



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE
TRANSPORTE PESADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE
POSICIONAMIENTO GLOBAL G.P.S.**

Ing. Josué Samuel García Prera

Asesorado por el MSc. Ing. José Luis Duque Franco

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE
TRANSPORTE PESADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE
POSICIONAMIENTO GLOBAL G.P.S.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JOSUÉ SAMUEL GARCÍA PRERA

ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSÉ LUIS DUQUE FRANCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Javier Fidelino García Tetzaquic |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE
TRANSPORTE PESADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE
POSICIONAMIENTO GLOBAL G.P.S.**


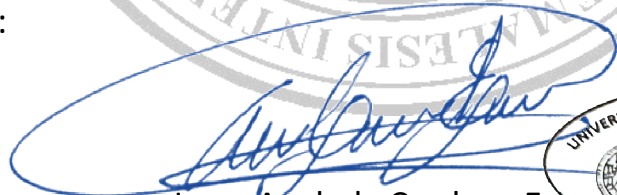
Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 9 de septiembre de 2019.

Ing. Josué Samuel García Prera

DTG. 654.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE PESADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL G.P.S.**, presentado por la Ingeniero **Josué Samuel García Prera**, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, noviembre de 2021.

AACE/cc



Guatemala, noviembre de 2021

LNG.EEP.OI.082.2021

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

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE PESADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL G.P.S.”

presentado por **Josué Samuel García Prera** quien se identifica con carné **200818836** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



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

Guatemala, 20 de julio de 2021

Maestro
Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente.

Estimado Mtro. Álvarez:

Por este medio le informo que he revisado y aprobado el **informe final** del trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE PESADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL G.P.S.”**. Del estudiante Josué Samuel García Prera, del programa de Maestría en **Artes en Gestión Industrial**.

Con base en la evaluación realizada hago constar la originalidad, calidad, validez, pertinencia y coherencia según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobados por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Cumpliendo tanto en su estructura como en su contenido, por lo cual el protocolo evaluado cuenta con mi aprobación.

“Id y Enseñad a Todos”



M.A. Carlos Humberto Arcoche Sandoval
Coordinador de Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Guatemala, 25 mayo de 2021.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

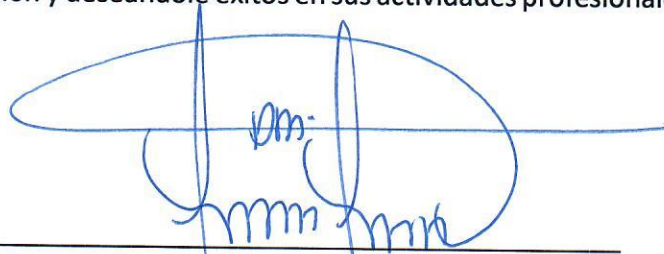
Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE PESADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL G.P.S."** de la estudiante **Josué Samuel García Prera** del programa de Maestría en **Gestión Industrial**, identificada con número de carné: **2366539970101**.

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



MSc. Ing. José Luis Duque Franco

Colegiado No. 5459

Asesor de Tesis

Ing. JOSÉ LUIS DUQUE FRANCO; M.S.
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 5459

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|---------------------|--|
| Dios | Por haberme permitido realizar una más de mis metas. |
| Mis padres | Mario García Santos (q. d. e. p.) y María Agueda Prera, por haberme traído al mundo y guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño. |
| Mis hermanos | Ángel Mario, July Selina y Estephania Abigail García Prera, por su apoyo incondicional y compañía durante mi vida. |
| Mi novia | Lilian Gabriela Estrada por su apoyo y amor incondicional. |
| Amigos | Diego Seisdedos, Luz Félix, Jair Castillo, Aarón Castillo. Por sus sabias enseñanzas, consejos, risas y amistad sincera, durante toda la etapa de estudio. |

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios, la que me brindó la oportunidad de llegar a ser un profesional.

Facultad de Ingeniería

Por ser la que me brindó los conocimientos adquiridos en mi carrera.

Mi asesor

MSc. Ing. José Luis Duque Franco, por ser parte de este triunfo al llevar a cabo sus consejos profesionales.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN..... | XI |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y GENERACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS | XIII |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO | XIX |
| INTRODUCCIÓN..... | XXIII |
| | |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1. Transporte pesado | 1 |
| 1.1.1. Industria de transporte pesado en Guatemala..... | 2 |
| 1.1.2. Historial de accidentes de transporte pesado..... | 3 |
| 1.1.3. Reglamentación de límites de velocidad | 5 |
| 1.2. Mantenimiento | 8 |
| 1.2.1. Tipos de mantenimiento | 9 |
| 1.2.1.1. Mantenimiento preventivo..... | 9 |
| 1.2.1.2. Mantenimiento correctivo..... | 10 |
| 1.2.1.3. Mantenimiento predictivo | 11 |
| 1.3. Herramienta GPS | 12 |
| 1.3.1. Sistema de gestión | 14 |
| 1.3.2. Beneficios de la herramienta GPS..... | 15 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2. | DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN | 17 |
| 3. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | 21 |
| 3.1. | Objetivo 1: Realización de diagnóstico de situación para conocer los procesos de mantenimiento llevados a cabo en la empresa de transporte pesado..... | 21 |
| 3.2. | Objetivo 2: Determinación de los factores críticos de mantenimiento que se deben implementar para las medidas de mejora para elevar la eficiencia de la gestión de mantenimiento..... | 26 |
| 3.3. | Objetivo 3: Evaluación de los beneficios del plan de trabajo a utilizar en un modelo de gestión de mantenimiento de una empresa de transporte pesado | 28 |
| 3.4. | Propuesta: Diseño de gestión de mantenimiento en una empresa de transporte pesado mediante la herramienta de sistema de posicionamiento global | 30 |
| 3.4.1. | Ficha técnica | 30 |
| 3.4.2. | Control de inspección diario | 31 |
| 3.4.3. | Control de mantenimiento preventivo mensual | 32 |
| 3.4.4. | Proceso de compras | 33 |
| 3.4.5. | Proceso de mantenimiento integral | 35 |
| 3.4.5.1. | Proceso de mantenimiento correctivo .. | 35 |
| 3.4.5.2. | Proceso de mantenimiento preventivo..... | 37 |
| 3.4.6. | Indicadores de mantenimiento | 50 |
| 4. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 53 |

| | |
|-----------------------|----|
| CONCLUSIONES | 61 |
| RECOMENDACIONES | 63 |
| REFERENCIAS | 65 |
| APÉNDICES | 69 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Cantidad de transporte pesado involucrado en accidente..... | 4 |
| 2. | Accidente en ruta interamericana 2018..... | 7 |
| 3. | Funcionamiento del sistema GPS | 13 |
| 4. | Diagrama Ishikawa situacional | 21 |
| 5. | Procedimientos vigentes a noviembre 2019..... | 24 |
| 6. | Diagnóstico de nuevas tecnologías..... | 25 |
| 7. | Resultados encuesta..... | 28 |
| 8. | Proceso mantenimiento correctivo | 36 |
| 9. | Proceso mantenimiento preventivo | 37 |
| 10. | Espacio de bus vs automóviles | 57 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Variables de la investigación | XX |
| II. | Precio de litro de aceite 10W40 sintético | 29 |
| III. | Ejemplo programa de mantenimiento preventivo | 49 |
| IV. | Indicadores de gestión de mantenimiento..... | 51 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|--------------------|
| h | Hora |
| km | Kilómetro |
| l | Litro |
| % | Porcentaje |
| Q | Quetzales |
| V | Velocidad |

GLOSARIO

| | |
|------------------|--|
| Ajustes | Poner alguna cosa de modo que venga justa o encaje con otra. |
| Avería | Daño, deterioro que impide el funcionamiento de algo. |
| Corrosión | Se define como deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. |
| Desgaste | Deterioro progresivo de una materia como consecuencia del uso o del roce. |
| DOT | Departamento de transporte, para Estados Unidos. |
| Deterioro | Disminución o pérdida de la calidad o la importancia de una cosa. |
| Falla | Defecto material de una cosa que merma su resistencia. |
| Freno | Mecanismo que sirve en las máquinas y carruajes para moderar o detener el movimiento. |
| ISO | Organización Internacional de Estandarización. |

| | |
|----------------------|---|
| Lubricación | Acción y efecto de lubricar. |
| Mantenimiento | Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente. |
| Motor | Máquina destinada a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía. |
| OEM | Fabricante de equipo original. |
| Radiador | Aparato metálico con gran desarrollo superficial, por cuyo interior circula un fluido caliente que transmite calor al medio circundante. |
| Reparación | Acción y efecto de reparar cosas materiales con defectos o estropeadas. |
| SAE | Sociedad de Ingenieros Americanos. |
| Vida útil | Es la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado. Normalmente se calcula en tiempo de duración. |

RESUMEN

El propósito de la investigación es reducir al mínimo el mantenimiento correctivo, que ocasiona tiempo perdido, mayor gasto en reparaciones y menor vida útil en las unidades, además que puede ocurrir en cualquier momento, lo que perjudica a la operación. Sustituyéndolo por una gestión de mantenimiento, que otorgará ventajas competitivas en el mercado, una mejor imagen ante los clientes, además de mantener a los equipos en óptimas condiciones y la operación sin inconvenientes.

El problema principal con que cuenta la empresa es la programación deficiente de mantenimiento integral (preventivo y correctivo), que causa gastos monetarios, atrasos en la operación y riesgos, de ahí sale la oportunidad de proveer una herramienta la cual podamos utilizar para contrarrestar este problema.

El objetivo general de la investigación es diseñar un sistema de gestión de mantenimiento en una empresa de transporte pesado mediante la herramienta de sistema de posicionamiento global GPS.

El presente trabajo busca beneficiar a una empresa de transporte pesado, estableciendo un sistema de gestión de mantenimiento para llevar a cabo un control estadístico de las fallas, así como para realizar el estudio de un mantenimiento programado que prolongue la vida útil de las unidades, evitando averías en el camino, que puedan ocasionar que la operación se interrumpa y accidentes en la vía pública.

La metodología de la investigación tiene un enfoque mixto con un diseño no experimental y tipo descriptivo transversal y un alcance metodológico de tipo descriptivo. Para recopilar información se utilizaron, revisión documental, y herramientas de ingeniería para llegar a los resultados y respectivo análisis.

Los principales resultados muestran que si se controlan los principales factores críticos de mantenimiento como, tiempo de duración de mantenimiento, calidad en la mano de obra, calidad en los repuestos, kilometraje y la inspección diaria 360, tendremos garantizada una operación eficiente de mantenimiento en una flotilla de transporte, los beneficios que se obtiene de realizar una gestión de mantenimiento, involucran directamente al cliente que tiene la garantía que los productos lleguen a tiempo al lugar de destino, cliente interno, que tiene la confianza de operar una unidad en buenas condiciones, y población en general con la seguridad que la flotilla de esta empresa en estudio, no afecte al parque motriz con alguna avería en el camino o algún accidente en la vía pública.

Se llega a la conclusión que, al realizar un modelo de gestión de mantenimiento, combina métodos de ingeniería, administración y dirección de operaciones relacionados con el mantenimiento, garantizamos una operación sin interrupciones, lo que hace que la empresa sea eficiente, manteniendo un prestigio ante los clientes y generando mayores utilidades con los ahorros que se obtienen al no incurrir en manteniendo correctivo.

Al final de la presente investigación se recomienda que se realice el diseño de investigación, pues la forma de realizar el mantenimiento es empírica, sin ninguna estadística y sin ninguna forma de monitorear. Produciendo reparaciones costosas e innecesarias si se realiza con una gestión de mantenimiento preventivo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y GENERACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Planteamiento del problema

La programación de mantenimiento es deficiente, lo que causa gastos monetarios, atrasos en la operación y riesgos al momento de operar la unidad.

- Descripción del problema

La industria automotriz global es una de las industrias con más crecimiento, cada día hacen más automóviles, motocicletas, camiones entre otros., por lo que el mantenimiento es de suma importancia para mantener los vehículos en óptimas condiciones. Guatemala no es la excepción de este crecimiento, donde además de ofrecer productos nuevos también existe la posibilidad de importar vehículos, motocicletas y camiones de otros países, en especial de Estados Unidos, donde comúnmente son llamados como rodados.

Esto hace que el parque vehicular siga creciendo, a raíz del aumento de la población, además de que crece el parque vehicular también crece el número de incidentes en las carreteras. Según reportes de PMT actualmente hay 30 colisiones diarias, aparte para época de fin de año suben a 50 colisiones diarias, según Prensa Libre en su reportaje titulado Preocupa aumento de muertes por accidentes de tránsito, en el año 2017 hubo 1546 muertes causadas por accidentes de tránsito a escala nacional y 7398 personas que sufrieron heridas. Según COVIAL, en el año de 2017 hubo 56 percances viales que involucran al transporte pesado.

Como respuesta a esa situación el gobierno del país ha reforzado retenes policiales, donde se verifican los estados de las unidades de transporte pesado y papeles de los pilotos. Como ciudadanos responsables, se tiene la obligación de que los vehículos estén en óptimas condiciones para contrarrestar esta problemática nacional, además de los problemas de tránsito que esto acarrea si un vehículo sufre algún desperfecto mecánico.

Es por eso por lo que el mantenimiento es necesario para cualquier vehículo automotriz, y máximo para el transporte pesado, en que si sufre algún desperfecto mecánico puede ocasionar aparatosos accidentes, por lo cual la empresa de transporte pesado, consciente de esto, y de los costos que tiene una mala planeación de mantenimiento, decide apoyar esta investigación. El problema es el control de mantenimiento para sus unidades, dado que se hace de forma empírica, es decir: no programada, sin estadísticas ni manuales de operación.

La empresa de transporte pesado opera en el sector de transporte, dentro del territorio guatemalteco, además del problema ya descrito genera retrasos en la operación del transporte, insatisfacciones de los clientes, inconformidad con los pilotos y sobrecargos en el mantenimiento correctivo y preventivo de dichas unidades.

Las causas del problema descrito con anterioridad son: la empresa trabaja por costumbre, por lo que no utiliza manuales ni un sistema propio para el control de mantenimiento de sus unidades. El sistema con el que trabaja actualmente es ineficiente y el personal no cuenta con la experiencia necesaria para realizar una gestión de mantenimiento.

Las consecuencias del problema son: los tipos de mantenimiento actualmente son correctivos, careciendo de un control estadístico que respalde los gastos económicos que se han tenido a lo largo de los años en que ha operado; también está la insatisfacción del cliente, atrasos, unidades descompuestas en la vía, robos, pérdida de vida de los pilotos y deficiencias económicas. Al no realizar mantenimientos programados, los componentes de las unidades sufren un desgaste mayor y se les resta vida útil a las unidades, con el deterioro de piezas, accidentes y tránsito en la red vial, si alguna unidad sufre alguna avería que se pudo evitar por un mantenimiento programado.

- Formulación de pregunta central

¿Cómo un sistema de posicionamiento global GPS mejorará el sistema de gestión de mantenimiento en una empresa de transporte pesado?

- Preguntas específicas
 - ¿Cuál es la situación de la organización donde se llevará a cabo la investigación?
 - ¿Cuáles son los factores críticos en mantenimiento que se debe implementar para las medidas de mejora para elevar la eficiencia de la gestión de mantenimiento?
 - ¿Cuáles son las ventajas en un modelo de gestión de mantenimiento para una empresa de transporte pesado?

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento integral en una empresa de transporte pesado mediante la herramienta de sistema de posicionamiento global (GPS).

