



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

**DISEÑO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL PARQUE AUTOMOTOR
DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA SACOS AGRO INDUSTRIALES, S. A.**

Sergio Felipe Umaña Cruz

Asesorado por el Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL PARQUE AUTOMOTOR
DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA SACOS AGRO INDUSTRIALES, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO FELIPE UMAÑA CRUZ

ASESORADO POR EL ING. BYRON GIOVANNI PALACIOS COLINDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballes Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacaya Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
EXAMINADOR	Ing. Pablo Rodolfo Zuñiga Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Edgar Orlando Pinzón Trangay
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Veliz Vargas

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 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL PARQUE AUTOMOTOR
DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA SACOS AGRO INDUSTRIALES, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 07 de febrero de 2007.



Sergio Felipe Umaña Cruz

Guatemala, noviembre de 2010


Ingeniero Julio César Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

Estimado Sr. Director:

Atentamente, me dirijo a usted para informarle que he tenido a bien asesorar el informe final del trabajo de graduación titulado **"DISEÑO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL PARQUE AUTOMOTOR DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA SACOS AGRO INDUSTRIALES S. A."**, del estudiante Sergio Felipe Umaña Cruz, carné No. 1999-11823; previo a optar el título de Ingeniero Mecánico.

Al respecto quiero indicarle, que luego de efectuarse las revisiones y correcciones del caso, encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que procedo a aprobarlo y remitirlo a usted para su trámite correspondiente.

El autor de este trabajo de graduación y su asesor son responsables por el contenido y conclusiones del mismo.



Byron Giovanni Palacios Colindres
Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 5641
Asesor

Ing. Byron G. Palacios C.
Colegiado No. 5641

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor del trabajo de graduación titulado DISEÑO DE RUINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL PARQUE AUTOMOTOR DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA SACOS AGROINDUSTRIALES, S.A., del estudiante Sergio Felipe Umaña Cruz, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL -
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, noviembre de 2010.

/behdei.

Ref.E.I.Mecanica.255.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Complementaria, del trabajo de graduación **DISEÑO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL PARQUE AUTOMOTOR DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA SACOS AGRO INDUSTRIALES, S.A.**, del estudiante **Sergio Felipe Umaña Cruz**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



MA Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, Septiembre de 2014.



Ref. DTG.518.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL PARQUE AUTOMOTOR DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA SACOS AGRO INDUSTRIALES, S.A.** presentado por el estudiante universitario: **Sergio Felipe Umaña Cruz** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz
Decano



Guatemala, septiembre de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por formar y guiar mi camino para obtener un título universitario importante para mi vida, y buscarlo día con día para ser una mejor persona.
- Mi abuela** Julia Portillo. Que en paz descansa, por ser una fuente de inspiración y creer siempre en mí, durante los mejores años de mi vida.
- Mi madre** Bernarda Cruz. Por el amor y apoyo durante toda su vida en los buenos y malos momentos, y siempre estar presente en mi vida.
- Mis tíos** Adolfo Reyna y Judith Umaña. Por su dedicación y ayuda durante toda mi vida, principalmente en mi formación educativa y sus sacrificios y oraciones para alcanzar mi carrera universitaria.
- Mi hija** Fátima Umaña. Por ser el mejor regalo que Dios me ha dado y ser una persona muy especial.
- Mi esposa** Elida Andrés. Por compartir su vida conmigo y motivarme a ser cada día ser mejor para alcanzar metas y objetivos en común.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por su autonomía y formación de académicos para el desarrollo del país y haberme brindado una educación superior de calidad.

Facultad de Ingeniería

Por facilitar e innovar la educación de las ciencias de la ingeniería, brindando excelentes instalaciones y laboratorios para que los estudiantes puedan desarrollar los conceptos generales de los cursos de área común y profesionales.

**Mis amigos de la
Facultad**

Herbert Figueroa, Darwin Ramos y Marvin Espina. Por siempre motivarme a culminar mi carrera universitaria y buscar siempre nuevos retos profesionales.

Mis tíos

Adolfo Reyna y Judith Umaña. Por haberme ayudado incondicionalmente durante toda mi formación educativa, espiritual y familiar, para alcanzar esta meta profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
Hipótesis.....	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. CLASIFICACIÓN GENERAL DEL PARQUE AUTOMOTOR.....	1
1.1. Tipos de parques automotores	2
1.2. Estructura de rutinas de mantenimiento preventivo.....	4
1.3. Variables y parámetros.....	9
1.4. Aspectos técnicos.....	11
2. PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS EN LA CREACIÓN DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	13
2.1. Planificación de rutinas de mantenimiento preventivo	13
2.1.1. Conocimiento general de montacargas	17
2.1.2. Meta y visión del mantenimiento preventivo	20
2.1.3. Investigación formal de condiciones	22
2.2. Organización de la estructura de las rutinas mantenimiento preventivo	23
2.2.1. División del mantenimiento preventivo en secciones específicas.....	24

2.2.2.	Designación de tareas y creación de reporte de trabajo según división del mantenimiento preventivo.....	29
2.3.	Aplicación de rutinas de mantenimiento y reporte de trabajo...	34
2.4.	Dirección del recurso humano y procedimientos de las rutinas de mantenimiento preventivo.....	35
2.4.1.	Clasificación de repuestos y dirección de compra...	36
2.5.	Control de procedimientos establecidos en las rutinas de mantenimiento preventivo	38
3.	HISTORIAL DE FALLAS Y PROCEDIMIENTOS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO EN MONTACARGAS....	41
3.1.	Conocimiento sobre modelo, marca y capacidad de carga de montacargas objeto de estudio	42
3.1.1.	Variables y parámetros de uso de montacargas	43
3.1.2.	Interpretación de datos.....	46
3.2.	Análisis sobre historial de fallas en investigación formal de campo	52
3.3.	Aplicación de los procedimientos administrativos para la creación de rutinas de mantenimiento preventivo	61
3.4.	Medición de resultados obtenidos.....	78
3.4.1.	Comportamiento observado durante la aplicación de nuevas rutinas de mantenimiento preventivo y reporte de trabajo	79
3.4.2.	Generación e interpretación de gráficas.....	81

4.	EVALUACIÓN GENERAL DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	93
4.1.	Criterios aplicados para la comparación de métodos y prácticas aplicados en el mantenimiento preventivo antes y después del estudio.....	93
4.2.	Factores que influyen en la correcta aplicación de las rutinas de mantenimiento preventivo en el parque automotor de montacargas.....	95
4.3.	Resultados obtenidos y comprobación de hipótesis en la aplicación de procedimientos administrativos en la creación de las rutinas de mantenimiento preventivo	96
4.4.	Proyección gráfica sobre el comportamiento del mantenimiento preventivo.....	99
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ejemplo de matriz FODA.....	.15
2.	Partes de un montacargas .....	.18
3.	Levante de carga .....	.19
4.	Esquema de un reporte de trabajo.....	.32
5.	Reporte diario por operador .....	.33
6.	Gráfica SAE para aceite multigrado .....	.48
7.	Comparación de viscosidades norma SAEJ300 .....	.49
8.	Comportamiento gráfico del mantenimiento preventivo año 2000 inicio de operación de montacargas después de compra .....	.82
9.	Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2001 .....	.83
10.	Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2002 .....	.84
11.	Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2003 .....	.86
12.	Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2004 .....	.87
13.	Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2005 .....	.88
14.	Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2006 .....	.89
15.	Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2006 .....	.90

16.	Proyección gráfica de mantenimiento preventivo en el tiempo.	100
-----	---	-----

TABLAS

I.	Datos técnicos de parque automotor de montacargas	42
II.	Resumen de variables evaluadas en parque automotor de la empresa Sacos Agro Industriales, S. A.	43
III.	Resumen de parámetros evaluadas en parque automotor de la empresa Sacos Agro Industriales, S. A.	45
IV.	Inicio de actividades de mantenimiento preventivo en montacargas Yale, año 2000 y 2001	53
V.	Continuación de actividades de mantenimiento año 2002.....	54
VI.	Aumento de ajustes y cambio de repuestos años 2003 y 2004.....	55
VII.	Durante el año 2005 se sustituyen elementos dañados reportados en observaciones por técnicos de servicio	56
VIII.	Incremento de trabajos correctivos año 2006	57
IX.	Continuación de tabla hasta último período evaluado	58
X.	Continuación de tabla hasta último reporte evaluado	59
XI.	Listado y valores promedio de fortalezas según grado de importancia	63
XII.	Listado y valores promedio de oportunidades según grado de importancia	64
XIII.	Listado y valores promedio de debilidades según grado de importancia	65
XIV.	Listado y valores promedio de amenazas según grado de importancia	66
XV.	Matriz FODA	67
XVI.	Ficha de control: lubricación	70
XVII.	Continuación ficha de control: lubricación	71

XVIII.	Ficha de control: lubricación en servicios preventivos	72
XIX.	Ficha de control: tareas mecánicas	73
XX.	Ficha de control: tareas eléctricas	74
XXI.	Continuación ficha de control: tareas eléctricas	75
XXII.	Porcentaje anotados por operador durante la medición de niveles de fluidos	97

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius o centígrados
Hrs	Horas
Kgf	Kilogramos fuerza
Lbf	Libras fuerza
Hg	Mercurio
m	Metros
mm	Milímetros
N	Newton
Plg	Pulgadas
N-m	Par de giro Newton por metro
r.p.m	Revoluciones por minuto
Seg	Segundo
Psi	Unidad de presión: libras sobre pulgada cuadrada

GLOSARIO

Alternador	Dispositivo eléctrico encargado de generar corriente alterna, la cual es trasformada mediante diodos a corriente continua.
Acumulador	Generador eléctrico de voltaje continuo por medios químicos con diferentes capacidades denominado también batería.
Block de cilindros	Cuerpo general de un motor diseñado según especificaciones del fabricante, en donde se encuentran espaciados los cilindros.
Brida	Dispositivo mecánico que se utiliza para la unión de dos ejes.
Bufa	Pieza central de rueda donde se alojan cojinetes.
Bujía	Dispositivo eléctrico que consta de un par de electrodos en los cuales se produce un arco eléctrico encargado de encender la mezcla aire-combustible.
Cable de <i>shock</i>	Dispositivo mecánico que restringe el paso del aire en el múltiple de admisión.

Cárter	Depósito de aceite en la parte inferior del cuerpo del motor.
Diferencial	Conjunto de engranajes encargados de transmitir el movimiento de rotación a las ruedas a velocidades diferentes.
Embrague	Mecanismo encargado de conectar y desconectar la potencia del motor con la transmisión.
Espárragos	Tornillos de sujeción de conjunto aro y llanta.
FODA	Diagnóstico de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.
Fusible	Dispositivo eléctrico que abre un circuito cuando la corriente inducida es mayor a la permitida por su resistencia.
Flasher	Relé de intermitencia que controla la apertura y cierre de un circuito de luces indicadoras de dirección de 50 a 120 pulsaciones por minuto.
GLP	Gas licuado del petróleo.
Guaípe	Modismo sobre definición a hilos de algodón deshilados de telas de algodón, se utiliza para la limpieza.

<i>King pin</i>	Cojinete delantero principal.
Muleta	Dispositivo mecánico de suspensión donde se alojan resorte, amortiguador y todo conjunto rueda.
Múltiple	Tubos con formas especiales que conducen la mezcla aire-combustible y los gases de escape cada uno por separado.
Muñón	Eje principal donde se recarga el peso del vehículo directamente sobre cojinetes.
PVC	Válvula de ventilación positiva del cárter.
Relé	Interruptor electromagnético en el que los contactos se accionan por medio de una bobina.
SAE	Siglas en inglés: Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices.
Torquímetro	Se aplica para dar a los tornillos el torque recomendado por el fabricante.
Torque	Producto de la distancia por la fuerza.
Volante	Dispositivo mecánico encargado de vencer las fuerzas centrífugas de rotación y transmitir la potencia al embrague.

RESUMEN

Durante el desarrollo del presente estudio se dan a conocer los principales procedimientos a utilizar en todo diseño de rutinas de mantenimiento preventivo, aplicados a un parque automotor.

Para incrementar la eficiencia administrativa en la aplicación de rutinas de mantenimiento preventivo a unidades de un parque automotor de montacargas, se deben utilizar las principales herramientas administrativas para llevar a cabo una correcta programación de dicho mantenimiento.

Se expone la forma de realizar la planificación, organización, dirección y control que un jefe de mantenimiento debe seguir; la creación de un reporte diario de operación por cada montacargas, en donde se anote por parte del operador (piloto) los controles que debe realizar y observaciones encontradas durante la inspección y conducción del montacargas.

Asimismo, la creación de un reporte por trabajos realizados en donde el personal a cargo o empresa encargada realiza. En el informe describe las principales tareas realizadas, repuestos, ajustes, desgaste, etc.

La evaluación general de este estudio se enfoca en diseño de rutinas de mantenimiento preventivo en el parque automotor de montacargas de la empresa Sacos Agro Industriales, S. A., la cual utiliza el servicio de seis montacargas, dos de las cuales se encuentran dentro de la planta ubicada en el Anillo Periférico 17-36 Z.11 y cuatro en la planta camino a San Pedro Las Huertas, Antigua Guatemala.

OBJETIVOS

General

Crear y programar las rutinas de mantenimiento preventivo, para un parque automotor de montacargas de la empresa Sacos Agroindustriales aplicando las herramientas administrativas específicas.

Específicos

1. Identificar las variables y los parámetros que influyen en el uso general en el parque automotor de montacargas, determinando de esta forma su relación con el mantenimiento preventivo.
2. Elaborar reportes de diario por operador y otro por rutina de mantenimiento, por medio de los cuales se pueda captar información para el estudio del comportamiento de niveles de aceite, horas de uso, ajustes, fallas encontradas, funcionamiento eléctrico.
3. Programar las rutinas de mantenimiento preventivo según sección mecánica, eléctrica y lubricación, así como la implementación y control de las mismas.

Hipótesis

Incremento de la eficiencia administrativa en el mantenimiento preventivo de un parque automotor de montacargas.

INTRODUCCIÓN

La aplicación general del mantenimiento preventivo es de una gran amplitud en el campo de la ingeniería por la diversidad de equipos mecánicos que se encuentran en la industria. En este sentido, el enfoque específico de este estudio es para incrementar la eficiencia administrativa durante la aplicación de rutinas preventivas a las unidades del parque automotor de montacargas.

La disponibilidad de los montacargas por cada operación donde son utilizados dentro de una empresa, debe ser incrementada mediante la creación de rutinas de mantenimiento preventivo para reducir de forma efectiva costos de mantenimiento y los tiempos muertos por paros inesperados.

Para alcanzar un buen diseño de rutinas de mantenimiento preventivo, se utilizan los procesos administrativos de planificación, organización, dirección y control para una correcta programación del mantenimiento preventivo y el uso de procedimientos estandarizados por cada tarea técnica que se diseña.

La creación e implementación de un reporte diario de operación por cada unidad permite conocer por parte del operador (piloto) el comportamiento de las inspecciones que realiza y observaciones encontradas durante la inspección y conducción de la misma, lo que permite una evaluación directa de cada automotor.

Asimismo, un reporte mensual o por rutina de mantenimiento que el personal a cargo o proveedor externo realiza describe los principales trabajos llevados a cabo. Esto permite establecer un historial que contribuye a corregir las fallas que más se repitan en el transcurso del tiempo.

Cada uno de los factores que influyen en el parque automotor se deben evaluar, considerando parámetros y variables encontradas mediante la investigación directa y saber interpretar cómo afectaran en el diseño de cada rutina de mantenimiento preventivo.

El factor tiempo es restringido por la disponibilidad de los montacargas, para realizar un mantenimiento preventivo y/o correctivo deben programarse en los días y horarios que menos afecten la operación, esto se puede evaluar con el personal de cada área en que se utilizan los montacargas, con el objeto de tener un mutuo acuerdo.

Lo anterior debe de ir de la mano con el Departamento de Mantenimiento y/o proveedor externo que brinda el servicio de mantenimiento, la planificación es importante para conocer la disponibilidad de recurso humano, repuestos e insumos necesarios para el cumplimiento con las fechas y horarios programados.

Todos los puntos antes presentados se consideran para el diseño de rutinas de mantenimiento preventivo, y estos se aplican en un parque automotor de montacargas de la empresa Sacos Agro Industriales S. A., utilizando un montacargas modelo marca Yale como ejemplo real.

1. CLASIFICACIÓN GENERAL DEL PARQUE AUTOMOTOR

Por parque automotor entendemos al conjunto de vehículos automotores destinados para un servicio, el cual puede ser social como el transporte de personas, o empresarial para el transporte de bienes y servicios. Los vehículos pueden variar por su forma, tamaño, capacidad de carga y potencia.

Automotor es un aparato o máquina que ejecuta movimientos con intervención de agentes externos, en donde el aparato o máquina puede ser cualquier vehículo, así como cualquier elemento que contenga un motor de combustión interna o eléctrico y esté montado sobre ruedas.

Un parque automotor es un grupo de vehículos que utilizan el mismo principio de operación por medio de un motor de combustión interna o eléctrico, en donde las diferencias para su funcionamiento están marcadas por:

- El tipo de combustible
- El número y disposición de cilindros
- Disposición de válvulas
- Tipo de refrigeración
- Tipo de ciclo operativo (2 o 4 tiempos)
- Tipo de ciclo térmico (ciclo diesel u Otto)
- Potencia en motor de tracción (vehículos eléctricos)
- Capacidad y voltaje de batería eléctrica (vehículos eléctricos)

El motor propulsor es el encargado de generar el movimiento requerido para el transporte de bienes.

1.1. Tipos de parques automotores

En el medio se encuentran diferentes tipos de vehículos automotores y el fin común es el traslado de personas o bienes de un lugar a otro. El transporte de personas se puede clasificar como un servicio de pasajeros y el de bienes en un servicio de mercancías.

En general se utilizan cinco medios de transporte que son: acuático, ferroviario, aéreo, oleoducto y por carretera en donde la única diferencia que se presenta es por el tipo de motor propulsor que se utiliza y las condiciones físicas de funcionamiento.

Inicialmente, el barco de vapor fue implementado en el transporte acuático; sin embargo, fueron sustituidos por los motores de combustión interna diésel los cuales brindan una mayor economía. Actualmente existen vías fluviales en donde se encuentran diversas rutas de navegación y canales. Al conjunto de barcos de guerra o comercio de un país o compañía marítima se le da el nombre de flota.

Al principio las líneas ferroviarias fueron construidas en Inglaterra y Estados Unidos, logrando después la expansión en varios países utilizando los ferrocarriles de vapor. La mejora en la infraestructura y principios de operación para alcanzar una alta velocidad fue creciendo hasta llegar a la actualidad.

La forma de transporte más moderna y de rápido desarrollo es la aérea, dando lugar a una gran variedad de líneas aéreas comerciales y militares de diferentes modelos perfeccionados para brindar una mejor propulsión, tamaño y eficiencia.

Al principio, el modo de transporte por oleoducto se utilizó en la distribución del agua; luego, con el descubrimiento del petróleo, en la distribución de productos licuados que incluyen el gas y el carbón pulverizado. En este modo de transporte se utilizan bombas de diferentes tipos y formas de propulsión.

El transporte por carretera es el más común en la industria, encontrando, en este modo, diferentes tipos de parques automotores, según el tipo de servicio al que estén destinados en el traslado de personas, bienes y servicios específicos.

Estos automotores, según el tipo de servicio que brindan, se clasifican por el número de pasajeros, tipo de combustible, capacidad de carga y formas de movilización de esta. Se encuentran en esta última clasificación a los montacargas. Se pueden encontrar varios tipos de automotores dentro de la misma empresa u organización.

Según la finalidad de la empresa, esta cuenta con un parque automotor, compuesto por un número de unidades destinadas a un servicio común. Pueden ser de una misma marca y modelo o pueden variar. El número total de unidades depende del tamaño e importancia de la empresa.

