



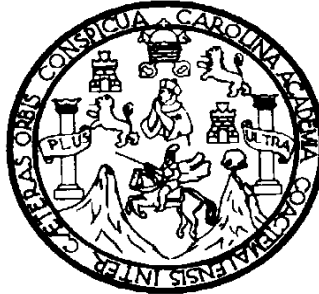
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE
MONTACARGAS PARA RENTA CLASE V DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA AGRÍCOLA
GUATEMALTECA S.A.; DISTRIBUIDOR DE LA MARCA YALE**

Eduardo José López Miranda
Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE
MONTACARGAS PARA RENTA CLASE V DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA AGRÍCOLA
GUATEMALTECA S.A.; DISTRIBUIDOR DE LA MARCA YALE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDUARDO JOSÉ LÓPEZ MIRANDA
ASESORADO POR EL ING. HUGO LEONEL RAMÍREZ ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

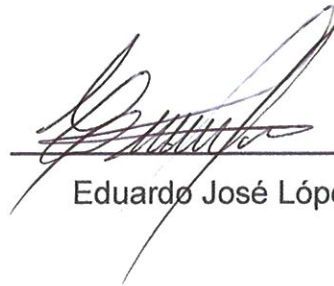
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Walter Castellanos Rojas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE MONTACARGAS PARA RENTA CLASE V DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA AGRÍCOLA GUATEMALTECA S.A.; DISTRIBUIDOR DE LA MARCA YALE

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



Eduardo José López Miranda

Guatemala, 26 de septiembre del 2011

Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
USAC

Ing. Campos:

De manera atenta me dirijo a usted para notificarle que el trabajo de graduación del estudiante **Eduardo José López Miranda**, carné **1999-10604**, de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema **“MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE MONTACARGAS PARA RENTA CLASE V DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA AGRÍCOLA GUATEMALTECA S.A.; DISTRIBUIDOR DE LA MARCA YALE”**, ha cumplido satisfactoriamente con todos los requisitos. Por lo que hago de su conocimiento que doy por concluida la asesoría del trabajo de graduación.

Atentamente,



Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
Colegiado No. 5545

Ing. Hugo Ramírez
COL. No. 5545

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, MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE MONTACARGAS PARA RENTA CLASE V DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA AGRÍCOLA GUATEMALTECA S. A.; DISTRIBUIDOR DE LA MARCA YALE del estudiante **Eduardo José López Miranda**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Pérez Rodríguez'.

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área



Guatemala, octubre de 2011.

/behdei.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE MONTACARGAS PARA RENTA CLASE V DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA AGRÍCOLA GUATEMALTECA S.A.; DISTRIBUIDOR DE LA MARCA YALE, del estudiante **Eduardo José López Miranda**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, octubre de 2011

JCCP/behde



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: **MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE MONTACARGAS PARA RENTA CLASE V DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA AGRÍCOLA GUATEMALTECA, S.A.; DISTRIBUIDOR DE LA MARCA YALE**, presentado por el estudiante universitario **Eduardo José López Miranda**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2011

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Que me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.
- Mi padre** Ing. Eduardo Arturo López Cabrera, por ser fuente de inspiración y deseo de superación, por apoyarme en los malos momentos y alentarme en los buenos.
- Mi madre** Licda. Alba Leticia Miranda de López, por siempre brindarme su amor y comprensión. Mami, de todo corazón gracias por todo tu apoyo.
- Mis hermanos** Dayanna Marsella, Carlos Arturo y Kristian Antonio, por compartir y estar siempre a mi lado compartiendo todos los momentos, los quiero mucho y los llevo en mi corazón.
- Mi hijo** Erwin Eduardo López Rosas, por inspirarme y ser el que me impulsa a superarme y ser mejor persona.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi asesor de tesis	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz, por su amistad sincera y apoyo brindado en la realización del trabajo de graduación.
Mis amigos	Por compartir todos los momentos gratos y acompañarme a lo largo de mi recorrido.
DISAGRO	Por la confianza y permitirme la realización de la presente investigación.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Especialmente a la Facultad de Ingeniería, que me abrió las puertas y me dio la oportunidad de ser un profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
GLOSARIO.....	III
RESUMEN.....	VII
OBJETIVOS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	XI
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Generalidades de la empresa.....	1
1.1.1. Reseña histórica.....	1
1.1.2. Actividades y productos.....	3
1.1.3. Visión y misión.....	4
1.1.3.1. Visión.....	4
1.1.3.2. Misión.....	4
1.1.4. Ubicación.....	5
1.2. Servicios que presta la empresa.....	5
1.2.1. Taller de servicio electromecánico.....	5
1.2.2. Enderezado y pintura.....	5
1.2.3. Taller de precisión.....	6
1.3. Productos que comercializa.....	6
1.3.1. Línea agrícola.....	6
1.3.2. Línea construcción.....	6
1.3.3. Línea transporte.....	7
1.3.4. Línea industrial.....	7
1.3.5. Repuestos genuinos.....	7
1.4. Soporte post-venta.....	7

