional: visión, misión, valores y políticas del negocio, requerimientos de las partes interesadas, manejo de las metas y los riesgos.
- Política gestión de activos: requerimientos obligatorios, principios e intenciones globales y estructura para el control de la gestión de activos.
- Estrategia de gestión de activos: dirección a largo plazo sustentable y optimizada para la gestión de activos, para ayudar a entregar el plan estratégico organizacional y aplicar la política de gestión de activos.
- Objetivos de gestión de activos: Resultados requeridos específicos y medibles de los activos, sistemas de activos y el sistema de gestión de activos.
- Planes de gestión de activos: Acciones, responsabilidades, recursos y escalas de tiempo para implementar la estrategia de gestión de activos y entregar los objetivos de la gestión de activos.

Figura 20. **Modelo de un SGA**



Fuente: elaboración propia.

- Modelo en la gestión de activos: Este gráfico refleja que todas las áreas de la organización deben ser participantes de las planeaciones, actividades, decisiones y demás asuntos que estén relacionados con la gestión de uno o más activos.

2.3.3. Relación con la administración del mantenimiento

Para realizar una buena administración de activos en lo que respecta al mantenimiento, es necesario tomar en cuenta ciertos aspectos que ayudarán a un mejor desarrollo del mismo, cuando esta medida administrativa se requiera implementar:

Figura 21. **Consideraciones para adquirir un activo físico**



Fuente: elaboración propia.

2.3.3.1. Consideraciones

- Factor mantenimiento: muchos estudios en grandes empresas con el pasar del tiempo han demostrado que el mantenimiento preventivo es no tan favorable a la rentabilidad de una empresa, que puede ser reemplazado por el mantenimiento basado en la condición o predictivo, el cual correctamente ejecutado es teóricamente más rentable. No esta demás un plan preventivo de mantenimiento combinado con la ideología de “mantener en óptimas condiciones un equipo que de valor agregado el hacerlo”. Lo cual implica siempre estar en constante supervisión de lo invertido en un equipo para su conservación y no llegar al punto donde ya no sea autosustentable.
- Factor humano: cuando se habla de este factor se refiere a la productividad que tienen los técnicos en sus actividades para las que fueron contratados, es muy común que pudiera encontrarse en valores inferiores al 50% pero hay que efectuar un estudio de tiempos y movimientos para poder mejorar este aspecto.

- Metodologías de mantenimiento: se implementan evaluando las condiciones actuales de la empresa, oportunidades y su adaptabilidad puede ser el rasgo diferencial que marque el éxito o fracaso en el proceso de gestión.
- Reintegro de dinero para operación: el conocimiento total de un activo tiene un impacto considerable es su valor de reventa o valor residual, la conservación de un equipo y conocer el valor residual del mismo ayuda a definir el momento adecuado para su cambio o restauración, venderlo y no descartarlo. Al mismo tiempo, se debe conocer su valor de reventa ayuda a definir el momento adecuado para la reposición del activo o para estimar el impacto monetario que el paro o salida de servicio del activo provocará en la empresa.

2.3.3.2. Identificar fortalezas y debilidades

Realizar una identificación de fortalezas y debilidades es parte del estudio de la situación actual de una empresa o proyecto, llamado FODA (fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas) para realizar auditoria, determinar los puntos clave en las inversiones y mejorar esfuerzos en las áreas que presentan las mejores oportunidades en el negocio.

Se tiene que iniciar ubicando el estado en que se encuentra la empresa actualmente, para luego realizar el análisis FODA; la auditoría debe realizarse de manera interna y si es posible con el apoyo de un especialista externo en el área, esto para que la metodología quede plasmada en todo personal que participa en la labor, estar actualizados en las nuevas tendencias que pueden surgir eventualmente y conocer las soluciones para algunas problemáticas que

que han surgido en otras empresas, que puedan servir como guía para resolver las propias.

2.3.3.3. Índices de mantenimiento

Existen más de cincuenta índices que se utilizan en el área del mantenimiento industrial, muchos pueden destacar aplicando sus resultados en mejorar la calidad, mejorar los procesos, minimizar costos, optimizar servicios y preservar el medio ambiente. Destacan algunos de estos índices:

- Tiempo medio entre fallas: razón que relaciona el múltiplo de número de ítems (*NOIT*) por los tiempos de operación de los mismos (*HROP*) y el número de fallas que se detectan en el lapso observado (*NTMC*).

$$TMEF = \frac{NOIT \cdot HROP}{NTMC}$$

- Tiempo promedio de reparación: razón entre el tiempo de manipulaciones correctivas en un grupo de ítems con falla (*HTMC*) y las fallas detectadas en el lapso observado (*NTMC*).

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC}$$

- Disponibilidad de equipos: razón del tiempo total de operación de los ítems controlados [$\sum(HROP)$] y la sumatoria de esos tiempos con los tiempos de mantenimiento de los mismos [$\sum(HROP - HTMN)$].

$$DISP = \frac{\sum(HROP)}{\sum(HROP - HTMN)} * 100$$

- Confiabilidad: razón entre el tiempo promedio entre fallas (*TMEF*) y la sumatoria de los ítems con el tiempo promedio entre reparaciones (*TMPR + TMEF*).

$$\text{CONF} = \frac{TMEF}{TMPR + TMEF} * 100$$

2.3.3.4. Análisis causa raíz

Los informes de mantenimiento tienen que ser específicos, claros y concisos, para un fácil análisis conforme a cada nivel de gestión, para identificar de manera sencilla la causa raíz de los eventos documentados y con el apoyo de los usuarios encontrar en los registros algún patrón, indicio o anomalía en los equipos.

Para el correcto desempeño de esta técnica depende de los registros de intervenciones y la experiencia de los técnicos en el momento de efectuar las debidas correcciones en los activos. Los aspectos a considerar para ponerlo en práctica es lo siguiente:

- Identificación: en la adquisición, montaje y ubicación.
- Cambios
- Tipo y duración de mantenimiento
- Tipo de ejecución: dentro de los parámetros o no
- Tipo de ocurrencia

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO AUTOMOTOR Y REQUISITOS PARA LA DOCUMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los objetivos de este capítulo son identificar la situación actual de la empresa, realizar un diagnóstico específico a uno de los vehículos y recabar la información necesaria para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

Previo a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo, para la unidad de transporte a evaluar, es necesario un reconocimiento general del estado actual en que se encuentra la empresa de transporte, considerando las unidades que posee, sus actividades de mantenimiento y finalmente enfocarse en la unidad específica, para diseñar sus rutinas preventivas de conservación y de este modo la respectiva gerencia tome la decisión de implementar o no el modelo de mantenimiento preventivo en el resto de la flota de transporte

3.1. Situación actual

Para evaluar de una manera adecuada la condición de la flota de transporte, se realizaron visitas periódicas a las instalaciones de la empresa para efectuar una verificación de las unidades de transporte con que cuenta la empresa, personal operativo y técnico (pilotos, mecánicos y ayudantes de mecánica), insumos y herramienta que habitualmente utilizan, entre otros.

3.1.1. Vehículos

Los camiones de Transportes Castillo, son vehículos de transporte pesado, cabezales de la marca Freightliner, con motores Detroit Diesel serie 60. Las unidades de carga son plataformas especiales en las marcas Fontaine, Great Dane y Lufkin para diferentes capacidades de carga, de manera general se pueden enlistar los equipos en las Tablas XII y XIII de la sección de anexos.

3.1.2. Personal operativo y técnico

- Pilotos: la empresa cuenta con 8 pilotos para las diferentes unidades de transporte que laboran en una jornada de lunes a sábado en horario variable, su función principal es la de la movilización de las cargas de manera segura, prudente y el respectivo cuidado de su unidad designada.
- Ayudantes de pilotos: de igual manera se encuentran laborando 8 ayudantes para los respectivos pilotos, que se encargan de efectuar actividades auxiliares como: descarga de material, limpieza del vehículo, verificaciones sencillas en la unidad y cualquier otra tarea adicional que se les pueda encomendar, laboran en el mismo horario que los pilotos.
- Técnicos o mecánicos: la empresa cuenta con un mecánico contratado para una jornada laboral de 8 horas de lunes a sábado. El técnico posee conocimientos específicos de mecánica y conocimientos básicos de electricidad y electromecánica, su función es efectuar las tareas correctivas en las unidades que están fuera de servicio y auxiliar a las mismas si se quedan varadas en carretera.

- Ayudantes de mecánica: para efectuar las tareas de mantenimiento el mecánico cuenta con el apoyo de dos ayudantes que laboran en el mismo horario, sus actividades son específicamente apoyar al técnico en cualquier aspecto relacionado al mantenimiento que se necesite.

3.1.3. Material utilizado para el mantenimiento

- Herramienta: el área cuenta con los grupos básicos de herramienta para efectuar sus labores, siendo:
 - Herramienta de corte: cincel, sierra de mano, lima, cizalla, esmeril.
 - Herramienta para sujeción de piezas: juego de llaves y copas, alicate, destornillador, tornillo de banco.
 - Herramienta diversa: martillo, extractor mecánico, punzón cilíndrico, punta de trazar, gato hidráulico.
 - Instrumentos de medición: vernier, micrómetro.
- Combustible: este fluido es elemental para el funcionamiento de las respectivas unidades, por el momento la empresa no cuenta con despacho por mayor o centro de abastecimiento propio pero si cuentan con la logística necesaria para controlar el costo del mismo.
- Llantas: se utiliza dos tipos de medida de llantas para los diferentes vehículos de carga, llanta 285/75 11R22.5 perfil normal y 285/75 R24.5 en perfil bajo y alto. Se cuenta con un proveedor encargado de la venta e instalación de las mismas (usadas, reencauche y nuevas) cuando la empresa lo requiere.
- Repuestos: cuando se realizan labores de reparaciones se utilizan repuestos de buena calidad u originales de las diferentes casas de

fabricación de los sistemas que posee el vehículo (Freightliner, Detroit, Meritor Spicer, Automan, Bendix, entre otras marcas) comercializados por los distribuidores autorizados en el país.

En muchos casos se utiliza repuesto usado que este en buen estado y sea de bajo costo, siempre que no sea utilizado en un sistema critico del cabezal o la unidad de carga, porque usar repuesto usado o uno nuevo de baja calidad en un sistema como la transmisión, frenos e incluso kit de reparación del motor, en el transcurso del tiempo puede ocasionar problemas mecánicos e incrementar costos no previstos.

- Lubricantes y grasas: el lubricante es el encargado de preservar y mantener en buenas condiciones de limpieza el motor, transmisión, sistema hidráulico, entre otros. Las grasas se encargan de lubricar componentes mecánicos con revoluciones más reducidas en comparación a los sistemas anteriores elementos como: rodamientos, cojinetes, rotulas, cadenas, entre otros.

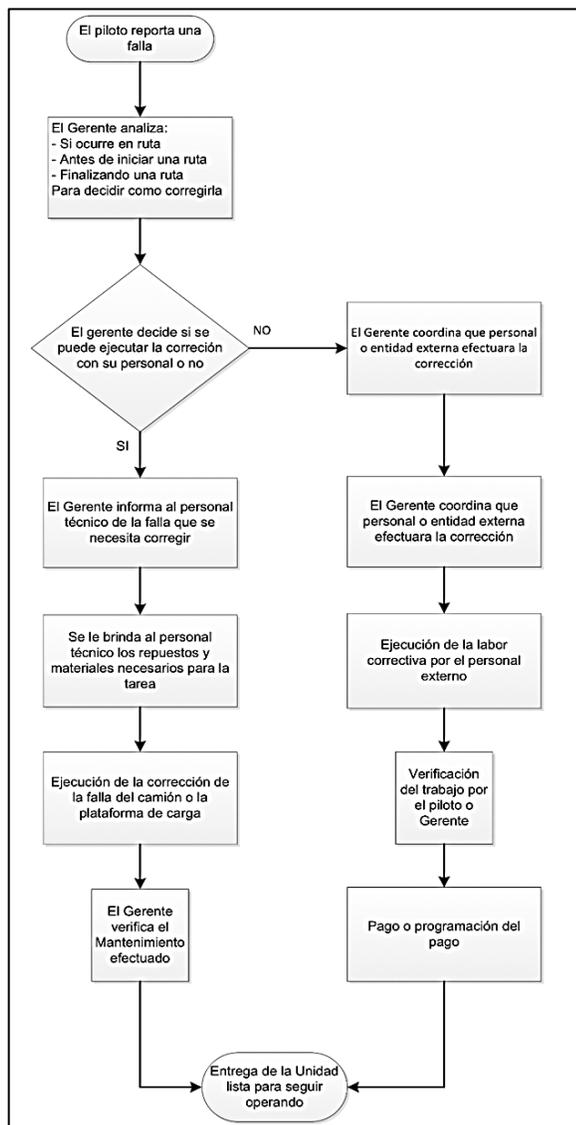
3.2. Actividades de mantenimiento

Las labores de mantenimiento son cubiertas por el mecánico contratado por la empresa con el apoyo de sus dos ayudantes de mecánica, las actividades se realizan en su mayor parte de manera correctiva, se tiene herramienta básica e insumos necesarios para efectuar las tareas necesarias para tener los equipos en condiciones aceptables para su correcto funcionamiento.

Además, se cuenta con un software (Pro-Link) que es utilizado para efectuar pequeños diagnósticos electrónicos del estado general del motor, fallas

en sensores y algunos cambios o ajustes que se necesiten realizar que solo con este sistema se pueden efectuar.

Figura 22. **Procedimiento actual de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

3.2.1. Aspectos específicos

Las actividades de mantenimiento en la empresa en su mayor parte son correctivas pero indirectamente ya se aprecian dos métodos adicionales de que se realizan en las distintas unidades, sin que la administración lo notara ya no son solo apaga fuegos, se mencionan las siguientes:

- Mantenimiento correctivo: labores que se ejecutan cuando presentan fallas los equipos, efectuadas por el mecánico y los respectivos ayudantes, si suceden en carretera es llevado el técnico al punto o si es muy retirado o el factor tiempo esta limitado, se subcontrata el servicio técnico.
- Mantenimiento preventivo: tareas de engrase, lubricación y limpieza realizados por los ayudantes de mecánica, el técnico las controla por medio del kilometraje del camión, las observaciones y advertencias generales que el piloto dicte.
- Mantenimiento de modificación: reparaciones mayores (motor, caja, diferencial, trenes de rodaje, embrague, entre otros) se llevan a cabo por el mecánico y el ayudante, sí se presenta un imprevisto que no puede ser cubierto por ninguno del grupo se contrata un especialista externo para resolver el problema.

Transportes Castillo tiene un crecimiento notable debido a su carga de trabajo de distintos fletes, en sus inicios no se veía la necesidad de tener parámetros establecidos de mantenimiento, ya que eran pocas sus unidades, pero conforme va creciendo la empresa y las exigencias de los clientes también, las labores de mantenimiento van en aumento y se ha descubierto

que ser correctivo es costoso, por esta razón surge la necesidad de crear una programación y controles de tareas, costos e insumos, para tener un uso más eficiente de los recursos.

El mecánico quien es el encargado de las tareas de mantenimiento que surgen en sus períodos de trabajo, no tiene labores debidamente designadas, programadas, ni ordenadas. Así que es necesario Lo siguiente:

- Creación de controles y procesos preventivos para el mantenimiento.
- Administración de las tareas de mantenimiento efectuadas por el gerente, mientras se contrata un encargado para el área.
- Contratar un supervisor específico para el área de mantenimiento, que posea conocimientos de electromecánica, para ser el encargado de supervisar y administrar los controles establecidos en el área de mantenimiento.

3.3. Evaluación del vehículo de carga

A continuación se presenta la tabla de características técnicas del cabezal.