Independientemente del tipo de parque automotor, cada unidad recibe mantenimiento preventivo, el cual es realizado por el recurso humano interno de cada empresa o bien por servicios externos. La dirección y control de rutinas de mantenimiento preventivo, en muchos de los casos, no se le da importancia y las tareas de mantenimiento preventivo se realizan empíricamente sin contar con una estructura formal.

1.2. Estructura de rutinas de mantenimiento preventivo

Toda rutina de mantenimiento preventivo debe contar una estructura específica, la cual detalla los periodos, observaciones y procedimientos que deben realizar durante cada rutina de mantenimiento.

Una estructura de rutinas de mantenimiento puede estar ya establecida dentro de una empresa, la cual depende de la importancia que tiene el cuidado de las unidades de parque automotor que utiliza, esta estructura puede crearse mediante investigación formal realizada al parque automotor.

Cuando la estructura establecida dentro de una empresa no es la apropiada y/o no se cuenta con una, es responsabilidad del jefe de mantenimiento diseñar una mediante uso de herramientas técnicas y administrativas para lograr una programación en el tiempo del periodo más conveniente entre cada rutina.

La estructura de rutinas de mantenimiento preventivo se diseña con el fin de establecer las principales tareas que el recurso humano debe realizar; la programación en el tiempo de estas rutinas puede ser diaria, quincenal, mensual, semestral y anual; sin embargo, en algunos casos se realizan por kilometraje y horas de uso siendo estas últimas las utilizadas en el montacargas.

Una definición de mantenimiento es la serie de acciones para mejorar el funcionamiento, la seguridad y la productividad al menor costo mediante la aplicación periódica y permanente de mantenimiento.

Por mantenimiento preventivo se entiende por la acción de prever, cuidar, mantener un equipo determinado para su correcto funcionamiento según el deterioro y vida útil de sus componentes como piezas, mecanismos y accesorios que permita su utilización constante mediante una extensión en el tiempo.

De la misma forma se define por mantenimiento correctivo a la acción puntual de reparar, corregir y habilitar, en el menor tiempo y costo, un equipo de producción o que contribuya en la misma.

Según el concepto de mantenimiento preventivo se puede destacar una división en tareas de lubricación, mecánicas y eléctricas las cuales se definen de la siguiente forma:

- Lubricación: es la tarea utilizada con mayor frecuencia, ya que garantiza la prolongación de la vida útil de cada mecanismo, reduciendo de esta forma la fricción entre piezas en movimiento. Este se realiza según el kilometraje y/u horómetro especificado por el fabricante a cada unidad para cambio de aceite de motor, transmisión, diferencial e hidráulico, así como el engrase de articulaciones, cojinetes, cadenas.
- Tarea mecánica: consiste en la sustitución de repuestos que aún funcionan en el automotor como lo son fajas, fricciones, cojinetes, abrazaderas y demás repuestos; sin embargo, las horas de vida útil se encuentran en su límites de trabajo o presentan daños visibles como desgaste o una condición anormal de ruido durante su funcionamiento.
- Tarea eléctrica: se enfoca en la verificación de estado de la batería, motor de arranque, luces, alternador, sistema de encendido y circuitos eléctricos, mediante pruebas de resistencia, corriente y tensión, para comprobar su correcto funcionamiento.

Cuando se establece la división anterior descrita, se procede a identificar las piezas de sustitución periódica relacionadas con lubricación, sistema hidráulico y sistema de seguridad. La información del intervalo de sustitución puede estar descrita en el manual de servicio del fabricante del automotor o el de la pieza sustituida.

Las instrucciones básicas de mantenimiento deben estar escritas en una forma clara y precisa, especificando técnicamente las secciones en que se debe comprobar, cambiar, nivelar, lubricar y limpiar, durante cada rutina de mantenimiento.

Para tener una estructura más detallada de un vehículo automotor, es necesario establecer las secciones que lo conforman como sigue:

- Sección motor: el motor es el encargado de transformar la energía química de un combustible fósil o la eléctrica en movimiento circular para realizar un trabajo.
- Sistema de enfriamiento: sistema que mantiene una temperatura de diseño del motor; este sistema opera bajo el principio termodinámico de convención (paso de un fluido entre dos piezas a diferente temperatura absorbiendo el calor).
- Sección de transmisión de potencia: mecanismo encargado de transmitir la potencia del motor mediante sus elementos a cada rueda del automotor, para que este se desplace linealmente.
- Sección eléctrica: representada por componentes que aplican leyes eléctricas para generar, conducir, transformar y controlar, desde un generador eléctrico (como la batería y alternador) hacia las funciones requeridas de circuitos de iluminación, alto voltaje y regulación de voltaje.
- Sección de mecánica de frenos: es la encargada de frenar la inercia del movimiento del vehículo mediante el principio de Pascal, aplicado una fuerza pequeña a un fluido de un sistema cerrado para generar una mayor presión y esta sea transmitida a un mecanismo encargado de dar fricción a las cuatro ruedas del automotor hasta detener su marcha.

- Sección de suspensión y dirección: su objetivo es transformar movimientos de giro en lineales, y viceversa, mediante mecanismos (Ej., tornillo sin fin).
- Sección hidráulica: sigue la misma mecánica de fluidos que la sección de frenos; su única variante es la generación de presión por medio de una bomba que gira a las r.p.m. del motor generando una alta presión que es dirigida mediante válvulas y tubería hacia cilindros para realizar un movimiento lineal requerido.

En cada rutina según periodo (diario, quincenal, mensual y anual) se debe nombrar la sección que va a trabajarse para estandarizar y enfocar las tareas que el recurso humano debe realizar.

Generalmente, en los montacargas, se lleva un control de las horas de uso marcadas por el horómetro y dependiendo de las condiciones de trabajo se puede aplicar una estructura según manual de fabricante como la siguiente:

- Servicio 200 hrs
- Servicio 400 hrs
- Servicio 600 hrs
- Servicio 800 hrs
- Servicio 1000 hrs
- Servicio 1200 hrs
- Servicio 2400 hrs

1.3. Variables y parámetros

El uso de la estadística descriptiva ayuda a conocer el comportamiento de una muestra que es el conjunto de elementos que se pueden observar, para una descripción sencilla de los resultados obtenidos en la muestra.

La descripción puede representarse numéricamente y gráficamente utilizando sus variables.

Variable es una característica que puede ser medida adoptando diferentes valores durante un estudio, puede ser cualitativa (cualidades) y cuantitativa (cantidades numéricas).

Una variable independiente es aquella que el investigador escoge según los casos relacionados al problema de estudio.

La importancia en conocer las variables y parámetros que influyen en el parque automotor objeto de estudio es vital, ya que permite hacer una eficiente programación de las rutinas de mantenimiento, determinando así las características teóricas, físicas y experimentales.

Las variables que se deben tener presentes sobre el parque automotor se definen a continuación:

- Marca y modelo: compañía y año de fabricación

- Serie: cada fabricante utiliza cierta codificación para numerar un motor; a esto le llaman número de serie del motor y cumple muchas funciones desde con qué piezas fue armado, lote y medidas o qué proveedor vendió esas piezas.
- Capacidad de carga: definida en placa técnica por fabricante sobre la carga que el montacargas puede levantar de manera segura, expresada en Kgf, lbf y Newton (N)
- Tipo y forma de carga: el tipo de carga puede ser sólida, líquida y gaseosa; la forma de almacenamiento como cilíndrica, esférica y cúbica y depende de sus dimensiones.
- Variación de peso en operación: frecuencia con la cual el tipo y forma de la carga cambia.
- Horas de uso: son aquellas que indican el horómetro durante el turno de funcionamiento.
- Distancia de recorrido: metros lineales de recorrido en planta
- Operadores: forma de conducción y conocimientos técnicos del recurso humano.

Los parámetros son valores promedio que se encuentre en un determinado sistema que va ser estudiado; por ejemplo: características del suelo, pendientes, altitud, taller de mantenimiento, bodega para repuestos e insumos.

Se determinan de igual forma los parámetros que pueden ser obtenidos mediante un estudio físico en planta, entre los más comunes se tienen:

- Características del suelo: liso, irregular, terracería, pavimento
- Pendiente: ángulo de inclinación en rutas de recorrido
- Altitud: ubicación geográfica sobre el nivel del mar de planta
- Taller de mantenimiento: espacio físico y recurso humano técnico calificado para tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Bodega de repuestos e insumos: repuestos de maquinaria industrial, insumos para lubricación, desengrasantes y limpieza.

Por medio de la recopilación de esta información obtenida experimentalmente se obtienen las fortalezas y amenazas alrededor del parque automotor en las instalaciones de la empresa.

1.4. Aspectos técnicos

Los aspectos técnicos a considerar en un parque automotor son las principales características que presentan los diferentes modelos de montacargas, según marca, como lo son los datos técnicos (cilindrada, par motor, relación de compresión, potencia máxima, etc.) y de servicio preventivo, encontrando estas especificaciones descritas en el manual del fabricante.

Las características de servicio generalmente son las siguientes:

- Tipo de combustible (propiedades: poder calorífico, volatilidad, etc.)
- Tipo de lubricante para motor (viscosidad y aditivos)
- Tipo de aceite caja de transmisión manual
- Tipo de aceite para diferencial
- Tipo de fluido para freno
- Tipo de aceite para convertidor de torsión (transmisión automática)
- Tipo de aceite hidráulico
- Grasa para finalidades múltiples
- Grasa especial
- Refrigerante
- Repuestos

Todas las especificaciones anteriores indican la viscosidad, grado y temperatura de trabajo de los productos a utilizar en los montacargas, tratando de utilizar siempre aquel producto que presente mayor calidad, se puede utilizar algún producto que presente similares características a las requeridas por el fabricante.

La comparación entre lubricante para motor recomendado y los disponibles en el mercado se puede realizar comparando especificaciones de ficha técnica del lubricante ofrecido, la cual es proporcionada por proveedores, identificando la viscosidad cinemática a 100°C y verificando si esta en los rangos sugeridos por la norma SAE J300.

La norma SAE J300 es una clasificación de viscosidades cinemáticas a 100°C para certificar aceites producidos, por lo cual se creó una tabla con datos máximos y mínimos de la viscosidad en cSt.

2. PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS EN LA CREACIÓN DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La introducción de la administración en el diseño de rutinas de mantenimiento preventivo presenta la forma de realizar la planificación, organización, dirección y control en la creación formal de la estructura y programación aplicada en el mantenimiento del parque automotor de montacargas.

El empleo de diversos métodos para cumplir metas establecidas dentro de un departamento de mantenimiento lleva a seguir un proceso administrativo en la creación de rutinas de mantenimiento, las cuales se describen en los siguientes contenidos de este estudio.

2.1. Planificación de rutinas de mantenimiento preventivo

El primer paso en la creación de rutinas de mantenimiento preventivo es por medio de la planificación, dentro de la cual se conoce inicialmente el producto que se tiene y quiere ser mejorado, siendo en este caso el servicio preventivo para el correcto funcionamiento general de maquinaria y montacargas.

Se identifican dos tipos de clientes: el indirecto y directo los cuales se describen a continuación:

- Cliente directo: operador quien tiene contacto durante la utilización en turno o periodo de usos.
- Cliente indirecto: empresa que se beneficia con el cumplimiento e incremento de la producción con el más bajo costo.

La empresa que utiliza el servicio de maquinaria industrial y los automotores para la movilización de carga (materias primas, material de empaque y material en proceso), acondicionamiento dentro de bodega(s) y manejo de producto final.

Siguiendo con las fases de planeación se hace un diagnóstico de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA). Esto, enfocado a la empresa en general y su departamento de mantenimiento mediante entrevista directa con el personal involucrado como operadores, jefes, departamento financiero, bodega y producción.

A continuación se definen cada una de ellas:

- Fortalezas: estas son internas y se determinan conociendo la capacidad que tiene la empresa en proporcionar los recursos necesarios al departamento de mantenimiento, como recursos financieros, recursos humanos, recursos externos y herramienta.
- Oportunidades: son externas como la existencia de repuestos en el mercado nacional según modelos (costo, calidad, vida útil y rentabilidad), proveedores de servicios externos, negociación de crédito y plazo de entrega, capacitación del recurso humano.

- Debilidades: deben ser enfrentadas por estrategias internas; estas no pueden ser observadas fácilmente; por ejemplo, la operación de cada montacargas es diferente por cada persona, ajustes y graduación incorrecta de piezas mecánicas. Se pueden encontrar diferentes tipos de condiciones que desestabilizan el correcto funcionamiento de los equipos.
- Amenazas: son aquellas circunstancias externas que afectan los procesos productivos de la planta, como por ejemplo, la demora de entrega de servicios preventivos y correctivos y el incremento costos.

Después de conocer los conceptos anteriores, se realiza una matriz FODA, en donde, por medio de entrevistas con el personal relacionado con el parque automotor, las mismas se eligen según el grado de importancia y se listan cada una ellas. En la siguiente figura se muestra el ejemplo de una matriz.

Figura 1. Ejemplo matriz FODA

Núm.	F	O
1	Recursos financieros estables	Repuestos originales en el mercado
2	Existencia de un departamento de mantenimiento	Analizar la calidad y garantía de proveedores de servicios externos
3	*****	Nuevas tecnologías
4	*****	*****
5	*****	*****
Núm.	D	A
1	Competencias técnicas de recurso humano operador de montacargas	Paros inesperados
2	Existencias de insumos	Altos costos de operación
3	*****	Tiempos muertos largos por reparaciones mayores a montacargas
4	*****	*****

Fuente: elaboración propia.

Llevado a cabo un diagnóstico FODA como el anterior, se procede a desarrollar planes estratégicos a largo plazo y planes tácticos a mediano plazo para contrarrestar las debilidades y eliminar las amenazas.

De las debilidades listadas se procede a evaluar la más importante, mediante un análisis estadístico por medio del cual se busca un valor de mayor frecuencia en consulta personal de cada una de las personas que tiene relación directa e indirecta con el parque automotor.

Una vez establecida la debilidad más importante, se procede a dar gradualmente a cada una su importancia y soluciones más favorables. Con esto se obtienen los planes a seguir y el enfoque para el parque automotor.

Posteriormente al análisis anterior, se establece la visión, misión y objetivos orientados al parque automotor sobre el cual se tiene planificado diseñar rutinas preventivas.

La visión se crea pensando en los alcances en el futuro que se pretenden alcanzar por el Departamento de Mantenimiento, perdurando durante toda la aplicación de las rutinas en el tiempo. Esto se logrará mediante planes estratégicos a corto o largo plazo.

La misión se centra en definir quiénes forman el Departamento y cuál es la intención que se tiene en mejorar día con día para poder satisfacer las demandas de los servicios que se atienden dentro de la empresa.

Los objetivos generales y específicos se enfocan en metas por alcanzar mediante la aplicación de planes y/o implementación de rutinas.

2.1.1 Conocimiento general de montacargas

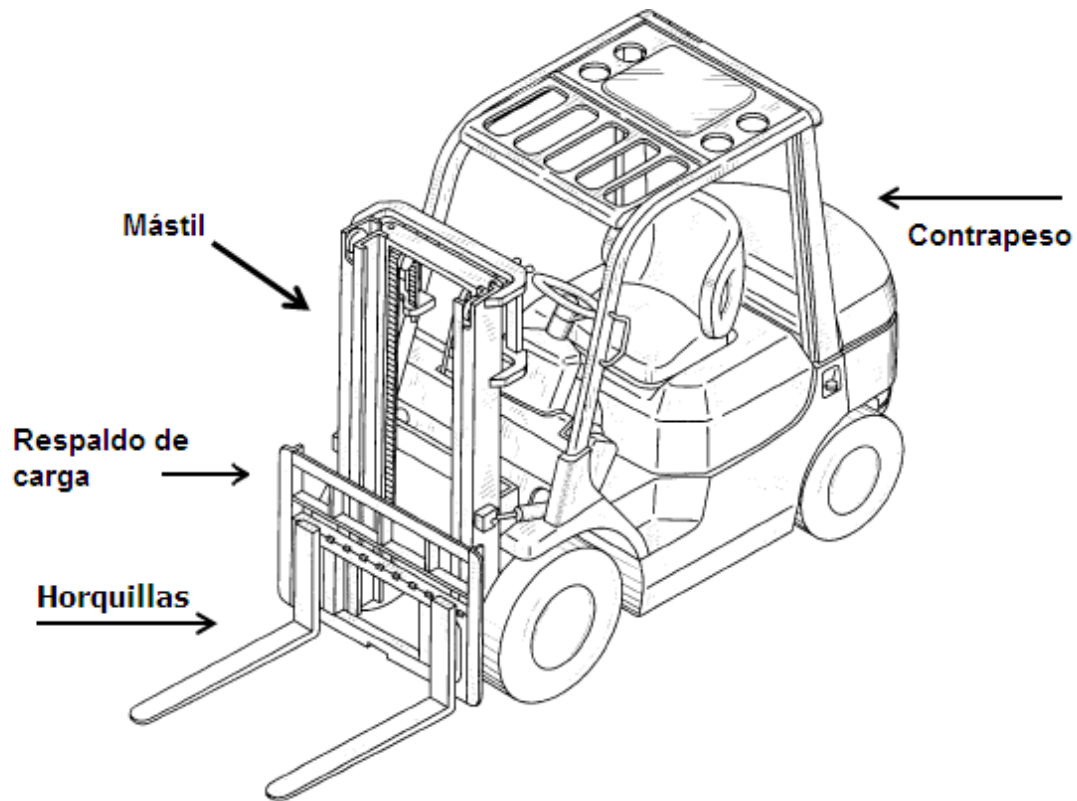
Los automotores montacargas se utilizan en la industria en el transporte de carga, descarga, elevar, ubicar y organizar. Esta carga puede ser materia prima, material en proceso, producto final, equipo, repuestos y/u otros.

La fuerza motriz puede ser generada por medio de un motor de combustión interna o un motor eléctrico de corriente continua; según el modelo puede operar con gasolina, gas licuado de petróleo (GLP) y diésel. La transmisión puede ser automática o bien manual.

El sistema de dirección esta ubicado en las rueda traseras y es eje rígido, la dirección es accionada mediante el timón envía un flujo de aceite hidráulico a un cilindro doble efecto, por medio de su barra transfiere el movimiento lineal a los muñones los cuales giran las ruedas para seleccionar una dirección.

Los montacargas cuentan con un soporte para horquilla al cual se sujetan dos horquillas móviles horizontales y un respaldo. Este soporte es el encargado de sujetar la carga, las horquillas se pueden ajustar al ancho de la carga.

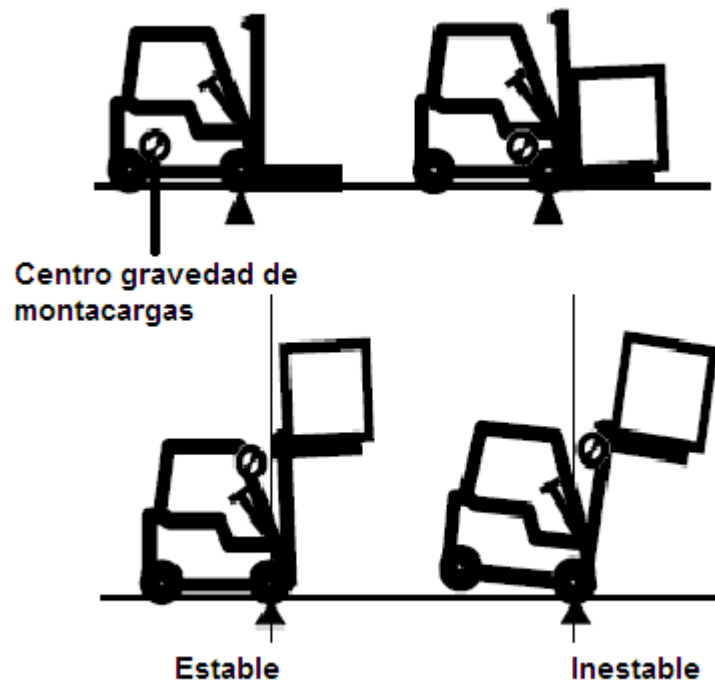
Figura 2. Partes de un montacargas



Fuente: patente Estados Unidos número D427409, 27 junio 2000.