1.4.1.	Respaldo de fabrica.....	7
1.4.2.	Capacitación de técnicos.....	8
1.4.3.	Control de calidad.....	8
1.5.	Generalidades del mantenimiento.....	8
1.5.1.	Diferentes tipos de mantenimiento.....	9
1.5.1.1.	Generalidades del mantenimiento preventivo.....	9
1.5.1.2.	Generalidades del mantenimiento correctivo.....	10
1.5.2.	Importancia de la aplicación adecuada de los mantenimientos.....	10
1.6.	Mantenimiento preventivo y correctivo enfocado a montacargas.....	11
1.6.1.	Rutina de mantenimiento recomendada por el fabricante.....	12
1.6.1.1.	Eje de tracción.....	12
1.6.1.2.	Eje de dirección.....	12
1.6.1.3.	Motor.....	13
1.6.1.4.	Transmisión.....	15
1.6.1.5.	Sistema de levante.....	15
1.6.1.6.	Chasis.....	16
2.	ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, SITUACIÓN ACTUAL.....	17
2.1.	Análisis cualitativo del personal involucrado en el proceso de ejecución de mantenimiento preventivo.....	17
2.1.1.	Personal administrativo.....	17
2.1.2.	Personal operativo.....	17
2.1.3.	Proveedores.....	18

	2.1.4.	Operadores.....	18
2.2.		Capacitación y seguimiento del personal involucrado en el proceso de ejecución de mantenimiento preventivo....	18
	2.2.1.	Personal administrativo.....	18
	2.2.2.	Personal operativo.....	18
	2.2.3.	Proveedores.....	19
	2.2.4.	Operadores.....	19
2.3.		Cuantificación de costos por mantenimiento efectuado...	19
	2.3.1.	Costo mantenimiento preventivo.....	19
	2.3.2.	Costo mantenimiento correctivo.....	19
	2.3.3.	Costo directo e indirecto por mantenimientos ineficientes.....	20
3.		PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	21
3.1.		Perfil de capacitación al personal.....	21
	3.1.1.	Personal administrativo.....	21
	3.1.2.	Personal operativo.....	21
	3.1.3.	Proveedores.....	22
	3.1.4.	Operadores.....	22
3.2.		Programación de mantenimientos.....	23
	3.2.1.	Factores que determinan el intervalo entre mantenimientos.....	23
	3.2.2.	Toma de muestras de lubricantes.....	23
	3.2.3.	Interpretación de análisis de aceites.....	24
	3.2.4.	Estado general y engrase.....	27
3.3.		Rutina de mantenimiento.....	28
	3.3.1.	Rutina de mantenimiento clase A.....	28
	3.3.1.1.	Eje de tracción.....	28