Tabla III. **Características técnicas del cabezal**

INFORMACIÓN BÁSICA	
Marca	Freightliner
Modelo	2001
Tipo	Cabezal
Color	Azul
Motor	Detroit Diesel Serie 60
Cilindrada	12700 c.c.
Tonelaje	15 Toneladas
INFORMACIÓN LEGAL	
No. de Placa	116 BMR
No. de Motor	06R0577152 606BK60Q
No. de Chasis	1FUPUSZB01LF92563
INFORMACIÓN ADICIONAL	
Consumo	5.20 galones/km
Tipo de transmisión	Mecánica de 13 velocidades
No. de ejes	3
No. de llantas	10
Tipo de llantas	285/75 R24.5
Potencia	500 Hp
Dimensiones	Largo 20 ft. Ancho 8 ft. Alto 13 ft.

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Características técnicas de la plataforma de carga**

INFORMACIÓN BÁSICA	
Marca	Lufkin
Modelo	2005
Tipo	Plataforma
Color	Negro
Motor	Sin motor
Capacidad	20 Toneladas
INFORMACIÓN LEGAL	
No. de Placa	TC 053CBQ
No. de Chasis	1L01B482851157757
INFORMACIÓN ADICIONAL	
No. de ejes	3
No. de llantas	12
Tipo de llantas	285/75 11R22.5
Dimensiones	Largo: 48', Ancho: 102"

Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Estado actual del vehículo

Al establecer los datos técnicos del vehículo de carga, se debe realizar un diagnóstico de las condiciones actuales del mismo, para determinar el estado en el que opera, detallándose en la Figura 23. que se encuentra a continuación, muestra los puntos clave que son requeridos para realizar el diagnóstico que llevará a la planeación de las actividades de mantenimiento que se efectuarán en la unidad correspondiente ya sea preventivo o correctivo, (B: BUENO, R: REGULAR, M: MALO) y finalmente concluir con la adición de algunas observaciones que ayuden a mejorar la evaluación técnica del equipo.

Figura 23. Diagnóstico general del vehículo de carga

		TRANSPORTES CASTILLO GUATEMALA, C.A.					
Reporte No.	PLACA No.	CABEZALES Y UNIDADES DE CARGA					
1	C 116BMR						
REVISIÓN VEHICULAR							
ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO							
SISTEMA	B	R	M	SISTEMA	B	R	M
CARROCERÍA (EXTERIOR E INTERIOR)				SISTEMA DE DIRECCIÓN			
Ajuste de puertas		X		Manejo de la dirección	X		
Ajuste de capó		X		Comportamiento en el tope de giro del timon		X	
Cerraduras y manijas de puertas		X		Apariencia visual del aceite hidráulico	X		
Cerraduras de capó		X		Fugas de aceite hidráulico	X		
Estado de la pintura		X		SISTEMA DE FRENOS			
Funcionamiento de los instrumentos de control del tablero	X			Respuesta del frenado	X		
Condicion del tapizado	X			Sonidos ajenos al frenado	X		
Condicion de los asientos		X		Condiciones de las zapatas (Fricciones)			X
Funcionamiento de sistemas de confort		X		Estado del freno de motor	X		
Funcionamiento de accesorios adicionales		X		Estado del freno de parqueo	X		
Condición de los parabrisas, vidrios y espejos		X		Estado del freno de parqueo de plataforma	X		
MOTOR				SISTEMA DE SUSPENSIÓN			
Fugas de fluidos	X			Estado de amortiguadores			X
Apariencia visual del aceite	X			Estado de ballestas (resortajes)	X		
Estado de arnes, cables y cañería	X			Estado de bolsas de aire			X
Ignición del motor	X			Golpeteo en terrenos irregulares	X		
Funcionamiento en relanti	X			LLANTAS			
Funcionamiento en aceleración	X			Presión de llantas	X		
Funcionamiento cargado	X			Condición de la banda de tracción			X
Temperatura del motor			X	Desgaste	X		
Aparencia de los gases de escape	X			CHASIS Y PARTE INFERIOR DEL VEHÍCULO			
Estado de los sistemas auxiliares	X			libre de presencia de (Corrosión, golpes o trizaduras)			X
SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA				Estado de uniones (tornillos, arandelas, tuercas)			X
Acople del embrague al cigüeñal del motor	X			Estado de la tubería de gases de escape	X		
Estabilidad de los ejes transmisores de potencia (Cardan)	X			Fugas visibles en la parte inferior de la cabina	X		
Funcionamiento del cambio de velocidades	X			Golpes, fugas u oxidación en la parte inferior de la cabina	X		
Sonidos extraños en el cambio de velocidades		X		SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO			
Sonidos extraños en los diferenciales	X			Funcionamiento del sistema de arranque	X		
Condición y niveles de lubricantes y demás fluidos	X			Funcionamiento del sistema electrico, alumbrado	X		
				Estado del sistema electronico (computadora y cableado)	X		
OBSERVACIONES:							
1. Piloto reporta que cuando el motor se encuentra en funcionamiento hay una falla activa de "elevada temperatura".							
2. Se reporta una leve vibración en la caja de cambios en tercera velocidad cuando el vehículo se moviliza con carga.							
3. Sonidos extraños en los topes de giro del timón.							
4. Bolsas de aie de amortiguación de cabina y amortiguadores de suspensión proximos a alcanzar el termino de su vida útil.							
5. Limpiaparabrisas del lado del copiloto no funciona.							
6. Vidrio frontal del lado del copiloto se encuentra rajado.							
7. Radio pesenta anomalías en su funcionamiento.							
CONDICIÓN:		B = BUENA R = REGULAR M= MALO					
Piloto:		Kilometraje:		1,276,721.24 Kms.			
Revisor:		Fecha:		01/06/2016			

Fuente: elaboración propia.

Con la evaluación realizada se puede notar que los aspectos importantes que se tomaron en cuenta para efectuar la misma, se encuentra en valores de bueno y regular, por lo que se puede concluir que la unidad se encuentra en condiciones aceptables para operar.

Sin embargo, se puede notar algunas observaciones correctivas importantes que hay que considerar para acomodarlas a las distintas actividades de mantenimiento, centrando la atención en la falla que presenta el vehículo por alta temperatura, ya que el no solucionar esto de manera pronta se puede llegar a realizar una acción correctiva de mayor costo.

3.3.2. Costo actual del mantenimiento

Para comprender de una mejor manera la situación de los gastos de mantenimiento en la empresa se enfocara en el gasto que ha generado el cabezal con placa No. C 116BMR y la plataforma de carga con placa No. TC 053CBQ a lo largo de un año aproximado de operación o de 35000 a 45000 kilómetros recorridos, se inicia estableciendo los siguiente costos:

- **Costos fijos**

Mano de obra directa: para este aspecto se considera el personal que labora de manera permanente en el área, siendo el técnico, ayudantes y personal administrativo (secretaria) que interviene en las labores y administración actual del mantenimiento, considerando que el valor total de este costo se divide entre el número de unidades operativas que existen actualmente en la empresa (8 equipos completos).

Mano de obra indirecta: es el personal externo que es contratado para que preste servicios de diagnóstico electrónico, alineación y balanceo de llantas, trabajos eléctricos, entre los más importantes.

Materiales e insumos: son todos los filtros de diesel, de aceite, de agua, filtros de aire, aceites lubricantes para el motor, caja, diferenciales, sistema de dirección, aditivos, grasas, entre otros que son utilizados para el mantenimiento del equipo de carga completo.

Parqueo y energía eléctrica: es el costo fijo que tiene las instalaciones donde se realizan las labores de mantenimiento y donde también permanecen los vehículos de carga cuando no están en servicio, el total de este gasto también se tiene que dividir entre el número de unidades operativas de la empresa.

- Costos variables
 - Repuestos e insumos: son todos aquellos repuestos e insumos utilizados para corregir los fallos inesperados
 - Mano de obra correctiva: es el costo del personal técnico que corrige las fallas inesperadas, puede ser contratada o propia.
 - Llantas
 - Combustible

- Costos de fallas
 - Grúas: o alquiler de unidades externas para darle seguimiento a los viajes interrumpidos, debido a las fallas y la imposibilidad de corregirlas de manera inmediata.
 - Costo por accidentes: son los daños que se pudieron ocasionar a terceros o a la unidad propia debido a algún accidente que se pudiera haber producido durante un viaje, o durante una falla inesperada.
 - Interrupción de viajes: es el valor neto que la unidad dejó de percibir por el incumplimiento del traslado de su respectiva carga a su destino final.

Tabla V. **Costo actual del mantenimiento (cabezal y plataforma)**

COSTO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO			
CABEZAL: Placa No. C 116BMR		Estimado del 20/5/2015 al	
PLATAFORMA: Placa No. TC 053CBQ		30/05/16	
COSTOS FIJOS	Costo Unitario (Q)	Cantidad	Costo Total (Q)
Mano de obra directa.	1562.5	14 meses (1 año laboral)	21875
Mano de obra indirecta.	500	6 Visitas aproximadas	3000
Materiales e insumos.			23400
Parqueo y energía eléctrica.	450	12 meses (1 año)	5400
Subtotal			53675
COSTOS VARIABLES			
Repuestos e insumos.			4400
Mano de obra correctiva.			1500
Llantas.	2000	10 llantas	20000
Combustible.	17	8000 galones	136000
Subtotal			161900
COSTO DE FALLAS			
Grúas.	1500	1 ocasión	1500
Costo por accidentes.	0		0
Interrupción de viajes.	2000	2 viajes incompletos	4000
Subtotal			5500
COSTO TOTAL			221075

Fuente: elaboración propia.

3.4. **Requisitos para elaborar la programación del mantenimiento**

El plan de mantenimiento es un conjunto de tareas para aplicar en un sistema, equipo o maquinaria para prevenir principales fallos que se puedan tener en los mismos, alargar y preservar la vida útil de cualquier activo en general, antes de diseñar dicho plan es necesario definir ciertos aspectos:

3.4.1. **Definir objetivos**

Lo primero que se tiene que realizar para implementar un plan de mantenimiento preventivo es establecer metas u objetivos para definir

claramente lo que se desea obtener con esta herramienta. Lo mejor es enfocarse en áreas limitadas para cuando se reflejen buenos resultados poder expandirse y abarcar aún más. Los objetivos para este plan son los siguientes:

- Aumentar la disponibilidad de los equipos para el servicio de los clientes.
- Mejorar la confiabilidad en los equipos.
- Controlar los costos de mantenimiento.
- Alargar la vida útil de los equipos siempre que de valor agregado el hacerlo.

3.4.2. Medición de resultados

Para determinar si un plan de mantenimiento lleva un correcto desempeño, es necesaria su constante evaluación debido a que en este aspecto muchos planes fallan. Para determinar el progreso adecuado del plan se necesita considerar los objetivos y metas establecidos, adicionando indicadores de mantenimiento y así evaluar el desempeño del plan. Los indicadores o parámetros a considerar son:

- Disponibilidad: la correcta aplicación del plan debe hacer que aumente la disponibilidad de las unidades de transporte.
- Fiabilidad o confiabilidad: disminuyan los paros inesperados por actividades correctivas en las unidades.
- Costos: el costo del presupuesto del programa de mantenimiento tiene que ir en disminución en comparación con el estado inicial.
- Tiempo: debe de administrarse de una mejor manera el tiempo en los trabajos de mantenimiento, ser óptimos y precisos.
- Seguridad: las labores de mantenimiento y operación de las unidades deben de desarrollarse con mayores medidas de seguridad.

El no evaluar constantemente el progreso y los resultados del plan de mantenimiento provoca que el mismo no se pueda mejorar, a su vez esto hará que sea una medida obsoleta y dará fin al desarrollo del programa, por no reflejar los resultados y mejorar las fallas en el plan (si las hubieran).

3.4.3. Establecer políticas de tercerización

El mantenimiento en general es un tema que diariamente es una aventura, pero es una postura que muchas empresas no desean seguir experimentando y delegan estas labores a personal o empresas ajenas a la misma (*outsourcing* o subcontratación) y así solo enfocarse en el ámbito puramente productivo y dejar atrás este tipo de preocupaciones. Otras empresas optan por seguir con los retos que el mantenimiento da día con día, en síntesis es necesario conocer como la empresa afrontara el mantenimiento:

- Utilizar el personal de trabajo propio
- Utilizar el personal de trabajo propio, con pequeño apoyo de técnicos externos especializados en trabajos específicos provenientes de:
 - Casas fabricantes de equipos
 - Técnicos especializados
 - Técnicos generalistas
- Contratar diferentes tipos técnicos con diferentes especialidades de trabajo, supervisados por un elemento de la empresa (un supervisor de mantenimiento)
- Contratar una empresa destinada al mantenimiento vehicular pesado, que se encargue de todas las labores encargadas de la correcta conservación de los equipos de la empresa, supervisados por un elemento de la empresa.

Se tiene que analizar detenidamente la posición de la empresa y elegir la política de trabajo que más se adapte a la necesidad de la misma, sin dejar por un lado los objetivos establecidos, los costos que cada elección involucre y por último siempre considerar la postura que tendrán los técnicos externos o la empresa externa que se contrate para realizar cualquier labor, ya que esto determina el alcance de la mano de obra subcontratada (contratos de trabajo).

3.4.4. Definir estrategias

Las estrategias que mejor se pueden acoplar a los equipos y estado de operación de los mismos limita la programación del plan de mantenimiento, las diferentes estrategias pueden ser:

- **Correctiva:** consiste en reparación de fallas que surgen, rutinas de mantenimiento diario (inspecciones visuales, lubricación, chequeo de parámetros, entre otros), sus desventajas pueden ser:
 - Ninguna fiabilidad
 - Costo incierto
 - Disponibilidad muy baja (menor al 60 %)
- **Condicional:** reparación de fallas que surgen, rutinas de mantenimiento diario, mantenimiento condicional o predictivo (se interviene si se necesita). Económicamente accesible, su mayor desventaja es la de baja disponibilidad que puede ser menor al 80%.
- **Sistemática:** encierra todo lo anterior con la adicional de un mantenimiento sistematizado en determinados equipos, una herramienta que brinda una alta disponibilidad y una media de confiabilidad, su desventaja es que es algo caro (pero rentable en centrales eléctricas).

- De alta disponibilidad: se reparan averías con el fin de CERO FALLOS, rutinas de mantenimiento diario, mantenimiento sistematizado en sistemas auxiliares, mantenimiento predictivo, grandes revisiones (Overhaul).
- De alta fiabilidad: esta estrategia de mantenimiento busca que los fallos inesperados sean muy bajos, pero que con solo mantenimiento no se logra alcanzar, debido a que encierra todo de la estrategia anterior pero que además adiciona: estudios, supervisión, análisis del estado de los equipos, mejora continua en los procesos de conservación, capacitación, medidas de emergencia en fallos, entre los más importantes.

3.4.5. Definir la orientación del plan

El plan de mantenimiento puede estar dirigido a equipos o sistemas.

- Agrupar por equipos puede brindar comodidad para la elaboración de un plan de mantenimiento.
- Agrupar por sistemas es más práctico, debido a que reduce carga burocrática.

3.4.6. Conocer los equipos

En las respectivas unidades de transporte muchos sistemas y subsistemas pueden ser desconocidos por el personal de mantenimiento de la empresa, para esta situación las tareas de mantenimiento se tienen que basar en manuales de fabricante o por el apoyo de técnicos externos expertos los sistemas en desconocimiento.

3.4.7. Tareas de mantenimiento

Antes de definir las tareas de mantenimiento de dicho plan es necesario tomar en cuenta tres diferentes técnicas para la correcta determinación de las mismas, que se llevaran a cabo en dicho plan:

- Basado en recomendaciones de los fabricantes
- Basado en protocolos genéricos
- Basado en análisis previo de fallas potenciales (RCM)

3.4.7.1. Frecuencias para realizar tareas

Es la periodicidad con la cual se realizaran las tareas de los diferentes sistemas o equipos, un plan de mantenimiento puede enfocarse en tres tipos de actividades:

- Actividades rutinarias o diarias, comúnmente estas labores las lleva a cabo el personal de operación.
- Actividades programadas, son todas labores que se realizan en el año.
- Actividades que se realizan en paradas programadas.