El mástil está constituido por el soporte de horquilla, un cilindro principal de levante, dos de inclinación y cadenas. El mástil es el encargado del ajuste de la carga verticalmente y permite la inclinación ciertos grados hacia delante y atrás de la carga.

Figura 3. Levante de carga



Fuente: www.elcosh.org/record/document/2132/d001039s.pdf, Consulta: 20 junio de 2007

Las ruedas traseras equilibran el peso de la carga aplicada; el centro de gravedad se ubica lejos de los neumáticos delanteros. Tanto el centro de gravedad de la carga como del montacargas se combinan para lograr una estabilidad cuando hay carga, con la altura e inclinación del mástil con carga cambia las condiciones de estabilidad en el montacargas.

El número de chasis viene punzonado en el montacargas; se coloca una placa en una parte visible donde se especifican los datos de: modelo, serie, capacidad nominal de carga (kgf, lbf y Newton), ancho mínimo y máximo de horquillas, altura máxima, centro de gravedad, tipo de neumático y voltaje (en montacargas eléctricos).

Existen diversos tipos de montacargas eléctricos los cuales cuentan con una batería de 24, 36 y 48 VDC la cual tiene una gran capacidad de amperios-uso, y además sirve como contrapeso.

Las secciones que se encuentran en los montacargas son similares a presentadas en todo vehículo automotor, por ejemplo: el sistema de frenos, sistemas eléctricos, transmisión, suspensión y dirección.

La bomba hidráulica, los cilindros de inclinación y cilindro principal de levante, las válvulas y mástil de carga, son los elementos que marcan la diferencia en este tipo de automotor.

2.1.2 Meta y visión del mantenimiento preventivo

La visión de un departamento de mantenimiento debe estar enfocada en el servicio fundamental que se quiere prestar dentro de la empresa, durante su aplicación y su mejora continua en el tiempo.

Se considera de esta forma todo equipo industrial de producción en planta, así como el equipo externo generalmente son automotores que contribuyen en la producción de bienes y servicios.

El mantenimiento preventivo es aquel que ayuda a todo equipo mecánico en obtener una confiable operación durante uso, mediante la aplicación de lubricación, sustitución periódica de piezas, rectificación y balanceo; todo esto, con el fin de incrementar la vida útil de cada equipo y evitar fallos.

Lo anterior, al ser combinado con los principios administrativos, llevan a establecer una visión enfocada a largo plazo en forma general y una correcta dirección del parque automotor a cargo ya sea el de montacargas, camiones, cabezales, reparto, los cuales están a servicio general de la empresa.

La visión lleva a tener presente una constante capacitación del recurso humano, sobre avances tecnológicos y la modificación de técnicas empleadas en la realización de las tareas preventivas y correctivas.

El desarrollo de la misión consiste en considerar el compromiso que existe con producción y bodegas en mantener las unidades en óptimas condiciones de uso.

Mediante el cumplimiento de los procedimientos de trabajo estandarizados se trazan objetivos enfocados en los resultados que se desean alcanzar mediante la programación de las rutinas y metas establecidas para la reducción de tiempos muertos.

Día con día se cumple la misión para alcanzar los objetivos propuestos, actuando con planes estratégicos a largo plazo durante el año y planes tácticos a corto plazo en la toma de decisiones participativa en equipo.

2.1.3. Investigación formal de condiciones

Se realiza mediante el estudio a profundidad de cada uno de los montacargas que forman el parque automotor, conociendo datos como la marca, modelo, serie, capacidad de carga, tipo de transmisión, operación, inspecciones y servicios de mantenimiento.

Esta información puede encontrarse en la placa impresa en los montacargas o los manuales de servicio fabricante, se pueden también obtener hojas de trabajo sobre servicios realizados si existieren.

Puede ser que dentro del parque automotor existan diferentes marcas y modelos de montacargas, durante la recopilación de esta información se debe determinar la compatibilidad en lubricantes, grasas, refrigerantes, repuestos, neumáticos, según proveedores para realizar así la compra más eficiente de los mismos.

Es importante conocer las horas de uso de cada montacargas para establecer cuáles son los que están más propensos a presentar fallas, clasificando el uso en esporádico, moderado y frecuente. Esto permite crear una base de datos más representativa de las unidades del parque automotor.

Cuando se lleva un historial de fallas de cada montacargas, ello permite conocer la frecuencia de falla. Con esto se logra identificar la falla más repetitiva y establecer la solución más adecuada en cada problema. Por el contrario, si no se cuenta con un historial de fallas, se empieza a generar uno, durante el diseño de rutinas de mantenimiento preventivo.

Mediante una investigación de campo, se obtienen datos físicos de uso de las unidades, evaluando los parámetros que encontramos en la planta registrando cada uno para determinar los factores más influyentes dentro de las condiciones de uso.

Todos los datos obtenidos durante la investigación formal se ingresan en una base de datos para ser procesados de forma analítica con base a criterios y experiencia.

También se puede evaluar el comportamiento de un parque automotor similar al que está bajo nuestro cargo. Ello, con el propósito de lograr interpretar de una mejor forma las variables y parámetros que afectan y con base a esta información, buscar aplicar rutinas preventivas eficientes.

2.2. Organización de la estructura de las rutinas mantenimiento preventivo

Las funciones organizacionales en el diseño de rutinas se centran en los procedimientos técnicos por llevar a cabo, según división del mantenimiento y la sección del automotor.

El mantenimiento preventivo se divide con la finalidad de establecer una diferencia entre tareas. La estructura del mantenimiento preventivo descrita en el capítulo uno la presento en la siguiente división:

- Lubricación
- Tarea mecánica
- Tarea eléctrica

Se busca la especialización de las tareas para crear prácticas uniformes por escrito de instrucciones, procedimientos y reglas.

La coordinación de actividades debe ser de tal forma que no se presenten demasiados niveles administrativos en la toma de decisiones. Esto, con el fin de no hacer lentos los procedimientos en el mantenimiento preventivo y correctivo.

El jefe del Departamento de Mantenimiento es la autoridad encargada de tomar decisiones de importancia general, teniendo a cargo la responsabilidad de actuar de manera precisa y efectiva para la búsqueda de soluciones a los problemas que se presenten.

Es también el encargado de asignar tareas del mantenimiento al recurso humano basándose en una programación, considerando los servicios externos que sean necesarios para trabajos especiales.

2.2.1. División del mantenimiento preventivo en secciones específicas

Se entiende por sección del automotor a una parte mecánica o eléctrica o la combinación de ambas. La misma tiene una función específica para realizar un trabajo útil. Los aspectos generales ya fueron descritos anteriormente y se vuelven a presentar de la siguiente forma:

- Motor
- Sistema de enfriamiento
- Mecanismo hidráulico
- Transmisión de potencia
- Eléctrica

- Mecánica de frenos
- Suspensión dirección

Para cada sección del automotor se aplica alguna actividad de la división del mantenimiento a los elementos que la componen según la rutina preventiva asignada.

Por ejemplo, a la sección del motor, se le pueden aplicar las tres divisiones (lubricación, tarea mecánica y eléctrica) de servicio que le corresponda según tipo rutina.

Si es un servicio menor de 600 horas o más se presentan actividades de cambio de aceite lubricante, cambio de filtros, engrase, revisión de cables de alta tensión, distribuidor, bobina y batería, cambio de bujías y ajustes de pedal.

En la programación del mantenimiento preventivo se asignan tareas de lubricación, calibración, medición, limpieza, ajuste y reemplazo según rutina aplicada, las cuales se crean según especificación del fabricante o estudio de variables y parámetros de las condiciones de uso del parque automotor.

Cada una de las secciones en que se divide un automotor se describen a grandes rasgos en el subcapítulo 1.3 “Estructura de rutinas de mantenimiento preventivo”. A continuación se presentan detalladamente las diferentes secciones de un montacargas especificando técnicamente cada una de ellas:

- Sección motor:
 - Sistema de lubricación: cárter, bomba de aceite, galerías (perforaciones u orificios vaciados en el block y cigüeñal) para paso de aceite motor, filtro de aceite, filtro o tamiz de alambre fino en el cárter, medidor de presión aceite, varilla medidora de nivel aceite motor.
 - Sistema de alimentación de combustible: bomba (mecánica o eléctrica), filtro de combustible, tuberías de alimentación y retorno, medidor, sistema de mezcla aire – combustible (carburación, inyección gasolina o diésel), mangueras, abrazaderas, filtro de aire, múltiple de admisión y depósito de combustible.
 - Sistema de enfriamiento: bomba de agua, radiador, ventilador o hélice, mangueras, abrazaderas, termostato, tapón de presión del radiador, impulsores del ventilador (faja o motor eléctrico), agente enfriador, tubos de distribución.
- Cuerpo del motor:
 - Culata: conjunto de las válvulas (seguro, platillo, resorte, ranura para resorte, válvula, cabeza de la válvula), conjunto de accionamiento (balancín, varilla, buzo, eje de levas), sistema de mando de sincronización (engranajes, fajas o cadena), empaquetaduras (de tapa de válvulas, de culata, de múltiples de admisión y escape).

- o Block de cilindros: émbolos, anillos de émbolo, pasador, bielas, cigüeñal, cojinetes, volante, cárter, varilla medidora, empaquetaduras (de cárter, de accesorios sobre block de cilindros), poleas y fajas.
- o Emisión de gases: múltiple de escape, empaque de tubo de salida, tubo de salida, silenciador, tubo final.
- Sección de transmisión de potencia:
 - o Transmisión manual: canasta de embrague, collarín, guía del collarín, horqueta, disco de embrague, disco volante con corona dentada, eje propulsor, pedal de embrague, mecanismo de accionamiento (palancas, varillas, cable, bomba hidráulica), caja de velocidades (eje de mando, relación de engranajes, lubricante, ejes, cojinetes, sincronizadores, eje de salida).
 - o Transmisión automática: elemento impulsor o rotor (cubierta exterior del conjunto total, sustituye al volante ordinario firmemente fijado al cigüeñal), elemento impulsado (unido a la caja de cambios, conjunto de álabes de turbina montados sobre elementos situados uno frente al otro muy cerca), fluido hidráulico.
 - o Eje cardan o árbol de transmisión: tubo de acero, yugos fijos, yugos deslizables, cruces, uniones, retenedor de grasa y graseras de uniones.
 - o Eje diferencial: engranaje diferencial, piñón de ataque, corona, caja de engranajes satélites, engranajes planetarios, cojinetes, flechas.

- o Sistema hidráulico de cilindros de levante e inclinación de horquillas.
- Sección eléctrica:
 - o Sistema de carga: acumulador, cables, fusible, alternador, regulador de voltaje, reveladores, interruptor de encendido, indicador de carga.
 - o Sistema de arranque: motor de arranque, revelador, cable, interruptor.
 - o Sistema de encendido: interruptor, bobina, distribuidor (platinos, condensador, rotor, tapa), cables de baja y alta tensión, bujías, pre calentadores en motores diésel. El sistema de encendido actual es electrónico transistorizado.
 - o Sistema de alumbrado: conmutador de luces, selector de cambio de dirección, faros delanteros y traseros, fusibles, revelador, interruptor, reveladores térmicos (flasher).
 - o Sistema de indicadores: presión de aceite, temperatura, nivel de gasolina, horas de uso (horómero) y luces de tablero.
 - o Sistemas especiales: caja de fusibles, bocina, motores eléctricos, interruptores, cables, conectores.

- Sección de mecánica de frenos: bomba principal, tuberías, bombas auxiliares, pedal de freno, freno de mano, sistema de accionamiento (freno de tambor o freno de disco), fluido hidráulico, reforzadores de freno al vacío.
- Sección suspensión dirección: amortiguadores, resortes helicoidales, varillas de dirección, brazo del muñón, barra estabilizadora, barra de control, sistema de dirección mecánica, varilla o eje del volante, volante, cojinetes, pernos, aros, neumáticos.

2.2.2. Designación de tareas y creación de reporte de trabajo según división del mantenimiento preventivo

La designación de tareas de mantenimiento preventivo por realizar a cada unidad del parque automotor es el siguiente paso dentro de la función administrativa de organización que establece los procedimientos que el recurso humano debe efectuar y se lleva a cabo a partir de las secciones específicas del automotor.

Las tareas que se designan son procedimientos que involucran generalmente las siguientes actividades en una determinada sección:

- Inspección previa a mantenimiento que consiste en revisar niveles de lubricantes, fugas, ruidos y fallas anormales.
- Limpieza (solventes, lija, cepillo de alambre, aire comprimido, guaípe)
- Sustitución lubricantes, según la programación y el tipo de mantenimiento correspondiente (según horas de uso).

- Cambio de elementos (bujías, cojinetes, fajas, filtros, neumáticos, fusibles y lámparas) según falla o programación.
- Ajustes (nivelación, calibración, regulación, torque y tensión)
- Medición (voltaje, corriente, resistencia, presión y revoluciones por minuto)
- Montaje y desmontaje de elementos (secuencia de torque, uso de extractores, prensa hidráulica y de banco, purga de aire de un sistema y despiece).

Todas estas tareas se detallan de forma práctica y de fácil comprensión para la persona encargada de realizar una actividad de mantenimiento, siguiendo un orden lógico que conduzca a prácticas efectivas con la menor inversión de tiempo.

Se debe también especificar los aspectos técnicos que recomienda el fabricante con el uso de lubricantes, seguridad en las prácticas de manufactura, ajustes, graduación, tipo y grado de grasa.

El reporte de trabajo es una hoja en donde se detalla modelo, serie, horas de uso (según indicador horómetro), tipo de uso (esporádico, moderado o frecuente), fecha, hora de inicio y finalización, trabajos efectuados, material utilizado, observaciones, nombre y firma del técnico responsable y de quien recibe.

Este reporte es almacenado en una base de datos con el propósito de crear un historial a cada automotor, permitiendo fácil acceso en la consulta de datos y la programación del próximo servicio.

La prevención de fallas inesperadas que conduzcan a un mantenimiento de emergencia se puede llevar a cabo mediante un reporte diario por operador, en el cual se especifiquen instrucciones de inspección visual de niveles de lubricantes, agua, electrólito del acumulador, presión de aire en neumáticos y observaciones.

Debe ser diseñado de una forma clara, sencilla, de fácil aplicación y, sobre todo, en el menor tiempo; la capacitación de los operadores debe realizarse antes y durante la aplicación del reporte con ejemplos prácticos sobre

Esta información se debe almacenar de igual forma que los reportes de trabajo para predecir comportamiento de cada automotor, evitando daños y paros de las unidades del parque.

En la siguiente figura se presentan el diseño de un reportes de trabajo en donde deben anotarse los principales datos antes mencionados como fecha de realización, marca, modelo, serie, horómetro, tiempo, horas de próximo servicio, lo cual es llenado por la persona encargada de realizar el servicio, nombre y firma de persona encargada quien recibe montacargas.

Figura 4. **Esquema de un reporte de trabajo**

REPORTE DE TRABAJO

Fecha: _____ Horómetro: _____
Montacargas núm.: _____ Próximo servicio: _____
Marca: _____ Tiempo total de trabajo: _____
Modelo: _____
Serie: _____
Empresa o encargado del trabajo: _____

Trabajos efectuados	
Mantenimiento preventivo:	
Mantenimiento Correctivo:	
Materiales utilizados	
Lubricantes:	
Filtros:	
Elementos mecánicos:	
Elementos eléctricos:	
Otros:	
Observaciones:	

Nombre de quien recibe: _____ Técnico: _____

Firma: _____ Firma: _____

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta de igual manera un reporte diario por operador donde se anota el operador el comportamiento de niveles, fugas y indicadores de la unidad bajo su cargo.

Figura 5. Reporte diario por operador

REPORTE DIARIO

Fecha: _____ Horómetro: _____
Nombre del operador: _____ Montacargas núm.: _____
Turno: _____

Inspección de niveles				
Indicador	Min	1/2	Max	
1	Nivel aceite motor			(Se mide antes de arrancar motor, "Min" no arracar y reportar a supervisor)
2	Nivel aceite hidráulico			(Medir con horquillas en posición más baja, "L" reportar a supervisor)
3	Nivel aceite caja			(Min reporte a supervisor)
4	Nivel refrigerante			(Min reporte a supervisor)
5	Nivel líquido frenos			(Min reporte a supervisor)
Inspección del tablero				
Indicador	Min	1/2	Max	
1	Indicador de temperatura			(Max, sobrecalentamiento pare motor y reporte a supervisor)
2	Indicador de combustible			(Min, recargar combustible)
3	Indicador presión aceite motor se apaga	Si	No	(No, pare motor reporte a supervisor)
4	Indicador batería se apaga	Si	No	(No, pare motor reporte a supervisor)
Inspecciones visuales				
Verificar	Si	No		
1	Existen fugas de algún tipo de fluido			(Si, reportar a supervisor)
2	Existen fugas en mangueras			(Si, reportar a supervisor)
3	Existe algún ruido fuera de lo normal			(Si, pare operación y reporte a supervisor)
4	Luces en buen estado			(No, reportar a supervisor)

Observaciones:

Fuente: elaboración propia.

2.3. Aplicación de rutinas de mantenimiento y reporte de trabajo

Una vez diseñadas las rutinas de mantenimiento y reportes (de trabajo y por operador), se integran al Departamento de Mantenimiento y a cada operador con el objetivo de facilitar la comprensión de cada tarea que debe realizar, según mantenimiento programado o las inspecciones diarias que el operador debe seguir antes de la puesta en marcha del montacargas.

Cualquier duda respecto a un dato requerido por cada reporte se resuelve demostrando técnicamente la importancia del dato requerido, hasta lograr la comprensión total de cada reporte por cada recurso humano.

El encargado o jefe de Mantenimiento recibe cada reporte de trabajo conforme se vaya desarrollando la programación de las rutinas; se almacena esta información en una base de datos (“almacenamiento de información dentro de un sistema computarizado”) iniciando un historial de actividades realizadas en cada montacargas del parque automotor.

Se debe contar con una pequeña bodega con insumos para el parque de aceite lubricante, aceite hidráulico, grasas, líquido de frenos, líquido de batería, fusibles, terminal para batería, guaípe.

Estos deben ser entregados dependiendo de la tarea asignada; por ejemplo, si en una inspección visual se detecta bajo nivel de líquido de frenos, el operador debe proceder a solicitar y suministrar el líquido con las propiedades especificadas por el fabricante para nivelar depósito.

2.4. Dirección del recurso humano y procedimientos de las rutinas de mantenimiento preventivo

La dirección por parte del jefe de mantenimiento para que se cumplan las tareas respectivas entre cada rutina es una de las funciones que se centra en hacer cumplir los objetivos propuestos en la planeación.

En su equipo de trabajo debe prevalecer una constante motivación de personal a cargo, como lo son mecánicos, eléctricos, asistentes, ayudantes, operadores, etc., orientada al comportamiento de cada persona para alcanzar metas compensando las necesidades individuales mediante recompensas económicas, simbólicas, ascensos.

En el manejo de personal, el jefe de mantenimiento logra identificar comportamientos, prácticas y desempeño del recurso humano a su cargo. Cuando sea necesario, se debe alcanzar la modificación de aspectos negativos por medio de comunicación constante, capacitación y dar seguimiento a los resultados.