3.3.1.2.	Eje de dirección.....	28
3.3.1.3.	Motor.....	29
3.3.1.4.	Transmisión.....	29
3.3.1.5.	Sistema de levante.....	30
3.3.1.6.	Chasis.....	31
3.3.2.	Rutina de mantenimiento clase B.....	31
3.3.2.1.	Eje de tracción.....	31
3.3.2.2.	Eje de dirección.....	32
3.3.2.3.	Motor.....	32
3.3.2.4.	Transmisión.....	33
3.3.2.5.	Sistema de levante.....	33
3.3.2.6.	Chasis.....	34
3.3.3.	Rutina de mantenimiento clase C.....	34
3.3.3.1.	Eje de tracción.....	34
3.3.3.2.	Eje de dirección.....	35
3.3.3.3.	Motor.....	35
3.3.3.4.	Transmisión.....	36
3.3.3.5.	Sistema de levante.....	36
3.3.3.6.	Chasis.....	37
3.3.4.	Rutina de mantenimiento clase D.....	37
3.3.4.1.	Eje de tracción.....	37
3.3.4.2.	Eje de dirección.....	38
3.3.4.3.	Motor.....	39
3.3.4.4.	Transmisión.....	40
3.3.4.5.	Sistema de levante.....	40
3.3.4.6.	Chasis.....	41

4.	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS.....	43
----	--	----

4.1.	Capacitación al personal.....	43
4.1.1.	Personal administrativo.....	43
4.1.2.	Personal operativo.....	43
4.1.3.	Proveedores.....	43
4.1.4.	Operadores.....	44
4.2.	Programación de mantenimientos.....	44
4.2.1.	Intervalos entre mantenimientos.....	44
4.2.2.	Factores que determinan el intervalo entre mantenimientos.....	44
4.2.3.	Interpretación de análisis de aceite de motor	45
4.2.4.	Rangos de contaminación permisibles en el aceite de motor.....	45
4.3.	Rutina de mantenimiento.....	45
4.3.1.	Eje de tracción.....	45
4.3.2.	Eje de dirección.....	46
4.3.3.	Motor.....	46
4.3.4.	Transmisión.....	47
4.3.5.	Sistema de levante.....	47
4.3.6.	Chasis.....	48
4.4.	Comparación de costos.....	48
4.4.1.	Análisis de costos en base a los datos propuestos.....	48
5.	RUTA DE SEGUIMIENTO.....	51
5.1.	Seguimiento a capacitaciones.....	51
5.1.1.	Personal administrativo.....	51
5.1.2.	Personal operativo.....	51
5.1.3.	Proveedores.....	51
5.1.4.	Operadores.....	52

5.2.	Control de calidad en mantenimiento preventivo.....	52
5.2.1.	Reportes.....	52
5.2.2.	Hojas de campo.....	52
CONCLUSIONES.....		55
RECOMENDACIONES.....		57
BIBLIOGRAFÍA.....		59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Puntos de comercialización DISAGRO.....	2
2. Puntos de comercialización DISAGRO Maquinaria.....	4
3. Montacarga Yale Clase V.....	11

TABLAS

I. Rangos de contaminación permisibles en el aceite.....	27
II. Mantenimiento clase A, para eje de tracción.....	28
III. Mantenimiento clase A, para eje de dirección.....	28
IV. Mantenimiento clase A, para motor.....	29
V. Mantenimiento clase A, para transmisión.....	29
VI. Mantenimiento clase A, para sistemas de levante.....	30
VII. Mantenimiento clase A, para chasis.....	31
VIII. Mantenimiento clase B, para eje de tracción.....	31
IX. Mantenimiento clase B, para eje de dirección.....	32
X. Mantenimiento clase B, para motor.....	32
XI. Mantenimiento clase B, para transmisión.....	33
XII. Mantenimiento clase B, para sistemas de levante.....	33
XIII. Mantenimiento clase B, para chasis.....	34
XIV. Mantenimiento clase C, para eje de tracción.....	34
XV. Mantenimiento clase C, para eje de dirección.....	35
XVI. Mantenimiento clase C, para motor.....	35
XVII. Mantenimiento clase C, para transmisión.....	36