3.4.7.2. Especialidades de mantenimiento que se asignarán para las tareas

Es necesario definir el área y personal que será encargo de llevar a cabo las actividades de mantenimiento que se efectuaran, pudiendo dividirse en tres especialidades:

- Operativa: actividades que se pueden efectuar por el personal de operación, en este caso los pilotos de los camiones.
- Mecánica: actividades que se llevan a cabo por los técnicos del área
- Externa: actividades que son efectuadas por personal externo específico, tareas eléctricas, electromecánicas, alineación, instalación de llantas, entre otras.

3.4.8. Definir formatos a utilizar

Después de determinar tareas, se necesita definir los formatos con los que se trabajará la respectiva documentación del plan:

- Formatos de protocolos
 - Rutinas de mantenimiento
 - Tareas adicionales
- Formatos de órdenes de trabajo
- Informes de mantenimiento

3.4.9. Mantenimientos especiales

- Diario: determina la manera que se llevara a cabo el mantenimiento diario definiendo: el personal que lo efectuara (mantenimiento u operarios), definir formatos y la recolección de información.
- Legal: son las actividades que se realizan por normativas que obliga a cumplirlos, no son parte de las tareas del plan de mantenimiento, puede requerir de herramientas o estructura adicional para agregarlo al plan, esto si existiera el requerimiento de un agente externo que las exija. Se puede gestionar:

- Como un aspecto independiente al plan
- Incluirlo en el plan de mantenimiento
- Predictivo: si existieran este tipo de actividades, determinar como se manejaran las mismas, debido a que éstas labores son ligeramente diferente a las preventivas:
 - Actividad propia de la empresa
 - Actividad contratada (outsourcing)
- Estimaciones correctivas: cuando surja una falla inesperada antes de corregirla se tiene que analizar el lugar y el momento donde ocurrió la misma, para cuando se genere la orden de trabajo especifique el momento adecuado para corregirla según la criticidad y el momento que esta presenta (de manera inmediata o programarla). Además en el momento de corregirla, se tiene que efectuar un análisis de el motivo por el cual surgió la misma y tratar de mitigar la raíz que la genero para evitar que vuelva a ocurrir con el paso del tiempo.

3.5. Tareas específicas de mantenimiento

- Inspecciones visuales: son actividades que siempre serán rentables en cualquier tipo de empresa o de industria y consisten en inspeccionar visualmente los distintos elementos de un equipo, con el fin de determinar su condición. La sencillez del monitoreo visual da como resultado determinar la condición de cualquier componente en el momento que se inspecciona y para registrar este tipo de actividades si fuera necesario se puede apoyar con la grabación de videos, o fotografías del momento que se realiza la inspección.

- Lubricación: anteriormente se dio una explicación de los aspectos que implican en la lubricación, por esa razón las tareas de lubricación siempre estarán presentes en las tareas de mantenimiento, debido a su bajo costo y rentabilidad en el aspecto costo - beneficio. Para los diferentes tipos de sistemas que puede tener una máquina sea industrial o automotriz existe un tipo de aceite lubricante a utilizar para los diferentes sistemas:
 - Aceite para el motor: para un motor diesel con que no presenta problemas de baja presión de aceite y alta temperatura, el aceite a utilizar es SAE 15W40 (API CF-4 o CJ-4) debido a que posee características de alta dispersión, buena alcalinidad, nivel bajo de ceniza.

Debe cumplir con especificaciones de la API para servicio pesado DS, porque contienen aditivos que evitan la formación de depósitos carbonizados, sedimentos y ayudan a la limpieza interna del motor.

Para un motor diesel que utilice el aceite lubricante anterior, pero en su uso presenta problemas de baja presión y alta temperatura, el aceite lubricante que es una buena opción a utilizar es el SAE 25W60 (API CF-4).

Tiene características similares al lubricante anteriormente mencionado, pero su alta viscosidad no evita la formación de depósitos carbonizados dentro del motor ya que esto ayuda a un mejor desempeño en este tipo de motores con gran historial de trabajo.
 - Aceite para el sistema hidráulico: las principales propiedades que debe poseer un aceite hidráulico son: antiespuma, detergentes, antidesgaste, inhibidores, antiherrumbre, entre otros, esto para

proteger a los elementos del desgaste mecánico y la acción corrosiva de estos sistemas.

El aceite de este sistema debe estar en constante monitoreo para controlar que no exista posible contaminación de materias extrañas, suciedad, sedimentos e inclusive agua y el mismo no debe ser corrosivo para los elementos del sistema hidráulico.

Para estos sistemas es recomendable utilizar el aceite SAE 15W40 o el SAE 90.

- Aceite para la caja de cambios: este tipo de lubricante debe ser capaz de contrarrestar los efectos abrasivos de la fricción que se genera por el contacto de engranajes, cumpliendo con los requerimientos de la API para la clasificación de condiciones muy duras y muy desfavorables MS, por lo que es recomendable utilizar el aceite SAE 85W90 .
- Aceite para diferenciales: este tipo de lubricante debe ayudar a un mejor engranado en el juego de engranajes, protegerlo de cualquier desgarrar o ralladura, capaz de trabajar en las condiciones más severas de temperatura, por estas razones se debe utilizar un aceite multigrado que proteja en extremas presiones, siendo el SAE 85W140 o 90W140.
- Grasas: una grasa lubricante esta formada por la dispersión de un agente espesante en un aceite lubricante y sus respectivos aditivos. Para los diferentes elementos mecánicos que necesiten ser engrasados, se debe estimar la aplicación a la cual estarán sometidas y luego seleccionar el tipo a utilizar:

- Para cojinetes que experimenten contacto por rodadura: utilizar grasas suaves, mantecosas y de fibra corta.
- Para situaciones que involucran deslizamiento: utilizar productos correosos, fibrosos y pegajosos.
- Para chasis, y componentes con movimientos a bajas velocidades utilizar grasas No. 2 o No. 3.

Tabla VI. **Cantidad aceite lubricante requerido por sistema**

SISTEMA	CANTIDAD (Gal.)	CANTIDAD (Lib.)
Motor	10	
Dirección	1	
Caja	4.5	
Diferenciales	8	
Grasa		15
Tanque de combustible	200	

Fuente: elaboración propia.

- Revisiones
 - Realizadas con instrumentos internos del equipo: es la revisión de los datos del equipo estando en operación utilizando las herramientas de control que posee, seguidamente si se detecta un indicio de falla se debe reaccionar para mitigarla antes que ocurra.
 - Realizadas con instrumentos externos al equipo: son las revisiones que afirman el cumplimiento de condiciones preestablecidas de un equipo, pero que es necesario el uso de herramienta o instrumentos especiales para poder dar un dictamen del estado del mismo.

- Tareas eventuales: son efectuadas en función al estado del equipo, solo se efectúan si se encuentra en mal estado o por revisiones previas presenta síntomas de falla, estas labores pueden ser:
 - Limpieza a condición: si el equipo o unidad se encuentra sucia.
 - Ajustes a condición: si algún elemento o sistema del equipo presenta desajuste.
 - Cambio de piezas: después de cualquier inspección o revisión se ve la necesidad de cambiar algún elemento, por deterioro, mal funcionamiento o cualquier otra razón.

- Tareas regulares: son las actividades que se realizan con cierta frecuencia, sin importar el estado de operación del equipo, estas labores pueden ser:
 - Limpiezas
 - Ajustes
 - Sustitución de piezas

- Grandes reparaciones: comúnmente conocido como Overhaul o mantenimiento cero horas y su fin es efectuar una gran reparación en el equipo y dejarlo como si tuviera cero horas de operación.

3.6. Seguridad

Es necesario adoptar algunas medidas de seguridad cuando se tiene contacto con un vehículo de carga debido a que por algún descuido o anomalía no controlada puede ocasionar algún daño en la persona que lo manipula, es por esto que es necesario el conocimiento de las siguientes medidas de seguridad:

3.6.1. Medidas de seguridad para los técnicos

Cuando se desarrollan las diferentes actividades de mantenimiento es necesario que el mecánico adopte ciertas medidas de seguridad para evitar cualquier accidente o incidente que pueda ocurrir en el área de trabajo.

- Utilizar el equipo básico de seguridad
 - Gafas o lentes de seguridad.
 - Calzado industrial.
 - Overol.
 - Guantes (si trabajara con sistemas que se encuentren a altas temperaturas).
 - Tapones auditivos (si estar expuesto a ruidos arriba de los 90 decibeles).
- Evitar
 - Fumar en el área de trabajo y áreas cercanas a lo vehículos (esto ultimo debido a la inflamabilidad del combustible y otros fluidos de trabajo).
 - Utilizar accesorios (reloj, anillos, cadenas, pulseras, entre otros).
 - Partes metálicas del motor cuando estén a altas temperaturas (tubería de escape, silenciador, múltiple de admisión o escape, radiador, culata, block del motor, cárter del motor, entre los más importantes).
 - Tener contacto con el acido sulfúrico de las baterías del vehículo.
 - Contacto directo con el cableado de las baterías y del motor, por las corrientes que conducen pueden ocasionar heridas leves.
- En actividades de soldadura
 - Utilizar gabacha.

- Protectores para los brazos (preferible que sean de cuero).
- Careta, para la protección de rayos ultravioleta.
- Chequear presiones en cilindros de acetileno, oxígeno y accesorios.

- En actividades dentro del vehículo
 - Verificar que el vehículo tenga activado el freno de parqueo, la palanca de cambios este en neutral, y todas las llantas estén bloqueadas.
 - Detener el motor antes de iniciar alguna actividad de mantenimiento, a menos que la actividad requiera que este en marcha el mismo.
 - Verificar que el capo del motor este correctamente asegurado antes de trabajar en el motor.
 - Trabajar en áreas ventiladas para evitar el exceso de inhalación de los gases de escape del motor.
 - No pisar mangueras ni tuberías para no dañarlas.
 - Dispersar aserrín o arena cuando se derrame aceite.

- Aspectos de la herramienta y equipo de trabajo
 - No dejar ningún tipo de herramienta o equipo cerca de partes móviles del vehículo o el motor para evitar cualquier accidente ocasionado por el contacto entre estos.
 - Utilizar herramienta libre de cualquier fluido, limpiar todo el equipo de trabajo después de efectuada cualquier actividad.
 - Utilizar herramienta adecuada para la extracción de alguna pieza (prensa hidráulica o extractor)

3.6.2. Medidas de seguridad para los pilotos

Los pilotos de los vehículos deben de adoptar medidas de seguridad para evitar incidentes, accidentes y pérdidas de tiempo en sus movilizaciones.

- Chequear el nivel de aceite y demás fluidos de trabajo del vehículo
- Revisar conexiones y carga de las baterías.
- Regular y revisar frenos
- Revisar la presión de todas las llantas
- Chequear si se tiene llantas de repuesto
- Reportar cualquier ruido o anomalía en el vehículo que les parezca extraña.

4. ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este capítulo tiene como objetivo organizar la información del capítulo anterior y adecuarla para el control y administración del plan de mantenimiento preventivo.

Administrar un sistema de mantenimiento es utilizar el grupo de acciones y requerimientos descritos por el mismo. La descomposición y razonamiento se lleva a cabo por formatos e instrumentos que dependen de la magnitud de la empresa, que hará volverlos menos o más complejos.

Para la administración se necesita controlar la misma ya que es un aspecto clave de la administración, esto ayuda a la coordinación de la carga de actividades combinado con los medios requeridos y alcanzar un alto nivel de efectividad, eficacia y eficiencia.

4.1. Codificación de las unidades

Esta labor corresponde a elaborar una identificación única y especial para las diferentes unidades productivas que puedan encontrarse en la empresa, lo anterior ayuda a crear archivos propios para cada unidad donde se puede almacenar o recuperar cualquier tipo de información que se necesite registrar. Los pasos para implementar la codificación son los siguientes:

- Primer paso
 - Identificación de letras: las primeras tres letras para identificar la marca de la unidad, la letra siguiente para identificar el tipo de unidad.
- Segundo paso
 - Identificación de dígitos: se utilizará un número de secuencia iniciando en la unidad 1 ya sea para los cabezales o para las plataformas, continuando de manera ascendente hasta llegar a la unidad final en ambos casos.

Tabla VII. **Significado de códigos propuestos**

CÓDIGO	MARCA
FHL	Freightliner
GDN	Great Dane
FTN	Fontaine
LFK	Lufkin
CÓDIGO	TIPO
C	Cabezal
P	Plataforma

Fuente: elaboración propia.

Se puede ejemplificar el uso del código de la siguiente manera:

FHLC-03

Identifica al cabezal, Freightliner Columbia, color blanco, con placa No. C 0330BKT

LFKP-08

Identifica la plataforma, Lufkin FL-II-ST, color negro, con placa No. TC 053CBQ

En la tabla XIV y XV de la sección de anexos, se enlistan el conglomerado de los códigos propuestos para todos los equipos. Cuando la empresa adquiera alguna unidad nueva, para la generación de su respectivo código se seguirá la secuencia dependiendo el tipo de unidad que se adquiera.

4.2. Tareas y actividades generales para el mantenimiento del vehículo de carga pesada

Las labores y actividades destinadas para el mantenimiento son efectuadas para mantener en óptimas condiciones de funcionamiento cualquier equipo o activo de una empresa, asegurando la más alta disponibilidad de un las operaciones, como parte de las actividades de mantenimiento preventivo para una o cualquier unidad de transporte de carga pesada dentro de la empresa, se consideran loss siguientes aspectos para ser parte del programa de mantenimiento:

Inspecciones: es la búsqueda y localización de anomalías en los diferentes sistemas del vehículos, tales como:

- Inspección visual del estado de los diferentes fluidos de trabajo
- Inspección de los niveles en los depósitos de fluidos de trabajo
- Fugas en los diferentes conductos, mangueras, tuberías, sistema neumático, combustible, entre otros.
- Estado de las llantas del cabezal y la plataforma de carga
- Funcionamiento de sensores e instrumentos de medición de parámetros (temperatura, presión de aire, nivel de combustible, tablero en general)
- Estado y funcionamiento del sistema de frenos

Limpieza: este aspecto no podría parecer de mayor importancia en este tipo de unidades vehiculares, pero no se puede descartar la probabilidad de

dejar algún sistema o elemento mecánico sucio y que por esta razón pueda suceder alguna falla, ejemplo de esto puede ser: Baterías sucias, sensores obstruidos, ingreso de materias extrañas a los fluidos de trabajo.

Lo anterior pueden ser factores potenciales para provocar una falla, por lo que es muy importante tener una adecuada limpieza antes y después de efectuar una tarea de mantenimiento y que los pilotos mantengan sus unidades en buenas condiciones.

Revisiones: son las diferentes verificaciones seguidas de intervenciones que se ejecutan en la unidad para encontrar y validar alguna anomalía que se localizo en inspecciones previas, corrigiendo la misma para que la unidad retome su condición de buen funcionamiento y así mitigar posibles fallas provenientes de esta anomalía.

Chequeos: es una inspección general de la correcta operación del equipo y el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas que lo conforman.

Arreglos o ajustes: son los diferentes controles e intervenciones que se pueden realizar en el equipo para dejar el mismo en un estado adecuado de funcionamiento en condiciones ya establecidas o fijadas.

Lubricar: se considera como parte de las actividades de mayor importancia del mantenimiento, ya que ayuda a largar la vida útil de un sistema mecánico que necesite ser lubricado, lo cual no es más que la acción de aceitar con un lubricante adecuado y aplicarlo en algún componente o sistema mecánico que lo requiera.

Engrasar: es parte de las actividades de lubricación, con la diferencia que el agente lubricante son los diferentes tipos de grasas que pueden haber para las distintas aplicaciones.

4.2.1. Frecuencia de las tareas de mantenimiento

Las actividades designadas para efectuar el mantenimiento se basa en protocolos genéricos (listado de tareas o rutinas de mantenimiento preventivo programadas con frecuencias de tiempo previamente establecidos y ordenados) y el apoyo de la experiencia que los pilotos y personal técnico que han desarrollado con el tiempo.

Lo anterior para reducir las labores correctivas que se pueden generar en los diferentes equipos, en las tablas XVI a la XXIII de la sección de anexos, se establecen distintas rutinas con frecuencias establecidas para los diferentes sistemas que forman parte del vehículo de carga.