La comunicación es proceso de vital importancia entre el equipo de trabajo y el jefe de mantenimiento, para poder alcanzar una correcta comprensión de las funciones, establecimiento de metas, organización eficaz, participación del recurso humano y control de su desempeño.

La comunicación puede ser oral. Esta tiene la mayor importancia por su fácil transmisión; sin embargo, tiene la desventaja de fácil olvido por poco seguimiento de la información. La otra forma de comunicación es la escrita la cual tiene la ventaja de registro y la desventaja de ser llevar más tiempo para realizarla.

Cualquiera que sea la forma de comunicación, esta debe crearse dependiendo de la situación presentada. Un ejemplo de comunicación escrita puede ser por medio de órdenes de trabajo, procedimientos y planes. Ejemplo de comunicación oral son las constantes reuniones con el equipo de trabajo.

Los procedimientos son enfocados a orientar al recurso humano en la aplicación de cada rutina y principales tareas. Estas pueden utilizar simbología, tecnicismos, diagramas, figuras, datos en cualquier sistema de medición y advertencias sobre seguridad en determinada acción.

2.4.1 Clasificación de repuestos y dirección de compra

Los repuestos se clasifican en consumibles, estratégicos, desgaste, reemplazables y obsoletos. Esta clasificación es utilizada para poder contar con un inventario de repuestos dentro de bodega, considerando el presupuesto que le puede otorgar el departamento financiero de la empresa al departamento de mantenimiento.

Los repuestos son consumibles cuando se utilizan frecuentemente y en forma común para el mantenimiento del parque automotor. Son accesibles en el mercado y de consumo normal los cuales pueden ser: lubricantes, grasas, bolas de guaipe, tornillos, filtros, cojinetes y fajas comunes, refrigerantes, fusibles, focos.

Son repuestos estratégicos aquellos que pueden llegar a fallar y no se cuenta con existencia dentro de bodega, ya sea por difícil predicción de falla o por su alto costo. La dificultad de compra es alta y largos periodos de entrega; algunos ejemplos son: cilindro principal de levante, engranaje diferencial (corona) y volante de transmisión de potencia.

Los repuestos de desgaste dependen del factor tiempo y condiciones de lubricación; pueden funcionar durante operación del automotor sin presentar paro; la existencia debe estar prevista en el momento que se detecta desgaste por adhesión, abrasión o por fatiga.

Se denominan repuestos reemplazables aquellos que se reemplazan totalmente con cierta periodicidad. Ellos pueden hacer que falle el automotor; por ejemplo, mangueras, cadena de elevación, sellos de polvo, piezas de goma del sistema de dirección, neumáticos, baterías y cables de alta tensión.

Por último están los repuestos obsoletos cuya existencia ya no se utiliza por modificaciones en secciones; por ejemplo cambio de neumáticos sólidos por neumáticos a presión de aire. Son parte del inventario pero sin movimiento.

De acuerdo con la clasificación antes descrita y lo presupuestado para el departamento de mantenimiento, se planifica la compra considerando los repuestos que son más indispensables para el funcionamiento de las rutinas de mantenimiento, siendo estos, generalmente, los consumibles.

El historial que se va generando conforme pasa el tiempo también puede ser una herramienta útil a la hora de planificar compras, ya que muestra cuáles son los repuestos que más han utilizado las unidades del parque.

2.5 Control de procedimientos establecidos en las rutinas de mantenimiento preventivo

La supervisión constante de los procedimientos realizados por parte del recurso humano en cada rutina de mantenimiento, generalmente, la realiza un supervisor de mantenimiento. Si este no existiera se debe nombrar a la persona más idónea, capacitada previamente para esta tarea.

El control físico consiste en observar los procedimientos técnicos empleados por la persona asignada durante cada tarea de mantenimiento, siendo aquéllos el montaje y desmontaje de tornillos, tuercas, seguros y cojinetes. Todo, con herramienta adecuada, limpieza, medición, ajustes y criterios aplicados.

Lo anterior debe ir amarrado con el seguimiento a procedimientos descritos en el manual y/o fichas diseñadas de tareas. Se identifica la interpretación de las instrucciones y cumplimiento, con el fin de conocer la calidad de ejecución entre cada rutina.

Otra forma de control es mediante reportes, estadísticas y observaciones realizadas por el recurso humano. Esto lleva a medir el desempeño de las rutinas considerando variaciones e implementar planes de corrección continua.

Los reportes van demostrando el comportamiento del parque automotor durante la aplicación de las rutinas de mantenimiento; se identifican fallas más comunes diagnosticando el origen de los problemas con el objeto de reducirlos obtener y los resultados deseados.

El control estadístico sirve como un método de diagnóstico que permite establecer límites de variación de los procedimientos aplicados. Se consideran tiempos muertos aquellos en los cuales se demuestra la diferencia entre el tiempo programado y el tiempo real efectivo utilizado durante cada tarea de mantenimiento.

Las reuniones previstas con el equipo de trabajo sirven como un medio de control, ya que, mediante ellas, se puede establecer los problemas encontrados durante el desarrollo de una rutina de mantenimiento. Esta información nos permite establecer estrategias y un mejoramiento proactivo.

Cuando el servicio de mantenimiento lo brindan fuentes externas se solicita un informe de actividades llevadas a cabo. Los procedimientos empleados quedan fuera del alcance del personal de la empresa a menos que se tenga un supervisor encargado, sin embargo, se debe exigir calidad a los proveedores que presten sus servicios.

3. HISTORIAL DE FALLAS Y PROCEDIMIENTOS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO EN MONTACARGAS

Los datos por evaluar en el presente estudio son los que se presentan en el parque automotor de la empresa Sacos Agro Industriales, S. A., los cuales se interpretan como un ejemplo real sobre los temas antes abordados en los capítulos previos.

El recuento de fallas presentadas durante la puesta en operación de cada montacargas dentro del parque automotor y los procedimientos empleados por la empresa en la programación de rutinas de mantenimiento preventivo deben ser evaluados, para conocer las tendencias de costos, repuestos, mantenimientos correctivos más comunes y proveedores.

Los presentes subcapítulos muestran en forma ordenada el procedimiento a seguir durante el diseño de rutinas de mantenimiento preventivo, en cualquier parque automotor existente o que está por iniciar sus operaciones dentro de una organización.

El inicio del diseño de rutinas de mantenimiento preventivo se enfoca en el conocimiento general de las condiciones de uso, criterios a utilizar durante la investigación de campo; todo, orientado a establecer la diferencia entre las prácticas de mantenimiento actuales y las por alcanzar.

3.1 Conocimiento sobre modelo, marca y capacidad de carga de montacargas objeto de estudio

La empresa objeto de estudio nos presenta un parque automotor de seis montacargas que se van a evaluar. Son marca Yale y Nissan y el modelo y capacidad de carga varía; sin embargo, los principios mecánicos de funcionamiento son los mismos en todo el parque automotor.

El modelo de cada montacargas está relacionado con el tipo de combustible y la capacidad de carga en Kgf o lbf.

A continuación, en el siguiente cuadro, se presentan las principales características técnicas de cada montacargas del parque automotor objeto de estudio:

Tabla I. **Datos técnicos de parque automotor de montacargas**

DATOS TECNICOS DE MONTACARGAS		
Montacargas Núm.	1	2
Marca:	Yale	Nissan
Modelo:	GP25RHJUA2120	PH02A20U
Serie:	A871R03430K	PH02-011454
Núm. de cilindros	4	4
Capacidad de carga:	2500 Kg	2000 Kg
Distancia máxima entre horquillas (m):	1.5	1
Tipo de transmisión:	Automática	semi-automática
Tipo de combustible:	Gasolina - GLP	Gasolina
Tipo de llanta:	Neumáticas	Sólidas

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Variables y parámetros de uso de montacargas

Los montacargas en estudio presentan diferentes variables y parámetros; estos datos se obtienen mediante un estudio de campo en planta.

Se obtienen datos teóricos en manuales del fabricante y/o físicamente en placa característica en donde se detalla la capacidad; tipo de montacargas; tipo de accesorio (cuchillas, implementos para sujetar barriles, plataforma para personal); centro de gravedad; altura y carga de seguridad.

En resumen, las variables encontradas se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla II. **Resumen de variables evaluadas en parque automotor de la empresa Sacos Agro Industriales, S. A.**

VARIABLES		
Montacargas Núm.	1	2
Tipo de combustible:	Gasolina - GLP	Gasolina - GLP
Capacidad de carga:	2500 kg	2000 kg
Centro de gravedad:	30 grados (+/-)	25 grados (+/-)
Elevación de mástil	3.5 m	2.5 m
Manejo de operadores:	operación 70% , conocimientos básicos de mecánica 15%	operación 70% , conocimientos básicos de mecánica 15%
Tipo y forma de carga	Diferentes formas y pesos	Diferentes formas y pesos
Hora de uso por operadores	10 a 15 horas diarias en promedio	7 a 10 horas diarias en promedio

Fuente: elaboración propia.

Los datos encontrados en el manual se clasifican como variables en todo nuestro parque automotor. La razón es que se puede encontrar diferentes marcas, modelos y series de montacargas.

Por ejemplo, en el parque automotor evaluado, hay montacargas marca Yale y Nissan los cuales tienen diferente altura para descargar tarimas, así como su capacidad de carga.

En algunos casos, la altura máxima del montacargas Nissan es insuficiente para poder alcanzar una carga, debiendo, en este caso, utilizar el montacargas Yale que puede levantar las horquillas hasta la altura requerida.

Otra variable encontrada es el peso de carga y la forma que varía según el tipo de carga, la cual puede ser materia prima, tarimas, tarimas con producto final, toneles, etc.

Este peso de carga queda dentro del rango de peso de los montacargas utilizados. Esto se determina mediante observación, informes del peso de la carga y entrevista con operadores de cada montacargas.

El rendimiento de cada operador de montacargas varía con la experiencia, método de conducción y los conocimientos básicos mecánicos que cada operador posea. Además, la distribución de turnos utilizados por la empresa es rotativa de doce horas cada turno, encontrando menos horas de uso en el turno nocturno.

Las horas de uso de cada montacargas varían con la orden de trabajo dadas a la bodega; en promedio, se trabajan generalmente entre 8 a 15 horas diarias promedio en forma alternada.

En algunas ocasiones el uso es continuo durante un turno completo encontrando paradas momentáneas durante actividades de refacción, tiempo de comida, y reuniones.

Tabla III. **Resumen de parámetros evaluados en parque automotor de la empresa Sacos Agro Industriales, S. A.**

PARAMETROS	
Distancia de recorrido:	0 a 500 m promedio dentro de bodega y área externa
Condiciones de suelo:	Bueno 90% fundido / mal estado 10% empedrado área externa
Pendientes:	10 - 20 grados
Altitud:	1500 m sobre el nivel del mar
Taller de mantenimiento:	Si (tareas preventivas y correctivas a equipo industrial)
Bodega de insumos:	Si (insumos solo para equipo industrial)

Fuente: elaboración propia.

Los parámetros presentados en el parque automotor que se pueden observar físicamente son las distancias de recorrido cortas, condiciones de suelo en buen estado dentro de la bodega y, fuera de la misma se presentan condiciones irregulares, encontrándose pocas pendientes.

El uso de los montacargas en estas últimas áreas irregulares es durante la carga y descarga de materia prima, producto final y productos varios, en automotores como camiones y contenedores.

La altitud que se encuentran en la planta ubicada en la ciudad de Guatemala es la correspondiente a 1500m de altura sobre el nivel del mar y este parámetro es aceptable para las condiciones de trabajo del motor de combustión interna respecto a la densidad del aire.

Dentro de la planta se cuenta con un departamento de mantenimiento, encargado de realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo al equipo industrial exclusivamente; el departamento no tiene una relación directa con el parque automotor.

La relación del Departamento de Mantenimiento es indirecta utilizando servicios externos cuando se presenta una falla o por servicio preventivo correspondiente según el historial de servicios efectuados a cada montacargas.

La existencia de productos en bodega para el ajuste de niveles por el operador como lo es el aceite de motor, aceite hidráulico, líquido de frenos, líquido para celdas de batería, es limitada y el ajuste se lleva a cabo por la empresa externa encargada de los servicios de mantenimiento.

3.1.2. Interpretación de datos

Los datos presentados en las tablas anteriores se evalúan para determinar las condiciones de uso en automotores, definiendo criterios para la programación entre rutinas de mantenimiento preventivo, sustitución periódica de piezas y reparaciones correctivas.

Independientemente de la marca y modelo de cada montacargas, los principios de operación de motor, transmisión y capacidad de carga pueden considerarse similares en todos los montacargas lo que contribuye a estandarizar las rutinas.

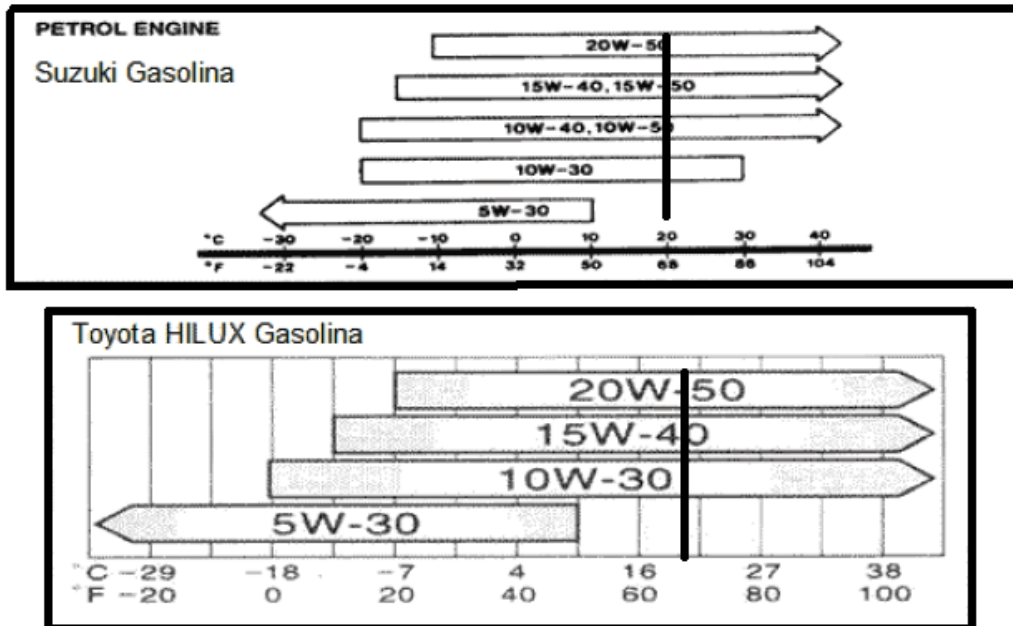
Las condiciones de uso por operadores y horas de operación determinan el intervalo entre rutinas de mantenimiento preventivo, ya que cada operador tiene diferente capacitación. Esta última se debe llevar a una uniformidad de conocimientos en el personal.

De igual forma se debe establecer un control efectivo de las horas de operación por medio del horómetro para la más acertada aplicación de cada rutina.

Evaluando los reportes de trabajos realizados que entrega el proveedor externo de servicios a cada montacargas, en aquellos se anota el tipo de servicio, materiales utilizados, número de horas y observaciones realizadas por el técnico a cargo. Estos reportes nos presentan la información necesaria para interpretar los datos que en los siguientes párrafos se detallan.

En cada montacargas se utiliza aceite lubricante para motor del tipo multigrado SAE 20W50; la temperatura promedio en la ciudad de Guatemala es de 20°C y en base a los siguientes ejemplos de consolidación de lubricantes según clasificación CI-4/SL, esta temperatura queda dentro del rango requerido por las especificaciones del fabricante el cual recomienda SAE 10W30.

Figura 6. Gráfica SAE para aceite multigrado



Fuente: www.widman.biz/boletines_informativos/35.pdf. Consulta: abril de 2007.

La viscosidad de aceites de motores de acuerdo con la norma SAE J300 se mide de acuerdo a una tabla de viscosidades y se clasifica por su viscosidad cinemática a 100 grados centígrados. En el caso de aceite multigrado se mide su bombeabilidad y resistencia en arranque en frío.

Se debe considerar también la degradación de la viscosidad la cual se va perdiendo según la horas de trabajo de un montacargas, esta pérdida se puede medir mediante análisis de aceites en tomas periódicas de muestras y así obtener las horas máximas en que el aceite de motor pierde su viscosidad recomendada en tabla según la norma SAE J300.

Figura 7. Comparación de viscosidades norma SAEJ300

SAE J300					
Viscosidad SAE	Arranque en Frio (cP)	Bombeabilidad en Frio (cP)	Mínima Cinemática (cSt)	Máxima Cinemática (cSt)	Cizallamiento en alta temperatura (cP)
0W	6,200 a -35°C	60,000 a -40°C	3.8	-	-
5W	6,600 a -30°C	60,000 a -35°C	3.8	-	-
10W	7,000 a -25°C	60,000 a -30°C	4.1	-	-
15W	7,000 a -20°C	60,000 a -25°C	5.6	-	-
20W	9,500 a -15°C	60,000 a -20°C	5.6	-	-
25W	13,000 a -10°C	60,000 a -15°C	9.3	-	-
20	-	-	5.6	9.3	2.6
30	-	-	9.3	12.5	2.9
40	-	-	12.5	16.3	2.9 (0W-4, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12.5	16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 24W-40, 40 monogrado)
50	-	-	16.3	21.9	3.7
60	-	-	21.9	26.1	3.7

Fuente: www.widman.biz/Seleccion/j300.html. Consulta: febrero de 2009.

En la tabla anterior se comparan la viscosidades cinemáticas para varios grados SAE, lo que en comparación de ambos multigrados se puede observar el amplio rango de viscosidad de un aceite SAE 20W50 con respecto a un SAE 10W30.

El cambio de aceite de motor se realiza en función de las horas de operación. En los datos del manual mantenimiento preventivo especificados por el fabricante, el número de horas de operación recomendadas para esta tarea es de 200.

Los servicios de mantenimiento preventivo aplicados al parque automotor por empresa externa, son de 200, 400, 600 y 1200 horas realizando en todos los servicios las tareas básicas de: cambio de aceite lubricante de motor, filtros de aceite y combustible, bujías, lavado y engrase general.

Algunas tareas descritas anteriormente quedan fuera de las especificaciones del fabricante; por ejemplo, un mantenimiento preventivo de 200 horas no se debe de realizar las actividades de cambio de filtro de combustible y bujías. Las instrucciones para este servicio son: ajuste de aceite lubricante de motor, limpieza de filtro de aire, verificación de estado de filtro de combustible, limpieza y calibración de bujías.

De igual forma existen intervalos de horas de operación demasiado largos como ejecutar un servicio de 1200 horas después de un servicio menor y un intervalo largo de tiempo. En este caso, el cambio de aceite lubricante de motor y filtros pierden sus propiedades y aumenta en exceso las partículas atrapadas en filtros.

Los filtros de aire ubicados en la aspiración del carburador deben ser limpiados frecuentemente con aire comprimido con presión regulada a 30 psi (lb/pulg²) manteniendo un ángulo entre 35 y 45 grados. El fabricante recomienda esta operación cada 200 horas en caminos pavimentados o fundidos y cada 100 horas en caminos en contacto con polvo. La sustitución se debe realizar cada 1200 horas de operación o cada 6 meses.

Los parámetros de uso encontrados con relación a las distancias de recorrido y condiciones del suelo presentadas, determinan que los intervalos de limpieza del filtro de aire para cada automotor sean cada 200 horas de operación. Para ello existe una red de aire comprimido que permite realizar esta operación; sin embargo, esta tarea se realizara según lo establecido en las rutinas que aplica la empresa externa proveedora del servicio.