XVIII.	Mantenimiento clase C, para sistemas de levante.....	36
XIX.	Mantenimiento clase C, para chasis.....	37
XX.	Mantenimiento clase D, para eje de tracción.....	37
XXI.	Mantenimiento clase D, para eje de dirección.....	38
XXII.	Mantenimiento clase D, para motor.....	39
XXIII.	Mantenimiento clase D, para transmisión.....	40
XXIV.	Mantenimiento clase D, para sistemas de levante.....	40
XXV.	Mantenimiento clase D, para chasis.....	41
XXVI.	Mantenimiento propuesto, para eje de tracción.....	45
XXVII.	Mantenimiento propuesto, para eje de dirección.....	46
XXVIII.	Mantenimiento propuesto, para motor.....	46
XXIX.	Mantenimiento propuesto, para transmisión.....	47
XXX.	Mantenimiento propuesto, para sistema de levante.....	47
XXXI.	Mantenimiento propuesto, para chasis.....	48

GLOSARIO

Cabecal	Vehículo automotor de carga pesada al que se le adapta un contenedor o carga.
Calidad	Cualidad y propiedad inherente de las cosas, permite que éstas sean comparadas con otras de su misma especie.
Cojinete	Elemento que permite el soporte de un eje permitiendo que realice el movimiento rotacional con un mínimo de resistencia.
Comercialización	Conjunto de actividades desarrolladas con el fin de facilitar la venta de un producto o servicio.
Costo	Gasto económico que se lleva a cabo en una actividad, con el objetivo de obtener un beneficio.
Combustible	Sustancia que reacciona químicamente liberando calor y energía.
Demanda	Predisposición de adquirir bienes y/o servicios para proveer la satisfacción de las necesidades, por parte de uno o más consumidores.
Diagrama	Esquema de información que representa gráficamente actividades y datos puntuales.

Eficacia	Capacidad para obrar o para conseguir un resultado determinado.
Eficiencia	Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles.
Flotilla	Número mayor de cinco unidades de transporte que el propietario posee.
Filtro	Elemento usado para separar partículas finas de las gruesas a través de una maya que atrapa las partículas más grandes.
Fluctuación	Movimiento alterno de subida y bajada de la cotización de los títulos en el mercado, debida a las variaciones de la oferta y la demanda.
Gasto	Partida contable que disminuye el beneficio o aumenta la pérdida de una entidad.
Lubricante	Fluido que disminuye la fricción entre dos piezas en movimiento.
Mecánico	Persona dedicada al manejo y arreglo de las máquinas.

Motor	Máquina que convierte energía térmica en movimiento o trabajo mecánico.
Organización	Sistemas sociales diseñados para lograr metas y objetivos, por medio de los recursos humanos y de otro tipo.
Suministro	Abastecimiento de lo que se considera necesario.
Supervisión	Inspección de un trabajo o actividad por un superior.
Técnico	Persona que posee los conocimientos específicos sobre una ciencia, arte u oficio.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación tiene como finalidad, el rediseño del plan de mantenimiento preventivo propuesto por el fabricante para montacargas clase V de la marca Yale, adecuándolo a la situación real, tanto ambiental como de intensidad de uso, en la que cada una de estas máquinas trabaja.

Este estudio surge debido a la necesidad de minimizar el tiempo que los montacargas pasan detenidos debido a mantenimiento preventivo o correctivo, ya que al detenerse éstos, la producción de una planta o la distribución de un producto se ve afectada directamente.

Debido a que se necesita un análisis detallado de la situación específica de cada montacargas para proponer un plan de mantenimiento que cumpla con las demandas de éste, se identificaron y analizaron las variables que intervienen en la administración de un correcto mantenimiento preventivo.

Los resultados del presente trabajo fueron: el rediseño de plan de mantenimiento preventivo para la flota de renta de montacargas clase V, el cual presenta una reducción del costo de operación comparado con los costos monitoreados durante la fase de investigación del presente trabajo. Esta disminución de costos afecta directamente los intervalos y rutinas de mantenimiento preventivo, así como la logística para efectuarlos.

OBJETIVOS

General

Rediseñar el plan de mantenimiento preventivo para la flota de renta de montacargas clase V de la empresa Distribuidor Agrícola Guatemalteca S.A. (DISAGRO), distribuidor de la marca Yale.