Específicos

- Realizar un diagnóstico de situación para conocer los procesos de mantenimiento llevados a cabo en la empresa de transporte pesado.
- Analizar los factores críticos de mantenimiento que se deben implementar para las medidas de mejora para elevar la eficiencia de la gestión de mantenimiento.
- Determinar los beneficios del plan de trabajo a utilizar en un modelo de gestión de mantenimiento de una empresa de transporte pesado

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

Con la realización de la investigación se pretende cubrir y diseñar un sistema de gestión de mantenimiento de una empresa de transporte pesado en Guatemala, para controlar la programación, procedimientos y métodos de trabajo. Dado que el plan de mantenimiento de la empresa no es el adecuado, pues genera gastos innecesarios que afectan toda la operación de la organización.

La metodología de investigación tiene las siguientes características:

- Enfoque mixto, ya que utilizó la medición de métricas e indicadores para el control del proceso y medición del comportamiento de la gestión de mantenimiento (cuantitativo) y utilizó la revisión documental al investigarse los antecedentes del problema (cualitativo).
- Diseño no experimental, porque no se utilizarán ensayos de laboratorio que pueda determinar información a ser utilizada en el proyecto.
- Estudio de carácter descriptivo, dado que la metodología que se llevará a cabo será con base a observaciones, no se manipulará ni afectará al proceso, esto permitirá conocer y evaluar el mecanismo actual en la gestión de mantenimiento.
- Tipo transversal porque el estudio de investigación estuvo delimitado en tiempo, existiendo una fecha de inicio y finalización del proyecto.

Con la investigación se busca obtener información para determinar las causas que producen un mantenimiento correctivo o bien que afectan en la operación de transporte, mediante esto mediante el análisis de estadística y datos históricos.

Así mismo como parte de la investigación se realizará una entrevista a todos los pilotos, esto a fin de determinar aspectos importantes que no se puedan detectar en medios técnicos y de análisis cuantitativo y poder estandarizar de una manera de llevar a cabo los mantenimientos de rutina, que deben ser programados.

De igual modo se procederá con el estudio de los antecedentes de los proyectos, con los cuales se tendrá una reseña histórica sobre las problemáticas en los distintos años y con esto se filtrarán los problemas con más frecuencia, por último, mediante el análisis de las problemáticas se podrán colocar las gestiones indicadas que solucionen o mitiguen los problemas para darles una solución.

Las principales variables del trabajo de investigación fueron

Tabla I. **Variables de la investigación**

| Variable | Nombre | Tipo |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------|
| Dependientes | Historial de repuestos | Cuantitativa continua |
| | Rotación de insumos | Cuantitativa continua |
| | Costo mantenimiento predictivo | Cuantitativa continua |

Fuente: elaboración propia.

El tipo de muestreo fue no probabilístico del tipo intencional o de conveniencia, ya que se seleccionaron los últimos proyectos ejecutados en la

organización con el objetivo de que los resultados fueran representativos y poder apreciar tendencias a través de períodos de tiempo continuos. Para el tipo de muestreo se cimienta con base estadística, con una muestra total de 6 unidades se tiene:

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$n = \frac{6 * (2.58)^2 * 0.01 * 0.99}{(0.02)^2 * (6 - 1) + (2.58)^2 * 0.01 * 0.99} = 5.82$$

Al encontrar un $n = 5.82$, se decide optar por utilizar la muestra completa que es de 6 unidades. Al calcular el tamaño de la muestra se decide tomar la población completa de acuerdo al resultado obtenido, por lo tanto, el nivel de confiabilidad es del 100 %.

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación es una sistematización ya que trata sobre el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento en una empresa de transporte pesado basado en la herramienta de sistema de posicionamiento global (GPS), que garantiza el monitoreo y seguimiento para llevar a cabo un control de mantenimiento programado, evitando reparaciones en ruta, y mantenimiento correctivo, que causa retrasos, insatisfacción del cliente y pérdidas económicas.

La empresa de transporte pesado tiene problemas con el control de mantenimiento para sus unidades, dado que se hace de forma empírica, es decir: no programada, sin estadísticas ni manuales de operación. Solucionar este problema es de suma importancia, puesto que el plan de mantenimiento con el que opera actualmente no es el adecuado, pues genera costos en la organización, que impactan directamente en la rentabilidad. Además de generar insatisfacción con los clientes si en algún momento una unidad sufre averías en el camino.

Con el diseño del sistema de gestión de mantenimiento se espera un control eficiente en la programación de mantenimientos, reduciendo el índice de unidades paradas sin poder operar, para incrementar la satisfacción de los pilotos, pues no es lo mismo tener a su cargo una unidad en óptimas condiciones, que una unidad con el miedo de que falle en cualquier momento, causando en el caso más extremo un accidente.

Los principales aportes de esta investigación son: para el cliente interno, es incrementar la satisfacción de los pilotos, pues no es lo mismo conducir un camión en óptimas condiciones, a conducir uno que falle en cualquier momento, causando un accidente. Para que los clientes tengan la confianza de que su servicio sea de calidad, en el tiempo planeado y sin ningún retraso. Además de a todo el que transite por la red vial de Guatemala, las casas aledañas a las carreteras y toda la población guatemalteca que camina por las vías, ya que con un sistema de gestión de mantenimiento se puede lograr disminuir reparaciones en ruta que afectan al tránsito y pueden ocasionar accidentes.

Derivado de lo anterior, la presente investigación busca beneficiar a una empresa de transporte pesado, estableciendo un sistema de gestión de mantenimiento para llevar a cabo un control estadístico de las fallas, así como para realizar el estudio de un mantenimiento programado que prolongue la vida útil de las unidades, evitando averías en el camino, que puedan ocasionar que la operación se interrumpa y accidentes en la vía pública.

El esquema que se planteó para la realización de la investigación es el siguiente: primero se inició con la revisión documental, para tener una base teórica en el modelo de gestión; el segundo lugar lo ocupó etapa de observación y recopilación de datos, para formar una base estadística; en tercer lugar se estructuró el modelo de gestión, acomodando los planes de mantenimiento en distintos formatos para una correcta programación; después se definen los indicadores, para poder evaluar los nuevos procesos, y por último se hace la revisión y evaluación final para la mejora continua del modelo de gestión.

Este trabajo de investigación es factible dado que se cuenta con todos los recursos necesarios para realizar el estudio (humano, tecnológico, equipo e

infraestructura), apoyado por la empresa en cualquier momento, dando como resultado final el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento.

La metodología de investigación que se planteo tiene un enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo, con un diseño no experimental, sin variables independientes, basado en la observación de la situación actual, el alcance y el tipo de investigación es tipo descriptivo, se dejó formatos para estandarizar, los procesos de la gestión de mantenimiento, con base en la herramienta de sistema de posicionamiento global,

Este trabajo de investigación se divide en tres capítulos:

El primer capítulo trata respecto al marco teórico, donde se cimienta esta investigación escrita y se investigó el modelo de gestión y el transporte pesado en Guatemala, así como el mantenimiento, sus tipos, beneficios y modelos. También la herramienta del GPS, de la cual se explica su uso, cómo se utiliza y los beneficios que generará.

En el segundo capítulo se hizo la presentación de resultados, que abarca elaborar un diagnóstico de situación situacional, para posteriormente conocer y estructurar los procesos involucrados en la investigación, realizar los formatos para la recopilación estadística de los procesos involucrados y realizar procedimientos de mantenimiento, quedando plasmados en papel todos los pasos a seguir, de mantenimiento de tipo correctivo y preventivo, además de desarrollar el diseño del modelo de gestión de mantenimiento.

Por último, el tercer capítulo abarca la discusión de resultados, donde se realizó el análisis interno y externo de la investigación.

La investigación fue realizada de forma exitosa, dado que la empresa estudiada en curso, brindó todas las herramientas y siempre tuvo la disposición para realizar el modelo de gestión de mantenimiento.

1. MARCO TEÓRICO

La teoría acerca del tema de investigación es importante para entender todas las áreas relacionadas a este tema. El marco teórico está enfocado en: transporte pesado, mantenimiento y el sistema de posicionamiento global GPS.

1.1. Transporte pesado

Para el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano (2003) define al transporte pesado como “tipo de transporte para prestar los servicios de traslado de bienes o mercancías, y demás, por medio de vehículos de gran capacidad de carga, mayor a 3,000 kilogramos equivalente a 3 toneladas” (p. 4).

Estas cargas pueden ser a granel, envasado de productos, agua potable, traslado de bienes, traslado de animales, entre otros. Para el territorio guatemalteco se considera al transporte pesado, a los camiones de un eje, camiones de doble eje, cabezales, con distintos complementos, para tareas específicas, así como para camiones (furgones, plataformas, carrocerías de madera, pipas, palanganas) y en el caso de los cabezales que arrastran una diversidad de equipos, como contenedores, plataformas, góndolas, remolcadoras y jaulas para caña. El transporte pesado es de gran soporte para el desarrollo del país, pues aparece en todas las industrias.

El servicio de transporte de cargas forma parte de la cadena de suministros en la etapa de distribución y logística. La función del transportista es la de traslado de los productos a los diferentes puntos de destino, en el

transcurso del viaje puede pasar por peajes, embarques, bodegas de almacenaje y destino finales.

Este servicio, conocido como costo de distribución y logística, también es importante en la macroeconomía del país, en el sentido de la competitividad que existe entre las empresas, obligando a mejorar el servicio de entrega y el servicio en todo el transcurso del viaje, evitando accidentes y con movilidad en el tránsito, sin afectar al resto del parque automotriz.

1.1.1. Industria de transporte pesado en Guatemala

Al servicio de transporte en Guatemala se le denomina viaje o flete, y está catalogado por la dimensión del automotor, desde motos, pick ups, camiones de un eje, camiones de doble eje, hasta cabezales con plataformas de dos o tres ejes. Siendo los camiones los que tienen mayor porcentaje de participación en el transporte pesado en el país, trasladando mercaderías y productos desde puerto a puerto, o lugares específicos de almacenaje por todo el país hacia bodegas o clientes finales.

Según la Dirección General de la Policía Nacional Civil, (2020)

Entiéndase por transporte pesado o camión todo vehículo automotor de tamaño grande, pesado, cuyo propósito es el transporte en general de todo tipo de productos o carga, tal como: piedra, materiales de construcción, madera, animales, tierra, pacas, bobinas, agua potable, gas propano, combustible, granos, caña, productos agrícolas, tubería, maquinaria, entre otros.

Los camiones generalmente están configurados por una cabina y motor delantero y una plataforma, palangana o góndola, cajuela o compartimiento ya sea cerrado o semicerrado en la parte posterior. Los hay de 2 ruedas delanteras. 4, 6, 8 y hasta 10 ruedas traseras. Su potencia y tonelaje es superior al de las camionetas y buses. (Dirección General de Policía Nacional Civil, 2020, p. 15)

En los últimos tiempos el transporte pesado ha sufrido múltiples accidentes por la forma de conducir, con los actos inseguros que pueden ocasionar los pilotos y la falta de mantenimiento de las unidades que circulan por toda la red vial. Es por eso la importancia de capacitar a los pilotos con planes de manejo a la defensiva y mantener en óptimas condiciones las unidades.

1.1.2. Historial de accidentes de transporte pesado

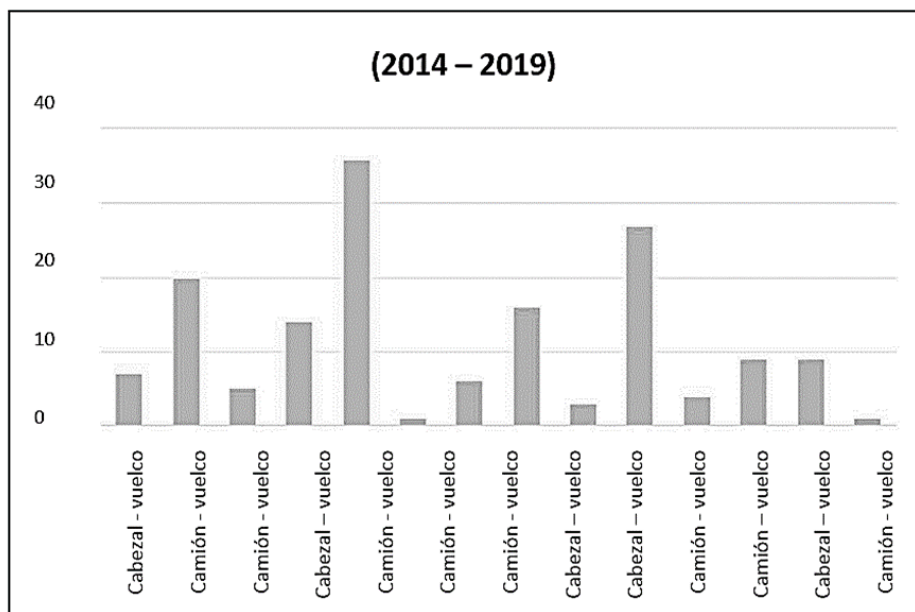
De acuerdo con Patzán (2019):

En 2018 según el informe, hasta el 23 de abril ocurrieron 2 mil 168 accidentes a nivel nacional que dejaron 496 muertos y 2 mil 744 heridos. Este año en la misma fecha se han registrado 2 mil 121 accidentes, los cuales provocaron la muerte de 609 personas y dejaron 2 mil 712 lesionados.

Las cifras revelan que, este año han ocurrido 113 muertes más que en 2018, a pesar de que este año hay 47 casos menos de accidentes, mientras que la cantidad de heridos este año también ha disminuido.

En el Departamento de Tránsito de la PNC se reiteró que los accidentes son causados por todo tipo de vehículos en general; buses del transporte extraurbano, transporte de carga y automóviles livianos, a pesar de las constantes campañas de prevención. Una de las rutas más peligrosas es la Interamericana, en donde la Dirección General de Protección Vial (PROVIAL), ha reiterado que los conductores no respetan las velocidades establecidas en ciertos tramos, a pesar de que hay curvas en pendientes pronunciadas o en zonas urbanas. (párr. 1-4)

Figura 1. **Cantidad de transporte pesado involucrado en accidente**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística Guatemala. (2019). *Cantidad de vehículos involucrados en accidentes de tránsito en la República de Guatemala, por tipo de accidente, según tipo de vehículo y sexo*. Consultado el 11 de mayo de 2021. Recuperado de https://www.ine.gov.gt/estadisticasine/index.php/Accidentes_transito_e/accidentes_fall_les.

Según Patzán (2019):

En el IGSS se informó que este año tres mil 500 personas reciben rehabilitación por haber sufrido accidentes de tránsito. Los directivos aseveraron que el Seguro Social invierte más de Q100 mil en la rehabilitación de cada paciente víctima de percances viales y que el tiempo estimado de recuperación es de dos años.

El director de PROVIAL indicó que una de las causas de accidentes de tránsito en las carreteras del interior es el uso del teléfono mientras se conduce, otra causa de percances es la gran cantidad de túmulos que hay en donde no son necesarios, ya que ponen en riesgo la vida de los conductores.

Son varios los factores, hacen falta más controles en carretera, urge la aplicación de la ley sobre limitadores de velocidad que obligan al transporte pesado y colectivo a conducir a 80 kilómetros por hora, falta señalización, no conducir en estado de ebriedad y por supuesto hay que actualizar el reglamento para imponer multas más drásticas. La aplicación de tecnología como radares en carreteras es impostergable. Según datos de la Organización Panamericana de la Salud, en Guatemala las lesiones por accidentes de transporte terrestre provocan la muerte de uno de cada 10 jóvenes entre los 15 y 19 años. (párr. 7-9)

1.1.3. Reglamentación de límites de velocidad

El transporte de carga requiere una nueva ley para que además de límites de velocidad se obligue a las empresas a respetar aspectos como la salud de

los pilotos y la cantidad de peso que transportan, y a las entidades estatales a supervisar.