La limpieza y sustitución adecuada del filtro de aire permite a los cilindros del motor una aspiración de aire más efectiva. La aspiración ideal es a nivel del mar con una presión de 14.7 psi (760 mm Hg) que da al cilindro un llenado de aire, el cual se limita por factores de velocidad, secciones restringidas en múltiple de admisión, tiempo y altura.

Las condiciones de suelo encontradas en los parámetros en planta de operación se observaron aceptables por encontrarse en un lugar cerrado y limpio. Esto permite extender la aplicación de limpieza a filtro con aire comprimido cada 200 horas de uso.

La sustitución periódica de piezas que generalmente se realiza es: cambio de filtro de combustible, bujías, líquido de frenos, refrigerante, cojinetes y retenedores los cuales se cambian algunas veces conforme la especificación del fabricante; sin embargo, en otras ocasiones, el tiempo de vida útil del elemento sustituido no ha llegado a su final.

Durante los periodos de servicio se realizan tareas preventivas de limpieza de carburador, medición de presión en cilindros y ajustes por técnicos a cargo. Estas tareas llevadas a cabo sirven para determinar estado del motor y la corrección de funcionamiento irregulares.

Cuando se determina el incorrecto funcionamiento de un sistema o componente del montacargas se realiza un mantenimiento correctivo mediante la reparación respectiva y el montaje de la pieza sustituida, indicando en el reporte de trabajo los trabajos efectuados.

La evaluación sobre la sustitución periódica y mantenimientos correctivos se diagnostican y cotizan por la empresa externa de servicios.

3.2. Análisis sobre historial de fallas en investigación formal de campo

Cada trabajo efectuado en el parque automotor de montacargas se registra mediante reportes de trabajo, los cuales se entregan a jefe de mantenimiento por parte de la empresa a cargo de efectuar cada servicio.

En dichos reportes se describen la fecha de los trabajos realizados, el horómetro, los materiales utilizados, el nombre del técnico a cargo, observaciones y persona quien recibe trabajo.

A partir de estos reportes se establece un historial en el tiempo de las fallas de cada montacargas. Con esto se logra analizar cuáles son las más repetitivas y poder llegar a establecer acciones para la disminución.

La extensión en el análisis del historial de fallas de todo el parque automotor obliga a presentar el análisis de un solo montacargas. El análisis general de los demás montacargas se realiza de una manera similar.

A continuación se presenta un cuadro sobre el historial de servicios, según reportes de la empresa externa a cargo de los reportes de trabajo. A continuación se detallan las fallas y reparaciones realizadas en un montacargas marca Yale GP25RH incluye tipo de servicio, tareas mecánicas y eléctricas y, en algunos casos, se repiten.

Tabla IV. **Inicio de actividades de mantenimiento preventivo en montacargas Yale, año 2000 y 2001**

Fecha	Mantenimiento preventivo	Tarea mecánica	Tarea eléctrica
06/06/2000	200 hrs		
07/08/2000	300 hrs		
11/10/2000	400 hrs	Cambio de mangueras sencillas de retorno aceite hidráulico y abrazaderas	Cambio de bombillas para luz de freno
06/12/2000	800 hrs	Instalación de abrazadera a cilindro principal, cambio de filtro aire	
09/03/2001	1200 hrs	Cambio de líquido de frenos, refrigerante, aceite a diferencial y transmisión, filtro de aire	
24/05/2001	600 hrs	Cambio filtro aire	
26/06/2001	800 hrs		
09/08/2001	1200 hrs	Cambio de aceite a diferencial, transmisión y a depósito hidráulico; cambio retenedores de bufa delantera, filtro aire y líquido de frenos	
04/10/2001	200 hrs		
12/11/2001	400 hrs		
29/11/2001			Instalación de acumulador nuevo
28/12/2001	800 hrs		

Fuente: elaboración propia.

Las tareas de mantenimiento preventivo se inician con una secuencia correcta siguiendo el orden propuesto por manual de fabricante, por ser un montacargas nuevo los primeros servicios son por cortesía del distribuidor.

El mantenimiento correctivo como reparaciones por fugas, ajustes y cambio de repuestos se empiezan a presentar pero no de forma continua con el paso del tiempo.

Tabla V. **Continuación de actividades de mantenimiento año 2002**

Fecha	Mantenimiento preventivo	Tarea mecánica	Tarea eléctrica
01/02/02	1000 hrs		Cambio de bombilla de dos contactos
25/02/02	1200 hrs	Cambio de aceite a diferencial, transmisión y a depósito hidráulico; cambio filtro aire, succión y transmisión; cambio retenedores de bufa delantera y líquido de frenos	
06/03/02			Reparación de alternador
07/03/02			Instalación de acumulador nuevo y cambio de borne a acumulador
01/04/02	200 hrs		
12/04/02			Reparación e instalación de alternador
21/05/02		Elaboración de pieza en torno de la base del filtro de transmisión	
22/05/02	400 hrs		
08/06/02	600 hrs	Limpieza a carburador	
12/08/02			Cambio de acumulador
18/08/02	200 hrs	Cambio de líquido de frenos, refrigerante; cambio aceite a diferencial y transmisión; cambio filtro de aire	
16/09/02	800 hrs		Cambio de bombillas de dos contactos
17/09/02		Diagnostico de compresiones a cilindros de motor, lecturas normales, cambio de bujías	
28/10/02	1200 hrs	Cambio de aceite a diferencial, transmisión y a depósito hidráulico; cambio retenedores de bufa delantera; cambio filtro aire y líquido de frenos	
12/12/02	200 hrs	Cambio de filtro de transmisión	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Aumento de ajustes y cambio de repuestos años 2003 y 2004**

Fecha	Mantenimiento preventivo	Tarea mecánica	Tarea eléctrica
03/01/03			Cambio de alternador nuevo
30/01/03	400 hrs		Cambio de bombillas de dos contactos
03/04/03	600 hrs	Reparación de frenos	Cambio de bombillas de dos contactos
02/06/03	800 hrs		Cambio de bombillas de dos contactos
20/06/03		Cambio de llanta trasera derecha	
16/09/03	1000 hrs		Cambio de bombillas de dos contactos
20/11/03		Cambio de empaques a cilindro principal de levante	
09/02/04	200 hrs		
14/04/04		Instalación de manguera del cilindro principal	
16/04/04	1200 hrs	Cambio de aceite a diferencial, transmisión y a depósito hidráulico; cambio retenedores de bufa delantera, filtro aire y líquido de frenos; Limpieza a carburador	
03/05/04		Cambio de base a carburador y cable de acelerador	
21/06/04		Cambio de mangueras de GPL	Reparación motor de arranque
21/06/04	200 hrs		
03/07/04		Reparación a culata y cambio empaque de culata; cambio de kit de tiempo; cambio de sellos a cilindro principal de levante	
29/07/04		Cambio retenedor a cilindro principal levante	
02/08/04	400 hrs		
04/08/04		Revisión de cilindro central de levante por fuga aceite hidráulico	
09/08/04		Reparación de cilindro central de levante	
02/09/04		Cambio de corona a volante motor	Reparación motor de arranque
11/10/04	200 hrs		
18/10/04			Cambio de bombillas luces direccionales, luz de retroceso y fusibles
19/10/04	200 hrs		
17/11/04	200 hrs	Desmontaje y montaje de llantas traseras por revisión de cojinetes	

Fuente: elaboración propia.

Con el incremento en horas de uso la vida útil de varios componentes empieza a terminar, lo cual coincide con el aumento de las reparaciones a montacargas.

Tabla VII. Durante el año 2005 se sustituyen elementos dañados reportados en observaciones por técnicos de servicio

Fecha	Mantenimiento preventivo	Tarea mecánica	Tarea eléctrica
11/01/05	1000 hrs		
10/02/05	1200 hrs	Cambio aceite a diferencial y transmisión, cambio de refrigerante	
15/03/05	200 hrs	Renovar 2 llantas traseras sólidas	
26/04/05	400 hrs		Revisión de sistema eléctrico de encendido por falla en bobina
19/05/05	800 hrs		Reparación de sistema de encendido
15/06/05	200 hrs	Cambio de manguera hidráulica a cilindro central levante	Cambio de interruptor de luces
05/07/05		Ajuste de nivel aceite a transmisión y a depósito hidráulico, ajuste líquido frenos, cambio sellos a cilindro central levante	Cambio de bombillas de dos contactos y un contacto; cambio de bocina; cambio de luz halógena
01/08/05		Reparación y cambio de dos cojinetes a bufa delantera y trasera, cambio de retenedores de bufa trasera	
09/08/05		Cambio de tapón a radiador	
30/08/05	800	Cambio kit de sellos a cilindro principal de levante	
		Graduación de frenos y ajuste de niveles	
19/10/05	200 hrs		
09/12/05	200 hrs	Empastado de fricciones y torneado de un tambor	Cambio de interruptor luces de trabajo
12/12/05		Cambio cable freno de estacionamiento	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Incremento de trabajos correctivos año 2006

Fecha	Mantenimiento preventivo	Tarea mecánica	Tarea eléctrica
12/01/06		Instalación de bomba de agua y radiador, reparación por calentamiento; soldadura tubo de escape	Cambio de fusibles 20 amperios
		Cambio de faja de alternador	
30/01/06		Ajuste nivel de aceite, graduación de frenos	Cambio de platinos y condensador a distribuidor
01/02/06	400 hrs	Cambio de retenedor de aceite bomba de transmisión	
		Reparación de fuga en base bomba de gasolina	
02/02/06	1000 hrs	Cambio de manguera de radiador y abrazaderas	Cambio kit de bocina a timón
		Cambio de filtro aire	Cambio de bombillas de 2 y 1 contactos
03/02/06		Se cortaron 2 eslabones a cadena central de levante	Instalación de interruptor para alarma de retroceso, relé nuevo
10/02/06		Cambio de 2 llantas y aros traseros	
		Cambio de sellos para cilindro principal de levante	
13/02/06		Limpieza y ajuste de mezcla en carburador, cambio kit de inyector	
		Cambio de cable y ajuste de acelerador	
24/02/06		Revisión y ajuste de frenos	Revisión de contactos de bocina
29/03/06	600 hrs	Reparación y ajuste de frenos	Cambio de bombilla halógena delantera
		Ajuste de aceite de motor	Cambio de platinos y condensador a distribuidor
04/04/06			Cambio de acumulador
21/04/06	200 hrs		
26/04/06		Reparación de sistema de frenos cambio kit de empaques y ajuste de frenos	
23/05/06		Cambio de bomba de agua, faja de tiempo, limpieza y reparación a radiador	Cambio de platinos y condensador a distribuidor
		Cambio faja de tiempo y cojinete tensor	Cambio de bombilla halógena delantera
		Ajuste nivel de aceite	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Continuación de tabla hasta último periodo evaluado

Fecha	Mantenimiento preventivo	Tarea mecánica	Tarea eléctrica
20/06/06		Cambio de llantas traseras	
27/06/06			Cambio de cables de alta tensión
			Servicio a alternador
			Reparación a motor de arranque
11/07/06		Ajustar nivel aceite de motor y agua desmineralizada a acumulador	Cambio de motor de arranque
		Graduación de frenos y ajuste de niveles	Cambio de bombillas de 2 y 1 contactos
			Cambio de bombilla halógena delantera
			Cambio de interruptor de bocina
12/07/06	200 hrs	Ajuste nivel aceite de transmisión	Servicio a sistema eléctrico de luces
		Instalación de espárrago a bufa delantera	
10/08/06	800 hrs	Ajuste nivel aceite de motor	Cambio de borne a acumulador
		Ajuste de frenos	
		Cambio de kit de ignición y faja de alternador	
17/08/06		Cambio de 6 esparragos y tuerca a bufa trasera	
18/08/06	200 hrs	Soldadura a pedal de acelerador	Revisión general de luces
		Cambio cable de estacionamiento	Cambio de 2 fusibles 20 Amperios
		Revisión de eje trasero	
30/08/06		Reconstrucción de eje trasero, cambio de cojinetes de aguja y carga, king pin y retenedores	
12/09/06		Cambio de manguera de cilindro principal levante	Revisión de corriente a luces de trabajo
		Limpieza a radiador	
		Graduación de frenos	
		Cambio de cable ahogador a carburador	
19/09/06	200 hrs	Revisión y limpieza de carburador	
		Cambio de base de carburador	
21/09/06	1000 hrs	Cambio de pernos a llanta trasera	

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Continuación de tabla hasta último reporte evaluado**

Fecha	Mantenimiento preventivo	Tarea mecánica	Tarea eléctrica
23/09/06		Ajuste nivel aceite de motor y agua desmineralizada a acumulador	Reparación a motor de arranque
		Cambio de ventilador plástico de enfriamiento	Cambio de bombillas de 2 y 1 contactos, bombilla halógena
			Cambio de platinos y condensador a distribuidor
27/09/06			Cambio de terminales de acumulador, calibración de platinos distribuidor
28/09/06		Cambio de llantas traseras, esparragos y tuercas	
		Soldadura a bufa, engrase de cojinetes	
18/10/06		Reparación de eje trasero, cambio de cojinetes de aguja y carga, king pin, tornillos castigador, graseras	
		Cambio de válvula P.V.C.	
24/10/06	800 hrs	Pruebas y revisión general a motor, estado de componentes (cigüeñal, cojinetes, pistones, cindros, etc.)	Cambio de talco trasero y porta fusibles
		Cambio de manguera y tapón de radiador, cambio de fricciones de frenos	Cambio de 2 bombillas y revisión de sistema eléctrico
08/11/06		Cambio de llantas delanteras	Revisión de sistema eléctrico de luces
21/11/06		Cambio de manguera inferior de radiador	
24/11/06	1000 hrs		
28/11/06		Cambio de faja de alternador, graduación a cable de acercamiento	
05/01/07	200 hrs		Cambio de luces de trabajo
01/02/07	400 hrs	Reparación de sistema de frenos, cambio de fricciones, cambio de bomba central de frenos	Cambio de bombilla halógena delantera
		Cambio de filtro de transmisión	
		Cambio de resorte de retorno cable acelerador	
		Cambio de sellos para cilindro principal de levante	
02/02/07	600 hrs	Cambio de aceite a diferencial y transmisión	
14/05/07	800 hrs		
14/09/07			Reparación de alternador

Fuente: elaboración propia.

En los cuadros anteriores se puede observar el comportamiento sobre servicios de mantenimiento preventivo, tareas mecánicas y eléctricas, destacando las principales actividades de reparación, ajustes y sustitución de repuestos.

Estas actividades son documentadas por el jefe de Mantenimiento siguiendo un orden correlativo entre fechas. A partir de esta información se puede analizar el historial de fallas en el montacargas objeto de ejemplo, con la finalidad de encontrar soluciones específicas que incrementen la vida útil de cada sección del montacargas.

Al inicio de operaciones del montacargas Yale GP25RH aparecen únicamente tareas de mantenimiento preventivo según horas de trabajo y, conforme se incrementa su uso, se empiezan a manifestar fallas en algunos de sus componentes como abrazaderas, mangueras y bombillas.

Se produce una fuga de aceite hidráulico en el cilindro principal de levante, repitiéndose esta falla durante un periodo considerable de tiempo sin encontrar una solución definitiva al problema.

Las reparaciones y cambio de elementos mecánicos y eléctricos se hacen más notables así como ajustes de graduación, calibración y de limpieza.

Después de 5 años de uso y reparaciones continuas se hace una inspección general desmontado el motor para determinar su estado, previo a pruebas básicas que se mencionan a continuación:

- Prueba de compresión
- Prueba de vacío

- Estado físico del agua y refrigerante de radiador
- Estado físico de salida en tubo de gases de escape
- Diagnóstico por bujías

Se concluye mediante una evaluación interna a los componentes del motor determinando desgaste excesivo de cojinetes de cigüeñal por falta de lubricación (por falla en sistema de lubricación) realizada por proveedor externo de servicios, autorizando la orden de trabajo y ejecución de la reparación general del motor.

Con una nueva inversión de capital se inician nuevamente las operaciones del motor con varias piezas sustituidas. Los servicios de mantenimiento preventivo se vuelven a generar; sin embargo, las fallas se siguen presentando en otras secciones del automotor.

El comportamiento del mantenimiento preventivo respecto a costo vs tiempo sigue el patrón de una depreciación de este montacargas, presentando costos elevados de reparación y mantenimiento en donde la suma de ambos dan como resultado el costo total por operación de este montacargas.

3.3. Aplicación de los procedimientos administrativos para la creación de rutinas de mantenimiento preventivo

En el presente subcapítulo se presenta los procedimientos a seguir en la creación de rutinas de mantenimiento preventivo aplicados al parque automotor de la empresa Saco Agro Industriales, S. A., considerando variables y parámetros así como el historial de fallas presentado.

Se aplican al parque automotor objeto de estudio los procedimientos administrativos descritos en el capítulo 2 del presente trabajo, los cuales se detallan a continuación:

Planificación:

- Producto: servicio de carga, descarga, movilización, acondicionamiento en bodegas, que brinda el parque automotor de montacargas.
- Cliente: departamento de producción y logística de Empresa Sacos Agro-Industriales, S.A.
- Análisis FODA: este fue realizado con base en entrevista directa, documentos, observación física con el siguiente recurso humano: operadores, jefe de mantenimiento, técnicos del departamento de mantenimiento, encargado de bodega.