4.2.1.1. Tareas adicionales

Los servicios de mantenimiento que se sugieren son tareas adicionales y más específicas que ayudan a asegurar una larga vida útil al vehículo en general, se dividen en cuatro tipos, según su kilometraje: 10K, 20K, 30K y 40K. Se detallan de la siguiente manera:

4.2.1.1.1. Servicio 10K

- Cambios de:
 - Filtro primario y secundario de diesel
 - Filtros de aceite
 - Aceite al motor

- Inspección de:
 - Indicadores, medidores y accesorios del interior del vehículo
 - Limpiaparabrisas
 - Volante de dirección
 - Tensión de fajas de ventiladora y alternador
 - Presión de las llantas y calibración
 - Funcionamiento general de luces (interiores y exteriores)
 - Mangueras y tubería en general
- Revisión y nivelación de:
 - Líquido del sistema hidráulico
 - Refrigerante de motor
 - Líquido electrolito de baterías.
- Ajustes de:
 - Fricciones
 - Sistema de escape
 - Tornillos y tuercas
- Engrase general cabezal y plataforma
- Lavado general del vehículo

4.2.1.1.2. Servicio 20K

- Cambios de:
 - Filtro primario y secundario de diesel
 - Filtros de aceite
 - Filtro de agua
 - Filtros de aire
 - Aceite al motor
- Inspección de:
 - Indicadores, medidores y accesorios del interior del vehículo
 - Limpiaparabrisas

- Volante de dirección
- Tensión de fajas de ventiladora y alternador
- Tubería de escape
- Presión de las llantas y calibración
- Funcionamiento general de luces (interiores y exteriores)
- Mangueras y tubería en general
- Radiador
- Fugas en general (de combustible, aceite, agua y aire)
- Fusibles
- Fricciones (posible cambio) y tambores de freno
- Revisión y nivelación de:
 - Líquido del sistema hidráulico
 - Refrigerante de motor
 - Líquido electrolito de baterías.
 - Aceite de catarinas
 - Aceite de caja de velocidades
- Ajustes de:
 - Fricciones
 - Freno de parqueo
 - Embrague
 - Culatas del motor
- Calibración de válvulas del motor
- Engrase general cabezal y plataforma
- Lavado general del vehículo y lavado del motor

4.2.1.1.3. Servicio 30K

- Cambios de:
 - Filtro primario y secundario de diesel

- Filtros de aceite
- Aceite al motor
- Inspección de:
 - Indicadores, medidores y accesorios del interior del vehículo
 - Limpiaparabrisas
 - Volante de dirección
 - Tensión de fajas de ventiladora y alternador
 - Presión de las llantas y calibración
 - Funcionamiento general de luces (interiores y exteriores)
 - Mangueras y tubería en general
 - Suspensión delantera y trasera
- Revisión y nivelación de:
 - Líquido del sistema hidráulico
 - Refrigerante de motor
 - Líquido electrolito de baterías.
- Ajustes de:
 - Fricciones
 - Sistema de escape
 - Tornillos y tuercas
- Engrase general cabezal y plataforma
- Cambio de fricciones, kit de resortes y hules de eses del sistema de frenos del cabezal y plataforma (si se encuentran en buen estado posponerlo para el siguiente servicio o programarlo cuando más convenga)
- Lavado general del vehículo

4.2.1.1.4. Servicio 40k

- Cambios de:
 - Filtro primario y secundario de diesel
 - Filtros de aceite
 - Filtro de agua
 - Filtros de aire
 - Aceite al motor
 - Aceite a las catarinas
 - Aceite a la caja de velocidades
 - Aceite al sistema hidráulico o de dirección
 - Líquido refrigerante
- Inspección de:
 - Indicadores, medidores y accesorios del interior del vehículo
 - Limpiaparabrisas
 - Volante de dirección
 - Tensión de fajas de ventiladora y alternador
 - Tubería de escape
 - Presión de las llantas y calibración
 - Funcionamiento general de luces (interiores y exteriores)
 - Mangueras y tubería en general
 - Radiador
 - Fugas en general (de combustible, aceite, agua y aire)
 - Fusibles
 - Catarinas delanteras y traseras
- Revisión y nivelación de:
 - Líquido electrolito de baterías.
- Ajustes de:
 - Fricciones

- Freno de parqueo
- Embrague
- Culatas del motor
- Calibración de válvulas del motor
- Engrase general cabezal y plataforma
- Servicio a las catarinas:
 - Cambio de ajustes
 - Cambio de seguros
 - Reempaque y cambio de retenedores
 - Limpieza
 - Calibración de corona y piñón
- Lavado general del vehículo y lavado del motor

4.3. Aspectos para la administración del mantenimiento

Definidas las rutinas y las diferentes tareas que serán parte del plan de mantenimiento, surge una serie de requerimiento y procedimientos que serán parte del proceso para ayudar a tener una mejor organización en la ejecución de las distintas labores.

4.3.1. Personal

Los encargados de desarrollar las distintas actividades rutinarias de mantenimiento son los mecánicos y ayudantes que laboran dentro de la empresa, quienes son los responsables de su respectiva herramientas y de mantener en condiciones óptimas las unidades de transporte. Para garantizar la correcta ejecución de estas labores se necesita contar con el apoyo de un supervisor para el control del área de trabajo, asegurando la calidad en los

trabajos, seguridad en el desarrollo de las labores, el cuidado de la herramienta y las unidades.

4.3.2. Órdenes de trabajo

Son generados por las rutinas de mantenimiento, tareas especiales y por fallas imprevistas, se utilizan para que el encargado o supervisor del área establezca la prioridad de la labor a desempeñar, determinado la hora y la fecha que mejor se acople para no interrumpir los diferentes viajes que tenga la unidad, o programar las actividades haciéndolas encajar en los días que la unidad no estará en operación.

4.3.3. Informes de trabajos de mantenimiento

Cuando se efectúen labores designadas por las ordenes de trabajo, la persona encargada en ejecutarlas tiene que informar acerca de, los detalles en la ejecución de la labor, repuestos y materiales utilizados, tiempo de trabajo, fecha y observaciones.

4.4. Aspectos para el control del mantenimiento

Para la culminación de la cadena de administración y control del mantenimiento es necesario controlar ciertos aspectos, para tener un mejor orden, registro y organización en el área de trabajo. Los diferentes registros, órdenes, fichas y solicitudes que se mencionan la sección 4.3 y 4.4 estarán ubicados en las figuras 33 a la 42 de la sección de anexos.

4.4.1. Bitácora de mantenimiento

Es un historial que ayuda al encardado del área a registrar toda labor de mantenimiento que se ha ejecutado durante un determinado tiempo en una o varias unidades productivas. Con la finalidad de tener toda la información recabada y organizada para estar a disposición de las respectivas auditorías del área de trabajo.

4.4.2. Ficha técnica individual

Encierra la información que identifica a una unidad operativa, es elaborada a través del estado físico de la misma. Es una herramienta de referencia para tener al alcance información de sus diferentes repuestos y componentes. Cuando se adquiere un equipo nuevo esta ficha se elabora antes de poner en operación el mismo.

4.4.3. Control de órdenes de trabajo

Es una herramienta que registra en una hoja las órdenes de trabajo generadas, ya sean pendientes de trabajar o las ya finalizadas y así controlar de una manera adecuada la ejecución de las diferentes órdenes.

4.4.4. Solicitud de compra de repuestos e insumos

Es una solicitud de compra para los diferentes repuestos, herramienta, materiales, accesorios e insumos que se necesiten en el área de trabajo, elaboradas por el encargado del área y autorizadas por el gerente o jefe inmediato.

4.4.5. Solicitud para egreso de repuestos e insumos

Es un permiso para que un repuesto, material e insumo que se necesite, pueda sacarse de la bodega, para realizar las distintas labores en el área de trabajo. Elaboradas por el técnico o mecánico y autorizadas por el encargado del área.

4.4.6. Reportes mensuales de mantenimiento correctivo

Es un resumen mensual del informal de las labores correctivas en una o varias unidades operativas. Esta herramienta ayuda a mejorar el programa de mantenimiento, debido a que si una falla es muy recurrente, debe de haber una actividad preventiva que la mitigue de manera completa o detectar algún tipo de descuido por parte de los técnicos, pilotos y personal externo.

Se utiliza también para concretar los costos reales del mantenimiento correctivo que se dieron durante el mes y con esto efectuar un estudio más detallado, para invertir en mejorar el mantenimiento preventivo o en equipos nuevos.

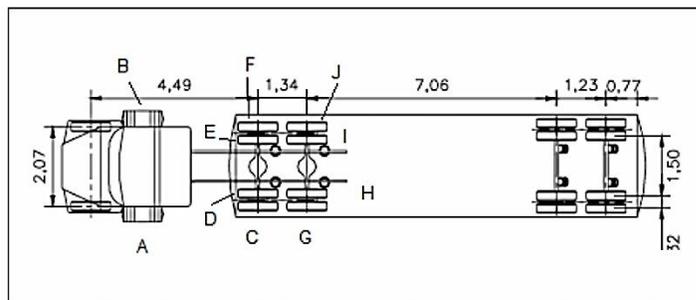
4.4.7. Ficha de control de llantas

La vida útil de una llanta es medida por el espesor del grabado que tienen en la superficie de la misma, esto a su vez determina si su uso es direccional, de tracción o de arrastre. El consumo de este grabado también determina el momento aproximado para el cambio o reencauche de la misma.

Para una correcta determinación del momento adecuado del cambio o reencauche de una llanta y determinar su correcta posición en la unidad de carga, el formato debe contener la siguiente información:

- Marca de la llanta
- Posición
- Fecha de instalación
- Código de la unidad
- Código único de la llanta
- Posición actual y posición que ocupara después de una revisión programada
- Kilometraje del equipo
- Presión de inflado
- Profundidad del grabado de la llanta, lo que determina su desgaste
- Causa del cambio

Figura 24. **Vista superior de un vehículo de carga, que identifica la posición de sus llantas**



Fuente: elaboración propia.

4.4.8. Ficha de control de consumo de combustible

Como se apreció anteriormente en la tabla VI del capítulo 3 de este trabajo, el consumo de combustible es un factor de gran importancia en cuanto a costo, por lo que se necesita controlar el consumo de combustible para tener una adecuada contabilidad del mismo y a la vez reflejar la eficiencia de la flota, ya que es un indicador clave en la administración o gestión de mantenimiento.

Es importante hacer mención de utilizar combustible de bajo en contenido de azufre, para evitar daños futuros en el motor o excesiva contaminación al ambiente. El formato de la ficha del consumo de combustible, debe contener el espacio adecuado que permita tener la siguiente información:

- Fecha de recarga de la unidad
- Código de la unidad
- No. de placa
- Nombre del piloto
- Kilometraje del vehículo en el momento de iniciar el mes
- Número de galones

4.5. Propuesta para el stock necesario

Para un año laboral es necesario tener eficiencia en los procesos y evitar compras apresuradas sin organización de material para las actividades desempeñadas, se puede aprovechar el número de unidades similares que forman parte de la empresa y contar con un stock mínimo de repuestos e insumos para el vehículo de carga pesada y el resto de la flota, debido a que son de mucha utilidad en los momentos que se necesiten utilizar.

Este *stock* se puede reflejar como una inversión a largo plazo, ya que es común que se utilice en los diferentes sistemas de los vehículos de la empresa, por el tiempo de vida de los materiales con cambios constantes y desgaste que se tiene en los elementos mecánicos de la unidad.

Motor

- Filtros de aceite
- Filtros de diesel (primario y secundario)
- Filtros de agua
- Aceite lubricante para el motor (SAE 25W60)
- Refrigerante

Sistema de transmisión

- Aceite lubricante para caja (SAE 85W90)
- Aceite lubricante para diferencial (SAE 85W140)

Sistema de dirección

- Aceite lubricante hidráulico (SAE15W40 o SAE 90)

Sistema de frenos

- Zapatas o fricciones
- Kit de resortes

Sistema de suspensión y llantas

- Bolsas de aire para suspensión
- Resortes para eje delantero y ejes traseros
- Amortiguadores
- Cojinetes para tensores
- Llantas 285/75 R24.5 285/75 11R22.5
- Espárragos y tuercas milimétricas

Chasis

- Grasa para chasis (Grasa No. 2)

- Grasa para rodamientos
- Tornillos y tuercas
- Arandelas de presión
- Plataforma de carga
- Zapatas o fricciones
- Kit de resortes para fricciones
- Resortes para ejes
- Cojinetes para tensores
- Cargadores de balancines
- Balancines
- Tambores de freno
- Bufas
- Espárragos y tuercas milimétricas
- Llantas 285/75 11R22.5

4.6. Propuesta para la solución de los problemas mecánicos

4.6.1. Análisis de aceite

Grupo de procedimientos y mediciones que son aplicados al aceite usado en maquinaria y equipos, para controlar el estado y condición del lubricante y así establecer de forma indirecta el estado interno de los componentes del equipo.

El autor recomienda manejar esta labor como una de las actividades rutinarias del plan de mantenimiento como un factor externo, debido a que es necesario instrumentos de laboratorio específicos para efectuar este tipo de análisis.

La razón de realizar estos análisis en la unidad y en el resto de la empresa en general, es para tener un adecuado control de lo que ocurre de manera interna en los sistemas críticos del cabezal (motor, caja, diferenciales y sistema de dirección). Esta herramienta ayuda a no realizar trabajos innecesarios de grandes revisiones en estos sistemas para chequearlos de forma profunda. De este modo estar informados de la condición interna de los sistemas y poder adelantarse a las posibles fallas.

El análisis de aceite se enfoca en detectar tres tipos de partículas, elementos de desgaste, contaminantes y elementos particulares del aceite. Cada tipo de partícula depende del tipo de lubricante a analizar y el tipo de aplicación a la que está sometido.

- Elementos de desgaste: el análisis determina desgastes y fallas en los componentes internos de un sistema, esto para modificar algunas de las rutinas de mantenimiento y poder mitigar los fallos antes que sucedan o cuando aún son fallas tempranas. Se determina en partículas por millón (ppm.) de ciertos elementos como:
 - Hierro (Fe)
 - Níquel (Ni)
 - Cromo (Cr)
 - Titanio (Ti)
 - Cobre (Cu)
 - Aluminio (Al)
 - Estaño (Sn)
 - Plomo (Pb)
 - Plata (Ag)

- Contaminantes: el diagnostico también brinda los niveles de elementos extraños en ppm. provenientes por fugas de subsistemas cercanos o del ambiente externo que se introducen en el sistema evaluado, pueden ser:
 - Sílice
 - Potasio (K)
 - Sodio (Na)
 - Combustible (%)
 - Agua (%)
 - Hollín (%)
 - Sulfatación
 - Nitratación

- Elementos particulares del aceite: son los elementos que brindan las características propias del mismo en ppm. que posee el lubricante a diagnosticar cuando se encuentra nuevo. Para que en el estudio se compare la huella original con la ya usada y determinar aspectos como aditivos, viscosidad a diferentes temperaturas, estado en general y su durabilidad.
 - Fosforo (P)
 - Bario (Ba)
 - Calcio (Ca)
 - Magnesio (Mg)
 - Zinc (Zn)

- Otros elementos
 - Molibdeno (Mo)
 - Boro (B)
 - Azufre (S)

- Antimonio (Sb)
- Manganeso (Mn)
- Litio (Li)

Tabla VIII. **Porcentaje tolerables y ppm de elementos presentes en un lubricante, dependiendo su aplicación**

	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Sb	Zn	Mn	Mg	Si	B	Ag	Na	%Holi	%Oxi	%Nitr	%Sulf	%Agu	Visc. 40 C	Visc 100 C				
MOTORES GASOLINA	100	40	40	40	20	40						20					0.7	0.3	0.3	0.45	0.2	+50%	-25%	+35%		
MOTORES DIESEL COMERCIALES	100	40	100	40	20	40						20	20	50			0.7	0.3	0.3	0.45	0.2	+35%	-25%	+25%		
MOTORES DIESEL FERROCARRIL	100	20	100	100	20	20		10				10	40	2	100		0.7	0.3	0.3	0.45	0.2	+25%	-15%	+10%		
MOTORES ESTACIONARIOS	100	40	100	40	40	40						20					0.7	0.3	0.3	0.45	0.5	+35%	-25%	+25%		
MOTORES A GAS	100	40	40	40	40	40						10					0.7	0.3	0.35	0.45	0.1	+50%		+25%		
TRANSMISIONES (CAJAS)	500	10	300	300	20	100	20	10		10		40	20	75						0.3					Fuera grado	
HIDRAULICOS	75	10	20	50	10	50	5	5		5		20	20	75						0.15			0.2		Fuera grado	
DIFERENCIALES	750	10	100	400	30	50	10	25		10		75	10	50						0.35			0.3		Fuera grado	
REDUCTORES INDUSTRIALES	500	10	300	300	20	100	20	10		10		40	20	75						0.35			0.3	,-10%	+25%	Fuera grado
TURBOGENERADORES	50	10	20	40	15							20								0.1			0.2		Fuera grado	
BOMBA DE LODOS																				0.35			0.3			
CAJA AUTOMATICA	100	10	50	100	50	20						20								0.3			0.2		Fuera grado	
MOTOR DE AVION/PISTON	5		10	3	10	10						10					0.15	0.1	0.15				0.2		Fuera grado	
COMPRESOR	50	10	20	40	15							20								0.3			0.3			
SISTEMA TERMICO																	0.1	0.15					0.2		,-10%	+25%
FRENOS HUMEDOS	100	5		75		10						20														
MANDO FINAL	350	5	11	8								30								0.12	0.08		0.3			+25%
SERVOTRANSMISION	100	5		75		10						20														
MOTOR DIESEL 2T	140	15	100	25	25	15						20					0.7	0.3	0.3	0.45	0.2				,-10%	+25%
SISTEMA DE REFRIGERACION	50	10	20	40	15	10						20								0.1			0.2		Fuera grado	
MOTOR DIESEL 4T ELECTRONICO	100	40	100	40	20	40						20					0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	+35%	-25%	+25%		

Fuente: elaboración propia.