Los expertos afirman que entre el 2000 y el 2002 se propuso al país ser parte de la legislación centroamericana de transporte de carga, pero de esto solo se obtuvo el Reglamento de Pesos y Dimensiones para Vehículos Automotores y sus Combinaciones, Acuerdo Gubernativo 379-2010. (Patzán, 2019, párr. 13)

Los aspectos técnicos que debe contemplar una ley para la circulación del transporte pesado están el límite de peso y velocidad, pues de este depende la inercia, si se sobrepasa alguna, aunque los frenos estén en buenas condiciones no será posible detener el vehículo.

En 2016, el Congreso de la República aprobó el Decreto 45-2016, Ley para el Fortalecimiento de la Seguridad Vial, la cual tiene como objeto “implementar y controlar aspectos relativos a la regulación de la velocidad de todo tipo de transporte colectivo de pasajeros y de carga, con la finalidad de reducir considerablemente los hechos de tránsito que se registran en el país” (Decreto 45-2016, 2017, p. 2).

La normativa tendría vigencia si la Procuraduría General de la Nación (PGN) hubiera firmado el decreto. La ley establece que el ente rector para el cumplimiento de esta es el Ministerio de Comunicaciones, por conducto de la Dirección General de Transportes (DGT) y la Dirección General de Protección y Seguridad Vial (PROVIAL), que supervisarán y sancionarán a quienes no cumplan.

Figura 2. **Accidente en ruta interamericana 2018**



Fuente: Patzán (2019). *Muerte por accidentes de tránsito van en aumento en comparación a 2018*. Consultado el 3 de agosto de 2021. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/ciudades/guatemala-ciudades/muertes-por-accidentes-de-transito-van-en-aumento-en-comparacion-con-2018>.

De acuerdo con las estadísticas, de enero a la fecha se han suscitado 218 accidentes viales en toda la república, pero de estos, 76 fueron ocasionados por transporte pesado y seis hechos en la ruta Interamericana, jurisdicción de Mixco. La nueva reglamentación tiene las siguientes regulaciones:

- El transporte de carga no podrá circular a más de 80 km/h.
- Los autobuses no podrán circular a más de 80 km/h, controlado a partir de modificaciones de bomba de inyección.
- Los autobuses estarán sujetos a revisiones cada seis meses mediante la autoridad competente (PNC, PROVIAL y PMT).
- Los pilotos que conduzcan bajo efectos de alcohol serán suspendidos de uno a dos años. La sanción es de dos a cuatro años y multas de Q.

10,000.00 a Q. 25,000.00 para los pilotos de transporte colectivo que infrinjan la ley.

1.2. Mantenimiento

El mantenimiento es la reacción al desgaste natural que sufren los equipos, maquinaria, aparatos o automóviles, la finalidad del mantenimiento es tener las cosas de una manera óptima, para que la operación se lleve sin interrupciones. Hay que tener claro que el mantenimiento de cualquier equipo debe ser monitoreado por su uso y por horas de vida, quiere decir que si un equipo no se usa también sufre desgastes, oxidación, en pocas palabras al no usarlo también se puede averiar.

El tiempo de vida de un producto se mide por las horas utilizadas, o distancias recorridas para el caso de la industria automotriz, donde no existe lo retroactivo, es decir que no se puede compensar el tiempo que se pasa de más. Ejemplo: si a un automóvil le toca su servicio menor a los 3000 km, y se hace a los 3500 km, no importa si se utiliza un mejor aceite o de mejor calidad, no se puede recuperar esos 500 km nunca.

La definición de mantenimiento según la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR) en su norma NF X 60-010 es un conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un servicio determinado. Esta definición olvida el aspecto económico, laguna que es llenada en el documento de introducción NF X 60-000, el cual dice mantener bien es asegurar las operaciones al coste global óptimo. (Gento y Redondo, 2005, p. 3)

1.2.1. Tipos de mantenimiento

Existen varios tipos de mantenimiento que se pueden clasificar según el equipo en que se empleen, para el caso de la industria de transporte en Guatemala se tiene el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

1.2.1.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo ha ido evolucionando en uno de los más utilizados actualmente, este mantenimiento consiste en verificar y rectificar las piezas de una máquina después de un periodo específico de operación, en el caso del mantenimiento preventivo en automotores, el periodo específico se realiza por kilometraje, de tal forma se debe llevar un control de cuántos kilómetros recorren las máquinas, para planificar las áreas donde se realizará el mantenimiento

Esto está sujeto a una inspección, de tal manera que, si existe alguna avería, se repara, calibra, ajusta o reemplaza la pieza para evitar problemas en el futuro, el objetivo de este tipo de mantenimiento es que la máquina no falle en el camino, anticipando a cualquier problema que pueda surgir en el futuro.

El mantenimiento preventivo propiamente dicho es el conjunto de acciones encaminadas a la inspección periódica de las máquinas para reponer piezas desgastadas o próximas a fallar. Es un mantenimiento planificado, pero lleva asociados unos costes bastante altos: mano de obra especializada, lo no producido durante el tiempo empleado y las piezas que se cambian quizás antes de que fuesen a fallar. (Gento y Redondo, 2005, p. 5)

El mantenimiento en uso se realiza para que la operación no pare, se da regularmente en estaciones de trabajo donde no puede parar la operación, como por ejemplo una caldera, para esto se necesita una serie de aparatos que diagnostican mediante rayos x, rayos infrarrojos o gráficas térmicas, que muestran dónde puede ocurrir una falla que interrumpa la operación.

1.2.1.2. Mantenimiento correctivo

Para Gento y Redondo (2005):

El mantenimiento correctivo es el conjunto de acciones encaminadas a la reparación de la máquina cuando ha dejado de funcionar. Este tipo de mantenimiento no es programable y lleva asociado un alto coste: mano de obra, materiales utilizados y lo no fabricado durante el tiempo que la máquina o línea está parada.

El mantenimiento correctivo también lleva implícito el concepto de mejora si tras el arreglo y la reparación se analizan las causas de la avería y se registran, lo cual facilitará la realización de acciones posteriores encaminadas a que no vuelva a ocurrir el fallo o avería. Aquí es donde entra en juego una buena gestión del mantenimiento correctivo para que no se quede sólo en un mero: arreglar las máquinas sin analizar lo ocurrido, lo cual es bastante frecuente en las pequeñas y medianas empresas, principalmente. (p. 4)

1.2.1.3. Mantenimiento predictivo

Para el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Bellavista (2021):

El mantenimiento predictivo es aquel que convierte al propietario en observador, es decir, saber reconocer por los propios medios y sentidos si ha de realizarse alguna reparación antes de que el componente llegue a fallar.

La mayor parte del mantenimiento puede ser realizada por el mismo propietario si éste dispone de los medios y herramientas adecuadas. Será capaz de realizar comprobaciones tales como la revisión de la presión de los neumáticos (que debe realizarse mensualmente), observar el nivel del líquido de frenos, o verificar si el sistema de alumbrado del vehículo funciona correctamente, siendo este último muy importante ya que sirve tanto para ver a los demás conductores como para ser visto por ellos.

Sin embargo, hay apartados del mantenimiento que requieren el uso de mano de obra especializada, por lo que puede ser necesario acudir a un taller especializado en dicho componente, y no se debe escatimar a la hora de escogerlo ni optar por materiales de inferior calidad para abaratar el precio de la reparación. Hay que recordar que un buen mantenimiento puede salvar no sólo la vida del coche, sino también la de su propio conductor, así como la de otros conductores que circulen por la carretera, y eso no tiene precio. (p. 3)

Este tipo de mantenimiento se adelanta a los hechos, y va más allá de un mantenimiento programado, en este tipo de mantenimiento se utilizan aparatos

como cámaras infrarrojas que detectan fallas, sin poder quitar las piezas, además de utilizar aparatos auditivos como estetoscopios para escuchar algún ruido diferente y reemplazar las piezas antes que se deterioren.

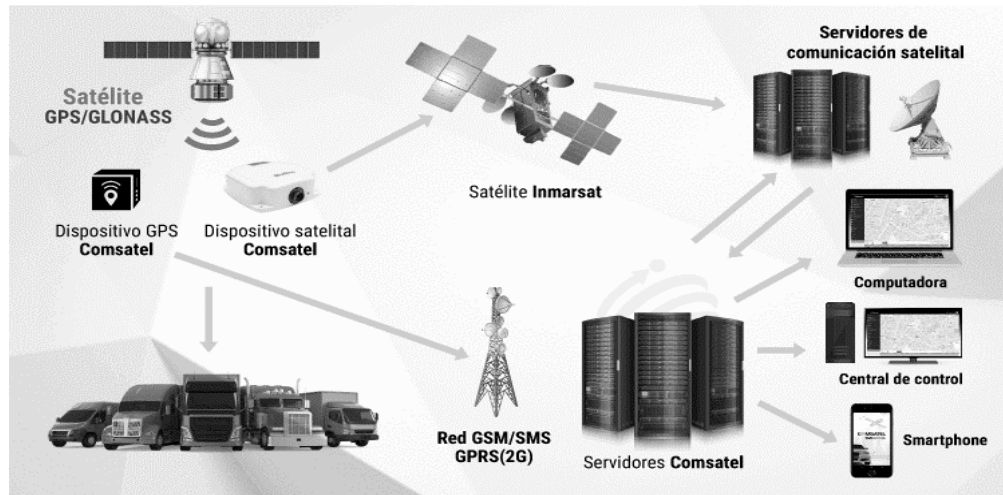
1.3. Herramienta GPS

El GPS funciona triangulando la posición del emisor en la ubicación y tiempo real, mandando la señal a un receptor que se encuentra en un satélite, y con la ubicación a la palma de la mano. Esta tecnología fue inventada y desarrollada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norte América.

El sistema de posicionamiento global mediante satélites supone uno de los más importantes avances tecnológicos de las últimas décadas. Diseñado inicialmente como herramienta militar para la estimación precisa de posición, velocidad y tiempo, se ha utilizado también en múltiples aplicaciones civiles. Por razones de seguridad, las señales GPS generadas para uso civil se someten a una degradación deliberada, al tiempo que su emisión se restringe a una determinada frecuencia.

En el ámbito civil y alegando razones de seguridad sólo se permite el uso de un subconjunto degradado de señales GPS. Sin embargo, la comunidad civil ha encontrado alternativas para obtener una excelente precisión en la localización mediante las denominadas técnicas diferenciales. Gracias a ellas las aplicaciones civiles han experimentado un gran crecimiento y actualmente existen más de 70 fabricantes de receptores GPS. (Pozo, Ribeiro, García, García, Guinea y Sandoval, 2000, p. 2)

Figura 3. **Funcionamiento del sistema GPS**



Fuente: Fuso (2017). *Sistema de rastreo GPS para flota de camiones*. Consultado el 9 de agosto de 2021. Recuperado de <https://www.fuso.com.pe/blog/sistema-rastreo-gps-para-camiones/>.

El sistema de posicionamiento global es un sistema que permite monitorear y observar de manera remota con algún dispositivo con accesos a Internet (celular, computadora o tableta), la ubicación exacta en tiempo real con un margen de incerteza menor al 5 %, a través de satélites.

Con esta tecnología las empresas pueden monitorear a cualquier hora la ubicación real, en el transcurso de algún viaje desde cualquier lugar con acceso a Internet. Esta herramienta puede mejorar la administración de la flotilla pues la plataforma que utiliza el sistema permite corroborar las distancias recorridas por la unidad, tiempo de paradas, tiempo de entrega, el rendimiento de combustible, velocidad de conducción, y tiene todos los aspectos necesarios para llevar un control óptimo durante los viajes.

El sistema GPS funciona de la siguiente manera: como todo sistema de comunicación necesita un emisor, el cual se encuentra en el objeto que deseamos monitorear, regularmente en los camiones se ubica en algún lugar oculto y desconocido tanto para el piloto como para el dueño para evitar alguna anomalía, además de instalar un botón de pánico en algún lugar estipulado, que al accionarlo emita una alerta directa a la plataforma, el receptor es un satélite que recibe la información constante, cabe mencionar que depende del servicio la eficiencia, el mensaje que en este caso es la ubicación en tiempo real, que el usuario la puede visualizar ingresando a la aplicación o página propia de la empresa que preste el servicio, o por medio de llamada telefónica, comunicarse a una operadora y que esta diga en qué lugar se encuentra.

1.3.1. Sistema de gestión

El sistema de gestión está basado en el círculo de mejora continua de Deming, que busca establecer una serie de fases para llevar a cabo un plan detallado que proporcione una guía, también usada para certificaciones ISO, donde la calidad es de suma importancia para poder operar o competir en el mercado. En este caso se aplica a una mediana empresa, que ha sido operada, como se le llama en Guatemala, por costumbre. A la administración, pese a poseer experiencia, le hace falta metodologías, manuales de respaldo para una operación de calidad.

Para Rodríguez y Pérez (2020) “un sistema de gestión es el modo en el que una empresa u organización ordena sus procesos para intentar conseguir la satisfacción del cliente” (p. 12). Es el enfoque de las actividades que tiene una empresa para administrar de manera unida e integrada todas las variables que son de interés común en las diferentes áreas de una organización, logrando

una interconexión en las áreas y alineando los intereses a los objetivos macros de la empresa, logrando también una política integrada.

La calidad de un bien o servicio no se decreta, se debe crear y producir con el paso del tiempo (experiencia). Pero hoy en día no se puede dar el lujo de esperar tanto tiempo para tener una buena calidad, por lo que es necesario tener una guía para la creación de un sistema de calidad, que garantiza el control de los procesos y empuja a la calidad. Una de estas formas para ayudar a lograr los objetivos de calidad son las normas ISO 9000 e ISO 9001, que dicen lo que se debe hacer y cómo hacerlo, que es la verdadera tarea de quien va a documentar, diseñar e implementar un sistema basado en el círculo de calidad.

Para Camisón (2006):

La gestión de la calidad se ha convertido actualmente en la condición necesaria para cualquier estrategia dirigida hacia el éxito competitivo de la empresa. El aumento incesante del nivel de exigencia del consumidor, junto a la explosión de competencia procedente de nuevos países con ventajas comparativas en costes y la creciente complejidad de productos, procesos, sistemas y organizaciones, son algunas de las causas que hacen de la calidad un factor determinante para la competitividad y la supervivencia de la empresa moderna. (p. XXI)

1.3.2. Beneficios de la herramienta GPS

Una compañía encargada de brindar los servicios de GPS con base de operación en Guatemala informa de los múltiples beneficios de tener la herramienta de GPS en una flotilla de transporte pesado:

- Monitoreo y control durante el viaje, con esto es posible garantizar la visualización en tiempo real con los mapas que se encuentran en la plataforma.
- Comunicación mediante un servicio de voz, se instala en la unidad un receptor de audio para comunicarse con el piloto en lugares donde hay señal de telefonía.
- Audio que puede fungir como pruebas ante alguna eventualidad como robo o incidente, sin que se entere el piloto.
- Tiempos innecesarios, con el GPS se puede monitorear las paradas que tengan los pilotos en las rutas, durando más de lo establecido, esto con el fin de garantizar la hora de entrega de la mercadería, así como justificar algún retraso.
- Con el sistema GPS se puede planificar las rutas más cortas en los viajes, y rutas alternas si hubiera alguna eventualidad, como accidentes, y bloqueos.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para cumplir los objetivos de la presente investigación y tener un orden al momento de realizar el diseño de gestión de mantenimiento, se elaboró un cronograma de actividades que se llevó a cabo, mediante fases, que inició con investigaciones previas hasta trabajo de campo. La cuales se describen a continuación.