Se llegó a obtener bajo el punto de vista el listado de las mismas y se procedió a calificar según criterio propio cada una de las personas involucradas determinando los siguientes datos:

Tabla XI. **Listado y valores promedio de fortalezas según grado de importancia**

Listado y valoración según orden de importancia por personal de la empresa Sacos agro Industriales, S.A.
Nota: valores expresados en %

Núm.	Fortalezas	Jefe de mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Operador 1	Operador 2	Técnico Industrial 1	Técnico Industrial 2	Encargado de Bodega	Valores Promedio
1	Recursos financieros estables	30	20	10	15	25	20	25	20.71
2	Organigrama	5	10	5	15	5	5	5	7.14
3	Existencia de bodega de insumos y repuestos	15	10	20	25	25	30	25	21.43
4	Existencia de taller de mantenimiento	15	20	15	5	25	25	5	15.71
5	Existencia de servicio de fabricante de reportes de trabajos realizados a montacargas	10	10	20	5	5	5	10	9.29
6	Mejoras continuas sobre inspecciones diarias	10	5	10	5	5	5	10	7.14
7	Cultura preventiva en departamento de mantenimiento	10	10	10	10	5	5	10	8.57
8		5	15	10	20	5	5	10	10.00
Totales (%) =		100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Listado y valores promedio de oportunidades según grado de importancia

Listado y valoración según orden de importancia por personal de la empresa Sacos agro Industriales, S.A.
Nota: valores expresados en %

Núm.	Oportunidades	Jefe de mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Operador 1	Operador 2	Técnico Industrial 1	Técnico Industrial 2	Encargado de Bodega	Valores Promedio
1	Repuestos originales en el mercado nacional	25	30	15	20	30	20	25	23.57
2	Exigencia sobre calidad de servicio a proveedores externos	25	30	30	30	10	30	25	25.71
3	Programa de capacitaciones sobre temas preventivos y seguridad por parte de proveedores externos	25	20	30	30	40	30	25	28.57
4	Implementación de nuevas rutinas preventivas sugeridas mediante este estudio	25	20	25	20	20	20	25	22.14
Totales (%) =		100	100	100	100	100	100	100	100.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Listado y valores promedio de debilidades según grado de importancia**

Listado y valoración según orden de importancia por personal de la empresa Sacos agro Industriales, S.A.
Nota: valores expresados en %

Núm.	Debilidades	Jefe de mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Operador 1	Operador 2	Técnico Industrial 1	Técnico Industrial 2	Encargado de Bodega	Valores Promedio
1	Sin rutinas preventivas de mantenimiento enfocadas a montacargas	5	10	20	15	15	10	5	11.43
2	Forma de operación y seguridad por operadores de montacargas sin control	20	15	5	10	15	10	10	12.14
3	Fallas repetitivas sin corregir a corto plazo	5	5	20	15	5	10	5	9.29
4	Personal a cargo sin competencias técnicas en el ramo automotriz	10	20	10	15	15	15	15	14.29
5	Sin insumos básicos específicamente para montacargas	5	10	10	15	20	15	15	12.86
6	Trámite jerárquico para la aprobación de ordenes de compra por servicios	5	10	5	5	5	10	25	9.29
7	Uso de montacargas sin revisión pre operación	20	15	5	10	10	20	5	12.14
8	Paros continuos por fallas en montacargas	10	10	15	10	10	5	5	9.29
9	Altos costos de mantenimiento	20	5	10	5	5	5	15	9.29
Totales (%) =		100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Listado y valores promedio de amenazas según grado de importancia

Nota: valores expresados en %

Núm.	Amenazas	Listado y valoración según orden de importancia por personal de la empresa Sacos agro Industriales, S.A.							Valores Promedio
		Jefe de mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Operador 1	Operador 2	Técnico Industrial 1	Técnico Industrial 2	Encargado de Bodega	
1	Extensión de tiempos estipulados para cargas y descarga de contenedores	15	10	30	30	25	30	30	24.29
2	Variación de precios para rentar montacargas con proveedor externo	30	30	30	20	25	20	20	25.00
3	Alto costo para distribución de producto final	30	30	15	30	25	20	30	25.71
4	Disminución de la capacidad instalada en planta que puede generar la decisión de recorte de recursos financieros por parte de inversionistas y recorte de recurso humano	25	30	25	20	25	30	20	25.00
Totales (%) =		100	100	100	100	100	100	100	100.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Matriz FODA**

Núm.	FORTALEZAS	Núm.	OPORTUNIDADES
1	Existencia de bodega de insumos y repuestos	1	Programa de capacitaciones sobre temas preventivos y seguridad por parte de proveedores externos
2	Recursos financieros estables	2	Exigencia sobre calidad de servicio a proveedores externos
3	Existencia de taller de mantenimiento	3	Repuestos originales en el mercado nacional
4	Cultura preventiva en departamento de mantenimiento	4	Implementación de nuevas rutinas preventivas sugeridas mediante este estudio
5	Existencia de manuales de servicio de fabricante		
6	Mejoras continuas sobre inspecciones diarias		
7	Organigrama		
8	Existencia de reportes de trabajos realizados a montacargas		

Núm.	DEBILIDADES	Núm.	AMENAZAS
1	Personal a cargo sin competencias técnicas en el ramo automotriz	1	Alto costo para distribución de producto final
2	Sin insumos básicos específicamente para montacargas	2	Variación de precios para rentar montacargas con proveedor externo
3	Forma de operación y seguridad por operadores de montacargas sin control	3	Disminución de la capacidad instalada en planta que puede generar la decisión de recorte de recursos financieros por parte de inversionistas y recorte de recurso humano
4	Uso de montacargas sin revisión pre operación	4	Extensión de tiempos estipulados para cargas y descarga de contenedores
5	Sin rutinas preventivas de mantenimiento enfocadas a montacargas		
6	Fallas repetitivas sin corregir a corto plazo		
7	Trámite jerárquico para la aprobación de ordenes de compra por servicios		
8	Paros continuos por fallas en montacargas		
9	Altos costos de mantenimiento		

Fuente: elaboración propia.

En los cuadros anteriores se enfoca la atención en las debilidades y amenazas las cuales se enumeran en grado de importancia.

Se destaca como primera debilidad la del “personal a cargo sin competencias técnicas en el ramo automotriz”, lo cual se refleja en un alto porcentaje de inclinación por el personal entrevistado y de esta forma se logró dar orden según porcentajes de elección a otras características de análisis FODA.

Con la aplicación de nuevas rutinas de mantenimiento preventivo se debe enfocar una visión, misión y objetivos que se desean alcanzar, para lo cual se continúa con el proceso de planificación.

- Visión: “Trazarnos el camino hacia la mayor eficiencia y rendimiento del parque automotor, mediante la aplicación y mejoramiento continuo de rutinas de mantenimiento preventivo”.
- Misión: “Ser el recurso humano encargado de brindar el apoyo técnico día con día, encargado de buscar el mejor servicio en cada montacargas y su óptimo funcionamiento del parque automotor”.
- Objetivos:
 - Mejoramiento continuo en materia de calidad de tareas de mantenimiento preventivo.
 - Reducción de paros inesperados por fallas mecánicas con la aplicación de rutinas de mantenimiento preventivo en cada montacargas.
 - Reconocimiento de fallas comunes y acciones para la reducción.

- o Aumento de vida útil de elementos eléctricos y mecánicos que conforman a cada montacargas.
- o Alcanzar rendimientos óptimos de funcionamiento de cada montacargas.
- Estrategias y tácticas:
 - o Planes estratégicos: cursos cortos de capacitación técnica y seguridad a operadores, diseño y rediseño continuo de rutinas de mantenimiento preventivo para la disminución de tiempos muertos.
 - o Planes tácticos: creación de reportes diarios para aumentar la cultura preventiva dentro de la empresa y poder predecir de mejor forma fallas futuras; mantener insumos al alcance de operadores para el ajuste diario de niveles.

Organización:

Cuerpo general de los procedimientos técnicos de tareas uniformes, instrucciones y reglas a considerar mediante fichas de control las cuales se respaldan por manual de servicio del fabricante.

A continuación se sugieren las siguientes rutinas de mantenimiento preventivo, las cuales se presentan controles de lubricación, trabajos mecánicos y trabajos eléctricos.

Tabla XVI. **Ficha de control: lubricación**

Núm.	Tipo de mantenimiento	Tareas	Sección	Diario	200 hrs (400, 800 y 1000 hrs)	600 hrs	1200 hrs	2400 hrs	Annual
1	Lubricación	Inspección visual de niveles según marcas de referencia:							
		* Varilla de aceite motor	Motor						
		* Varilla de aceite hidráulico	Sistema hidráulico	X					
		* Varilla de aceite de transmisión automática	Transmisión	X					
		* Depósito de líquido de frenos	Frenos	X					
		* Líquido refrigerante	Motor	X					
		* Nivel en celdas de acumulador si es tipo abierto	Eléctrica	X					
		* Nivel aceite diferencial	Transmisión	X					
		Ajuste de niveles bajos según marca de referencia:							
		* Ajustar niveles con fluido recomendado por fabricante o aprobado, hasta llegar a marca de referencia máxima							
		Inspección visual y prueba:		X					
		* Funcionamiento de indicadores de tablero (horómetro, temperatura, carga, presión aceite, etc.)	Eléctrica						
		* Funcionamiento de luces direccionales, freno y retroceso	Eléctrica	X					
		* Funcionamiento de bocina	Eléctrica	X					
		* Fugas en suelo donde se estaciona montacargas		X					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Continuación ficha de control: lubricación

Núm.	Tipo de mantenimiento	Tareas	Sección	Diario	200 hrs (400, 800 y 1000 hrs)	600 hrs	1200 hrs	2400 hrs	Anual
		Limpieza y lubricación (aplica para servicios menores y mayores)							
		* Lavado general a presión de montacargas			X	X	X	X	
		* Limpieza a cadenas de mástil y soporte de cuchillas con desengrasante y aire comprimido	Mástil		X	X	X	X	
		* Lubricación con grasa en aerosol a cadenas de mástil	Mástil		X	X	X	X	
		* Lubricación con grasa manual o neumática a graseras de cilindro inclinación, mástil y demás articulaciones identificadas (limpieza con guaipe de residuos de grasa)	Mástil		X	X	X	X	
		* Lubricación con grasa manual o neumática a graseras de eje trasero (graseras de muñones y pines de dirección)	Eje trasero		X	X	X	X	
		* Inspección y lubricación con WD-40 de cable aceleración y acercamiento	Motor, Transmisión			X	X	X	
		* Lubricación con WD-40 en articulaciones de pedal de freno, pedal aceleración, palancas de control (levantar, inclinación, etc.)			X	X	X	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Ficha de control: lubricación en servicios preventivos**

Núm.	Tipo de mantenimiento	Tareas	Sección	Diario	200 hrs (400, 800 y 1000 hrs)	600 hrs	1200 hrs	2400 hrs	Annual
		Servicio menor							
		Cambio:							
		Acete de motor según especificaciones recomendadas por fabricante	Motor		X	X	X	X	
		Filtro aceite de motor según especificaciones recomendadas por fabricante	Motor		X	X	X	X	
		Limpieza:							
		* limpieza con aire comprimido con una presión regulada 30 psi y un ángulo entre 35 a 45 grados respecto al filtro, también puede golpearse suavemente varias veces al aire libre para desprender el polvo retenido en caso de no existir aire comprimido							
		Servicio mayor	Motor		X	X			
		Cambio:							
		Acete hidráulico según especificaciones recomendadas por fabricante	Sistema hidráulico				X	X	
		Filtro de retorno acete hidráulico según especificaciones recomendadas por fabricante	Sistema hidráulico				X	X	
		Acete de transmisión según especificaciones recomendadas por fabricante	Transmisión					X	
		Filtro acete transmisión según especificaciones recomendadas por fabricante	Transmisión					X	
		Acete diferencial según especificaciones recomendadas por fabricante	Transmisión					X	
		Filtro aire según especificaciones recomendadas por fabricante	Motor					X	
		Filtro combustible (gasolina o diesel)	Motor			X	X	X	
		Líquido frenos según especificaciones recomendadas por fabricante	Frenos				X	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Ficha de control: tareas mecánicas**

Núm.	Tipo de mantenimiento	Tareas	Sección	Diario	200 hrs (400, 800 y 1000 hrs)	600 hrs	1200 hrs	2400 hrs	Anual
2	Tareas Mecánicas	Revisión, limpieza y ajustes:							
		Revisar y limpiar sistema de frenos, comprobar estado de fricciones, cable estacionamiento, verificar fuga de líquido frenos en bomba principal, bombas auxiliares, tuberías y tornillos de purga	Frenos				X	X	
		Limpieza, revisión y lubricación de cojinetes de ruedas	Transmisión				X	X	
		Calibración de válvulas: válvula de admisión 0.254 mm (0.010"), válvula escape 0.3 mm (0.012")	Motor				X	X	
		Cambio empaque tapadera válvulas	Motor				X	X	
		Revisión y ajuste de abrazaderas de mangueras del radiador y alimentación combustible (gasolina)	Motor				X	X	
		Cambio de refrigerante según especificaciones recomendadas por fabricante	Motor						X
		Cambio y ajuste tensión faja de alternador (con una carga de 100 N debe existir un desplazamiento de 10 a 12 mm)	Motor						X
		Limpieza, revisión y ajuste de carburador	Motor						X
		Verificación de estado de piezas, si se identifica alguna defectuosa reemplazarse	Motor						X
		Ajustar torque de tornillos de culata con torquímetro según especificaciones de fabricante	Motor						X
		Comprobar estado de bomba gasolina realizando pruebas de flujo, presión y aspiración	Motor						X
		Medir compresiones a motor verificar que no existe ninguna diferencia entre cada cilindro 20 psi, ninguna lectura debe estar por debajo de 100 psi	Motor						X

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Ficha de control: tareas eléctricas**

Núm.	Tipo de mantenimiento	Tareas	Sección	Diario	200 hrs (400, 800 y 1000 hrs)	600 hrs	1200 hrs	2400 hrs	Anual
3	Tareas Eléctricas	Revisión, limpieza y ajustes: Inspección visual y limpieza de borne de acumulador, en caso de ser tipo abierto verificar densidad de electrolito (ácido) la cual debe ser mayor a 1,280 g/ml	Eléctrica		X	X	X	X	
		Verificación de estado de cables de alta tensión; determinar si existen grietas o quemaduras	Motor		X	X			
		Prueba de resistencia a cables de alta tensión con multímetro; verificar lectura debe ser menor 3000 ohmios	Motor				X	X	
		Prueba de filtración de corriente a cables de alta tensión siguiendo procedimiento: encender motor y pasar sobre cada cable a una distancia de 1/8" un destornillador, no se debe escuchar ni observarse ningún salto de chispa, en caso contrario renovar kit	Motor				X	X	
		Limpieza y calibración de bujías a 0.8 mm (0.032")	Motor		X	X			
		Cambio y calibración de bujías a 0.8 mm (0.032")	Motor				X	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Continuación ficha de control: tareas eléctricas

Núm.	Tipo de mantenimiento	Tareas	Sección	Diario	200 hrs (400, 800 y 1000 hrs)	600 hrs	1200 hrs	2400 hrs	Anual
		Limpieza y calibración de contactos de platinos a 0.45 mm (0.008") de distribuidor, en caso de ser sistema transistorizado omitir tarea	Motor		X	X			
		Limpieza de contactos a tapa de distribuidor y rotor, revisar estado	Motor		X	X			
		Cambio y calibración de platinos a una distancia de 0.45 mm (0.008") de distribuidor, en caso de ser sistema transistorizado omitir tarea	Motor				X	X	
		Verificar carga de alternador	Eléctrica				X	X	
		Servicio general a motor de arranque, lubricación de bujes, engranes y guías, cambio de escobillas de carbón, pruebas a solenoide y campos	Eléctrica						X
		Servicio general a alternador: medición voltaje de carga, revisión de terminales, cambio de cojinetes, escobillas de carbón, prueba a diodos, campos, reguladores de voltaje	Eléctrica						X

Fuente: elaboración propia.

Dirección:

- Programación de rutinas
 - o Inicia cuando se da la orden de trabajo de una reparación general de cada montacargas, cambiando todos los líquidos lubricantes y refrigerantes, así como el cambio de cojinetes de ruedas, fajas, bujías, filtros, para llegar a considerar el automotor en óptimas condiciones.
 - o Se sigue un orden secuencial en los periodos de aplicación, ya que estos se estructuran de tal forma que algunas de las tareas preventivas primordiales se repiten y se suman a ellas tareas estratégicas para el periodo presente ejecutado.
 - o Evaluación de tiempos necesarios en cada rutina y mejora continua.
- Recurso humano
 - o Instrucción en la toma de datos en reporte diario por operador mediante la capacitación constante y reportes de trabajos realizados, por empresa encargada de realizar los servicios preventivos y correctivos.
 - o Capacitación sobre tareas de mantenimiento acciones y criterios a considerar durante aplicación.

- o Creación de cultura diaria sobre operación preventiva y de seguridad en operadores, mediante motivación con premios económicos, simbólicos y ascensos. Con relación a la empresa encargada de servicios se puede realizar mediante reconocimientos por escrito sobre la calidad y reducción de tiempos en la ejecución y entrega de trabajos.
- Repuestos
 - o Existencia de repuestos consumibles por el desgaste y reemplazables en bodega.
 - o Logística en la compra de repuestos estratégicos o en la negociación de tiempos de importación de repuestos que requieren de ellos, con la empresa encargada de servicios.

Control:

- Supervisión.
- Reuniones periódicas con equipo de trabajo.
- Recopilación de información diaria y por trabajos efectuados mediante reportes y creación de un historial de fallas comunes.
- Evaluación general de rendimientos generales en los tiempos reales de aplicación de las rutinas de mantenimiento y los estimados según programación.

- Calidad en los servicios externos adquiridos

3.4. Medición de resultados obtenidos

Los resultados se obtienen a partir de la aplicación de las rutinas de mantenimiento preventivo. Lo demuestran en el comportamiento de niveles, funcionamiento y componentes dañados, datos obtenidos directamente de operadores los cuales tienen estrecha relación con los montacargas, y por los técnicos encargados de los servicios externos.

La información presentada sirve para una evaluación sobre el estado general de cada sección; demuestra el consumo de líquidos normal o excesivo, presentándose este último cuando existen fugas o demasiada fricción entre piezas lo que produce evaporación.

También demuestra la efectividad de las rutinas de mantenimiento diseñadas, la cual puede medirse por medio de comparaciones de resultados sobre índices de fallas antes y después de las normas creadas.

Se deben tener presente las desviaciones que manifiesten durante la toma de datos, principalmente por operadores para evitar la distorsión de los resultados, los cuales pueden afectar la misión y los objetivos planteados.

Evaluar los métodos empleados en la toma de información y la causa de una mala interpretación de datos. Esto puede corregirse empleando acciones de supervisión espontánea para medir el grado de veracidad sobre los datos reportados. También se mejora la interpretación de datos mediante reuniones periódicas con operadores resolviendo dudas sobre los indicadores de niveles y/o problemas encontrados durante la operación.

3.4.1. Comportamiento observado durante la aplicación de nuevas rutinas de mantenimiento preventivo y reporte de trabajo

El comportamiento se determina a partir de la diferencia entre lo que ocurre durante la aplicación real de las nuevas rutinas de mantenimiento y lo que debería ocurrir con una aplicación ideal de las mismas.

En la aplicación de las nuevas rutinas se enumeran ventajas y desventajas, observadas al inicio y en el presente, las cuales se describen a continuación.

- Ventajas
 - o Importancia general en el mantenimiento preventivo al montacargas.
 - o Compromiso por parte del jefe de mantenimiento en aplicación de las nuevas rutinas de mantenimiento, siguiendo un orden cronológico de programación, así como envío de una copia de las nuevas rutinas de mantenimiento a la empresa externa a cargo de servicios.
 - o Acuerdos con empresa externa de servicios sobre aplicación de las nuevas rutinas de mantenimiento, siguiendo los procedimientos escritos.
 - o Reportes de trabajos realizados y observaciones por técnico encargado de los servicios externos.

- o Facilitación de insumos en bodega para ajuste de niveles por operador.
 - o Instrucciones a operadores sobre actividades por realizar al inicio de operaciones entre cada turno.
 - o Interés en operadores por conocer la interpretación de cada medidor de nivel y poder registrarlo en reporte diario.
 - o Alimentación diaria por turno de reporte diario y ajuste de niveles por cada operador a cargo.
 - o Almacenamiento de datos en una hoja de cálculo de Excel.
 - o Seguimiento de comportamiento presentado semanalmente de niveles, para un diagnóstico preventivo de fallas.
- Desventajas
 - o Supervisión por personal fuera de alcance para revisar las tareas preventivas realizadas por la empresa externa encargada de los servicios.
 - o Grado de calidad de mano de obra, repuestos e insumos dentro de especificaciones técnicas, utilizados por la empresa externa de servicios.
 - o Supervisión baja sobre alimentación de reporte diario por operadores.

- o Métodos utilizados en la toma adecuada de datos y llenado de niveles en depósitos por operadores.

Las desventajas antes descritas son las principales fuentes de desviación que influyen sobre los resultados. Esto hace que la aplicación de las nuevas rutinas no sea de comportamiento ideal.

La influencia de las desventajas no es tan significativa desde el punto de vista de control en cada montacargas, ya que, por medio de ajustes de niveles e inspecciones antes de operación, se logra prevenir significativamente problemas de lubricación, calentamiento de motor, que puedan conducir a una pérdida total de un sistema o mecanismo.

Las fuentes de desviación tienen influencia en la eficiencia de las rutinas de mantenimiento, haciendo que esta disminuya considerablemente de un porcentaje 20 - 30 %, lo cual debe ser compensado mediante mediciones utilizando indicadores y comprender las causas que las originan para aplicar planes de mejora.