En la sección de apéndices de este trabajo se ejemplifica una cotización real de un análisis de aceite y un diagnóstico efectuado a un cabezal con las mismas características que el evaluado.

4.7. Propuesta para el presupuesto de mantenimiento preventivo

Con la información actual de la unidad operativa analizada, sus actividades de mantenimiento y el costo que generan, se proyecta un presupuesto anual estructurado y adaptado para lo siguiente:

- La implementación del plan de mantenimiento preventivo en general.
- Uso adecuado de los recursos (lubricantes, mano de obra, combustible).
- La contratación de un supervisor para el área de mantenimiento y transporte, que tendrá a cargo la responsabilidad del control, supervisión y administración del área.
- Estimación para las labores externas y el mantenimiento predictivo (análisis de aceite).

Tabla IX. **Presupuesto para el mantenimiento preventivo**

PROPUESTA ANUAL DEL MANTENIMIENTO			
COSTOS FIJOS	Costo unitario (Q)	Cantidad	Costo total (Q)
Mano de obra directa.	2062.5	14 meses (1 año laboral)	28875
Mano de obra indirecta.	500	6 visitas aproximadas	3000
Materiales e insumos.			16370
Parqueo y energía eléctrica.	400	12 meses (1 año)	4800
Subtotal			53045
COSTOS VARIABLES			
Repuestos e insumos.			10000
Mano de obra correctiva.			1000
Análisis de aceite.		2 análisis por año	1000
Llantas.	1700	10 llantas	17000
Combustible.	17	7272 galones	123624
Subtotal			152624
COSTO DE FALLAS			
Grúas.			0
Costo por accidentes.			0
Interrupción de viajes.			0
Subtotal			0
COSTO TOTAL			205669

Fuente: elaboración propia.

4.7.1. Análisis comparativo de costos de mantenimiento

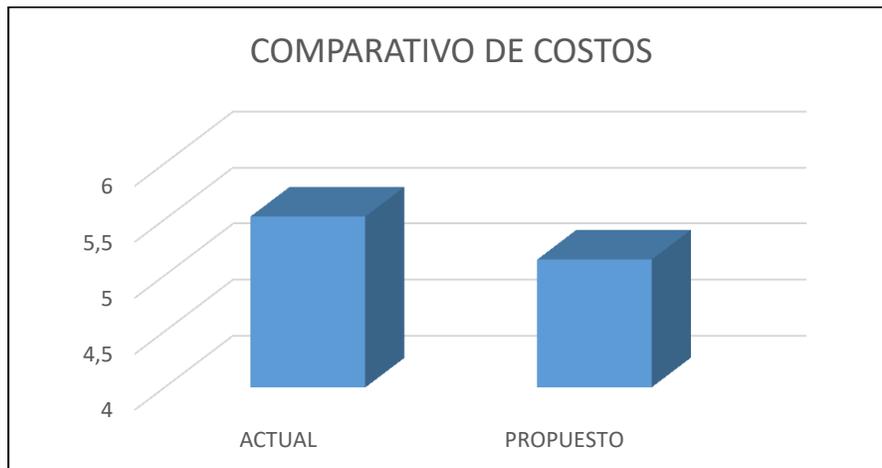
Se compara el gasto actual y el propuesto para las actividades de manutención del vehículo en un lapso de 40,000 kilómetros o un año laboral aproximado, para poder reflejar el ahorro del costo por kilómetro que genera el tener un plan de mantenimiento preventivo y el ahorro anual neto que se proyecta tener en el mismo año.

Tabla X. Comparación actual y propuesta del costo individual de mantenimiento

ACTIVIDAD DE MANTO.	COSTO (Q)	TIEMPO (Km.)	COSTO (Q/Km.)
ACTUAL	221075	40000	5.526875
PROPUESTO	205669	40000	5.141725
AHORRO ANUAL (Q)	15406		
AHORRO ANUAL (%)	6.968675789		

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Costo por kilómetro anual



Fuente: elaboración propia.

4.8. Consideraciones para el reemplazo de una unidad (activo físico)

Son tomadas cuando se desea reducir costos de mantenimiento o por insumos utilizados en un activo y considerar el cambio o reemplazo del mismo es una opción estratégica para ayudar a reducir estos aspectos.

Causas del reemplazo: Los principales aspectos que influyen en la consideración del reemplazo o cambio de un activo son:

- Fallas severas, que generen grandes reparaciones o cambios de elementos claves del activo (motor, caja, diferenciales).
- Bajo rendimiento del activo, que genera un elevado costo por kilometro recorrido.
- Tiempo de vida sobrepasado, la unidad a trabajado con el kilometraje pronosticado por el fabricante y con la adición de un tiempo de vida extra debido a una puesta a cero que se realizo con anterioridad.
- El activo esta trabajando tanto tiempo que su mantenimiento ya no genera valor agregado.

4.9. Planeación del mantenimiento

Procedimiento que pronostica, define y organiza los procesos técnicos, humanos y gestión de materiales, para efectuar las labores de mantenimiento y adelantarse a la realización de las mismas. Lo anterior es desarrollado para obtener una alta disponibilidad en el equipo, trabajando con actividades eficientes de mantenimiento, por esta razón es necesario evaluar y organizar los siguientes aspectos:

- Brindar los insumos, materiales y medios necesarios al personal de mantenimiento para que ejecute sus labores rutinarias de manera eficiente.
- Las actividades de lubricación, rutinarias y el resto de actividades preventivas se seguirán ejecutando en el taller ubicado en el parqueo vehicular donde a su vez se ubican las instalaciones de la empresa.
- Definir los técnicos o talleres privados que efectuaran las labores que no puede ser llevadas a cabo por el personal propio de la empresa (alineación y balanceo, diagnostico electrónico, trabajos eléctricos, análisis de aceite). Para establecer consensos de trabajo, adecuarlos a las rutinas de mantenimiento y al tiempo de trabajo en general.
- Las actividades correctivas que surgen en el transcurso del tiempo se trataran de llevar a cabo dentro de las instalaciones y si se generan en el trayecto de un viaje se coordinará el traslado del técnico y su respectivo ayudante para auxiliar a la unidad. Si por razones de tiempo no se puede coordinar lo anterior, se contratará personal externo para la solución de la falla en la ruta.

4.9.1. Programación del mantenimiento preventivo

Procedimiento que fija los períodos para efectuar el mantenimiento planeado y los ajusta a los requerimientos, determinando un proceso para que sean efectuadas en períodos o lapsos establecidos.

Para cumplir con la respectiva programación de las actividades rutinarias (diarias, semanales, entre otras), tareas adicionales, labores externas y actividades correctivas, se usa la orden de trabajo para controlar los aspectos de tiempo, programación y prioridades, para controlar el uso adecuado de los períodos de trabajo.

4.9.2. Prioridades de mantenimiento

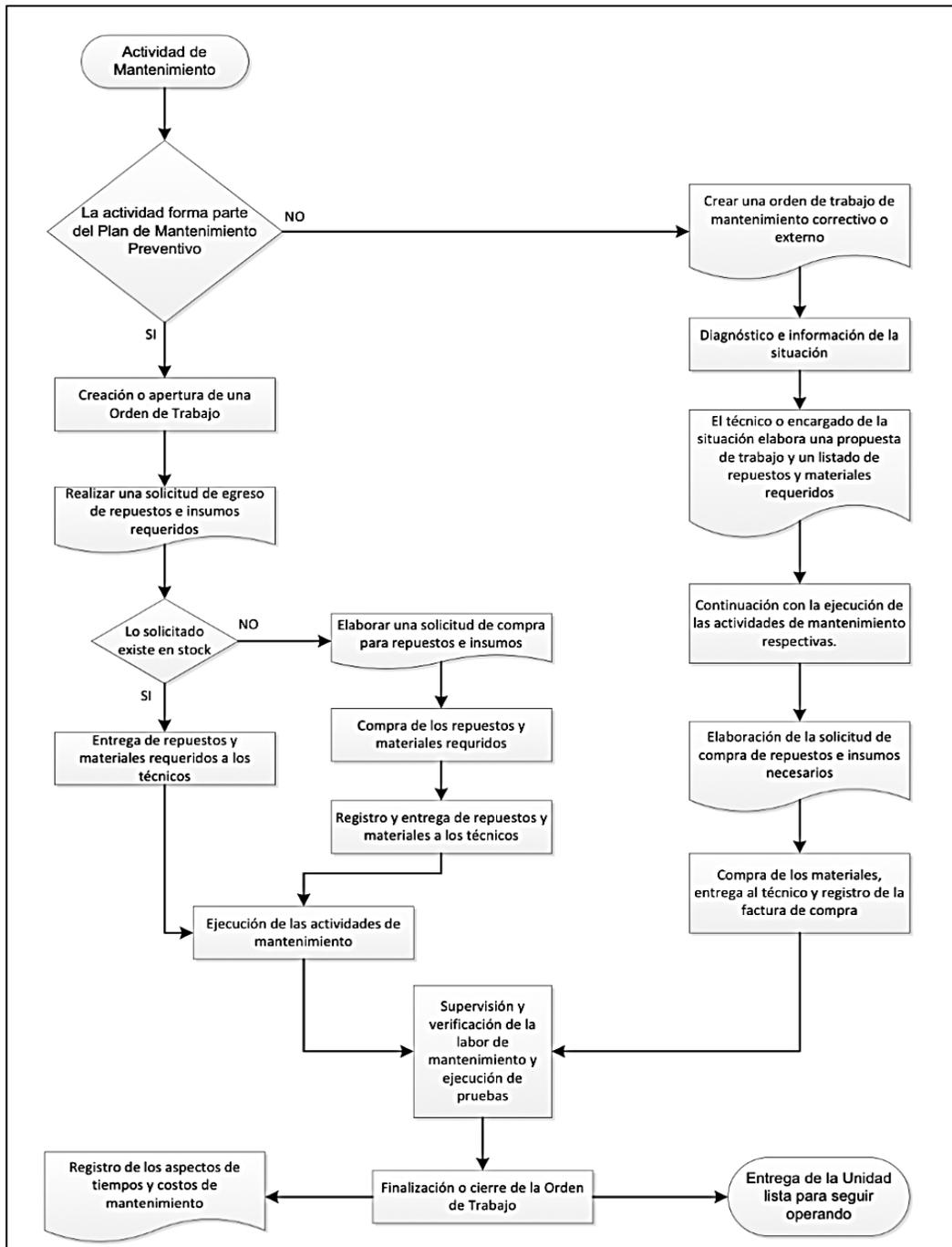
Para el aseguramiento de las actividades de mantenimiento se dispone de una organización para la programación y ejecución de las mismas en relación a su prioridad, la cual establece el orden de desarrollo de estas actividades.

Tabla XI. **Prioridades para actividades de mantenimiento**

ORGANIZACIÓN DE PRIORIDADES	
TIPO	TIEMPO DE TRABAJO
Inmediata	Conforme a la programación de la orden
Normal	En un tiempo de 5 días o una semana
Urgente	En un tiempo de 1 día

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Procedimiento propuesto para el mantenimiento



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.9.3. Cronograma propuesto de mantenimiento

Para la designación y control de las distintas tareas que se llevarán a cabo en el área, se diseña un cronograma que adecúa las rutinas diaras, semanales, hasta las anuales para efectuar por el personal técnico y los pilotos. Los distintos cronogramas conforme a la frecuencia de cada tarea están descrito en las figuras 27 a la 32 de la sección de anexos.

CONCLUSIONES

1. En este estudio se revelan las necesidades y capacidades que presenta la empresa, para efectuar de manera correcta las labores de mantenimiento en el vehículo de carga pesada y el resto de unidades de la flota.
2. El mantenimiento preventivo es una actividad que en muchas industrias se desarrolla de manera efectiva, pero existen casos donde se considera como un gasto innecesario, por lo tanto evitar para el ahorro de costos. Pero es una ideología que se tiene que considerar como una inversión que puede generar buenas remuneraciones a mediano y largo plazo.
3. Implementar un plan de mantenimiento preventivo, para optimizar la organización, control y planificación de las actividades de mantenimiento, a fin de minimizar labores correctivas que son efecto de fallas inesperadas que descontrolan los diferentes viajes que puede efectuar la unidad.
4. Las rutinas preventivas de inspección, lubricación, limpieza, ajustes, entre otras, son de menor costo que corregir fallas inesperadas que regularmente son las que elevan desmesuradamente los costos de operación de la unidad de transporte de carga y las que descontrolan el proceso de logística para la movilización de las respectivas cargas.

5. El buen funcionamiento del vehículo no solo es responsabilidad del técnico de mecánica, lo es también del piloto encargado de la unidad, por lo que depende de su desempeño y comportamiento para tomar en cuenta, las llamadas de atención, concientización y constante capacitación para el piloto, ya que son herramientas clave para que el mismo desarrolle una mejor habilidad en el cuidado y operación de la unidad.
6. Una correcta labor de mantenimiento efectuado al vehículo de carga, por parte del técnico y los ayudantes de mecánica y precaución por parte del piloto al conducir, por las diferentes rutas. Estos son aspectos que pueden ayudar a disminuir la posibilidad de provocar algún tipo de accidente en carretera. Además, descuidar parámetros clave del vehículo pueden ocasionar fallas inesperadas que a su vez pueden ser otro potencial de accidentes innecesarios.
7. El aspecto de seguridad es un tema que en muchas ocasiones se prefiere evitar, por razones de tiempo, costos y falta de recursos, pero es necesario establecer medidas y normas de seguridad básicas en el área de trabajo, para minimizar la posibilidad de lesiones y accidentes.
8. Se prevé en la proyección de costos de mantenimiento preventivo mostrada en el capítulo 4 de este trabajo, que al utilizar la programación adecuada del plan, se obtendrá un ahorro anual aproximado de Q 154,00, también es un 7% de ahorro en comparación al presupuesto actual que la empresa maneja en la unidad de carga.