La primera etapa inició con una revisión documental para hacer los antecedentes de la misma, con los cuales se investigó el alcance, metodología y solución que han tenido las investigaciones de gestión de mantenimiento en las flotillas a nivel mundial, y cómo ha afectado tanto a la empresa en curso, como población en general, así como para fortalecer el marco teórico, de esta investigación, fundamentando la línea de investigación, objeto de estudio y herramienta de solución, conocer cada una de estos grupo hace que la investigación tenga una consistencia, luego se determinó el problema que se desea solucionar, mediante un acercamiento con la empresa en estudio, se conocieron los distintos problemas y oportunidades de mejora, para escoger un problema raíz, conociendo las causas y consecuencias, para englobar varios problemas en uno y encontrar una propuesta que le dé solución, después se plantearon las preguntas de investigación, y los objetivos los cuales, se presentan con sus resultados, análisis, y diagnósticos,

Luego de tener toda la fundamentación teórica, se procedió a realizar un diagnóstico situacional de la empresa, para esta etapa, se utilizaron *focus group*, entrevistas y observación, para determinar los diferentes problemas de la empresa en estudio, con base en los resultados arrojados por la gráfica de

las entrevistas se procedió a realizar una segunda investigación documental, de los procedimientos que la empresa bajo estudio utiliza para desarrollar la gestión de mantenimiento, con el objetivo de definir la herramienta más adecuada para la propuesta de modelo de gestión. Se identificó que la empresa posee procedimientos empíricos, con diferente nivel de riesgo.

Una vez realizado el trabajo de campo, se inició el procesamiento de la información obtenida para posteriormente analizarla.

Posteriormente se realizó el trabajo de campo, el cual consistió en un levantamiento de datos para tener una base estadística de historial de mantenimiento y encontrar la tendencia del tipo de reparaciones que más frecuente la empresa, los cuales fueron plasmados en una gráfica de barras. Además, se realizó un análisis de riesgo para los procedimientos y poder categorizar los procedimientos mediante el riesgo.

Se continuó realizando los diagramas de las actividades para cada procedimiento de mantenimiento, identificando las principales actividades y puntos de control.

Obtenida la información anterior, se procedió a analizarla y se usó de base para diseñar el modelo de gestión de proyectos propuesto, con las siguientes fases.

- Fase 1: Diagnóstico de la empresa

Inicialmente se realizará un diagnóstico de cómo se encuentra la empresa, mediante las técnicas de grupo de discusión con los clientes internos y jefes involucrados, posteriormente se hará un diagnóstico de causa y efecto para

encontrar los problemas u oportunidades de mejora de los procesos involucrados en la gestión de mantenimiento.

- Fase 2: Análisis de factores críticos

Realizar formatos para determinar una estadística de kilómetros recorridos, para realizar programaciones de mantenimiento predictivo y bitácoras de mantenimientos correctivos para determinar causas y subcausas.

Posteriormente se hará la revisión de los procedimientos oficializados para el desarrollo de los mantenimientos y la falta de estos para dar una explicación a los retrasos a los mantenimientos correctivos. Al momento de tener una base de datos se podrá evidenciar cuáles son las fallas más recurrentes y comunes, con lo cual se podrá tomar decisiones de los factores críticos.

- Fase 3: evaluar los beneficios que tiene un plan de trabajo para aplicarlo en un plan de mantenimiento

Diseñar procedimientos específicos y objetivos que permitan el ágil desarrollo de programas de mantenimiento, así como diseñar indicadores de desempeño que permitan visualizar, dar seguimiento y tomar decisiones a futuro. Además, se prevé la ayuda de un dispositivo electrónico que se conecta al camión y se monitorea mediante un software para evaluar el rendimiento y recorrido, para luego compararlo con los datos estadísticos compilados.

Esto dará un panorama para evaluar los beneficios de introducir los nuevos procedimientos e indicadores juntamente con la herramienta de trabajo para ejecutar el plan de mantenimiento.

Se presenta al final el análisis y la discusión de los resultados, mostrando las conclusiones y recomendaciones alcanzadas en la investigación

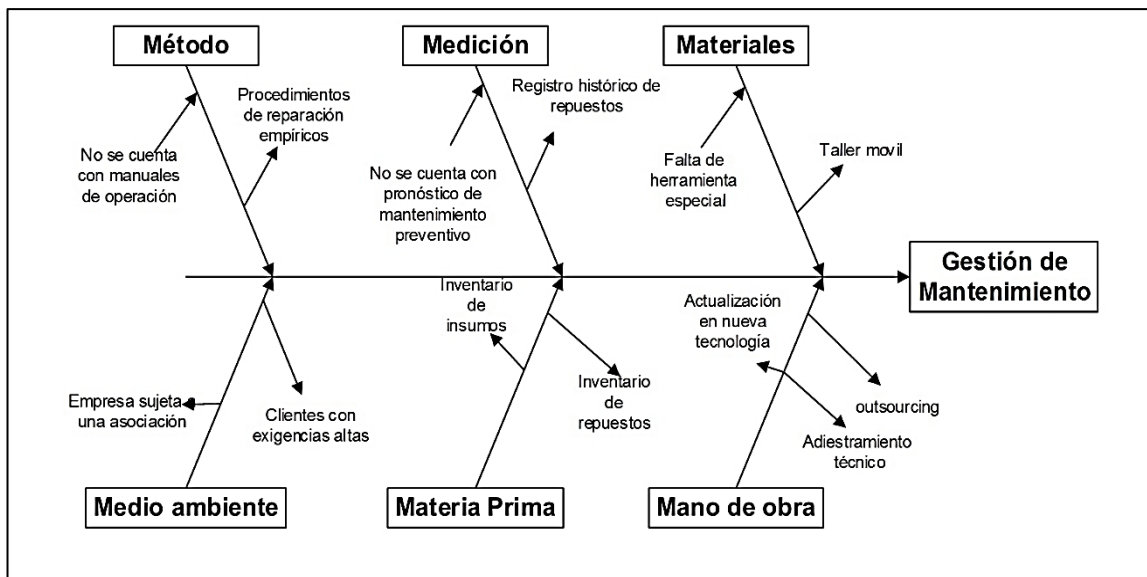
3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos propuestos, se presentan los siguientes resultados.

3.1. Objetivo 1: Realización de diagnóstico de situación para conocer los procesos de mantenimiento llevados a cabo en la empresa de transporte pesado

Se procedió a realizar un diagrama Ishikawa para visualizar de una mejor manera los problemas que tiene el sistema de gestión de mantenimiento.

Figura 4. Diagrama Ishikawa situacional



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

De la gráfica anterior podemos observar los distintos problemas que presenta la gestión de mantenimiento de transporte pesado. De los cuales podemos justificar.

- Materiales

La falta de herramienta especial hace que los métodos de trabajo sean deficientes, y complicados, haciendo que un procedimiento de rutina simple se vuelve tardado y complicado. Además de quitar vida útil a los equipos, pues los procedimientos son incorrectos. Ejemplo al momento de apretar un componente del sistema de inyección si no se aprieta con las indicaciones del fabricante, con la herramienta de maneral tipo torque, si apretamos de más desgastamos la pieza y si no apretamos como se debe la pieza queda floja por lo que formaría una ciza y cabeceo con la pieza. Contar con un servicio de taller móvil es necesario pues la operación de las unidades se encuentra en toda la red vial de la república.

- Medición

Al no se cuenta con un pronóstico de mantenimiento preventivo, no se puede planificar los costos de mantenimiento confundiendo con gastos de mantenimiento, para prolongar la vida útil de los equipos es necesario registrarse por una planificación de mantenimiento, donde predomine el kilometraje, que es la medida que se utiliza para realizar los cambios de aceites, cambio de neumáticos, cambio de rodamientos, entre otros.

Cabe mencionar que este parámetro no es retroactivo lo que quiere decir que si nos pasamos del kilometraje específico de un servicio nunca podrá recuperar el desgaste que sufre la pieza. Es indispensable contar con registro

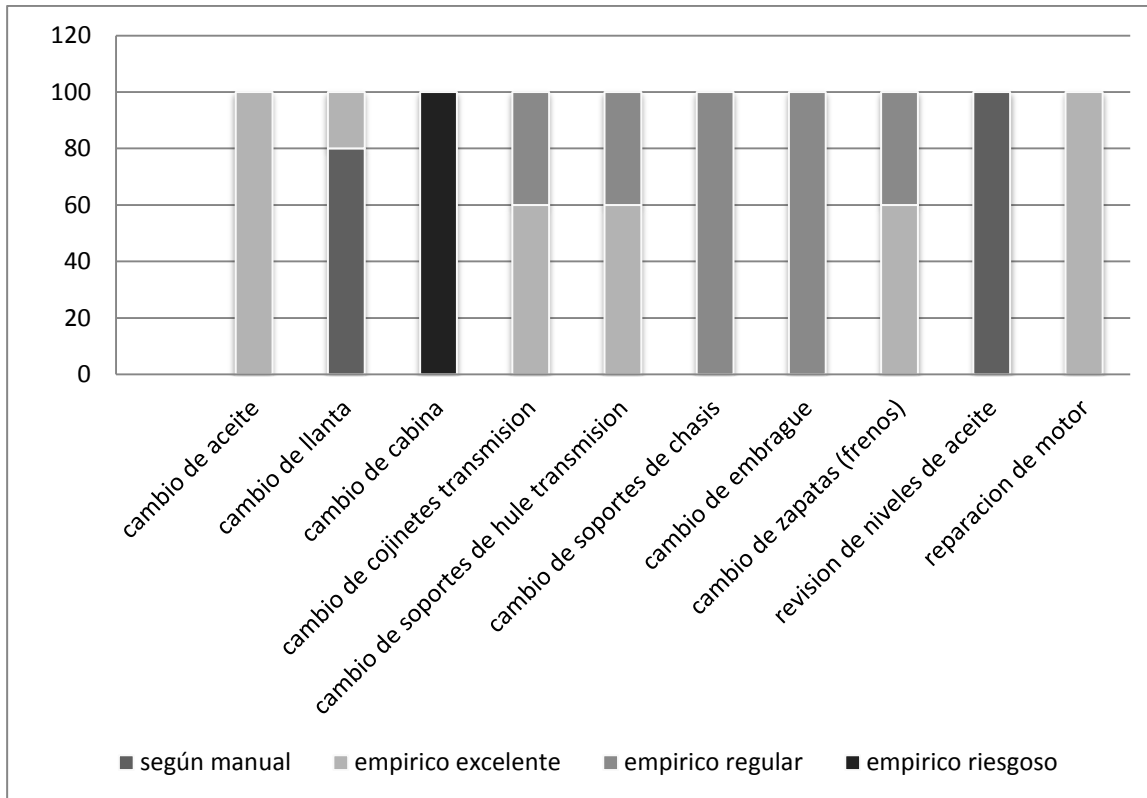
histórico de repuestos, que ayuda a la empresa a monitorear la operación, mediante los datos históricos. Además sirve de parámetro para poder evaluar la calidad de los repuestos, respecto al tiempo de uso, al proveedor con el que se adquirió, y de guía para mantener un stock de repuestos que tienen una rotación alta.

- Método

Los procedimientos de reparación son empíricos, lo cual no nos garantiza que las reparaciones queden bien, si el método de trabajo no es dirigido, es posible que se pierdan piezas al momento de desarmar, y que por cuestiones de tiempo estén no sean reemplazadas, logrando tener una consecuencia aún más grande; Los lugares donde se efectúen los mismo deben ser apropiados lejos de riesgos, para garantizar que los procedimientos no sean riesgosos. Además, si no se cuenta con herramientas de diagnóstico, no se tiene la seguridad de que, al momento de efectuar una reparación, se incurra en gastos de repuestos innecesarios, sin contar que persista la falla.

Contar con manuales de fabricante de reparación, nos da una guía para los desmontajes adecuados de las piezas y componentes, nos da la información necesaria de la herramienta necesaria para cada tipo de avería, y nos mitiga los riesgos al momento de efectuar una reparación.

Figura 5. **Procedimientos vigentes a noviembre 2019**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

- **Mano de obra**

La principal mano de obra que cuenta la empresa respecto al mantenimiento es *outsourcing*, por lo que es necesario evaluar la mano de obra, dado que los equipos de las unidades, son en su mayoría comandados por computadoras, las empresas que brindan el servicio de taller a las unidades comparten características similares respecto a la mano de obra, personal sin adiestramiento técnico, joven, que se guían por el encargado, los métodos de trabajo son empíricos y el ambiente laboral es agradable, por lo que al momento de trabajar se percibe una armonía de trabajo.

Pese a que la mano de obra sea empírica cabe mencionar que los resultados han sido satisfactorios, teniendo que reclamar por garantía muy pocas veces. Uno de los falencias de la mano obra es la actualización en nuevas tecnologías, las unidades del año 2010 para adelante tienen nuevas tecnologías que deben ser diagnosticadas antes de empezar una reparación, por lo que para realizar el diagnóstico de fallas y averías se debe obtener certificados y cursos para poder operar la herramienta de diagnóstico.

Figura 6. **Diagnóstico de nuevas tecnologías**



Fuente: [Fotografía de Josué Samuel García Prera]. (Transportes Unidos S. A., zona 18. 2021). Colección propia. Guatemala.

- **Materia prima**

La empresa de transporte no cuenta con un stock de Inventario de repuestos, por lo que ante cualquier reparación se debe realizar un proceso de compras, lo cual genera desperdicio de tiempo. Además de no contar con un

suficiente inventario de insumos, tales como neumáticos, aceite de motor, grasa, aceite para transmisión, líquido de frenos, en este aspecto se debe reincidir en que a mayor volumen de compra de insumos se puede conseguir un menor costo unitario.

- Medio ambiente

La empresa está sujeta a una asociación, por lo que al momento de querer cambiar de *outsourcing* de mantenimiento se debe tomar la decisión en grupo, pero a su vez la asociación no apoya el adquirir insumos en volumen para apoyar a todos los socios a su vez que el cliente es altamente exigente, que se le debe cumplir todo lo que exige al pie de la letra.

3.2. Objetivo 2: Determinación de los factores críticos de mantenimiento que se deben implementar para las medidas de mejora para elevar la eficiencia de la gestión d mantenimiento

Luego de la observación durante estos 6 meses, y la encuesta que se les proporcionaron a los pilotos y encargado de mantenimiento se puede concluir que los factores críticos de mantenimiento son:

- Tiempo de duración de mantenimiento

El tiempo que se tarda un proceso en mantenimiento. El tiempo se mide en horas efectivas de trabajo, y los retrasos del mismo pueden afectar a toda la operación, llegando a dejar parada la unidad por días. Es aquí donde la gestión de compras toma relevancia, con el tiempo en que tarda para conseguir un repuesto de manera óptima.

- Mano de obra

Es necesario que la mano de obra sea de calidad, pues esto nos garantiza que el mantenimiento sea el adecuado, en un tiempo justo, que nos garantice solucionar la avería y algún desperfecto mecánico en la ruta.

- Calidad de los repuestos

Los repuestos que se adquieren al momento de necesitarlos deben de tener una garantía de fabricante y tener una calidad considerable, eso no debe incidir en adquirir todos los repuestos en la agencia, sino buscar proveedores de confianza que nos den opciones de marcas de prestigio en los mismos. Además de cotizar repuestos usados, en importadoras legales con presencia en el mercado.