3.4.2. Generación e interpretación de gráficas

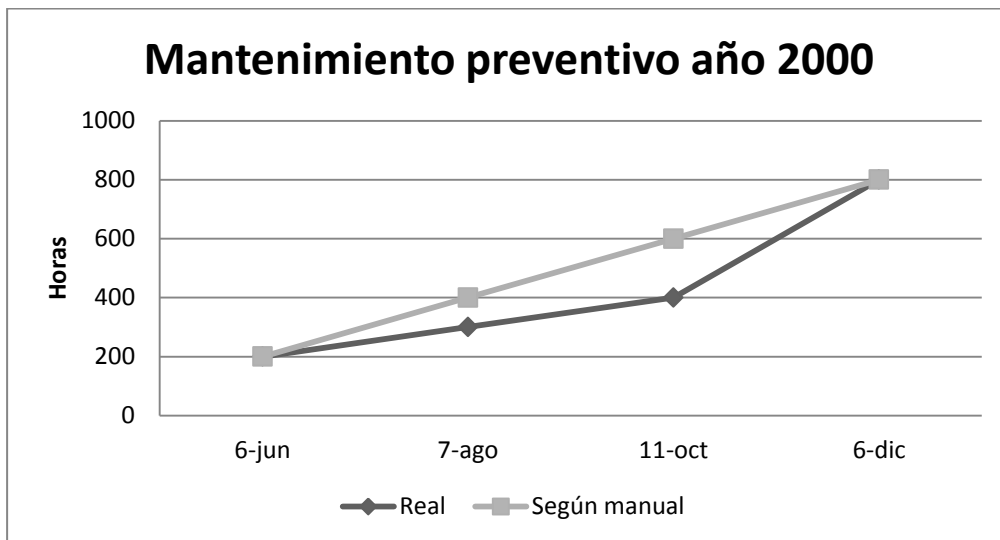
Por medio de la representación gráfica se logra demostrar el comportamiento del mantenimiento preventivo aplicado, haciendo una comparación entre curva real contra una ideal de servicios aplicados a montacargas Yale GP25RH.

Los datos a considerar para la generación de las gráficas son la fecha de realización sobre el eje de las abscisas y en eje de las ordenadas el servicio aplicado según número de horas, en donde se logra observar el comportamiento gráfico de cada año consecutivo desde 2000 hasta 2007.

Se generan dos series. Una la real y otra ideal, según manual de servicio de fabricante. Esto con el objetivo de comprar observando la simetría entre ambas series y determinar cuánto se aproximan ambas.

Los cuadros de historial de servicios del montacargas Yale GP25RH, que se generan a partir de la hoja de control de servicios entregada por el proveedor externo, estos datos nos ayudan a generar las siguientes gráficas:

Figura 8. **Comportamiento gráfico del mantenimiento preventivo año 2000 inicio operación de montacargas después de compra**



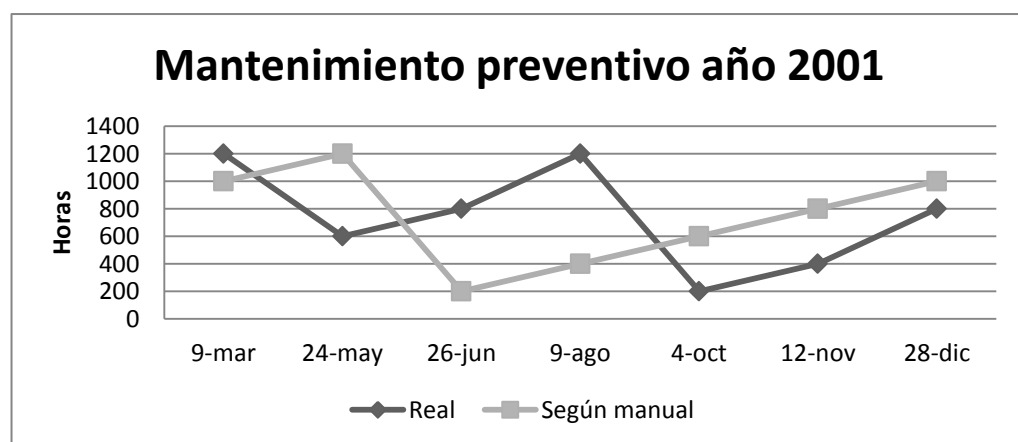
Fuente: elaboración propia.

El mantenimiento de lubricación desde el principio de operaciones del montacargas presenta un comportamiento casi ideal, debido a que al principio la garantía de la agencia vendedora cubre los primeros servicios según los términos de la misma y especificaciones técnicas del fabricante.

Se puede observar que se realiza un mantenimiento de 100 horas después del primer mantenimiento de 200 horas y luego otro de 100 horas para cubrir las primeras 400 horas de servicio. Este comportamiento puede deberse a criterios de garantía antes mencionada.

Durante este año se presentan dos tareas mecánicas preventivas que consisten en cambio de mangueras sencillas y abrazaderas, también una tarea eléctrica correctiva que consiste en cambio de una bombilla para luz de freno, se reporta en observaciones una fuga de aceite por cilindro principal de levante.

Figura 9. **Comportamiento gráfico del mantenimiento preventivo durante el año 2001**



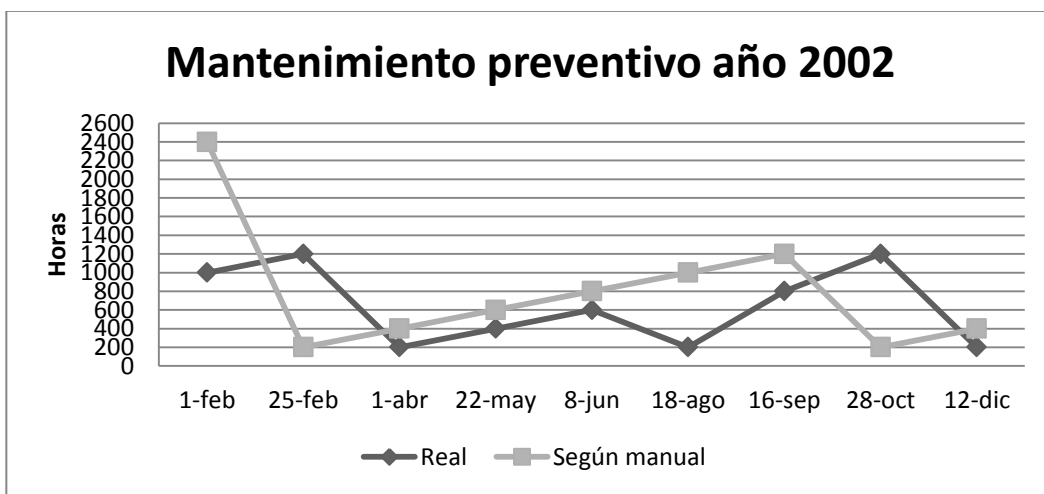
Fuente: elaboración propia.

Durante el segundo año de operación se puede observar un desfase entre curvas esto se debió a diversas causas, se pueden observar tiempos más largos entre la aplicación de cada servicio esto puede ser por una mayor demanda en el uso operativo de este montacargas.

Se aplican tres tareas mecánicas preventivas siguiendo las especificaciones de fabricante al inicio durante los servicios de 1200 horas, siendo el cambio de líquido de frenos, refrigerante, aceite diferencial y transmisión, filtro de aire, retenedores y cojinetes de bufas ruedas delanteras.

El 29 de noviembre de este año aparece una tarea eléctrica correctiva el cual consiste en un cambio de acumulador, previa observación anotada antes en reporte de trabajo de servicio de 600 horas, se anota de nuevo la fuga de aceite por cilindro principal de levante.

Figura 10. **Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2002**



Fuente: elaboración propia.

Durante el año 2002 se puede observar un comportamiento con tendencia ideal existiendo algunas diferencias sobre el orden ideal en horas de aplicación de servicios.

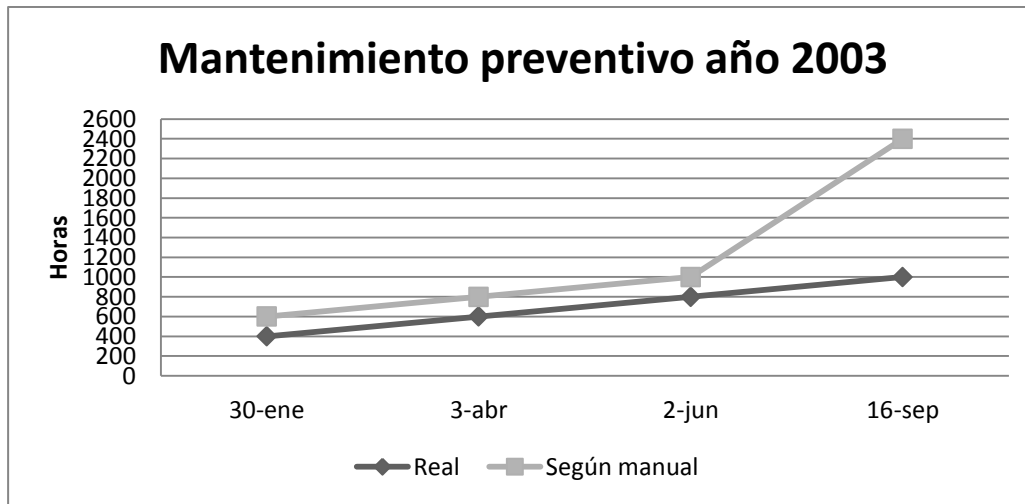
En este año se aplican 6 tareas mecánicas preventivas y una correctiva siguiendo lo recomendado por el fabricante como el cambio de aceites, filtros, retenedores, etc., lo cual se ve reflejado en este comportamiento gráfico.

Sin embargo, se aplican 6 tareas eléctricas correctivas en donde se recurre a reincidencia de fallas como los son dos reparaciones a alternador y cambio de terminales y acumulador nuevamente, seguido de bombillas de luces.

La falla repetitiva del alternador puede provocar el daño en celdas de acumulador por sobrecargas de voltaje y corriente, esto llevó a cambiarlo nuevamente representando costos de reparación y compra.

Se sigue anotando, por técnicos a cargo de realizar servicios en observaciones, una fuga existente en cilindro principal de levante en los reportes de servicios efectuados.

Figura 11. **Comportamiento gráfico del mantenimiento preventivo durante el año 2003**



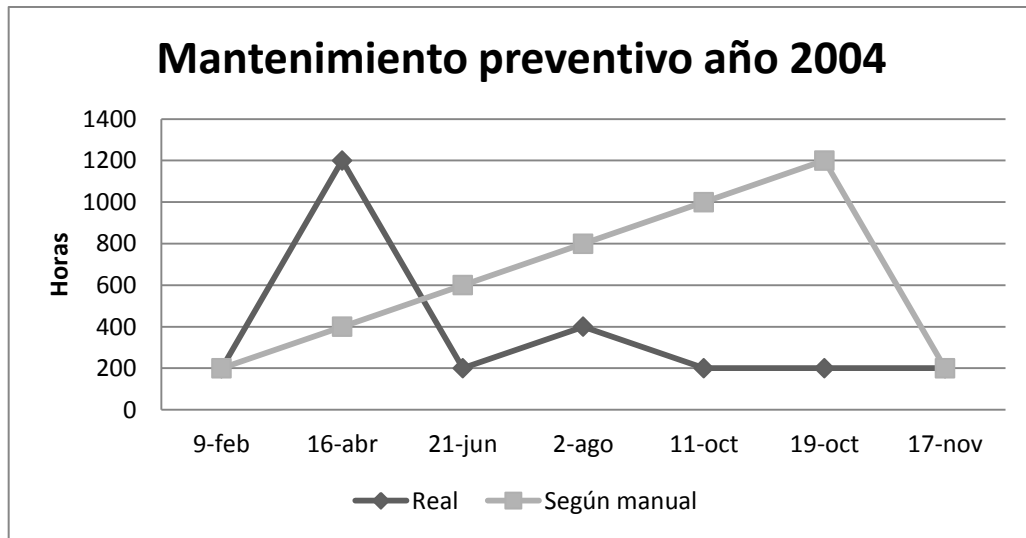
Fuente: elaboración propia.

La tendencia en el año 2003 en la aplicación del mantenimiento preventivo se inclina gráficamente a una forma ideal encontrando diferencias como el año anterior en el número de horas de cada servicio.

Se realizan tres tareas mecánicas correctivas. Una de ellas hace caso a las observaciones anotadas en servicios anteriores, sobre una fuga en cilindro principal de levante, autorizando la orden de trabajo sobre el cambio de empaques a cilindro.

De igual forma se realizan cinco tareas eléctricas correctivas. Cuatro consisten en cambio de bombillas en luces direccionales. La quinta representa el cambio de un nuevo alternador, lo que demuestra un fallo continuo en sistema de carga.

Figura 12. **Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2004**



Fuente: elaboración propia.

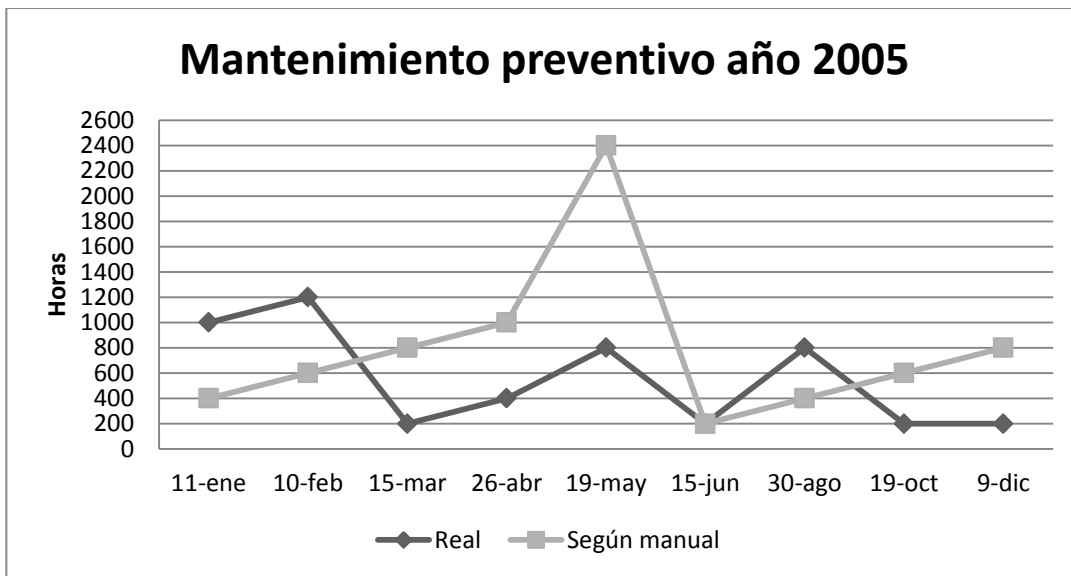
En el año de 2004 se desarrolla una serie de observaciones por técnicos a cargo de servicios, en donde anotan en reportes de trabajos varias condiciones tanto eléctricas como mecánicas en mal estado.

Se puede observar un desfase en curvas de mantenimiento preventivo, al inicio de año si se sigue el patrón del año anterior pero a partir del once de octubre, se sale del contexto efectuando más servicios de 200 horas consecutivas.

Las tareas mecánicas se incrementan notablemente a once. Siete de ellas son correctivas entre las que resaltan un problema en motor específicamente en empaque de culata, el cambio de sellos a cilindro principal de levante y una reparación general al mismo.

En este momento ya han pasado cuatro años de uso del montacargas y podemos observar incremento en mantenimientos correctivos, se repiten algunas fallas y van apareciendo otras que llevan a reparaciones mayores, generando tiempos muertos, costos y depreciación.

Figura 13. **Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2005**



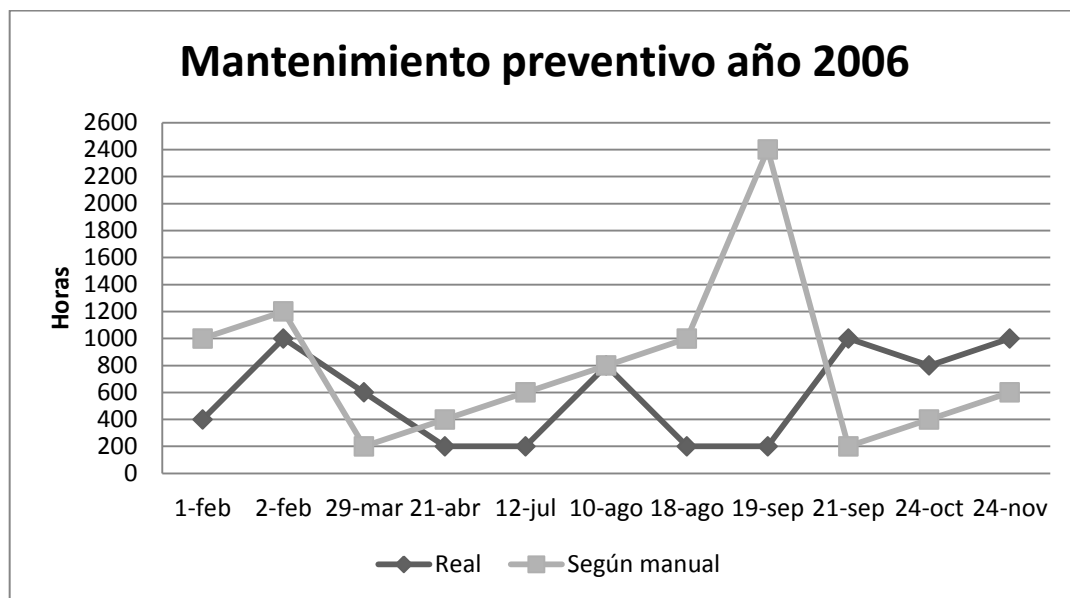
Fuente: elaboración propia.

Durante este periodo 2005 la tendencia ideal se disminuye considerablemente. Son más repetitivos los servicios de 200 horas y se reducen los servicios mayores y se incrementa la quema de aceite en motor debido a desgaste y abrasión. Persisten las fugas de aceite hidráulico por cilindro principal de levante.

Las tareas mecánicas correctivas llegan a siete en donde se recurre a la falla en cilindro principal de levante y algunas fallas por tiempo de vida útil como tapón de radiador sistema de enfriamiento y fricciones de frenos.

Los elementos eléctricos fallan por el constante uso presentando mayor índice de falla las bombillas de iluminación, interruptor y contactos. El motor de arranque también representa cambio y reparación.

Figura 14. **Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante el año 2006**



Fuente: elaboración propia.

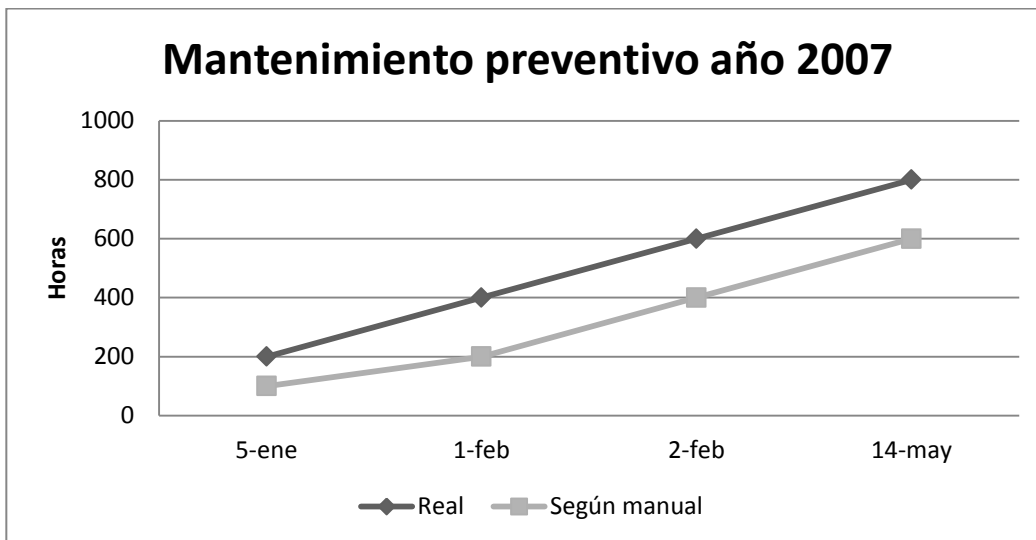
En el año 2006 se desvirtúa completamente el orden ideal; se realizan demasiados servicios de 200 horas; se aplican menos servicios mayores y aumentan las tareas mecánicas y eléctricas correctivas.