RECOMENDACIONES

1. Que se puedan utilizar los procesos propuestos por el plan de mantenimiento preventivo, para conservar en óptimas condiciones de funcionamiento la unidad de carga, así evitar labores de mantenimiento correctivo, alcanzar los objetivos propuestos en el plan, efectuando las actividades de manera correcta y constante, medir resultados con los distintos indicadores que se mencionaron en capítulos anteriores, para ver resultados satisfactorios a mediano plazo.
2. Que se puedan utilizar los formatos de registro y control que se diseñaron con especial cuidado, para adaptarse a las necesidades de la empresa, o para el fácil manejo de la información, por parte del encargado para digerir, sintetizar y reportar todo lo recabado por estos registros.
3. El gerente general puede considerar la opción de contratar un supervisor para el área de mantenimiento y transporte, quien será el encargado de supervisar al personal y la ejecución de manera correcta de sus distintas labores, administrar los insumos, registros y coordinación del área, y controlar los aspectos de tiempo y costos que es un factor elemental en este ámbito.
4. Se determinó con anterioridad, el plan de mantenimiento proyecta un ahorro anual muy significativo, incluyendo en el mismo la adición del salario de un posible supervisor para el área, por lo que es necesario prestar mucha atención en los gastos que genera actualmente la unidad

de carga y tratar de estructurarlos de manera orientada a un uso eficiente de los recursos.

5. Se tome cuenta el gasto de combustible que el cabezal consume, ya que este factor es el que eleva de manera desmesurada los costos, por lo que sería bastante adecuado dar seguimiento a las acciones de calibración, diagnóstico y uso adecuado de la unidad, así mejorar el rendimiento de la misma, para alcanzarse mayor kilometraje por galón de combustible, para tener el ahorro proyectado con anterioridad.
6. Otro factor importante para el ahorro de costos de mantenimiento es el uso y compra de las llantas, ya que se tiene que analizar con mucho cuidado los aspectos de marca, carga, precio y kilometraje propuesto por los fabricantes a utilizar, para lograr equilibrar la reducción de costos y rendimiento que el rodaje elegido brinde.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACAJABÓN VELÁSQUEZ, Luis. *Diseño del plan de mantenimiento preventivo para línea de producción Litográfica de la Planta Grupo Zapata Guatemala, S.A.* (Tesis de Ingeniería Mecánica). Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 159 p.
2. *Camión con chasis*. [Figura 15]. (2016). Recuperado de: <http://camioncomprar.blogspot.com/2016/01/camion-con-chasis.html>
3. CARRAZCOSA GIL, Eliza. *Programa de mantenimiento preventivo para parque vehicular del servicio Courier de DHL Express*. (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 248 p.
4. CASTILLO GONZÁLEZ, Jaime. *Implementación de un sistema de control de consumo de diesel en motores Detroit Serie 60, con un mantenimiento predictivo y el sistema PRO-LINK, para la reducción de costos en una empresa de servicios de transporte*. (Tesis de Ingeniería Mecánica Industrial). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 352 p.
5. *Cómo funciona un freno de tambor*. [Figura 11]. (2015). Recuperado de: <http://www.autofacil.es/accesorios/2015/03/30/funciona-freno-tambor/24254.html>

6. Congreso de Mantenimiento y Lubricación (3º, Guatemala: 2015, septiembre). *Descubriendo las causas de falla*. Guatemala: Society of Tribologists and Lubrications Engineers STLE.
7. Detroit Demand Performance. (2008-2009). *History: 75 Year of Innovation The Detroit Legacy*. Recuperado el 25 de junio de 2016 de: <https://www.demanddetroit.com/why-detroit/history.aspx>
8. *Detroit Diesel Serie 60 Rebuild Kit*. [Figura 4]. (2013). Recuperado de: <https://www.heavydutykits.com/blog/detroit-diesel-series-60/>
9. Diplomado en Mantenimiento y Confiabilidad (Parte 1: Guatemala: 2015, septiembre). *Aplicación de la Norma ISO 55000*. Guatemala: Maquinara y Petróleo, S.A. MAPE.
10. Freightliner. *Historia: Freightliner 70 años Innovando*. Recuperado el 25 de junio de 2016 de: <http://www.freightliner.com.co/somosfreightliner/categoria/mas-de-70-anos-de-innovacion-/historia>
11. *Funcionamiento de un turbo*. [Figura 3]. (2016). Recuperado de: <http://soloamantesdelosautos.blogspot.com/2016/01/funcionamiento-del-turbo-que-es-un-turbo.html>
12. GIRÓN PLEITEZ, Julita. *Propuesta de un plan de mantenimiento para los vehículos repartidores de gas único, (DAGAS, S.A.)*. (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 349 P.

13. HERNÁNDEZ CRUZ, Valentina. *Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial No. 14, Dirección General de Caminos, Salamá, Baja Verapaz.* (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 147 p.
14. HIDALGO, Yolanda. *Motores diesel, Funcionamiento básico de un motor diesel de 4 tiempos.* [Figura 2]. Recuperado de: <http://yoelhidalgo.blogspot.com>.
15. LINARES, Oscar. (2015). *Fundamentos de la Tribología, Coeficientes de fricción para varias condiciones de lubricación.* [Figura 18] Recuperado de: <http://www.widman.biz/boletines/19.html>
16. *Manual de frenos de aire Bendix.* SlideShare. [Figura 12]. (2013). Recuperado de: <http://es.slideshare.net/jbrunocalvay1/manual-frenos-deaire>
17. *Mecánica, Sistema de dirección hidráulica.* [Figura 10]. (2015). Recuperado de: <http://mecannicadiego.blogspot.com>
18. MONROY BERNAL, Walter. *Determinación de la rutina de mantenimiento predictivo como resultado del análisis de muestras de aceite usado para un motor de combustión interna marca John Deere modelo 6081.* (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 285 p.

19. *New line of Great Dane flatbeds available from Dallas distribution center. FleetOwner.* [Figura 16]. (2012). Recuperado de: <http://fleetowner.com/equipment/new-line-great-dane-flatbeds-available-dallas-distribution-center>
20. PADILLA VALDEZ, Carmen. *Plan de Gestión del Mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo descentralizado intercultural de la Ciudad de Cañar.* (Tesis de Ingeniería Mecánica Automotriz). Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Ecuador, 2002. 149 p.
21. PADILLA, Claudia. *Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo descentralizado intercultural de la Ciudad de Cañar.* (p. 31). [Tabla XI]. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012. 169 p.
22. PERALTA RUIZ, Martin. *Modelo Gerencial de Mantenimiento para Flotas de Transporte Pesado* (Monografía de Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander, Colombia, 2011. 346 p.
23. PRANDO, Ramon. *Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida.* (1ª. ed.) Guatemala: Piedra Santa, 1996. 396 p.
24. RIVERA RUBIO, Esteban. *Sistema de gestión del mantenimiento industrial.* (Tesis de Ingeniería Industrial). Universidad Nacional de San Marcos, Lima, Perú, 2011. 258 p.

25. SILVA MARTÍNEZ, Carlos. *Diseño de un Sistema de Mantenimiento para equipos móviles de Transporte de Carga Terrestre* (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2007. 235 p.
26. SILVA, Carmen. *Diseño de un sistema de mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre*. (p. 42, 81 y 94). [Figura 14, 24 y Tabla 8]. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2007. 263 p.
27. *Suspensión PRIMAX™ EX*. [Figura 13]. (2013). Recuperado de: <http://juanruedaconinternational.com/content/esta-usted-buscando-una-suspension-de-aire-para-su-cabecal-o-camion>
28. TAVARES, Lucero. *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo publicações, 2009. 289 p.
29. TURMERO, Ivan. *Cálculo de parámetros de mantenimiento, Curva de la bañera*. [Figura 17]. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos93/calculo-parametros-mantenimiento/calculo-parametros-mantenimiento.shtml>
30. URRUTIA, Laura. (2015, septiembre). Gestión de Activos. *En el Diplomado en Mantenimiento y Confiabilidad, Pate I*. Guatemala: Maquinaria y Petróleo, S.A. MAPE.

31. VARGAS ARANA, Elmer. *Auditoría operacional del ciclo de egresos-compras de repuestos para cabezales en una empresa de Transporte de carga Terrestre*. (Tesis de Licenciado en Contaduría Pública y Auditoría). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 256 p.

32. VARGAS, Ester. *Auditoría operacional del ciclo de egresos-compras de repuestos para cabezales en una empresa de Transporte de carga Terrestre*. (p. 9). [Tabla I]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.

33. Video libro RENOVETEC Ingeniería del Mantenimiento. (20 de junio de 2016). Catálogo en Línea. [Archivo de Video]: Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=11xs9idol24&list=PLp6ycjcZ6JQfANn0seWqywzXPFOvjxsMW>

34. Wikipedia. (2016) *Embrague, Elementos constitutivos y de funcionamiento*. [Figura 5]. Recuperado el 30 de mayo de 2016 de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Embrague> [Figura 6]. Recuperado de: <http://www.autosurdelevante.com/products/eaton/> [Figura 7]. Recuperado de: <http://www.usacardan.com> [Figura 8]. Recuperado de: http://www.tecnerife.com/mecanismos/mecanismos_teor.html [Figura 9]. Recuperado de: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-41.html>

35. YEPES, Pablo. *Motores endotérmicos o de combustión interna*. [Figura 1 y tabla II]. Recuperado de: <http://victoryepes.blogs.upv.es/2013/01/01/motores-endotermicos-o-de-combustion-interna/>

APÉNDICES

Apéndice 1. Cabezal y plataforma de 2 ejes



Cabezales y plataformas de 3 ejes con carrocería



Continuación del apéndice 1.

Cotización de un análisis de aceite de motor y otros tipos de análisis.



COTIZACION

Date 12/6/2015
 Cotización # 2898
 Título

Facturar a
 Hugo Orellana
 Hugo Orellana
 Guatemala Guatemala

Product	Type	Description	Price	Moneda
Advanced-Mobile	OPEN	Engine Test Package Elemental Metals Analysis by ICP (24 Metals) Fuel Dilution % Fuel Soot % by FTIR Water by FTIR or Crackle (estimate) Viscosity @ 100°C Total Base Number Oxidation / Nitration by FTIR	149.22	GTO
	OPEN	Analytical Ferrogrophy Oil Vacuum Pump - Red 3 oz. Sample Jar 54" Section of Plastic Tubing - 1/4" Sold in packs of 10	722.67 197.00 78.80	GTO GTO GTO

Fuente: elaboración propia.

Resultados de un análisis de aceite efectuado a un aceite SAE 25W60, utilizado en un motor Detroit Diesel 12.7 Serie 60

Reporte de Analisis de Lubricante
 North America: +1-317-808-3750

Información de Cuenta			Información del Componente			Información de muestra					
Número de Cuenta: DIAGNO-0000-0000	ID de Cuenta: DIAGNO-0000-0000	ID de Cuenta: DIAGNO-0000-0000	ID de Componente: NUEVO NL	ID de Componente: NUEVO NL	ID de Componente: NUEVO NL	Número de Huello: 0-125803	Número de Huello: 0-125803	Número de Huello: 0-125803			
Nombre de Empresa: DIAGNOSTICA	Nombre de Empresa: DIAGNOSTICA	Nombre de Empresa: DIAGNOSTICA	ID Secundario: SERVICIOS GENERALES ORELLANA	ID Secundario: SERVICIOS GENERALES ORELLANA	ID Secundario: SERVICIOS GENERALES ORELLANA	Localización de Laboratorio: Guatemala City	Localización de Laboratorio: Guatemala City	Localización de Laboratorio: Guatemala City			
Contacto: SV	Contacto: SV	Contacto: SV	Filtro de tipo de componente: FALTA DE INFORMACION	Filtro de tipo de componente: FALTA DE INFORMACION	Filtro de tipo de componente: FALTA DE INFORMACION	Analista de Datos: EAD	Analista de Datos: EAD	Analista de Datos: EAD			
Dirección: SV	Dirección: SV	Dirección: SV	Fabricante: FALTA DE INFORMACION	Fabricante: FALTA DE INFORMACION	Fabricante: FALTA DE INFORMACION	Tomada: 2015	Tomada: 2015	Tomada: 2015			
Teléfono: SV	Teléfono: SV	Teléfono: SV	Modelo: FALTA DE INFORMACION	Modelo: FALTA DE INFORMACION	Modelo: FALTA DE INFORMACION	Recibido: 15-jun-2015	Recibido: 15-jun-2015	Recibido: 15-jun-2015			
			Aplicación: NEW LUBE REFERENCE	Aplicación: NEW LUBE REFERENCE	Aplicación: NEW LUBE REFERENCE	Completado: 16-jun-2015	Completado: 16-jun-2015	Completado: 16-jun-2015			
			Capacidad de g L sumidero:	Capacidad de g L sumidero:	Capacidad de g L sumidero:						
Información de filtro			Información Miscelánea			Información del Producto					
Tipo de filtro: FALTA DE INFORMACION	Tipo de filtro: FALTA DE INFORMACION	Tipo de filtro: FALTA DE INFORMACION				Fabricante del CASTROL	Fabricante del CASTROL	Fabricante del CASTROL			
Indice de Merlon: 0	Indice de Merlon: 0	Indice de Merlon: 0				Producto: VISCUS	Producto: VISCUS	Producto: VISCUS			
						Grado de Viscosidad: SAE 25W60	Grado de Viscosidad: SAE 25W60	Grado de Viscosidad: SAE 25W60			
Comentarios: NUEVA REFERENCIA de LUBRICANTE - los datos usaran para la linea de referencia solamente; Los datos no indican ningun resultado anormal. Tomar una nueva muestra en el proximo intervalo de cambio.											
Metales de Desgaste (ppm)			Metals			Fuente de Varios Metales (ppm)			Metales Aditivos (ppm)		
1	Hierro	608	1	Plata	0	1	Plata	0	1	Plata	0
2	Cromo	0	2	Aluminio	0	2	Aluminio	0	2	Aluminio	0
3	Niquel	0	3	Cobre	0	3	Cobre	0	3	Cobre	0
4	Aluminio	0	4	Plomo	0	4	Plomo	0	4	Plomo	0
5	Cobre	0	5	Estanho	0	5	Estanho	0	5	Estanho	0
6	Plomo	0	6	Cadmio	0	6	Cadmio	0	6	Cadmio	0
7	Estanho	0	7	Niobio	0	7	Niobio	0	7	Niobio	0
8	Cadmio	0	8	Vanadio	0	8	Vanadio	0	8	Vanadio	0
9	Niobio	0	9	Silicio	0	9	Silicio	0	9	Silicio	0
10	Vanadio	0	10	Sodio	0	10	Sodio	0	10	Sodio	0
11	Silicio	0	11	Potasio	0	11	Potasio	0	11	Potasio	0
12	Sodio	0	12	Fosforo	0	12	Fosforo	0	12	Fosforo	0
13	Potasio	0	13	Molibdeno	0	13	Molibdeno	0	13	Molibdeno	0
14	Fosforo	0	14	Antimonio	0	14	Antimonio	0	14	Antimonio	0
15	Molibdeno	0	15	Manganeso	0	15	Manganeso	0	15	Manganeso	0
16	Antimonio	0	16	Litio	0	16	Litio	0	16	Litio	0
17	Manganeso	0	17	Boro	0	17	Boro	0	17	Boro	0
18	Litio	0	18	Magnesio	0	18	Magnesio	0	18	Magnesio	0
19	Boro	0	19	C Calcio	0	19	C Calcio	0	19	C Calcio	0
20	Magnesio	0	20	Bario	0	20	Bario	0	20	Bario	0
21	C Calcio	0	21	Fosforo	0	21	Fosforo	0	21	Fosforo	0
22	Bario	0	22	Zinc	0	22	Zinc	0	22	Zinc	0
23	Fosforo	0	23		0	23		0	23		0
24	Zinc	0	24		0	24		0	24		0

Continuación del apéndice 1.