Específicos

1. Definir nuevas rutinas y periodicidad de mantenimiento preventivo para los equipos, con el fin de maximizar su productividad sin amenazar su funcionamiento continuo.
2. Evitar tiempo muerto de las máquinas mediante un mantenimiento preventivo adecuado.
3. Elaborar una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.
4. Indicar los lineamientos para la capacitación del personal encargado de operación y mantenimiento con información directa sobre el mantenimiento preventivo y los beneficios que conlleva su buena aplicación.
5. Definir los parámetros a medir durante el período de evaluación.

6. Definir los procedimientos y procesos de ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo.

INTRODUCCIÓN

El papel que juega un montacargas en la industria es de una importancia tal, que aunque en el giro del negocio, no se perciba con ninguna relación a estas máquinas, la falta de éstas podría paralizar por completo una planta de producción, dejando de ser productiva y provocando cuantiosas pérdidas. El uso de un montacargas, le permite a un usuario desde movilizar una carga pesada hasta el crecimiento vertical de sus bodegas, ahorrando en mano de obra, área de bodega y en costo de operación.

La administración de un correcto mantenimiento preventivo en los montacargas, juega un papel importante en la productividad de las máquinas, logrando un mayor número de horas trabajadas a un menor costo de operación, esto se traduce a mejores utilidades para el propietario de dichas máquinas.

El rediseño planteado en el presente trabajo de graduación, pretende mejorar la gestión de mantenimiento preventivo para los montacargas clase V utilizados como flota de renta de la compañía. Con dicho plan se espera mantener el alto rendimiento para el cual las máquinas están diseñadas, y minimizar los costos de operación y tiempos de ejecución de estos mantenimientos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Generalidades de la empresa

1.1.1. Reseña histórica

DISAGRO es una corporación privada que nace en 1976. A lo largo de más de 30 años ha construido una historia de liderazgo en el sector agrícola. Hoy, es una organización integrada vertical y horizontalmente enfocada en satisfacer la demanda de: fertilizantes, productos para la protección de cultivos, productos plásticos para envase y empaque, maquinaria agrícola, de construcción e industrial y servicios logísticos.

En la actualidad, DISAGRO cuenta con más de 2 700 colaboradores y está presente en México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Además, exporta al Caribe, Panamá y Sudamérica.

Desde su fundación, DISAGRO se ha caracterizado por mantener un modelo de negocio sostenible en el largo plazo que contribuya al desarrollo económico de la región. De la mezcla y comercialización de fertilizantes, se expandió a la formulación y distribución de productos para la protección de cultivos, luego a la producción de sacos plásticos, de ahí a la distribución de maquinaria y equipo agrícola, incorporando años después a su portafolio, maquinaria de construcción e industrial.

En el ámbito de fertilizantes, DISAGRO suministra anualmente cerca de 1,8 millones de toneladas métricas a los mercados de Centroamérica y México, siendo la compañía líder de esta región. DISAGRO ha sabido extrapolar su experiencia en relaciones a largo plazo y su enfoque en productos de calidad hacia sus otras líneas de negocio, lo cual ha redundado en un ritmo constante de crecimiento para dichas líneas.

Figura 1. **Puntos de comercialización DISAGRO**



Fuente: www.disagro.com, julio 2011.

1.1.2. Actividades y productos

El mercado de movimiento de carga guatemalteco ha sido revolucionado drásticamente por DISAGRO y su línea completa de montacargas y estanterías (racks). Yale, la marca de montacarga más fuerte del mundo y DISAGRO unen fuerzas para brindar las mejores máquinas con el más fuerte soporte corporativo de la región.

Un centro de capacitación interno, constantes capacitaciones de fábrica, uno de los más completos laboratorios de inyección en Guatemala y uno de los dos únicos dinamómetros en el país, permiten potenciar la excelencia de su recurso humano con el único fin de mejorar la capacidad operativa de ejecución de la flota de sus clientes.