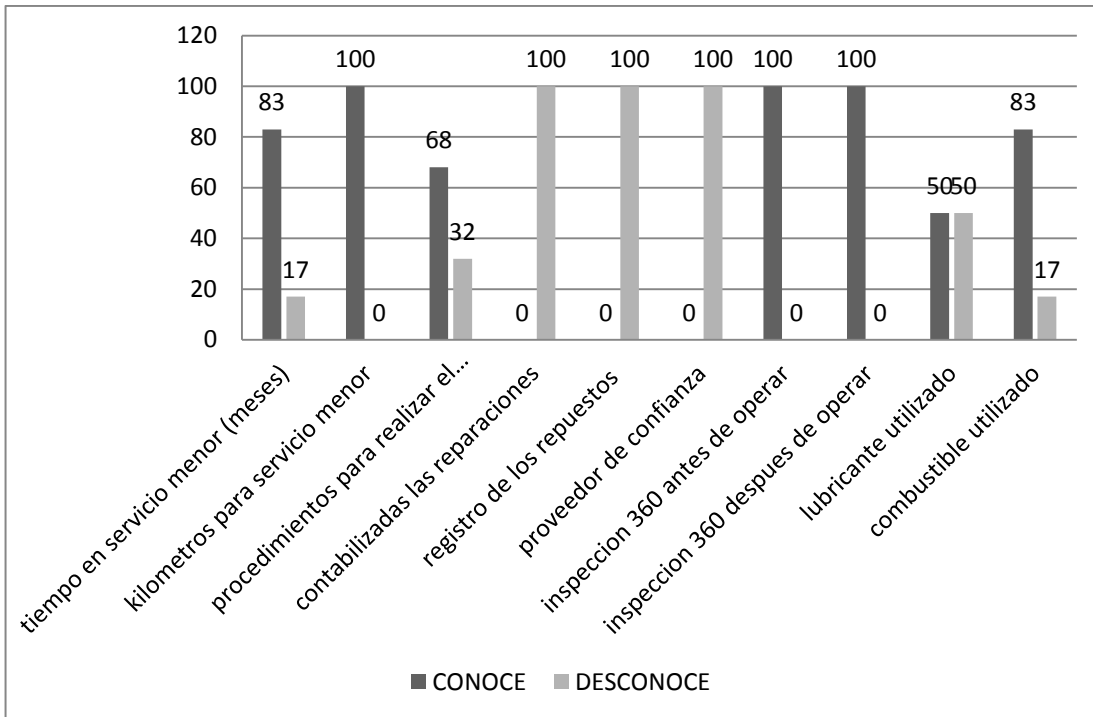
- Inspección diaria

La inspección diaria debe realizarse antes y después de la operación, es necesario puesto que la observación directa de los componentes físicos de la Unidad es una forma de inspección efectiva, para garantizar la operación de la misma en ruta, el detectar fugas o algún ruido que no sea normal, nos puede evitar algún desperfecto en la ruta.

- Kilometraje

El llevar el registro de los kilómetros recorridos es la forma más efectiva de tener control sobre los mantenimientos preventivos y programados para prolongar la vida útil de las unidades. A la vez de que nos sirve para pronosticar los costos de operación de los futuros años.

Figura 7. Resultados encuesta



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

3.3. Objetivo 3: Evaluación de los beneficios del plan de trabajo a utilizar en un modelo de gestión de mantenimiento de una empresa de transporte pesado

Para alcanzar la evaluación de los beneficios del plan de trabajo en un modelo de gestión de mantenimiento se tiene el siguiente ejemplo.

- Reducción de costos

Como podemos observar en la tabla II, al comparar los precios del mismo tipo de aceite, resulta más favorable adquirir el aceite en tonel. A su vez, que

con un tonel tenemos material para realizar de 6 a 7 servicios. Reduciendo los costos de mantenimiento. Siendo este uno de los beneficios de tener un plan de trabajo con el cual se puede planificar la compra de insumos con un volumen alto para ahorrar los costos de mantenimiento.

Tabla II. **Precio de litro de aceite 10W40 sintético**

| Volumen | Valor | Cantidad l | Valor 1l |
|--------------------------------|--------------|-------------------|-----------------|
| 1 gal en aceitera convencional | Q. 225.00 | 5 l | Q. 45.00 l |
| Cubeta de aceite | Q. 600.00 | 5 gal / 18.9 l | Q. 31.75 l |
| Tonel de aceite | Q. 4,500.00 | 42 gal / 159 l | Q. 28.30 l |

Fuente: elaboración propia.

- Satisfacción con los clientes

Con un plan de trabajo establecido, podemos garantizar la operación de trabajo. Con lo cual no se tendrán ningún reclamo de parte los clientes, creando una imagen sólida y de prestigio como tal. Generando más oportunidades de negocio en el futuro.

- Garantía en la operación

La confiabilidad del plan de trabajo beneficia a la empresa generando mayores utilidades, a los pilotos les brinda la confianza de poder operar sin ningún riesgo, que la unidad pueda sufrir algún percance por condiciones

mecánicas en el camino, a la población guatemalteca que últimamente han sido víctimas de los accidentes por negligencia al volante, o por desperfectos mecánicos.

3.4. Propuesta: Diseño de gestión de mantenimiento en una empresa de transporte pesado mediante la herramienta de sistema de posicionamiento global

A continuación, se presenta la propuesta de diseño de gestión de mantenimiento, mediante la herramienta de sistema de posicionamiento global.

3.4.1. Ficha técnica

Tener una ficha técnica nos da un punto de referencia para empezar a preparar un mantenimiento planificado o preventivo. Otra ventaja es la de no depender de que una pieza la desmonten para conocer el repuesto. La ficha técnica es necesaria irla actualizando conforme la experiencia, y tenerla a la mano, cuando exista una reparación, lo que debe contener es:

- Número de motor
- Modelo y serie
- Número de chasis
- Número de filtro de motor
- Número de filtro de combustible
- Número de filtro de admisión
- Tipo de aceite de motor
- Tipo de aceite de transmisión
- Tipo de aceite de catarina
- Tipo de aceite de dirección hidráulica

- Tipo de llantas
- Relación de Catarina
- Número de cojinete de eje de transmisión (Cruces)
- Número de zapata delantera
- Número de zapata trasera
- Tipo de acumulador
- Tipo de silbín
- Tipo de luces auxiliares
- Número de embrague
- Longitud de transmisión
- Engrasadoras
- Cantidad de presión en depósitos de aire

3.4.2. Control de inspección diario

La bitácora 360 es una hoja de control que obliga al piloto a realizar una inspección antes de iniciar la operación y después de terminarla, teniendo como objetivo el anteponerse a una condición insegura. Dentro de los aspectos a monitorear se tienen:

- Medición de niveles (agua, aceite)
- Presión y condición de neumáticos (90 psi)
- Luces frontales, laterales y traseras
- Depósito de aire (debe drenarse el excedente de agua)
- Frenos de servicio y parqueo
- Estado y colocación de espejos retrovisores
- Fuga de aceite, agua, aire
- Aplicar revisión 360 a toda la unidad

3.4.3. Control de mantenimiento preventivo mensual

El control de mantenimiento mensual es una lista de chequeo que permite recopilar la información, de todo lo sucedido en el mes de trabajo, para tener un control estadístico. Del control, de neumáticos, de equipo del piloto, equipo de unidad y equipo de carga además de darle la importancia que merece el control de mantenimiento, agrupando de la siguiente manera:

- Fugas de aceite
 - En los diferente componentes que utilicen aceite
- Sistema eléctrico
 - En todas las luces, y componentes eléctricos
- Sistema de frenos
 - Fugas, y revisión periódica
- Cambio de aceite
 - De los diferentes componentes que lo utilizan
- Cambios varios
 - De suspensión y sus componentes

Adicional se deja un espacio de especificaciones para declarar alguna otra reparación que no se dejó planteado en la lista de chequeo. Esta hoja nos sirve para presentar un informe trimestral de las diferentes fallas vistas y los problemas reincidentes para mantener un historial bajo.

3.4.4. Proceso de compras

El proceso de compras se puede dividir en cuatro subgrupos:

- **Compras de repuestos nuevos**

Es necesario tener como político de compras, el por lo menos cotizar con tres proveedores de confianza el componente, solicitando las mejores marcas del repuesto requerido. Se debe crear una base de proveedores con los números de teléfono rápidos para ser atendidos de manera directa o por medio de mensajes de *WhatsApp*. Además de priorizar los siguientes aspectos.

- Marca
- Entrega
- Forma de pago
- Precio
- Servicio

- **Compras de repuestos usados**

Es necesario tener como política de compras, el por lo menos cotizar en tres áreas de importadoras, Chimaltenango, Atlántico, y zona 3, y manteniendo el de cotizar por lo menos tres proveedores por zona, cada repuesto es necesario que brinden la factura correspondiente, una garantía por escrito y si

es posible, repuestos a consignación. Se debe crear una base de proveedores con los números de teléfono rápidos para ser atendidos de manera directa o por medio de mensajes de *WhatsApp*. Además de priorizar los siguientes aspectos.

- Procedencia
 - Condición
 - Garantía
 - Entrega
- Compras de insumos

Para el proceso de compras de insumos es necesario, una planificación anual, para adquirir los insumos en volumen, con el mejor proveedor logrando los mejores precios y planes de crédito. Es necesario conocer los proveedores, buscando dentro del gremio las referencias de los mismos. Necesario cotizar por escrito y tomar la mejor decisión respecto al precio y planes de pago.

- Marca
 - Forma de pago
 - Entrega
 - Servicio post venta
- Compra de unidades

Para adquirir nuevas unidades se debe realizar un estudio pertinente para tener la mejor opción en el mercado, teniendo en cuenta lo siguiente.

- Documentación
- Modelo

- Tipo de motor
- Tipo de transmisión
- Cantidad de ejes
- Estado de neumáticos
- Cantidad de millas recorridas
- Estado de origen (rodado, o usado en Guatemala)
- Método de financiamiento

Además de tener dos opciones más como la de importar directamente desde Estados Unidos, por medio de membresía de compras. Se debe estudiar el caso pues el método de pago es únicamente efectivo, y comprar una unidad directamente en una concesionaria, el modelo que se ajuste a la demanda de trabajo.

3.4.5. Proceso de mantenimiento integral

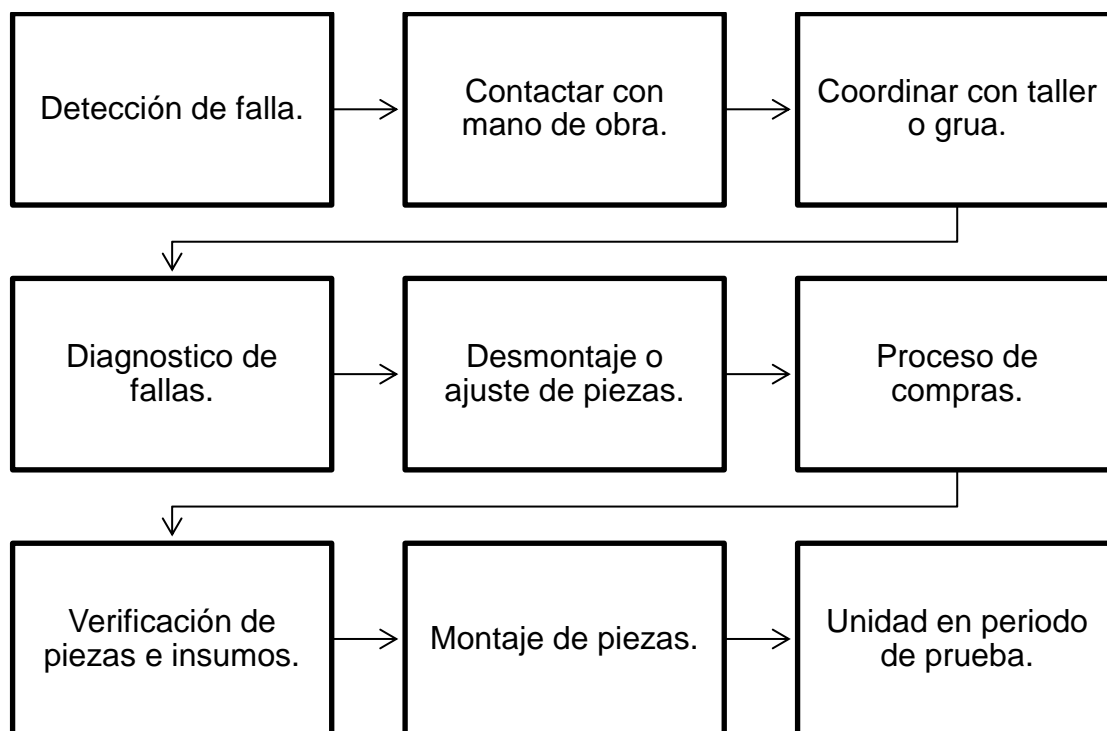
El proceso de mantenimiento integral se encuentra compuesto por el proceso de mantenimiento correctivo y el proceso de mantenimiento preventivo los cuales se describen a continuación.

3.4.5.1. Proceso de mantenimiento correctivo

El proceso de mantenimiento correctivo debe desaparecer conforme se haya implementado al 100 % el mantenimiento preventivo y mantenimiento predicativo. No obstante, se debe crear el proceso de mantenimiento correctivo inmediato ante algún inoportuno desperfecto que sufra la unidad tanto en ruta como con la unidad detenida.

Para que el mantenimiento correctivo sea eficiente, se debe contar con una base de datos de insumos y repuestos. Así como conocer la ubicación al momento de querer adquirirlo, cabe mencionar que este tipo de mantenimiento siempre se requiere que se realice de forma urgente.

Figura 8. **Proceso mantenimiento correctivo**



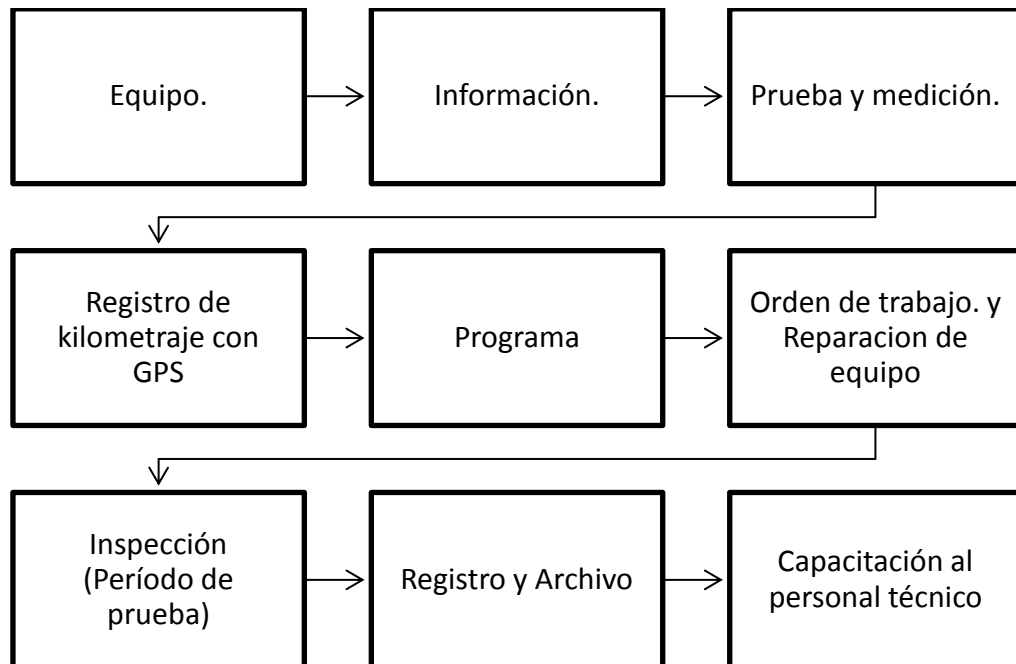
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Cabe mencionar, que el mantenimiento correctivo, depende la mano de obra y los proveedores de los repuestos e insumos ya que de las dos partes depende el tiempo que se tarde una reparación.