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-317-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL		ANORMAL	CRITICO	

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta		Información del Componente		Información de muestra	
Número de cuenta:	DIAGNO-0000-0000	ID de Componente:	466BKT E	Número de Huella:	
Nombre de Compañía:	DIAGNOSTICA	ID Secundaria:	SERVICIOS GENERALES ORELLANA	Número de laboratorio:	G-125804
Contacto:		Filtro de tipo de componente:	DIESEL ENGINE	Localización de Laboratorio:	Guatemala City
Dirección:	SV	Fabricante:	DETROIT DIESEL	Analista de Datos:	RAM
Teléfono:		Modelo:	12.7 L	Tomada:	14-jun-2015
		Aplicación:	ON HIGHWAY	Recibido:	15-jun-2015
		Capacidad de sumidero:	11 galón	Completado:	16-jun-2015
Información de filtro		Información Misceláneo		Información del Producto	
Tipo de filtro:	BYPASS			Fabricante del Producto:	CASTROL
Índice de Micrón:	0			Nombre del Producto:	VISCUS
				Grado de Viscosidad:	SAE 25W60
Comentarios:	Cambio de filtro y lubricante se sugiere si no fue hecho al tomar la muestra. DILUCION POR COMBUSTIBLE ha ocasionado que la viscosidad disminuya SIGNIFICATIVAMENTE; La DILUSION del COMBUSTIBLE se encuentra a NIVEL MODERADO; La DILUCION DEL COMBUSTIBLE reduce el aceite del motor. Como consecuencia, se produce una REDUCCION en la LUBRICIDAD y la SOLIDEZ DE LA PELICULA, lo cual podría causar un incremento de desgaste; El CUANTIFICADOR de PARTICULAS indica una cantidad MENOR de partículas grandes de hierro >5 micrones se están generado;				

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)			Metales Aditivos (ppm)							
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estañio	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	10	2934	0	646	747

Muestra #	Información de muestra						Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite km.	Tiempo de unidad km.	Cambio de Aceite galón	Aceite Agregado galón	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	14-jun-2015	15-jun-2015	4300	695533	No	0	4.8 - GC	1.1 - FTIR	<.1 - FTIR		17.7		4.15	8	9

Muestra #	Conteo de Partículas (partículas/mL)									Análisis Adicionales		
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba	Quantificador de Partículas-PQ Número	
1	//										21	

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Descripción general de los cabezales

No.	Línea	Modelo	Color	Tipo de motor	No. De Motor	No. De Chasis	No. De Placa
1	Century Class	2001	Blanco	Detroit 12.7	06R0589976 6067BK60Q	1FUY0SZB61LH57029	C 0370BPP
2	Century Class	2002	Anaranjado	Detroit 12.7	06R0646747 6067MK60	1FUJBBCG42LG24853	C 0466BKT
3	Columbia	2003	Blanco	Detroit 12.7	06R0689150 6067MK60	1FUJA6CG4JLK59180	C 0330BKT
4	Classic	2000	Gris claro	Detroit 12.7	06R0525842 6067BK60	1FUPDSZB4YLF47488	C 0421BPZ
5	Classic XL	1999	Celeste	Detroit 12.7	06R0566957 6067MK60	1FUPDSZB3XDA71436	C 0173BKH
6	Classic XL	2001	Azul	Detroit 12.7	06R0577152 606BK60Q	1FUPUSZB01LF92563	C 0116BMR
7	Classic XL	2001	Azul	Detroit 12.7	06R0597796 6067BK60	1FUJAPCG31PH21730	C 0765BMR
8	Classic XL	2003	Amarillo	Detroit 12.7	06R0689922 6067BK60	1FUJAPCG53DK65425	C 0612BQD

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 2. Descripción general de las unidades de carga

No.	Marca	Línea	Modelo	Color	No. De Chasis	No. De Placa
1	Fontaine	LWTW-5-8048WSAK	1993	Rojo	13N148304P1557884	TC 083BRC
2	Great Dane	GPS-48	1986	Negro	1GRDM962XGM050951	TC 030BRV
3	Great Dane	Sin línea	1987	Negro	1GRDM90Z1NM053804	TC 057BTJ
4	Great Dane	Sin línea	1992	Amarillo	1GRDM9023NM056502	TC 049BTJ
5	Great Dane	Sin línea	1992	Amarillo	1GRDM9021NM056501	TC 037BQF
6	Great Dane	SL	1993	Rojo	1GRDM9626PM030101	TC 012BTS
7	Great Dane	ST120064ST	2001	Aluminio y verde	1GRDM02281M064503	TC 018BWC
8	Lufkin	FL-II-ST	2005	Negro	1L01B482851157757	TC 053CBQ

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 3. Propuesta para la codificación de los cabezales

No.	Línea	Modelo	Color	No. De Motor	No. De Chasis	No. De Placa	CÓDIGO PROP.
1	Century Class	2001	Blanco	06R0589976 6067BK60Q	1FUY0SZB61LH57029	C 0370BPP	FHLC-01
2	Century Class	2002	Anaranjado	06R0646747 6067MK60	1FUJBBCG42LG24853	C 0466BKT	FHLC-02
3	Columbia	2003	Blanco	06R0689150 6067MK60	1FUJA6CG4JLK59180	C 0330BKT	FHLC-03
4	Classic	2000	Gris claro	06R0525842 6067BK60	1FUPDSZB4YLF47488	C 0421BPZ	FHLC-04
5	Classic XL	1999	Celeste	06R0566957 6067MK60	1FUPDSZB3XDA71436	C 0173BKH	FHLC-05
6	Classic XL	2001	Azul	06R0577152 606BK60Q	1FUPUSZB01LF92563	C 0116BMR	FHLC-06
7	Classic XL	2001	Azul	06R0597796 6067BK60	1FUJAPCG31PH21730	C 0765BMR	FHLC-07
8	Classic XL	2003	Amarillo	06R0689922 6067BK60	1FUJAPCG53DK65425	C 0612BQD	FHLC-08

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 4. Propuesta para la codificación de las unidades de carga

No.	Marca	Línea	Modelo	Color	No. De Chasis	No. De Placa	CÓDIGO PROP.
1	Fontaine	LWTW-5-8048WSAK	1993	Rojo	13N148304P1557884	TC 083BRC	FTNP-01
2	Great Dane	GPS-48	1986	Negro	1GRDM962XGM050951	TC 030BRV	GDNP-02
3	Great Dane	Sin línea	1987	Negro	1GRDM90Z1NM053804	TC 057BTJ	GDNP-03
4	Great Dane	Sin línea	1992	Amarillo	1GRDM9023NM056502	TC 049BTJ	GDNP-04
5	Great Dane	Sin línea	1992	Amarillo	1GRDM9021NM056501	TC 037BQF	GDNP-05
6	Great Dane	SL	1993	Rojo	1GRDM9626PM030101	TC 012BTS	GDNP-06
7	Great Dane	ST120064ST	2001	Aluminio y verde	1GRDM02281M064503	TC 018BWC	GDNP-07
8	Lufkin	FL-II-ST	2005	Negro	1L01B482851157757	TC 053CBQ	LFKP-08

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 5. Rutinas de mantenimiento para el motor

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO		
SISTEMA: MOTOR		
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD
DIARIO	Revisar el nivel de aceite del motor.	OPERATIVA
	Revisar el nivel de agua.	
	Revisar el estado de fajas de la ventiladora y el alternador.	
SEMANAL	Verificar y eliminar presencia de fugas de agua y aceite en el entorno del motor.	MECÁNICA
MENSUAL	Inspeccionar el estado del filtro de aire.	MECÁNICA
	Drenar trampa de agua.	
	Ajustar las fajas de la ventiladora y el alternador.	
TRIMESTRAL	Revisar el estado de las tuberías de agua y aceite.	MECÁNICA
	Limpieza del respiradero del cárter.	
	Verificar presencia de fugas de gases de escape en el manifold.	
	Verificar el funcionamiento del freno de motor.	
	Verificar y eliminar presencia de fugas de agua, aceite y combustible.	
SEMESTRAL	Limpieza de sensores.	MECÁNICA
	Calibrar el freno de motor	EXTERNA
	Análisis del estado y condición del aceite del motor.	
ANUAL	Diagnostico electrónico (Verificación del estado de inyección, consumo de combustible, presión de aceite, horas y kilometraje de trabajo).	EXTERNA
	Revisión del arnés del motor.	
	Revisión del estado del ECM (Modulo de control electrónico).	
	Verificar el estado de las mangueras y tubería de enfriamiento para el motor.	
		MECÁNICA

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 6. **Rutinas de mantenimiento para el sistema de transmisión**

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO SISTEMA: TRANSMISION		
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD
DIARIO	Revisar el nivel de aceite de la caja de velocidades.	OPERATIVA
	Revisar el nivel de aceite de diferenciales.	
SEMANTAL	Chequear desajustes en las cruces del eje cardán.	MECÁNICA
	Verificar el nivel de grasa en los elementos del cardán.	
MENSUAL	Chequear y ajustar el embrague.	MECÁNICA
	Verificar estado de las cruces.	
	Verificar estado completo del eje cardán.	
	Engrasar el collarín del embrague.	
	Engrasar cruces.	
TRIMESTRAL	Ajustar el par de apriete a los tornillos del árbol de transmisión.	MECÁNICA
SEMESTRAL	Análisis del estado y condición del aceite (caja y catarinas).	EXTERNA
	Verificar el estado de la U o chumacera del eje cardán.	MECÁNICA
ANUAL	Verificar el estado del enfriador de la caja de velocidades.	MECÁNICA
	Desmontar diferenciales para: limpieza, revisión de cojinetes y calibración de corona y piñón).	
	Revisión superficial del estado del cardán completo.	
	Desmontar eje cardan completo y verificar: estado interno de las cruces, desgaste de orejas y yugos).	

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 7. **Rutinas de mantenimiento para el sistema de dirección**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO		
SISTEMA: DIRECCION		
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD
DIARIO	Revisar el nivel de aceite del sistema hidráulico.	OPERATIVA
SEMANAL	Verificar y eliminar presencia de fugas de aceite.	OPERATIVA
MENSUAL	Revisar el estado de abrazaderas. Verificar el estado físico del aceite hidráulico.	MECÁNICA
TRIMESTRAL	Verificar y eliminar presencia de fugas de aceite. Chequear el estado de los elementos auxiliares del sistema.	MECÁNICA
SEMESTRAL	Análisis del estado y condición del aceite hidráulico. Lubricar terminales de la dirección.	EXTERNA MECÁNICA

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 8. Rutinas de mantenimiento para el sistema de frenos

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO		
SISTEMA: FRENOS		
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD
DIARIO	Revisar y ajustar las zapatas o fricciones (graduar frenos).	OPERATIVA
SEMANTAL	Chequear el estado de las fricciones. Realizar ajustes si fuera necesario.	MECÁNICA
MENSUAL	Limpia y ajustar fricciones. Verificar el estado y funcionamiento de las bombas de freno.	MECÁNICA
TRIMESTRAL	Ajustar el frenado de parqueo. Chequear el estado de los tambores del eje delantero y los ejes traseros.	MECÁNICA
SEMESTRAL	Revisar el estado de las zapatas para programar su cambio.	MECÁNICA
ANUAL	Chequear el sistema neumático: verificar que no haya contaminación de agua, aceite o sedimentos en el sistema.	MECÁNICA

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 9. **Rutinas de mantenimiento del sistema de suspensión y del sistema de llantas**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO SISTEMA: SUSPENSION Y LLANTAS		
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD
DIARIO	Verificar la presión de las llantas (90 Psi.)	OPERATIVA
	Verificar el estado de las llantas (Que no estén pichadas, o tengan algún defecto).	
	Torquear tuercas y espárragos de las llantas.	
SEMANAL	Chequear el estado de las hojas de resorte.	OPERATIVA
	Verificar presencia de fugas de aire en las bolsas de suspensión.	
MENSUAL	Chequear el estado de los amortiguadores.	OPERATIVA
	Engrasar cabezales, varillas de dirección y bujes de los resortes del eje delantero	MECÁNICA
	Engrase general de ejes.	
TRIMESTRAL	Chequear el desgaste de llantas.	OPERATIVA
	Verificar el estado de cabezales, varilla de dirección, barra estabilizadora y bujes de los resortes del eje delantero.	MECÁNICA
	Verificar el estado de hules de tensores y resortes de eje delantero y traseros.	
SEMESTRAL	Revisión de cojinetes y demás elementos internos del eje delantero y los ejes traseros.	MECÁNICA
	Verificar el estado de tornillos y tuercas de los ejes.	
	Rotación de llantas.	
	Verificar el estado general de las llantas para programar cambios.	
	Alineación y balanceo de llantas	EXTERNA
ANUAL	Desmontar resortes y realizar limpieza general.	MECÁNICA
	Limpieza del eje delantero y traseros.	
	Revisar el estado general del eje delantero y los ejes traseros.	

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 10. Rutinas de mantenimiento del chasis

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO		
SISTEMA: CHASIS		
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD
DIARIO	Revisar el nivel de refrigerante del radiador.	OPERATIVA
SEMANAL	Revisar el estado de ventiladora del radiador.	MECÁNICA
MENSUAL	Engrasar la quinta rueda.	MECÁNICA
	Verificar el estado de las bolsas de suspensión de la cabina.	
	Engrase general.	
TRIMESTRAL	Inspeccionar y limpiar el tapón del radiador.	OPERATIVA
	Revisar y ajustar la quinta rueda.	MECÁNICA
	Verificar el funcionamiento de las luces de cortesía, emergencia y retroceso.	
	Verificar el estado de pernos y tornillos.	
SEMESTRAL	Revisar los cargadores de motor y de cabina.	MECÁNICA
	Revisar el estado de los cojinetes de la cabina.	
	Inspección de la parte inferior de la cabina.	
ANUAL	Limpieza del radiador.	MECÁNICA

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 11. **Rutinas de mantenimiento de sistemas auxiliares**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO		
SISTEMA: AUXILIARES		
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD
DIARIO	Revisión del funcionamiento del tablero, indicadores, medidores del cabezal y luces en general.	OPERATIVA
SEMANAL	Verificar el nivel de electrolito de las baterías.	OPERATIVA
	Limpiar bornes de la baterías.	
	Chequear carga de las baterías.	
	Revisar el nivel de agua del deposito del lavaparabrisas.	
MENSUAL	Chequear y limpiar los fusibles.	MECÁNICA
	Verificar el funcionamiento de los mandos de frenos de parqueo y de la plataforma de carga (los triples).	
TRIMESTRAL	Inspección del funcionamiento de luces.	MECÁNICA
	Revisar la condición de los vidrios y retrovisores.	MECÁNICA
ANUAL	Limpieza de los tanques de combustible y el sistema de combustible en general.	MECNAICA

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 12. Rutinas de mantenimiento de la unidad de carga

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO SISTEMA: PLATAFORMA		
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD
DIARIO	Verificar presión de llantas incluyendo la de repuesto.	OPERATIVA
	Inspeccionar el nivel de grasa en las bufas de los ejes.	
	Ajustar o graduar frenos.	
	Chequear fugas de grasa o aceite.	
	Torquear tuercas y espárragos de las llantas.	
SEMANAL	Revisar el estado de las llantas.	MECÁNICA
	Chequear el estado de balancines, resortes, ejes y tensoras.	
MENSUAL	Verificar el estado y funcionamiento de las bombas de freno.	MECÁNICA
	Chequear el desgaste de las llantas.	
	Inspeccionar mangueras de aire.	
	Chequear los elementos auxiliares del sistema de frenos.	
TRIMESTRAL	Chequear el desgaste de llantas.	MECÁNICA
	Verificar el funcionamiento de las luces de cortesía, emergencia y retroceso.	
	Verificar el estado de pernos y tornillos.	
	Verificar el estado de hules de tensores y balancines .	
SEMESTRAL	Revisar el estado del Pin Master.	MECÁNICA
	Drenar el sistema de neumático para eliminar condensados y sedimentos.	
	Alineación y balanceo de llantas	EXTERNA
ANUAL	Limpiar mangueras de aire.	MECÁNICA
	Desmontar resortes y realizar limpieza general.	
	Limpieza de ejes.	
	Revisar el estado general de los ejes.	
	Desmontar tambores de freno para: inspección, limpieza, revisión de cojinetes y demás elementos internos.	