El fuerte enfoque que DISAGRO Maquinaria pone en las eficiencias operativas se debe al origen del mismo: su relación con empresas del grupo que sufrieron las consecuencias de las ineficiencias por parte de proveedores externos de servicio y repuestos.

Esto les coloca en una posición única como proveedor de maquinaria, servicios y soporte post-venta.

Como único distribuidor autorizado de montacargas Yale para Guatemala y toda Centroamérica, DISAGRO ofrece a sus clientes todo el soporte y respaldo de fábrica en repuestos, servicios y garantías.

Figura 2. **Puntos de comercialización DISAGRO Maquinaria**



Fuente: www.disagro.com, julio 2011.

1.1.3. Visión y Misión

1.1.3.1. Visión

Ser los pioneros y líderes en el desarrollo de una nueva agricultura de altos rendimientos en las cosechas de todos los agricultores, a quienes servimos con nuestros productos y servicios.

1.1.3.2. Misión

Proveer a nuestros clientes con productos y servicios de primera calidad internacional y a precios altamente competitivos, a través de nuestra excelencia operativa e innovación tecnológica, fundamentados en la entrega y pasión del mejor y más motivado equipo humano.

1.1.4. Ubicación

DISAGRO Maquinaria se ubica sobre el anillo periférico 17-36 de la zona 11 de la ciudad de Guatemala.

1.2. Servicios que presta la empresa

Debido al rápido crecimiento y demanda de los clientes, ésta se ramificó en varios departamentos, agrupando en ellas líneas de maquinaria afines y servicios.

1.2.1. Taller de servicio electromecánico

Parte de la empresa dedicada meramente a la reparación y mantenimiento de maquinaria, se subdivide en equipo de construcción, agrícola, industrial y de transporte.

Cada uno de los equipos lo conforma personal altamente calificado, y son liderados cada uno por un jefe de grupo.

1.2.2. Enderezado y pintura

Servicio prestado exclusivamente al taller de servicio, ella debe preparar toda la maquinaria nueva que se presenta para la venta, y debe restaurar la apariencia de las máquinas que se han deteriorado en el desempeño de su trabajo.

Esta cuenta con instalaciones adecuadas al tamaño y movimiento de la maquinaria que deben tratar.

1.2.3. Taller de precisión

Inicialmente se creó, al igual que el taller de enderezado y pintura, para darle servicio a las necesidades de la maquinaria que se reparaba; con el tiempo el buen trabajo de este fue notado por los clientes, quienes constantemente solicitaban trabajos propios, por lo que hoy día, se atiende al público en general, generando una demanda de trabajo adicional a la propia.

1.3. Productos que comercializa

1.3.1. Línea agrícola

En la línea agrícola, DISAGRO Maquinaria, se encarga de la comercialización de productos como: tractores agrícolas, máquinas desgranadoras, cosechadoras, y todo tipo de rastra para el labrado de la tierra.

1.3.2. Línea construcción

En la línea construcción, DISAGRO Maquinaria, se encarga de la comercialización de equipo como: máquinas de excavación, compactación, movimiento de tierra, bombeo de concreto.

1.3.3. Línea transporte

En la línea de transporte, DISAGRO Maquinaria, se encarga de comercializar la marca Mack en camiones.

1.3.4. Línea industrial

En esta línea DISAGRO Maquinaria, comercializa productos para montacargas eléctricos y con motor de combustión, desde las más pequeñas como lo son las porta pallet manuales, hasta las más grandes que pueden mover contenedores completos.

1.3.5. Repuestos genuinos

Siendo DISAGRO Maquinaria, distribuidor exclusivo de las marcas que representa, cuenta con todo el apoyo y respaldo de los fabricantes, pudiendo trasladar de esta manera, beneficios a sus clientes, como lo son repuestos genuinos y asesoría en la compra de repuestos.

1.4. Soporte post-venta

1.4.1. Respaldo de fábrica

DISAGRO maquinaria cuenta con el respaldo de los fabricantes de todas las marcas que representa, siendo esto de gran importancia debido al soporte que debe de ser trasladado a los clientes.