3.4.5.2. Proceso de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo nos brinda seguridad, nos ahorra costos de mantenimiento, lo cual sirve como estrategia de negocio para competir en la industria del transporte en Guatemala, se debe regir por un plan estructurado y detallado por kilómetros recorridos.

Figura 9. Proceso mantenimiento preventivo



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Para el proceso de mantenimiento preventivo es necesario tener a la mano la información descrita en el diagrama anterior.

- Equipo

Conocer a profundidad el equipo con el que se va a trabajar ayuda a que el mantenimiento preventivo se efectúe de manera eficiente. Para ello se debe apoyar de la ficha técnica que es hoja de información del vehículo, de las piezas y componentes que tiene. La ficha técnica funciona tal como la hoja de vida de un nuevo integrante de la organización.

- Información

Para tener un panorama claro del mantenimiento preventivo se debe tener toda la información técnica relacionada a la unidad, para esto se debe poseer los manuales de fabricante de operación, manual de reparaciones, en los manuales se encuentra la información acerca de los intervalos de kilómetros de cambios de cada componente, indica cada tipo de insumo que requiere el vehículo y sugiere el nombre del proveedor. Esta información debe ser el punto de partida de un plan de mantenimiento preventivo.

- Prueba y medición

La información recaudada en los manuales de cada unidad sirve como punto de partida, pero se debe tener en cuenta que existe un cambio drástico al tipo de mantenimiento que puede darse de una empresa a otra. Si una unidad proviene de Estados Unidos, se debe conocer de qué estado proviene, si es de un lugar frío o lugar cálido, pues de eso depende el tipo de lubricantes que ha utilizado en toda su vida, si la unidad recorría distancias largas o cortas, si las piezas reemplazadas al momento de realizar un plan de mantenimiento era partes OEM (repuestos originales) o partes genéricas. ¿Qué tipo de combustible utiliza? y ¿Cuál era su porcentaje?

Al interrogar todas esas cuestiones, un análisis previo deja más interrogantes que respuestas, por lo que es necesario realizar un análisis a profundidad a partir del primer servicio general, para darle un correcto seguimiento, logrando un programa de mantenimiento predictivo que consiste en seguir las recomendaciones de los informes de un análisis a profundidad de un laboratorio.

Se debe buscar un laboratorio, que brinde los siguientes servicios:

- Prueba de combustible diésel
- Prueba de refrigerante
- Prueba de grasas
- Prueba de lubricante para motor
- Prueba de lubricante para transmisión
- Prueba de lubricante para caja de dirección

Con las pruebas efectuadas se puede conocer los daños producidos al equipo, debido a las partículas de desgaste y escombros extremadamente diminutos. Los análisis son una herramienta de mantenimiento preventivo, que descubre problemas reparables antes que se conviertan en fallas catastróficas, lo que significa:

- Menos tiempo de inactividad no programada (mantenimiento correctivo)
- una mayor confiabilidad
- Productividad y rentabilidad del equipo

Además de obtener los beneficios a futuro como:

- Prolongar los intervalos de cambio de aceite
- Prolongar la vida útil del equipo
- Identificar problemas antes de que falle el equipo

Tener un programa de pruebas de insumos en definitiva mejorará la gestión de mantenimiento.

- Registro de kilometraje con base en la herramienta GPS

Es la acción más importante del mantenimiento preventivo, pues la gestión de mantenimiento para las unidades de transporte pesado se basa en la medición de kilómetros, a su vez estos. No son kilómetros que se puedan recuperar con un doble servicio en el futuro, pues ya existe un desgaste e intrusión de partículas ajenas a los sistemas.

Cabe destacar que, para cada sistema, existe una cuenta regresiva diferente para reemplazar el fluido, por ejemplo el tiempo promedio de un cambio de aceite para motor en una unidad oscila entre 10,000 km y 15,000 km mientras que para el cambio de aceite para transmisión de la misma unidad oscila entre 80,000 km a 120,000 km. Por lo que se debe llevar diferentes conteos para realizar las diferentes acciones en el plan de mantenimiento. Es aquí donde la herramienta de GPS. Brinda la solución para el rastreo del kilometraje.

El software de la herramienta GPS es más que solo ubicación y monitoreo. Brinda reportes estadísticos, que son de suma importancia para llevar una buena gestión de mantenimiento preventivo, dentro de los cuales tenemos.

Los reportes del software de la herramienta GPS, brinda un detalle de la operación de la unidad en todo el recorrido, de algún trayecto. Estos reportes se pueden obtener por día, semana, quincena, mes o la unidad de tiempo que se necesite. Por lo que la persona encargada del monitoreo debe llevar una cuenta regresiva acoplada al plan de mantenimiento sugerido.

- Alertas de geocercas

Este reporte indica las veces que la unidad se encuentra fuera del perímetro alrededor de la ubicación

- Resumen actividad diaria

Este reporte muestra un detalle del comportamiento relevante de la unidad en el día, como por ejemplo, velocidad promedio, velocidad máxima, distancia recorrida, tiempo que permaneció encendido, tiempo que permaneció sin marcha, entre otros.

- Consumo de combustible

Muestra el consumo de combustible del día, semana o mes. Para que aplique esta función se debe instalar al tanque de combustible un sensor que detecte los galones de combustible, que ingresan al sistema cada vez que se recargue.

- Rendimiento de combustible

Este reporte muestra el consumo de combustible en un intervalo de tiempo determinado de la unidad, mediante el consumo de combustible se puede

comparar con la distancia recorrida, más una incerteza del tiempo en ralentí de la unidad y de allí se obtiene un rendimiento de combustible.

- Horas uso de motor

Este reporte indica el tiempo en el que el motor estaba encendido, en un intervalo de tiempo.

- Consumo aproximado de combustible

Este reporte indica un consumo aproximado de combustible en un lapso previamente determinado por el usuario, este reporte se realiza sin ningún sensor adicional, lo que se necesita es ingresar manualmente la cantidad de galones que ingresan al sistema de combustible.

- Temperatura por horas

Este reporte indica la temperatura general, (motor, ejes, neumáticos) de la unidad en el intervalo de tiempo que el usuario desee.

- Detalle de velocidades

Este reporte detalla la velocidad a un intervalo de tiempo definido por el usuario, (a cada hora, a cada 30 min, a cada 10 min, a cada 5 min o cada 1 min). Luego de definir el lapso se puede monitorear o rastrear la velocidad promedio por día, semana o mes.

- Fuera de horario

Este reporte detalla las acciones que realizan las unidades fuera de horario. Para esto se debe determinar el tiempo activo y permitido que las unidades pueden operar en determinadas geocercas. Por ejemplo, en la ciudad capital existe la restricción para transporte pesado de 5:30 am a 9:00 am y de 16:30 pm a 20:30 pm.

- Desconexión de batería

Este reporte detalla las veces en las se desconectó la batería de la unidad, y función dado el hardware del GPS funciona con baterías propias recargables.

- Reporte de ignición

Este reporte permite consultar el conteo de las veces que la unidad ha sido puesta en marcha, durante un tiempo determinado (día, semana, entre otros).

- Resumen de ingresos al sistema

Este reporte indica las veces que el usuario principal y los usuarios permitidos ingresan al sistema de monitoreo y seguimiento, con fecha y hora exacta. Así como alguna alteración a las restricciones e intervalos establecidos.

- Corte de motor

Este reporte permite consultar las veces que el usuario accionar la función de corte de motor para que la unidad ya no pueda estar en marcha.

- Seguimiento completo

Este reporte brinda toda la información del reporte emitido para cada unidad, o para una flotilla si así se desea. En un intervalo programado. Ejemplo se puede conocer el consumo de combustible, distancia recorrida de la flotilla del mes de febrero.

- Listado de lugares

Este reporte permite consultar todos los lugares que la unidad recorre, en tiempo real, y el historial que ha estado. En el intervalo que el usuario lo desee. (Día, semana, mes, año).

- Restricciones de lugares

Esta acción permite programar rutas prohibidas, en este caso las rutas prohibidas que los camiones no pueden utilizar. Ejemplo el transporte pesado tiene restringido el acceso a la ciudad de Antigua Guatemala, por lo que, si un vehículo transita por ese lugar, en el reporte asignado, aparecerá una advertencia.

- Excesos de velocidad

Esta acción permite programar la velocidad máxima que una unidad pueda alcanzar, en este caso puntual, en la organización, tienen como límite máximo 69 km/h. A partir de allí cada velocidad que sobrepase el límite máximo aparece como una alerta.

- Velocidad restringida por zonas

Esta acción permite programar alertas de velocidad máxima, en las geocercas programadas por la organización, ejemplo en ruta normal la velocidad máxima es de 69 km/h, pero la velocidad restringida en ruta al atlántico del km 20 al km 25 es de 45 km/h. A partir de allí cada velocidad que sobrepase el límite máximo de la geocerca programada, aparece como una alerta. Esto se hace con el fin de evitar incidentes, registrando los lugares donde más percances han existido.

- Detalle tiempo ralenti

Muestra el tiempo en que una unidad permanece con la encendida sin marcha.

- Botón de pánico

Este instrumento instalado dentro de la cabina es un sensor que, al ser oprimido, manda una señal de alerta máxima al centro de monitoreo de GPS. Este reporte muestra los días, hora y lugar donde se utilizó.

- Reporte de paradas

Este reporte permite consultar las veces que la unidad detuvo su marcha, lugar y horario definido previamente (15 min, 30 min, 60 min).

- Datos históricos

Es toda la información que almacena la plataforma, y sirve para iniciar o ampliar una base de datos. Esta estadística es sumamente importante para tener referencia de consumo de combustible para algún lugar, de la cantidad de kilómetros recorridos por mes, entre otros.

- Distancia recorrida

El reporte más importante para la gestión de mantenimiento integral, el mantenimiento se mide en kilómetros, el desgaste que sufren las piezas es por el uso en operación, más una incerteza de tiempo ralentí. Tiene la función de poder ser programada medidas de kilometraje, y dar una alerta cuando está próxima, ejemplo: Se puede programar que a cada 12,000 km se realice un mantenimiento preventivo básico (cambio de lubricante para motor con filtro de lubricante). Al llegar a los 11,000 km automáticamente emitirá una alerta próxima. Al sobrepasar el kilometraje, si no se chequea la acción, pasará de advertencia a emergencia de uso inadecuado del equipo.

Los reportes del software de la herramienta GPS, brinda un detalle de la operación de la unidad en todo el recorrido, de algún trayecto. Estos reportes se pueden obtener por día, semana, quincena, mes o la unidad de tiempo que se necesite. Por lo que la persona encargada del monitoreo debe llevar una cuenta regresiva acoplada al plan de mantenimiento sugerido.

- Programa de mantenimiento preventivo

Un programa de mantenimiento preventivo es una guía de acciones que se debe cumplir al pie de la letra. Las acciones se deben de dar en un intervalo

previamente establecido según fabricante, o según estudios realizados previamente. Tiene las siguientes acciones:

- Cambio

Es la acción de cambiar los lubricantes, refrigerante, grasas y piezas programadas como rodamientos o retenedores. Se realiza al intervalo que indica el programa de mantenimiento. Se puede categorizar por cambio básico, que consiste en cambiar el aceite de motor con filtro de aceite, un cambio intermedio, que consiste en cambio de aceite con filtro de aceite, cambio de filtros de combustible, cambio de filtro de aire, cambio de refrigerante, y un cambio avanzado que incluye todo lo anterior mencionado en los cambios básicos e intermedio, pero además incluir los sistemas de transmisión, dirección y ejes.

- Inspección

Cada día que se lleva a cabo la operación se debe realizar una inspección de 360 grados a la unidad, al momento de iniciar la operación, y al finalizar. Pero además de eso, cuando se tiene programado un mantenimiento, se debe profundizar la inspección en los puntos descritos en el programa de mantenimiento, mediante una lista de chequeo, se debe inspeccionar, los sistemas, nivelar si hace falta o reemplazar la pieza si ya necesita un cambio.

- Reemplazo

Esta acción se da cuando se cambia un componente por otro, al momento de terminar la vida útil de una pieza. La vida útil de los componentes se puede medir por kilómetros o por horas, dependiendo de la pieza y el uso. Por lo

regular estas piezas no soportan reparaciones. En esta categoría encontramos piezas como acumulador de batería, plumillas, bombillas, luces, entre otros.

- Ajuste

Esta acción se debe dar para prolongar la vida útil de las piezas tanto externas como internas de los componentes de los vehículos, los ajustes se van adecuando según las condiciones que han sido sometidos los equipos, los ajustes o calibraciones sencillas de las piezas van desde un ajuste de frenos a cada semana, así como calibración de piezas internas del motor, ajuste de inyectores de motor (al momento de llevar un registro de análisis de combustible, el laboratorio indicará a cada cuanto se debe realizar la calibración de los inyectores), torque de piezas internas del motor que se necesita de herramienta y equipo especial, entre otros.

- Mantenimiento predictivo

Consiste en prevenir futuros desgastes, es anteponerse a acciones correctivas que conllevan más esfuerzo, tiempo y dinero, regularmente el mantenimiento predictivo se realiza harás de la experiencia y la estadística recaudada. Pero también existe equipo que puede diagnosticar de forma confiable la condición de la piezas, cámaras infrarrojas, análisis de laboratorios, nos dan los parámetros necesarios para conocer el tiempo de vida que le quedan a las piezas.

- Orden de trabajo

Consiste en detallar la información del tipo de mantenimiento que se realizará, los involucrados, los insumos a utilizar, el tiempo aproximado.

Tabla III. **Ejemplo programa de mantenimiento preventivo**

| Actividad | 10,000 km | 20,000 km | 30,000 km | 40,000 km | 50,000 km | 60,000 km | 70,000 km |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Lubricante para motor | C | C | C | C | C | C | C |
| Filtro de aceite de motor | C | C | C | C | C | C | C |
| Filtro de aire | I | I | C | I | I | C | I |
| Filtros de combustibles | C | C | C | C | C | C | C |
| Lubricante para transmisión | I | I | I | I | C | I | I |
| Sistema de frenos | A | A | C | A | A | C | A |
| Acumulador | I | I | I | I | R | I | I |

C = Cambio, I = Inspección, A = Ajuste, R = Reemplazo, M = Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

- **Reparación de equipo**

Es la acción de realizar cualquier tipo de acción del plan de gestión de mantenimiento integral. Luego de leer la orden de trabajo, efectuar el mantenimiento preventivo. Al momento de realizar el mantenimiento preventivo, pueden surgir otras reparaciones, que se deben realizar, esto debe quedar por escrito, de que se realizó, qué piezas se cambiaron o ajustaron. Además de anotar si se usó algún insumo que no estaba contemplado.

- Inspección

Al momento de realizar las reparaciones en los equipos, se debe realizar en conjunto la inspección de otras piezas próximas a darle mantenimiento, esto con el fin de aprovechar el tiempo y espacio, además de garantizar la operación.