Estadísticamente se reportan 27 tareas mecánicas siendo 22 mantenimientos correctivos. Las tareas eléctricas son 21 siendo la mayoría correctivas resaltando otro cambio de acumulador en abril de 2006.

Lo anterior demuestra un colapso en varias secciones de este montacargas. Principalmente se funde el cigüeñal del motor lo que obliga a realizar una reparación mayor de motor.

En este punto se deprecia considerablemente este montacargas. Los costos totales por mantenimientos correctivos son altos. La falta de control como una evaluación del historial conlleva a que se realicen tareas correctivas repetitivas.

Figura 15. **Comportamiento gráfico de mantenimiento preventivo durante año 2007**



Fuente: elaboración propia.

Con la reparación mayor de motor se inicia nuevamente un control sobre aplicación de servicios en forma gradual siguiendo el formato ideal. Esto se logra previa evaluación del jefe de Mantenimiento autorizando la aplicación de cada servicio cada 200 horas de uso, según especificaciones descritas en manual de servicio del fabricante.

Se puede observar gráficamente, en distintas fechas, la aplicación de servicios; su comportamiento es lineal y se trazan una sobre otra. Las tareas mecánicas disminuyen a tres encontrando una falla que no se ha podido corregir, la cual es fuga de aceite hidráulico en cilindro principal.

Las tareas eléctricas también son tres las cuales son correctivas y consisten en cambio de bombillos y una vez más la reparación de alternador.

La reparación general de motor del montacargas y el control mediante uso del reporte diario por operador, ayuda considerablemente la aplicación de mantenimientos correctivos durante el presente año, estas correcciones ya son externas al motor.

EVALUACIÓN GENERAL DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Mediante una constante evaluación de los resultados obtenidos se logra medir y hacer una comparación de antes y después de la aplicación de las rutinas de mantenimiento, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos en la planificación.

4.1. Criterios aplicados para la comparación de métodos y prácticas aplicados en el mantenimiento antes y después del estudio

Los criterios de mantenimiento aplicados antes en el parque automotor de la empresa objeto de estudio, se realizan a partir de servicios externos los cuales se encargan de realizar tareas preventivas y correctivas.

El tipo de servicio externo, los métodos de diagnóstico de fallas, desgaste, ajustes y demás procedimientos empleados en las tareas preventivas y correctivas utilizados por los técnicos varían según las normas de calidad existentes dentro de la empresa(s) a cargo del servicio.

La programación de los servicios se hace según el indicador de horas de uso de cada montacargas. Las tareas de mantenimiento preventivo y trabajos se asesoran por la empresa de servicios externos, los cuales se cotizan y aprueban por el encargado del Departamento de Mantenimiento.

Se siguen los procedimientos actuales sobre trámites internos de la empresa para la requisición de trabajos según presupuesto y condiciones de crédito para su respectiva autorización.

Cuando se presenta una falla que produce un paro de operaciones de un montacargas del parque automotor, se detiene su uso y se procede al contrato de otro montacargas al proveedor de servicios externos para cubrir órdenes de trabajo dentro de la planta. En la reparación del montacargas afectado se tramita la cotización sobre trabajos y repuestos para la reparación.

Con la propuesta sobre la introducción de nuevas rutinas de mantenimiento preventivo diseñadas a partir de procesos administrativos, el uso de servicios externos continúa utilizándose. Asimismo se incrementa el control en los intervalos entre cada rutina, programando tareas de forma ordenada y correlativa.

Se acuerda y da seguimiento al reporte diario por operador durante el estudio para generar datos y evaluar el comportamiento gráfico de los controles anotados en reporte para conocer las causas y efectos.

La implementación del reporte diario por operador contribuye a mantener condiciones estables de funcionamiento de los montacargas, además reconoce condiciones inestables presentadas durante todo el proceso de operación por operadores, generando información para ser evaluada por la persona a cargo del parque automotor.

La información generada por reportes de trabajos se almacena con el objetivo de la creación de un nuevo historial de fallas, el cual se utiliza con una herramienta estadística para la evaluación de probabilidades e índices de continuidad de fallas, lo que permite la toma de decisiones correctivas.

Tanto el diseño de rutinas de mantenimiento y reportes permiten mejoras en los procedimientos administrativos en la designación de tareas, lo que incrementa la eficiencia en la programación del mantenimiento preventivo lo cual se puede ver reflejado en la reducción de tiempos muertos de producción y en costos del mantenimiento correctivo.

4.2. Factores que influyen en la correcta aplicación de las rutinas de mantenimiento preventivo en el parque automotor de montacargas

Cada uno de los factores que influyen en la correcta aplicación de las rutinas de mantenimiento, se originan a partir de situaciones indirectas que pueden ser determinadas por la evaluación previa de las debilidades y amenazas alrededor del parque automotor.

Una alta demanda en operaciones de cada montacargas, el bajo control en programación, la demora en recepción y la autorización de orden de trabajo de mantenimiento preventivo, son circunstancias influyentes en la correcta aplicación entre los períodos de cada rutina de mantenimiento.

Un factor muy importante a considerar es la supervisión de las tareas preventivas y correctivas que realiza la empresa externa de servicios, la cual queda fuera del alcance de la persona a cargo del parque automotor, lo que evita una mejora continua en los procedimientos de tareas efectuadas.

Otro factor influyente es la calidad actual en la mano de obra y en los repuestos e insumos que utiliza la empresa externa de servicios. Esta información no puede ser evaluada directamente sino de manera indirecta, por medio de solicitud de informes de trabajos efectuados, especificaciones técnicas utilizadas y especificaciones de productos empleados.

Los acuerdos que se logren alcanzar con la empresa externa de servicios, sobre aplicación de las nuevas rutinas de mantenimiento siguiendo los procedimientos escritos, son un factor indirecto, por tener la empresa procedimientos y prácticas ya establecidos y dar seguimiento formal a las nuevas rutinas variará según el nivel de compromiso entre ambas partes.

Cada uno de los factores anteriormente descritos son fuentes de desviación sobre un comportamiento ideal esperado. Los problemas se pueden ir reduciendo gradualmente por medio de evaluaciones continuas de calidad sobre los servicios prestados por la empresa externa, mejorando la comunicación con los asesores de servicio que posee.

4.3. Resultados obtenidos y comprobación de hipótesis en la aplicación de procedimientos administrativos en la creación de las rutinas de mantenimiento preventivo

Los datos anotados en los reportes diarios por operador demuestran el comportamiento directo de niveles. Esta información permite establecer los parámetros de reducción en el consumo específico de aceite lubricante, líquido refrigerante, fluido hidráulico, así como el número de veces en que se presentan diferentes tareas.

Se recopiló la información por medio de los reportes diarios dados a cada operador durante los turnos de doce horas diurno y nocturno. Estos marcaron en cada reporte según las condiciones encontradas durante la operación, obteniendo así los siguientes porcentajes:

Tabla XXII. Porcentajes anotados por operador durante la medición de niveles de fluidos

No.	Indicadores anotados por operador		1/4	1/2	3/4	
		L				F
1	Nivel aceite de motor				70%	30%
		L				F
2	Nivel del fluido hidráulico			5%	90%	5%
		Min				Max
3	Nivel del fluido de frenos				5%	95%
		Min				Max
4	Nivel del fluido en caja automática				5%	95%
		Min				Max
5	Nivel de fluido de la batería				40%	60%
		L				F
6	Nivel de fluido refrigerante				60%	40%
		Cold				Hot
7	Posición de aguja en indicador de temperatura			X		

Fuente: elaboración propia.

Estos porcentajes fueron calculados según el número de veces en que se encontró el medidor de cada indicador marcado en reporte diario por operador. Las líneas medidoras de nivel máximo se alcanzaron mediante la nivelación con el respectivo fluido.

El dato de temperatura es importante tenerlo presente. Este indicador de tablero mantiene la aguja indicadora en la posición media de la escala temperatura, sin llegar a sobrecalentarse.

Los resultados del comportamiento de niveles y temperatura obtenidos después de la aplicación de las nuevas rutinas de mantenimiento preventivo, demuestran un comportamiento normal del motor en condiciones de uso del montacargas Yale objeto de nuestro estudio.

Otros resultados obtenidos mediante los reportes diarios son observaciones realizadas durante la operación, anotando problemas comunes como asiento en mal estado, llantas desgastadas, falta de pernos en ruedas y talcos de luces quebrados.

Las condiciones anteriores se deben a la mala operación de montacargas por parte de los operadores y el uso continuo del mismo. Las reparaciones de estas condiciones no provocan un paro de la unidad por lo cual serán programadas en el tiempo.

Con estos datos se logra obtener información sobre las condiciones de uso general de cada montacargas, determinando acciones para la eliminación total o parcial de problemas, según el criterio de la persona encargada del parque automotor.

Con los resultados anteriores y los principales ejes de la administración empleados en el diseño de rutinas de mantenimiento, se logra mejorar la eficiencia administrativa considerablemente, tomando como punto de partida la aplicación de las mismas.

Lo anterior deja como efecto la comprobación positiva de la **hipótesis** planteada al principio de nuestro estudio, demostrando que mediante las herramientas administrativas se logra alcanzar una correcta y eficaz atención en el cuidado y seguridad del funcionamiento de cada montacargas del parque automotor de montacargas.

4.4. Proyección gráfica sobre el comportamiento del mantenimiento preventivo

Los alcances que se pretenden obtener en el futuro con la aplicación de las rutinas preventivas al parque automotor de montacargas, son los de brindar un servicio continuo de carga y descarga de materia prima o producto final sin paros inesperados que afecten. Todo, en beneficio de la empresa.

Los beneficios se pueden llegar a presentar si se logra mejorar día con día las rutinas, rediseñado los procedimientos en tareas específicas y disminuyendo las desviaciones que afecten la recolección de información.

El número de veces de aplicación de lubricación, tareas mecánicas y eléctricas se calcula siguiendo el orden lógico anual dado a las rutinas de mantenimiento.

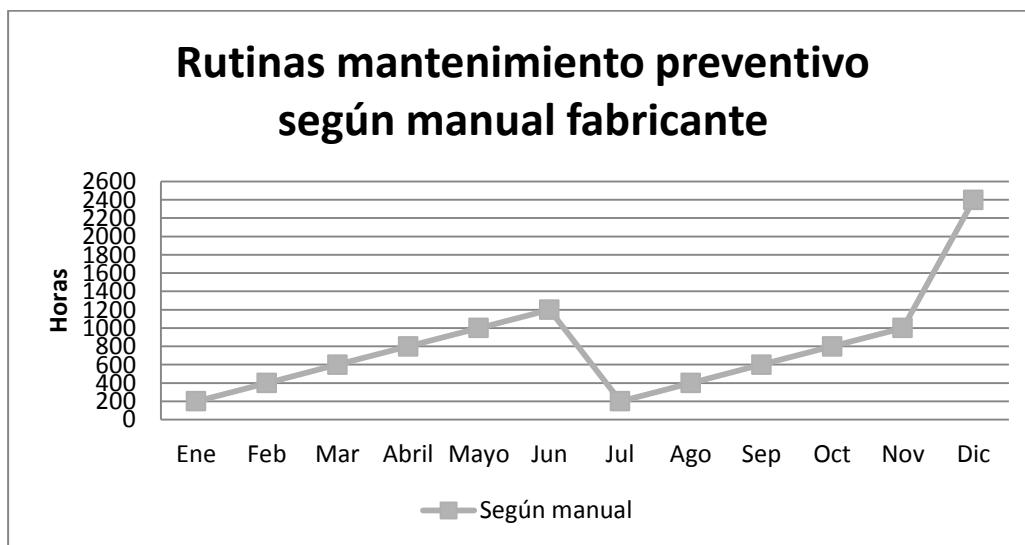
Las aplicaciones de cada mantenimiento, según horas, se presenta de una forma secuencial y deben programarse en el tiempo; sin embargo, no se pueden pronosticar fallas comunes en los demás elementos mecánicos que forman a cada montacargas.

Las consideraciones que se toman sobre el apareamiento de más veces que las programadas se pueden proyectar según historial, observando el modelo que sigue el montacargas objeto de estudio tomando en cuenta que pueden aparecer más aplicaciones de uno o de otro mantenimiento.

La demostración gráfica ayuda a tener un punto de partida hacia un comportamiento de las aplicaciones de cada mantenimiento. Con esto se logra evitar la mínima desviación de resultados sobre lo proyectado.

La generación del siguiente diagrama ideal involucra la división del mantenimiento y el comportamiento que se pretende alcanzar a largo plazo, en el eje de las abscisas aparece el tiempo en meses y en el eje de las ordenadas el número de horas del servicio correspondiente.

Figura 16. **Proyección gráfica de mantenimiento preventivo en el tiempo**



Fuente: Manual operador montacargas, Yale.

La aplicación de cada servicio de forma mensual es una forma ideal según el manual del fabricante. Lo que realmente da el punto de referencia es el indicador contador de horas mediante el seguimiento efectivo.

La gráfica anterior es un ejemplo básico sobre la forma de seguir estas rutinas preventivas; las fechas pueden extenderse o reducirse según las horas de uso. De igual forma se debe dar el seguimiento respectivo a la sustitución periódica de repuestos según horas de vida o tiempo de duración.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de herramientas administrativas contribuye en la creación de rutinas preventivas enfocadas a un parque automotor, combinando los conocimientos técnicos con los cuatro ejes principales de la administración (planificación, organización, dirección y control). Ello permite a todo ingeniero mecánico desarrollar procedimientos básicos en el diseño y su programación en el tiempo, para alcanzar de esta manera un mejor control en montacargas de un parque automotor, lo cual contribuye a una reducción de paros y altos costos de mantenimiento.
2. Se identificaron las variables y los parámetros que influyen a un parque automotor de montacargas, reduciendo una población (parque automotor) en una muestra sencilla (montacargas Yale) para obtener datos sobre las variables y parámetros que influyen en la operación de un montacargas dentro del parque automotor en estudio. Con esto se logró identificar límites para la aplicación de nuevas rutinas preventivas para una mejora continua.
3. Con la implementación de reportes diario por operador y de trabajos efectuados se incrementó el control de un montacargas modelo de este parque, lo que permitió procesar información sobre el comportamiento de niveles y observaciones por operadores con el objeto de analizar estadísticamente los datos y crear un historial de fallas.

4. Se diseñaron rutinas de mantenimiento básicas representadas en fichas de control, redactadas para una fácil comprensión y se sugiere la aplicación de la programación dada por el fabricante la cual representa un patrón ideal, enfocando en el indicador de horas (horómetro) con lo que se solicitó el seguimiento del historial de cada montacargas y control de las rutinas.
5. Se concluye como positiva la hipótesis planteada al inicio del estudio demostrando que aplicando rutinas de mantenimiento preventivo, se logra alcanzar un mejor control y la aplicación de una correcta programación, dando un incremento en la eficiencia administrativa del mantenimiento preventivo, reflejado en una disminución de tareas correctivas tanto mecánicas como eléctricas registradas en reportes de trabajo durante el año 2007.
6. La mejora continua de los procedimientos de inspecciones visuales, conducción y seguridad por parte de cada operador es de vital importancia, ya que el recurso humano tiene la relación directa con los montacargas. De aquí parte la capacitación periódica y la motivación permanente para lograr alcanzar metas a través de los objetivos emprendidos. Se logra el acuerdo mutuo entre encargado de mantenimiento y operadores en el seguimiento al reporte diario del operador.

RECOMENDACIONES

A la directiva de la empresa Sacos Agro Industriales, S. A. se le propone lo siguiente:

1. La implementación de un plan de seguridad sobre las condiciones y acciones inseguras es importante en una planta industrial, lo que lleva a realizar una inversión económica y planificar de una forma periódica capacitaciones dirigidas a operarios de montacargas, así como una correcta señalización de rutas y pasillos, control de velocidad, control de visibilidad, control de carga y el equipo de protección personal como casco, calzado y cinturones. Estos son los principales factores a tomar en cuenta como punto de partida en materia de seguridad para prevenir accidentes.
2. Otros aspectos que se deben considerar en la seguridad en condiciones de salud para operadores y personal en las áreas de trabajo son: iluminación, señalización, ruido y ventilación. Esta última es la de mayor importancia por ser equipo de combustión que genera monóxido de carbono. Se debe ser eficiente para evitar riesgos humanos.
3. Considerar la utilización de energía limpia en materia de medio ambiente y salud humana mediante el uso de montacargas eléctricos, los cuales presentan diferentes modelos para la aplicación requerida, siendo una opción favorable y de rentabilidad para cualquier empresa.

4. Buscar una asesoría de ventajas y desventajas es de vital importancia para la toma de decisiones sobre reparaciones mayores y costosas; se debe hacer un análisis sobre inversión y tiempo de recuperación de costos.

El jefe de Mantenimiento actual debe dar seguimiento personalmente o delegar funciones sobre lo siguiente:

1. Asignar especial importancia a los montacargas al servicio de la empresa mediante una organización y programación gradual entre rutinas de mantenimiento, dando un seguimiento a las recomendaciones del manual del fabricante para mejorar la disponibilidad de cada montacargas, dando mejor atención a las órdenes de trabajo, así como reportes de control mediante almacenamiento de información en una base de datos para observar comportamiento en el tiempo de reportes diario y de trabajos efectuados.
2. Capacitar y dar continuidad a reportes diarios por operador exigiendo continuidad y calidad en la toma de datos y ajuste de niveles, para captar una información más acertada para el análisis de factores y causas.
3. Seleccionar a una persona encargada de velar por transmitir mediante reuniones con personal a cargo los criterios a utilizar en la aplicación de inspecciones visuales, motivando al personal a una cultura preventiva.
4. Ejecutar un eficiente control de las actividades efectuadas y por realizar entre rutinas de mantenimiento, observando fuentes de desviación hacia resultados y la búsqueda de una disminución de las mismas, para medir resultados y orientarlos a los objetivos.

Al personal financiero y de control de bodega se hacen las siguientes propuestas:

1. Solicitar por medio de requerimientos de compra el suministro de insumos (lubricantes, grasas, filtros, fajas) necesarios en la planta para realizar actividades preventivas básicas de ajuste de niveles en marcas de aceite lubricante de motor, líquido para frenos, así como un control mediante la retroalimentación directa sobre la marca de repuestos, calidad de insumos y especificaciones utilizados por la empresa externa de servicios. Todo esto con el objeto de no desviar los procedimientos de las rutinas diarias.
2. Desarrollar un estudio de costos sobre la rentabilidad por cada unidad del parque de montacargas, para conocer si el servicio que estos brindan a la empresa es compensado mediante los costos de mantenimiento. En caso contrario, evaluar la posibilidad de la venta y adquisición de unidades de año y modelo más recientes con costo inicial alto y alcanzar con el tiempo la recuperación de esta inversión.

BIBLIOGRAFÍA

1. COLINDRES SANDOVAL, Carlos Estuardo. *Propuesta de la organización de taller de mantenimiento y de un plan preventivo para maquinaria y vehículos de la zona vial #5*. Trabajo de graduación Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 45 p.
2. HELLRIEGEL DON, Jackson Susan E.; SLOCUM, John. *Administración un enfoque basado en competencias*. México: Thomson, 10ª. ed., 2005. 75 p.
3. Onsite Safety and Health Consultation Program. *Seguridad con los montacargas*, Estados Unidos, Sate Illinois, 2003. 30 p.
4. YALE INDUSTRIAL, Truck. *Manual de operación*. Japon, 1995. 80 p.