Gracias a esto, DISAGRO es capaz de tener una rápida respuesta en cuanto a entrega y servicio, así como a cualquier actualización que el fabricante desee hacer a las máquinas que ya están en el mercado.

1.4.2. Capacitación de técnicos

Debido al respaldo que DISAGRO Maquinaria tiene de los fabricantes, le ha sido posible capacitar a sus técnicos, ya sea con visitas de capacitadores o enviando técnicos a programas propuestos e impartidos por los fabricantes.

Lo anterior ha resultado en diagnósticos de fallas acertados, y menor tiempo de máquinas detenidas.

1.4.3. Control de calidad

Para garantizar la misión de la empresa, DISAGRO Maquinaria creó el departamento de control de calidad, el es el encargado de tareas tales como el programa de capacitación a técnicos, y la estandarización de procesos en toda la región, de tal manera que sus clientes puedan recibir el mejor servicio en cualquier parte.

1.5. Generalidades del mantenimiento

Las diferentes sociedades definen mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida, estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

1.5.1. Diferentes tipos de mantenimiento

Existen varios tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en el que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, para efectos de esta investigación, definiremos los siguientes.

1.5.1.1. Generalidades del mantenimiento preventivo

Este mantenimiento, también es denominado mantenimiento planificado, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Este mantenimiento trae consigo las siguientes características, se realiza en un momento en el que no se está produciendo, por lo que se aprovechan las horas ociosas de la planta. Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener disponibilidad inmediata de las herramientas y repuestos necesarios. Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y finalización preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa. Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

1.5.1.2. Generalidades del mantenimiento correctivo

Este mantenimiento, también denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar luego de que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce una falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar a que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores.

Este mantenimiento trae consigo consecuencias tales como, paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas. Afecta la cadena productiva, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior. Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado. La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

1.5.2. Importancia de la aplicación adecuada del mantenimiento

La importancia de la aplicación adecuada de los mantenimientos es tan grande que pueden afectar la rentabilidad de una planta de producción, ya que gracias a esta los diferentes equipos prestan el servicio para el cual fueron diseñados.

1.6. Mantenimiento preventivo y correctivo enfocado a montacargas

El mantenimiento preventivo y correctivo de los montacargas tiene como finalidad el prolongar la vida útil de estos.

Llevando un estricto control de estos se logra la mayor rentabilidad, evitando paradas innecesarias.

Figura 3. Montacarga Yale clase V



Fuente: www.nacco.com, julio 2011.

1.6.1. Rutina de mantenimiento recomendado por el fabricante

1.6.1.1. Eje de tracción

También llamado eje motriz, es un elemento destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza, o de un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. Un eje se aloja por un diámetro exterior al diámetro interior de un agujero, como el de un cojinete, el cual tiene un determinado ajuste. Siendo el más importante, debido a que sobre ella recae el peso del mástil y la carga a movilizar, se debe tomar especial cuidado en la revisión de torque de pernos de ruedas de tracción, cambio de aceite de diferencial y cambiar líquido de frenos.

1.6.1.2. Eje de dirección

Este eje soporta el peso de la contrapesa, sufriendo mucho desgaste cuando el montacargas no lleva carga. El eje de una rueda debe además guiar la rueda para que no se desplace axialmente, así como para que no gire involuntariamente respecto a un eje perpendicular al eje de giro. El sistema de dirección controla el ángulo de guiado de las ruedas respecto al chasis, se deben revisar torque de pernos de ruedas de dirección, revisión del cilindro de dirección en caso de fugas de hidráulico, lubricar eje de dirección y lubricar King Pin de dirección.

1.6.1.3. Motor

Siendo este un motor de combustión interna de cuatro tiempos, la cámara de combustión es un cilindro fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al cilindro. La posición hacia fuera o hacia adentro del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unido por una biela al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón.

El sistema de alimentación de combustible consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo dosificador de combustible que vaporiza o atomiza el combustible desde el estado líquido, en las proporciones correctas para poder ser quemado, se llama carburador. Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal, estando en conjunto coordinado mediante la faja de distribución.