- Registro y archivo

Consiste en el último paso del mantenimiento preventivo, se debe llevar registro escrito de toda actividad involucrada a la gestión integral de mantenimiento. Anotando conjuntamente el kilometraje de cada pieza reemplazada, cada ajuste hecho y cada servicio realizado. Esto debe quedar archivado para pronosticar futuros mantenimientos, y tener a la mano los números de los insumos que se utilizan como: número de filtros, tipo de lubricantes, número de rodamientos, número de retenedores, esto con el fin de ahorrar tiempo al momento de realizar el mantenimiento preventivo. Toda la información debe ser agrupada por año, por mes, por unidad, para llevar un control correcto de la flotilla.

3.4.6. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de la gestión de mantenimiento nos dan los parámetros para conocer si la empresa, se encuentra en control, se encuentra estable. También no da la información para tomar decisiones al momento de querer cambiar de proveedor, de taller o de insumos.

Es necesario sintetizar los indicadores por meses, para mantener un registro de cómo ha afectado la gestión, a la rentabilidad.

Tabla IV. **Indicadores de gestión de mantenimiento**

| INDICADOR | DESCRIPCIÓN | PARÁMETRO |
|---------------------------------|--|--|
| Horas mantenimiento preventivo | Tiempo que la unidad, permanece en mantenimiento previo a programación, es necesario contar con todos los insumos necesarios para la rapidez y eficiencia. | No debe exceder los parámetros del mantenimiento programado. |
| Horas mantenimiento correctivo | Tiempo que la unidad permanece descompuesta en ruta. Se debe contar con un mecánico de ruta de respuesta inmediata y un seguro que cubra una grúa 24/7 | Debe ser igual a 0 h al mes |
| Mantenimiento programado | Consiste en calendarizar el mantenimiento de componentes que a simple vista. No se puede diagnosticar | Revisar las horas de uso de componentes |
| Historial refacciones | Contar con todo el inventario de las refacciones de mantenimiento preventivo (servicios menores) y refacciones de mantenimiento programado sujeto a kilometraje controlado por medio de herramienta GPS. | Contar con un stock de al menos 3 kits de servicio menor. |
| Historial de insumos | Debe estar escrito cada número de insumo que se utilizó en los mantenimientos. | Número de cada insumo. |
| Calidad de combustible | El combustible debe cumplir con la especificación del fabricante y debe garantizar la operación óptima de las unidades. | Debe cumplir las normas SAE |
| Combustible por km | Combustible que se utiliza en toda la operación vs. La cantidad de kilómetros que recorren las unidades. | Debe coincidir con el registro de GPS más menos 5 galones |
| Neumáticos por km | Grosor de neumáticos que se utilizan en toda la operación vs. La cantidad de kilómetros que recorren las unidades | Debe durar entre 40,000 km y 45,000 km |
| Mantenimiento preventivo por km | Valor en quetzales que cuesta el mantenimiento preventivo vs. La cantidad de kilómetros que recorren las unidades | Mantener una cuota fija mensual destinada al mantenimiento preventivo y la investigación de este. (20 % de los ingresos mensuales) |
| Mantenimiento correctivo por km | Valor en quetzales que cuesta el mantenimiento correctivo vs. La cantidad de kilómetros que recorren las unidades | Debe ser menor a la cuota fija mensual de mantenimiento preventivo. |
| Satisfacción del cliente | Cantidad de viaje vs. Días laborados del año por unidad. | Debe de ser más de 20 viajes al mes |

Fuente: elaboración propia.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta parte, se hace crítica hacia el trabajo, se determinan aspectos positivos y también los negativos, y se describe la importancia que pueda tener el trabajo para otras investigaciones.

- Análisis interno

La principal fortalezas del trabajo es, que la empresa en estudio siempre estuvo a favor de la investigación, logrando un trabajo en conjunto, brindando todo el acceso a la información y equipo necesario para efectuar la recolección de datos estadísticos en los cuales se basan los resultados. Además de estar siempre en la disposición de escuchar las nuevas técnicas y estrategias de efectuar el mantenimiento, en las unidades, y las técnicas de manejo para mejorar el rendimiento en la operación.

En cuanto a la validez de la investigación, se argumenta lo siguiente:

Para realizar el diagnóstico de situación y conocer los procesos de mantenimiento llevados a cabo en la empresa de transporte pesado, se hicieron varias visitas de campo para determinar en qué estado se encontraban las unidades respecto a la funcionalidad, condiciones y mantenimiento.

Se empezó por aspectos críticos de condición, como estado de neumáticos, baterías, motor, caja de transmisión, diferencial, tren delantero, chasis, sistema de luces, interior y plataforma. Además de revisar los procedimientos con los cuales trabaja la empresa respecto al mantenimiento.

Es necesario implementar factores críticos de mantenimiento para mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento y en toda la operación. Este objetivo sirve para plantear los indicadores necesarios que hacen del mantenimiento una estrategia de negocio que nos garantice operatividad de calidad. Para lograr estos factores es necesario contar con los parámetros adecuados como: manual de operación de cada unidad, por modelo, serie y motor.

Repuestos originales o certificados por empresas de prestigio. Lubricantes y aditivos específicos para cada unidad según fabricante. Neumáticos que cumplan todas las normas para poder ser utilizados en el territorio nacional. Mano de obra calificada para efectuar las reparaciones y servicios. Llevar el control de todo lo perteneciente a la gestión de mantenimiento. Estadística de tiempo de uso, tiempo de vida y tiempo de servicio y control de inventarios en repuestos.

Los beneficios del plan de trabajo a utilizar en un modelo de gestión de mantenimiento de una empresa de transporte pesado. Se ha descrito con anterioridad que el tener una gestión de mantenimiento es necesaria en una empresa para lograr una productividad aceptable. Entre otros beneficios es la confianza al cliente interno que la unidad se encuentra en óptimas condiciones, sin miedo a que la misma sufra algún desperfecto en la carretera que en casos que pueda ocasionar un accidente con pérdidas físicas para la empresa o en caso extremo alguna fatalidad.

Al cliente final le transmitimos la confianza de que los productos llegarán en el tiempo estipulado. El mantenimiento muchas veces es visto como un gasto y no como una estrategia competitiva, esto se podrá lograr cuando se logre llevar el mantenimiento programado como se tiene estipulado. Al tener el

mantenimiento programado podemos conseguir mejores precios de insumos, al tener un mayor volumen.

- Análisis externo

Para hacer el análisis externo de la presente investigación se presenta el estado del arte, que sirvió de base o guía, para trabajar este estudio.

Relacionado con el tema de investigación referente a la gestión de mantenimiento, Rivera (2011) investigó la gestión de mantenimiento como una herramienta para extender la utilidad de los equipos concluyendo que la programación de mantenimiento sirve para alargar la vida de los equipos. Con una correcta gestión del equipo de trabajo.

La investigación nos demuestra el beneficio de que, al realizar el mantenimiento adecuado a los equipos de trabajo, podemos mantener los equipos por mucho tiempo sin necesidad de reemplazarlos por completo. Respecto a la investigación de Rivera (2011), en el caso de la industria motriz, cabe destacar que muchas empresas han puesto como tiempo de vida útil de 20 años, por lo cual, es de vital utilidad, la investigación.

Para mantener en esos 20 años de vida útil a la unidad en óptimas condiciones, Con respeto a otros equipos, como es el caso de los equipos tecnológicos, debemos ser conscientes que el periodo de vida útil varía, por lo que el mantenimiento queda en segundo plano y se debe dar más importancia a la actualización de equipos.

Para ejemplificar los alcances de una correcta gestión de mantenimiento, tenemos que Padilla (2012), realizó un plan de trabajo de gestión de

mantenimiento correctivo, para rescatar los buses de servicio público en el país de Ecuador, dado que ese momento el gobierno no contaba con el presupuesto para adquirir nuevas unidades, y el descontento de la población era eminente.

Creando planes de mantenimiento correctivo, para restaurar las unidades, y crear una gestión de mantenimiento preventivo para mantener las unidades en óptimas condiciones, así recuperar a las personas que utilizaban el servicio de transporte público. Concluyendo que el nivel de transporte público de un país es un indicador de la calidad de vida del mismo.

Con la investigación de Padilla (2012), podemos conocer a profundidad como una correcta gestión pudo salvar el servicio de transporte público de una ciudad y así mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Este ejemplo es aplicable a cualquier flotilla de transporte del país de Guatemala, dado que, si mantenemos en óptimas condiciones las unidades, éstas evitarán quedarse varadas en el camino, ocasionando tráfico, peligro, molestias hacia los ciudadanos, entre otros.

Además, que directamente si las municipalidades aplicarán los criterios de la investigación de Padilla (2012), el nivel de calidad de vida de cada municipio aumentaría, para nadie es un secreto, que muchos buses del servicio público, se encuentran en condiciones reprobables, por lo que los ciudadanos no utilizan este método de transporte y estos optan por utilizar vehículos, taxis y motocicletas. A su vez el no utilizar el servicio de transporte público, ocasiona tráfico, retrasos, espacio, contaminación. Por lo que este tipo de proyectos, deben de ser una prioridad para el gobierno central y las municipalidades.

En la siguiente imagen podemos observar el espacio que ocupan 73 automóviles en una carretera, contra las mismas compartiendo un bus público.

Figura 10. **Espacio de bus vs automóviles**



Fuente: Acosta y Peres (2012). *Auto vs. Transporte Colectivo*. Consultado el 5 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://estudiolampada.wordpress.com/2012/06/30/auto-x-transporte-colectivo/>.

Para definir la mejor metodología de gestión de mantenimiento en la industria, García (2015) estudio que la gestión de mantenimiento es de mucha importancia dado que la producción en las organizaciones depende de los procesos y estos a su vez van de la mano de los equipos y máquinas, por lo que se ha ido impulsando el mantenimiento preventivo y programado para evitar fallar que causen algún paro o alguna consecuencia negativa en la producción

que afecte a la organización. Concluyendo que la calidad en el mantenimiento es sinónimo de confiabilidad en la operación.

Muchas veces los departamentos de producción y de mantenimiento solamente, se ven relacionados cuando un equipo se encuentra dando problemas, con esta investigación García (2015), estudia la importancia de tener el departamento de mantenimiento, contemplado en la planificación de la producción, como mantenimiento preventivo y predictivo. Adelantando a las posibles fallas que puede tener un equipo, con las nuevas tecnologías, para diagnosticar las fallas y monitorear los componentes de los equipos, como rodamientos, retenedores, mediante mapas de calor, estudio en los laboratorios del aceite y sus aditivos. Para planificar los mantenimientos y no interrumpir con la producción, más el contrario aumentarla.

Esta investigación de García (2015), en las unidades de la flotilla estudiada, es aplicable, a la gestión de mantenimiento, programando cada uno de los mantenimientos predictivos, con base en la estadística de kilómetros recorridos que brinda, la herramienta del GPS para efectuar los cambios de componentes y aditivos como aceite de motor a los 10,000 km recorridos, cambio de retenedor de bufa delantera a cada 90,000 km. Teniendo todo documentado y listo para no perder tiempo en la operación y evitar mantenimiento correctivo en la ruta.

Por otra parte, con la investigación de Reino (2015), da a conocer a la gestión de mantenimiento, como una estrategia de diferenciación. Investiga la importancia, de la gestión de negocios, como estrategia de diferenciación en este mercado tan competitivo de transporte pesado, estudiando a profundidad la atención al cliente, donde determina que el contacto personal es de suma importancia para mantener los clientes en la organización, conocer qué es lo

que los clientes quieren y necesitan, y brindando un servicio que más allá del traslado de un producto de un lugar a otro, los pilotos son más que personas que conducen una unidad, muchas veces son las únicas personas que ven de la organización a la que se le presta el servicio, pues los vendedores tienen contacto con ellos solo por teléfono, por lo que al pertenecer a una cadena de suministros, es necesario tener una atención con el cliente de la mejor manera.

Concluyendo que una gestión adecuada de mantenimiento es un arma poderosa de negocios.

Como se ha recalcado en varias ocasiones en esta investigación que la gestión de mantenimiento, se debe tratar como, una estrategia competitiva en el mercado, dado los beneficios, en la productividad de la organización, reflejados directamente en la finanzas de la organización, como los beneficios ante el cliente, mostrando una seguridad al momento de trasladar la carga sin tener ningún contratiempo así como ante la población en general, de recuperar la confianza que se ha perdido, ante el transporte pesado, por todos los accidentes que ha ocasionado. Por lo que concuerdo con Reino (2015), en que la gestión de mantenimiento es una herramienta diferenciadora, en el país de Guatemala.

Para finalizar Wong (2007) recomienda y demuestra en su investigación, los beneficios del manejo técnico económico de conducción y manejo defensivo en la conducción para ayudar al mantenimiento y evitar accidentes en la red vial nacional un manejo defensivo es una estrategia y herramienta para mejorar la calidad en el mantenimiento.

Dicha investigación enseña a los pilotos la manera correcta de utilizar los equipos, y como lograr obtener el mejor rendimiento de las mismas, además de

crear una cultura a hora de conducir, con la cual disminuye los accidentes de tránsito. Wong (2007) demuestra también que, al conducir de manera defensiva, los equipos, se pueden conservar mucho más tiempo, es decir es un complemento perfecto a la gestión de mantenimiento, para garantizar una mayor productividad.

Comparando los aportes de los antecedentes con la propuesta diseño de un sistema de gestión de mantenimiento en una empresa de transporte pesado mediante la herramienta G se puede decir, que uno de los puntos fuertes que sustenta dicha investigación es la de poder convencer a la empresa en estudio los beneficios monetarios que se obtienen implantar este modelo de gestión con el cual se reducen los costos de mantenimiento, los días que ocupan para reparar una unidad, que esto se traduce a menos utilidades, además de crear en los clientes una mala imagen que desprestigie la empresa, con esta gestión se acabarán los problemas de mantenimiento correctivo en ruta, lo cual garantiza una operación interrumpida, la cual beneficia al cliente, cliente interno y población en general que utiliza las redes viales de Guatemala.

Y por último otra ventaja que se obtiene con este diseño de gestión es la prolongar la vida útil de las unidades, la cual impacta directamente a la rentabilidad de la empresa de manera positiva.

CONCLUSIONES

1. El diagnóstico situacional que se realizó en la empresa, de transporte presenta varios problemas, en la gestión de mantenimiento, como los son: procesos de mantenimiento correctivo de forma empírica, sin tecnificación, ni uso de tecnología para realizar diagnósticos y oportunidades de mejora, los procesos de compras y proceso de cotización. Además de realizar una inspección física, solamente cuando ocurre algo.
2. Los factores críticos de la gestión de mantenimiento predictivo y correctivo son: tiempo de reparaciones, tipo de mano de obra, calidad de los repuestos, inspección diaria 360 grados y kilometraje. Afectando cada uno de ellos a la operación de la organización.
3. Los beneficios de la presente investigación, que se obtuvieron al realizar un estudio piloto del plan de trabajo, del sistema de gestión de plan de mantenimiento son: la reducción de costos que beneficia directamente a la organización, garantía en la operación que beneficia al cliente interno y a la población guatemalteca al tener la confianza que no ocurra algún desperfecto en el camino, satisfacción con los clientes que a su vez nos brinda oportunidad de negocio.
4. La propuesta de realizar un diseño de un sistema de gestión de mantenimiento integral en una empresa de transporte pesado mediante la herramienta de sistema de posicionamiento global GPS combina métodos de ingeniería de administración y de dirección de operaciones a

los procesos relacionados con el mantenimiento, con el objetivo de mejorar la gestión, el control adecuado del transporte y los resultados de la empresa. Cambiando la forma realizar el mantenimiento de una forma empírica a una gestión de mantenimiento, Teniendo una estadística basada en el kilometraje para la planeación de mantenimiento predictivo. Apoyada de un inventario de repuestos y suplementos, para reducir y ser más eficiente el mantenimiento correctivo, llevando a niveles bajos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar diagnósticos cada trimestre, para detectar problemas nuevos que afecten el proceso de mantenimiento preventivo como de mantenimiento predictivo.
2. Mantener un control exhaustivo en los factores críticos del mantenimiento es necesario, pues de ello depende que la operación se mantenga bien, en cuestión del *outsourcing* es necesario controlar las reparaciones que se hagan en la unidad. Crear una alianza con los proveedores para conocer los distribuidores de las marcas autorizadas en el país, y monitorear por medio de la plataforma de GPS el kilometraje de cada unidad para la planificación de mantenimiento predictivo.
3. Implementar un sistema de indicadores de operación y mantenimiento que reflejen todos los resultados de la gestión de mantenimiento. Que recaude toda la información pertinente y se encuentre a la mano. Para poder evaluar constantemente los beneficios del plan de trabajo, y poder pronosticar el comportamiento de la empresa ante el mercado automotriz.
4. Implementar la propuesta, diseño de gestión de mantenimiento en una empresa de transporte pesado mediante la herramienta de sistema de posicionamiento global de acuerdo a los beneficios planteados, para hacer la gestión eficiente y eficaz y al momento de implementarla, se evalúen los beneficios, mejorar los errores y replantear en un periodo aprobado por la organización. Puede ser de seis meses a un año.