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 13. Cronograma de tareas diarias

 TRASPORTE CASTILLO		MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO GUATEMALA, C.A.																												 TRASPORTE CASTILLO					
MES:		RUTINAS DIARIAS																																	
TAREAS		AÑO:																																	
		DIAS																																	
SISTEMA MOTOR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Revisar el nivel de aceite del motor.																																			
Revisar el nivel de agua.																																			
Revisar el estado de fajas de la ventiladora y el alternador.																																			
SISTEMA TRANSMISIÓN																																			
Revisar el nivel de aceite de la caja de velocidades.																																			
Revisar el nivel de aceite de diferenciales.																																			
SISTEMA DE DIRECCIÓN																																			
Revisar el nivel de aceite del sistema hidráulico.																																			
SISTEMA DE FRENOS																																			
Revisar y ajustar las zapatas o fricciones (graduar frenos).																																			
SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y LLANTAS																																			
Verificar la presión de las llantas (90 Psi.)																																			
Torquear tuercas y espárragos de las llantas.																																			
Verificar el estado de las llantas (Que no estén pichadas, o tengan algún defecto).																																			
CHASIS																																			
Revisar el nivel de refrigerante del radiador.																																			
PLATAFORMA DE CARGA																																			
Verificar presión de llantas incluyendo la de repuesto.																																			
Inspeccionar el nivel de grasa en las bufas de los ejes.																																			
Ajustar o graduar frenos.																																			
Chequear fugas de grasa o aceite.																																			
Torquear tuercas y espárragos de las llantas.																																			
SISTEMAS AUXILIARES																																			
Revisión del funcionamiento del tablero, indicadores, medidores del cabezal y luces en general.																																			
OBSERVACIONES:																																			
_____ Firma del Encargado															_____ Firma del Supervisor																				

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 15. Cronograma de tareas mensuales

 TRASPORTE CASTILLO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO GUATEMALA, C.A.	 TRASPORTE CASTILLO										
RUTINAS MENSUALES												
AÑO:												
TAREAS	MESES											
SISTEMA MOTOR	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Inspeccionar el estado del filtro de aire. Drenar trampa de agua. Ajustar las fajas de la ventiladora y el alternador.												
SISTEMA TRANSMISIÓN												
Chequear y ajustar el embrague. Verificar estado de las cruces. Verificar estado completo del eje cardán. Engrasar el collarín del embrague. Engrasar cruces.												
SISTEMA DE DIRECCIÓN												
Revisar el estado de abrazaderas. Verificar el estado físico del aceite hidráulico.												
SISTEMA DE FRENOS												
Limpiar y ajustar fricciones. Verificar el estado y funcionamiento de las bombas de freno.												
SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y LLANTAS												
Chequear el estado de los amortiguadores. Engrase general de ejes. Engrasar cabezales, varillas de dirección y bujes de los resortes del eje delantero.												
CHASIS												
Engrasar la quinta rueda. Verificar el estado de las bolsas de suspensión de la cabina. Engrase general.												
PLATAFORMA DE CARGA												
Verificar el estado y funcionamiento de las bombas de freno. Chequear el desgaste de las llantas. Inspeccionar mangueras de aire. Chequear los elementos auxiliares del sistema de frenos.												
SISTEMAS AUXILIARES												
Chequear y limpiar los fusibles. Verificar el funcionamiento de los mandos de frenos de parqueo de la plataforma de carga (los triples).												
OBSERVACIONES:												
_____ Firma del Encargado						_____ Firma del Supervisor						

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 16. Cronograma de tareas trimestral

 TRASPORTE CASTILLO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO GUATEMALA, C.A.	 TRASPORTE CASTILLO		
RUTINAS TRIMESTRALES				
AÑO:	FECHA DEL TRIMESTRE:			
TAREAS	1er. TRI.	2do TRI.	3er TRI.	4to. TRI
SISTEMA MOTOR				
Revisar el estado de las tuberías de agua y aceite.				
Limpia el respiradero del cárter.				
Verificar presencia de fugas de gases de escape en el manifold.				
Verificar el funcionamiento del freno de motor.				
Verificar y eliminar presencia de fugas de agua, aceite y combustible.				
SISTEMA TRANSMISIÓN				
Ajustar el par de apriete a los tornillos del árbol de la transmisión				
SISTEMA DE DIRECCIÓN				
Verificar y eliminar presencia de fugas de aceite.				
Chequear el estado de los elementos auxiliares del sistema.				
SISTEMA DE FRENOS				
Ajustar el frenado de parqueo.				
Chequear el estado de los tambores del eje delantero y los ejes traseros.				
SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y LLANTAS				
Chequear el desgaste de llantas.				
Verificar el estado de cabezales, varilla de dirección, barra estabilizadora.				
Verificar el estado de bujes de los resortes del eje delantero.				
Verificar el estado de hules de tensores y resortes de eje delantero y traseros.				
CHASIS				
Inspeccionar y limpiar el tapón del radiador.				
Revisar y ajustar la quinta rueda.				
Verificar el estado de pernos y tornillos.				
Verificar el funcionamiento de las luces de cortesía, emergencia y retroceso.				
PLATAFORMA DE CARGA				
Chequear el desgaste de llantas.				
Verificar el estado de pernos y tornillos.				
Verificar el estado de cojinetes de tensores y balancines.				
Verificar el funcionamiento de las luces de cortesía, emergencia y retroceso.				
SISTEMAS AUXILIARES				
Inspección del funcionamiento de luces.				
Revisar la condición de los vidrios y retrovisores.				
OBSERVACIONES:				
_____ Firma del Encargado			_____ Firma del Supervisor	

Fuente:

Transportes Castillo.

Anexo 17. Cronograma de tareas semestral

 TRASPORTE CASTILLO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO GUATEMALA, C.A.	 TRASPORTE CASTILLO
RUTINAS SEMESTRALES		
AÑO:	FECHA DEL SEMESTRE:	
TAREAS		PRIMER SEMEST.
SISTEMA MOTOR		SEGUNDO SEMEST.
Limpiar sensores.		
Calibrar el freno de motor.		
Análisis del estado y condición del aceite del motor.		
SISTEMA TRANSMISIÓN		
Análisis del estado y condición del aceite (caja y catarinas).		
Verificar el estado de la U o chumacera del eje cardán.		
SISTEMA DE DIRECCIÓN		
Análisis del estado y condición del aceite hidráulico.		
Lubricar terminales de la dirección.		
SISTEMA DE FRENOS		
Revisar el estado de las zapatas para programar su cambio.		
SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y LLANTAS		
Verificar el estado de tornillos y tuercas de los ejes.		
Rotación de llantas.		
Verificar el estado general de las llantas para programar cambios.		
Alineación y balanceo de llantas.		
Revisión de cojinetes y demás elementos internos del eje delantero y los ejes traseros.		
CHASIS		
Revisar los cargadores de motor y de cabina.		
Revisar el estado de los cojinetes de la cabina.		
Inspección de la parte inferior de la cabina.		
PLATAFORMA DE CARGA		
Revisar el estado del Pin Master.		
Drenar el sistema de neumático para eliminar condensados y sedimentos.		
condensados y sedimentos.		
Alineación y balanceo de llantas.		
SISTEMAS AUXILIARES		
OBSERVACIONES:		
_____ Firma del Encargado		_____ Firma del Supervisor

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 18. Cronograma de tareas anual

 TRASPORTE CASTILLO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRANSPORTES CASTILLO GUATEMALA, C.A.	 TRASPORTE CASTILLO
RUTINAS ANUALES		
AÑO:		
TAREAS	EJECUTADO	
SISTEMA MOTOR	SI	NO
Revisión del arnés del motor.		
Diagnostico electrónico (Verificación del estado de inyección, consumo de combustible, presión de aceite, horas y kilometraje de trabajo).		
Revisión del estado del ECM (Modulo de control electrónico).		
Verificar el estado de las mangueras y tubería de enfriamiento para el motor.		
SISTEMA TRANSMISIÓN		
Verificar el estado del enfriador de la caja de velocidades.		
Revisión superficial del estado del cardan completo.		
Desmontar diferenciales para: limpieza, revisión de cojinetes y calibración de corona y piñón).		
Revisión superficial del estado del cardan completo.		
Desmontar eje cardán completo y verificar el estado interno.		
SISTEMA DE DIRECCIÓN		
SISTEMA DE FRENOS		
Chequear el sistema neumático: verificar que no haya contaminación de agua, aceite o sedimentos en el sistema.		
SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y LLANTAS		
Desmontar resortes y realizar limpieza general.		
Limpieza del eje delantero y traseros.		
Revisar el estado general del eje delantero y los ejes traseros.		
CHASIS		
Limpieza del radiador.		
PLATAFORMA DE CARGA		
Limpia mangueras de aire.		
Desmontar resortes y realizar limpieza general.		
Limpieza de ejes.		
Revisar el estado general de los ejes.		
Desmontar tambores de freno para: inspección, limpieza, revisión de cojinetes y demás elementos internos.		
SISTEMAS AUXILIARES		
Limpieza de los tanques de combustible y el sistema de combustible en general.		
OBSERVACIONES:		
_____	_____	
Firma del Encargado	Firma del Supervisor	

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 19. Orden de trabajo

 TRASPORTE CASTILLO	TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A. ORDEN DE TRABAJO	No. 0		
Fecha de Emisión: 		Fecha de ejecución: 		
PRIORIDAD: Inmediata <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/>		Fecha de finalización: 		
TIPO DE MANTO.: Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/> Externo <input type="checkbox"/>				
UNIDAD: Código: 		Kilometraje: 		
SISTEMA:				
Motor <input type="checkbox"/>	Eléctrico <input type="checkbox"/>	Dirección <input type="checkbox"/>	Suspensión <input type="checkbox"/>	Unidad de carga <input type="checkbox"/>
Enfriamiento <input type="checkbox"/>	Frenos <input type="checkbox"/>	Transmisión <input type="checkbox"/>	Llantas <input type="checkbox"/>	Electrónico <input type="checkbox"/>
Combustible <input type="checkbox"/>	Neumático <input type="checkbox"/>	Cabina <input type="checkbox"/>	Chasis <input type="checkbox"/>	Accesorios <input type="checkbox"/>

No.	Descripción del trabajo:	Especialidad	Mecánico	Firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Observaciones del trabajo:	

 F. Del mecánico

 F. Del Supervisor

Fuente: Transportes Castillo.

 TRASPORTE CASTILLO	TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A. INFORME DE MANTENIMIENTO
Informe No.:	Fecha:
UNIDAD (CÓDIGO):	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO
Observaciones:	
_____ F. Supervisor	

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 20. Bitácora de mantenimiento

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A. BITÁCORA DE MANTENIMIENTO													
UNIDAD		Marca											
Código:		Línea:											
		Modelo:											
		Color:											
		AÑO:											
No.	Comienzo						Datos externos		Repuestos e insumos				
	Hora	Fecha	Kms.	No. De O.T.	Tipo de Manto. Realizado	Duración (Hrs.)	Técnico	Costo (Q)	No. De O.E.	Descripción	Costo (Q)	Oros	TOTAL (Q)
1													
2													
3													
4													
5													
6													

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 21. Ficha técnica individual

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A. FICHA TÉCNICA VEHICULAR				Ficha No. 1	
INFORMACIÓN GENERAL					
DATOS DE LA UNIDAD					
Código	FHLC-06				
Información básica					
Marca	Freightliner	Modelo	2001		
Tipo	Cabezal	Cilindrada	12700 c.c.		
Línea	Classic XL	Motor	Detroit Diesel		
Peso	7 Ton.	Kilometraje	793,317.8 mi.		
Información técnica					
Estado general	Usado en buen estado				
Transmisión	Mecánica de 13 velocidades				
No. Ruedas	10				
No. Ejes	3				
Tipo de llantas	285/75 R24.5				
Potencia	500 Hp. A 2000 rpm.				
Torque	1650 Pie lb a 2000 rpm.				
Información legal					
No. De Placa	C 116BMR				
No. Motor	06R0577152 6067BK60Q				
No. De Chasis	1FUPUSZB01LF92563				
Información adicional					
Dimensiones	Largo 20 ft. ancho 8 ft. alto 13 ft.			Valor estimado del activo	Q150.000
OBSERVACIONES:					

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 21. **Control de órdenes de trabajo**

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A.			
CONTROL DE ORDENES DE TRABAJO		TRASPORTE CASTILLO	
No. de Ficha		Fecha:	
Fecha	Código de la unidad	Orden No.	Mecánico o taller externo
Observaciones:			
_____ F. Del Supervisor			

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 22.

Solicitud de compra de repuestos e insumos

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A.		SOLICITUD DE COMPRA DE REPUESTOS E INSUMOS		 TRASPORTE CASTILLO	
Número			Fecha:		
No.	No. De O.T.	Nombre o descripción	Costo Unit. (Q)	Cantidad	Subtotal
				TOTAL (Q)	
Solicitado por:		Visto Bueno:		Autoriza:	
Supervisor		Auxiliar de Gerencia		Gerente General	

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 23. **Solicitud de egreso de repuestos e insumos**

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A. SOLICITUD DE EGRESO DE REPUESTOS E INSUMOS		 TRASPORTE CASTILLO	
Número	Fecha:		
Orden de trabajo No.			
No.	Nombre o descripción	Código o referencia	Cantidad
Solicitado por:		Retirado por:	Entregado a:
Supervisor			

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 24.

Reporte mensual de mantenimiento correctivo

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A.		REPORTE MENSUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
Mes:		Fecha exacta:				
Unidad (Código)	Falla	Causa	Tarea correctiva efectuada	Fecha	No. De O.T.	Costo (Q)
Observaciones:						
Mecánico que reporta: _____						
_____			_____			
F. Del Mecánico			F. Del Supervisor			

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 25. Fichas de control de llantas

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A.											
CONTROR INDIVIDUAL DE LLANTAS DE DIRECCIÓN Y TRACCIÓN											
 TRANSPORTE CASTILLO											
Kilometraje:		Unidad:		Mes:		Semana:				Si surge necesidad:	Posición progra:
No.	Marca	Fecha de instalación	Código unico de la llanta	Presión	Posición Actual	Profund. Del grabado	Profund. Del grabado	Profund. Del grabado	Profund. Del grabado	Causa del cambio	por cambio
Direccionales											
1											
2											
Traccionales											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
OBSERVACIONES:											
_____				_____				_____			
F. Piloto				F. Mecánico				F. Supervisor			

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A.											
CONTROR INDIVIDUAL DE LLANTAS DE ARRASTRE											
 TRANSPORTE CASTILLO											
Unidad:		Mes:		Semana:						Si surge necesidad:	Posición progra:
No.	Marca	Fecha de instalación	Código Unico de la llanta	Presión	Posición Actual	Profund. Del grabado	Profund. Del grabado	Profund. Del grabado	Profund. Del grabado	Causa del cambio	por cambio
Arrastre											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
OBSERVACIONES:											
_____				_____				_____			
F. Piloto				F. Mecánico				F. Supervisor			

Fuente: Transportes Castillo.

Anexo 26. **Ficha de control de consumo de combustible**

TRANSPORTES CASTILLO, GUATEMALA C.A.									
CONTROL DIARIO, SEMANAL Y MENSUAL DE COMBUSTIBLE					TRANSPORTE CASTILLO				
Unidad:			AÑO:		MES:			Kilometraje inicial:	
No. de placa									
Semana:					Semana:				
Piloto	Ruta	Día	Gal.	Kms.	Piloto	Ruta	Día	Gal.	Kms.
		Lunes					Lunes		
		Martes					Martes		
		Miercoles					Miercoles		
		Jueves					Jueves		
		Viernes					Viernes		
		Sabado					Sabado		
		Subtotal					Subtotal		
Semana:					Semana:				
		Lunes					Lunes		
		Martes					Martes		
		Miercoles					Miercoles		
		Jueves					Jueves		
		Viernes					Viernes		
		Sabado					Sabado		
		Subtotal					Subtotal		
								TOTAL MENSUAL:	
Encargado: _____					_____				
					F. Del Encargado				

Fuente: Transportes Castillo.