Además, capacitar al personal administrativo para administrar la flotilla de manera eficiente.

5. Recomendar adquirir cursos en línea, para capacitar al personal técnico operativo para conducir los camiones de manera eficiente. Para esto existen varios sitios web, que ofrecen estos cursos como, la plataforma *Aprende* con su curso operación de flotas eficientes, que enseña los elementos que permiten generar un ahorro económico y energético, además de buscar siempre una operación sin ningún percance vial.

REFERENCIAS

1. Acosta, L. y Peres, M. (30 de junio, 2012). Auto vs. Transporte colectivo [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://estudiolampada.wordpress.com/2012/06/30/auto-x-transporte-colectivo/>.
2. Camisón, C. (2006). *Gestión de la calidad: conceptos, modelos y sistemas*. México: Pearson Educación Editorial.
3. Cuatecrasas, L. (2005). *Gestión integral de la calidad: implantación, control y certificación*. Madrid, España: Profit.
4. Decreto 45-2016. Ley para el fortalecimiento de la seguridad vial. Diario de Centroamérica. Guatemala. 27 de septiembre de 2017.
5. Dirección General de Policía Nacional Civil (2020). *Glosario de tipología vehicular*. Guatemala: Autor. Recuperado de https://transito.gob.gt/wp-content/uploads/2021/01/GLOSARIO-DE-TIPOLOGIA-VEHICULAR-3ra-edici%C3%B3n_compressed-1.pdf.
6. Fuso (18 de octubre, 2017). Sistema de rastreo GPS para flota de camiones. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.fuso.com.pe/blog/sistema-rastreo-gps-para-camiones/>.
7. García, C. (2015). *Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta*

tensión distrito metro de la ciudad de México (Tesis de maestría).
Instituto Politécnico Nacional, México.

8. García, S. (15 febrero, 2015). Introducción al plan de mantenimiento. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://ingenieromarino.com/mantenimiento-del-buque1oparteintroduccion-al-plan-de-mantenimiento/>.
9. Gento, A. y Redondo, A. (septiembre, 2005). FUZZYMANT: Evaluación del mantenimiento utilizando técnicas difusas. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*. Congreso llevado a cabo en Gijón, España. Recuperado de <http://www.adingor.es/Documentacion/CIO/cio2005/items/ponencias/84.pdf>.
10. Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Bellavista (2021). *Mantenimiento programado, de vehículos*. Perú: Autor. Recuperado de <https://erp.iestbellavista.edu.pe/upload/avt2021040420001911php7nip4d7.pdf>.
11. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano (2003). *Reglamento de transporte terrestre de carga*. El Salvador: Autor. Recuperado de <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/vmt/documents/7539/download>.
12. Padilla, C. (2012). *Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado*

intercultural de la Ciudad de Cañar (Tesis de Maestría).
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

13. Patzán, J. (30 de abril, 2019). *Muertes por accidentes de tránsito van en aumento en comparación con 2018* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/ciudades/guatemala-ciudades/muertes-por-accidentes-de-transito-van-en-aumento-en-comparacion-con-2018/>.
14. Pozo, A., Ribeiro, A., García, M., García, L., Guinea, D. y Sandoval, F. (2000). *Sistema de posicionamiento global (GPS): Descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro*. Madrid, España: Instituto de Automática Industrial. Recuperado de <https://www.peoplesmatters.com/Archivos/Descargas/GPS.pdf>.
15. Reino, M. (2015). *Modelo de gestión de negocios para empresas de Transporte de carga pesada tipo tráileres del Cantón Cuenca* (Tesis de Maestría). Universidad del Azuay, Ecuador.
16. Rivera, E. (2011). *Sistema de gestión de mantenimiento industrial en Lima* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
17. Rodríguez, C. y Pérez, J. (2020). *Implementación de un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001 versión 2015, en la empresa intermediadora Mauro Jackson en su proceso de cambio a empresa transformadora de materia prima* (Tesis de maestría). Universidad Cooperativa De Colombia, Colombia. Recuperado de

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16529/1/2020-Sistema_Gestion_Calidad.pdf.

18. Wong, V. (2007). *Desarrollo del programa técnico-económico de conducción de camiones para una empresa de transporte de carga seca* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Modelo encuesta diagnóstico**

Encuesta diagnóstico situacional de mantenimiento

Estimado empresario:

Por favor responder las siguientes preguntas, de forma clara y honesta.

1. ¿Cada cuánto efectúa el servicio menor a las unidades?

2. ¿Cada cuánto kilómetro efectúa el servicio menor a las unidades?

3. ¿Qué procedimientos efectúa en el servicio menor a las unidades?

4. ¿Lleva contabilizadas las reparaciones del último mes de las unidades?

5. ¿Lleva registro de los repuestos cambiados o comprados de las unidades?

6. ¿Cuenta con algún proveedor, de confianza, al momento de adquirir los repuestos?

7. ¿Realiza la inspección 360 antes de empezar la operación?

8. ¿Realiza una inspección 360 al momento de finalizar la operación?

9. ¿Qué tipo de lubricante utiliza en sus unidades?

10. ¿Qué tipo de diésel utiliza en sus unidades?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Modelo de bitácora 360



CONTROL DE INSPECCION DIARIA (360)

No. 0000



Piloto: _____ Código de Unidad: _____

Kilometraje: _____ Semana: _____ No. de Placa: _____

| LUNES | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------|
| FECHA: | HORA: | LUGAR DE INSPECCION: | | |
| PUNTOS DE INSPECCION EN UNIDAD | CONDICIONES | | DATOS DE CARGA Y/O INSPECCION | OBSERVACIONES |
| | ACEPTABLE | REPARAR | | |
| 1. NIVELES (Agua, Aceite, etc.) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NOMBRE DEL CLIENTE: | |
| 2. PRESION (90 PSI) y CONDICION DE LLANTAS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HORA DE LLEGADA CON CLIENTE: | |
| 3. LUCES (Frontales, Laterales y Traseras) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | PLANTA O BODEGA DE CARGA: | |
| 4. FAJAS (Estado y Tensión) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HORA DE INGRESO A PLANTA O BODEGA: | |
| 5. DEPOSITO DE AIRE (Drenarlos) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | INCONVENIENTES EN ENTREGA O CARGA: | |
| 6. FRENOS DE SERVICIO Y PARQUEO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 7. LIMPIA BRISAS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 8. ESTADO Y COLOCACION DE ESPEJOS RETROVISORES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 9. FUGAS ACEITE, AGUA, AIRE | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 10. APLICAR 360° (Contorno de la Unidad) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |

| MARTES | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------|
| FECHA: | HORA: | LUGAR DE INSPECCION: | | |
| PUNTOS DE INSPECCION EN UNIDAD | CONDICIONES | | DATOS DE CARGA Y/O INSPECCION | OBSERVACIONES |
| | ACEPTABLE | REPARAR | | |
| 1. NIVELES (Agua, Aceite, etc.) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NOMBRE DEL CLIENTE: | |
| 2. PRESION (90 PSI) y CONDICION DE LLANTAS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HORA DE LLEGADA CON CLIENTE: | |
| 3. LUCES (Frontales, Laterales y Traseras) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | PLANTA O BODEGA DE CARGA: | |
| 4. FAJAS (Estado y Tensión) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HORA DE INGRESO A PLANTA O BODEGA: | |
| 5. DEPOSITO DE AIRE (Drenarlos) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | INCONVENIENTES EN ENTREGA O CARGA: | |
| 6. FRENOS DE SERVICIO Y PARQUEO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 7. LIMPIA BRISAS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 8. ESTADO Y COLOCACION DE ESPEJOS RETROVISORES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 9. FUGAS ACEITE, AGUA, AIRE | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 10. APLICAR 360° (Contorno de la Unidad) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |


| MIERCOLES | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------|
| FECHA: | HORA: | LUGAR DE INSPECCION: | | |
| PUNTOS DE INSPECCION EN UNIDAD | CONDICIONES | | DATOS DE CARGA Y/O INSPECCION | OBSERVACIONES |
| | ACEPTABLE | REPARAR | | |
| 1. NIVELES (Agua, Aceite, etc.) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NOMBRE DEL CLIENTE: | |
| 2. PRESION (90 PSI) y CONDICION DE LLANTAS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HORA DE LLEGADA CON CLIENTE: | |
| 3. LUCES (Frontales, Laterales y Traseras) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | PLANTA O BODEGA DE CARGA: | |
| 4. FAJAS (Estado y Tensión) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HORA DE INGRESO A PLANTA O BODEGA: | |
| 5. DEPOSITO DE AIRE (Drenarlos) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | INCONVENIENTES EN ENTREGA O CARGA: | |
| 6. FRENOS DE SERVICIO Y PARQUEO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 7. LIMPIA BRISAS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 8. ESTADO Y COLOCACION DE ESPEJOS RETROVISORES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 9. FUGAS ACEITE, AGUA, AIRE | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 10. APLICAR 360° (Contorno de la Unidad) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |

| JUEVES | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------|
| FECHA: | HORA: | LUGAR DE INSPECCION: | | |
| PUNTOS DE INSPECCION EN UNIDAD | CONDICIONES | | DATOS DE CARGA Y/O INSPECCION | OBSERVACIONES |
| | ACEPTABLE | REPARAR | | |
| 1. NIVELES (Agua, Aceite, etc.) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | NOMBRE DEL CLIENTE: | |
| 2. PRESION (90 PSI) y CONDICION DE LLANTAS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HORA DE LLEGADA CON CLIENTE: | |
| 3. LUCES (Frontales, Laterales y Traseras) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | PLANTA O BODEGA DE CARGA: | |
| 4. FAJAS (Estado y Tensión) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HORA DE INGRESO A PLANTA O BODEGA: | |
| 5. DEPOSITO DE AIRE (Drenarlos) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | INCONVENIENTES EN ENTREGA O CARGA: | |
| 6. FRENOS DE SERVICIO Y PARQUEO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 7. LIMPIA BRISAS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 8. ESTADO Y COLOCACION DE ESPEJOS RETROVISORES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 9. FUGAS ACEITE, AGUA, AIRE | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| 10. APLICAR 360° (Contorno de la Unidad) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Modelo control mensual mantenimiento

CONTROL MENSUAL DE MANTENIMIENTO Y CAMBIOS EN UNIDAD: _____
TRANSPORTES UNIDOS DEL ATLANTICO



CORRELATIVO No. _____

GUATEMALA, _____ DE _____ DE 2021

CONTROL DE LLANTAS

| | | | | |
|------------------|---------------|--------------------------|--------------|--------------------------|
| Eje de dirección | Lado Derecho: | | Nueva | |
| Primer eje | Izquierdo: | <input type="checkbox"/> | Medio uso | <input type="checkbox"/> |
| Segundo eje | | <input type="checkbox"/> | Reencauchada | <input type="checkbox"/> |

LUGAR DONDE FUE INSTALADA: _____
 Especificaciones: _____

EQUIPO DE PILOTO

- Casco
- Lentes
- Mascarilla
- Camisa con reflectivo
- Botas punta de acero
- Arnés
- Guantes

EQUIPO DE UNIDAD

- Extintor de 10 Lbs.
- Tricket
- Llave de Chuchos
- 2 conos 28 pulg.
- 2 trozos 7X7X14"
- Cinturón de Seguridad

EQUIPO DE CARGA

- Lona
- Lona vinilica
- Carpeta
- Lazos

NOMBRE DEL PILOTO: _____
 Especificaciones: _____

CONTROL DE MANTENIMIENTO MECANICO

| | | |
|---|--|--|
| <p>FUGAS DE ACEITE</p> <ul style="list-style-type: none"> Diferencial 1er. Eje <input type="checkbox"/> Diferencial 2do. eje <input type="checkbox"/> Flechas <input type="checkbox"/> Retenedores <input type="checkbox"/> Amortiguadores <input type="checkbox"/> Tanque de Hidráulico <input type="checkbox"/> Embrague <input type="checkbox"/> Caja de velocidades <input type="checkbox"/> | <p>SISTEMA ELECTRICO</p> <ul style="list-style-type: none"> Luces delanteras (A/B) <input type="checkbox"/> Luces de trabajo <input type="checkbox"/> pide vías derecho <input type="checkbox"/> pide vías izquierdo <input type="checkbox"/> Intermitentes <input type="checkbox"/> Luz de freno <input type="checkbox"/> Luz de retroceso <input type="checkbox"/> Luces laterales <input type="checkbox"/> | <p>SISTEMA DE FRENOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Fugas de aire <input type="checkbox"/> Estado de tambores <input type="checkbox"/> Fricciones <input type="checkbox"/> Machine Break <input type="checkbox"/> Rach graduación <input type="checkbox"/> Mangueras <input type="checkbox"/> |
|---|--|--|

| | | |
|--|---|--|
| <p>CAMBIO DE ACEITE</p> <ul style="list-style-type: none"> Aceite de motor <input type="checkbox"/> Aceite hidráulico <input type="checkbox"/> Aceite de caja <input type="checkbox"/> Aceite de Catarina <input type="checkbox"/> Filtro de aceite <input type="checkbox"/> Filtro de diésel <input type="checkbox"/> Filtro de aire <input type="checkbox"/> Filtro de agua <input type="checkbox"/> Filtro de hidráulico <input type="checkbox"/> | <p>CAMBIOS VARIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Barra de dirección <input type="checkbox"/> Cambio de cojinetes <input type="checkbox"/> Cambio de fajas <input type="checkbox"/> Cambio de Clutch <input type="checkbox"/> Lañas en general <input type="checkbox"/> Transmisión <input type="checkbox"/> Amortiguadores <input type="checkbox"/> Cabezales <input type="checkbox"/> Plataforma o cama <input type="checkbox"/> | <p>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</p> <p>Del _____ Al _____ Galones _____</p> |
|--|---|--|

Engrase general
 Resortaje
 Refrigerante radiador
 King pines
 Válvulas de aire
 Otros Especificque

Especificaciones: _____

NOMBRE DE RESPONSABLE: _____ PERSONA QUIEN RECIBE: _____
 FIRMA: _____ FIRMA: _____

Fuente elaboración propia.

Apéndice 4. **Modelo de control de mantenimiento**

| CONTROL DE MANTENIMIENTO | | MES | | |
|---------------------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------------|
| FECHA DE INGRESO | FECHA DE EGRESO | LUGAR | PARTE | REPARACIONES |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Fuente elaboración propia.