Los motores necesitan una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. El sistema de ignición consiste en un componente llamado bobina de encendido, que es un auto-transformador de alto voltaje al que está conectado un conmutador que interrumpe la corriente del primario para que se induzca un impulso eléctrico de alto voltaje en el secundario. Dicho impulso está sincronizado con la etapa de compresión de cada uno de los cilindros; el impulso se lleva al cilindro correspondiente (aquel que está comprimido en ese momento) utilizando un distribuidor rotativo y unos cables de grafito que dirigen la descarga de alto voltaje a la bujía.

El dispositivo que produce la ignición es la bujía que, fijado en cada cilindro, dispone de dos electrodos separados unas décimas de milímetro, entre los cuales el impulso eléctrico produce una chispa, que inflama el combustible.

Dado que la combustión produce calor, los motores disponen de un sistema de refrigeración. Se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de un block lleno de agua que se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. Es importante que el líquido que se usa para enfriar el motor no sea agua común y corriente, porque los motores de combustión trabajan regularmente a temperaturas más altas que la temperatura de ebullición del agua.

Esto provoca una alta presión en el sistema de enfriamiento, dando lugar a fallas en los empaques y sellos de agua así como en el radiador; se usa un refrigerante, pues no hierve a la misma temperatura que el agua, sino a más alta temperatura, y que tampoco se congela a temperaturas muy bajas.

Otra razón por la cual se debe usar un refrigerante es que éste no produce sarro ni sedimentos que se adhieran a las paredes del motor y del radiador formando una capa aislante que disminuirá la capacidad de enfriamiento del sistema.

Se debe de considerar las siguientes actividades en el mantenimiento:

- Cambiar aceite de motor
- Cambiar filtro de aceite
- Cambio de filtro de aire
- Revisar estado de faja de tiempo

- Drenar regulador de LPG
- Cambiar filtro de LPG
- Revisar revoluciones de motor
- Revisar gobernador de aceleración
- Revisar válvula pcv
- Calibrar válvulas
- Revisar y/o ajustar tempo
- Cambiar coolant
- Cambiar bujías
- Limpiar panel de radiador

1.6.1.4. Transmisión

Las transmisiones usadas en este tipo de máquina son automáticas y de una marcha hacia delante y una hacia atrás, es una caja de cambios que puede encargarse por sí misma de cambiar la relación de cambio automáticamente a medida que el vehículo se mueva, liberando al montacarguista de la tarea de cambiar de marcha manualmente siendo de gran importancia observar la calidad de su fluido, esta funciona hidráulicamente por lo que se debe cambiar ATF y cambiar filtro de ATF.

1.6.1.5. Sistema de levante

Para este sistema se debe de revisar nivel de aceite hidráulico, revisar condición de respiradero del tanque de líquido hidráulico, lubricar acoples de cilindros hidráulicos y lubricar palancas de mandos hidráulicos

1.6.1.6. Chasis

Para esta sección es importante mantener su limpieza general y revisar estado de cuchillas, limpiar batería y terminales, lubricar superficie de deslizamiento de mástil, lubricar cadenas de levante, lubricar carruaje de desplazador lateral, lubricar pivotes de mástil y lubricar guías y seguros de cuchillas.

2. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Análisis cualitativo del personal involucrado en el proceso de ejecución de mantenimiento preventivo

2.1.1. Personal administrativo

Personal responsable de canalizar la necesidad del cliente, directamente relacionado con la operación del taller, se tomaran en cuenta supervisores y jefes de taller. Se determinó que los jefes y supervisores cuentan con una alta experiencia en su rama, ya que han sido promovidos desde puestos inferiores. Han recibido capacitaciones impartidas por la fábrica, aunque no existe un programa de seguimiento.

2.1.2. Personal operativo

Personal responsable de la correcta ejecución del mantenimiento, también llamados técnicos o mecánico, en su mayoría mano de obra capacitada en colegios e institutos técnicos, contratados luego de realizar sus prácticas laborales, y que con la experiencia del trabajo diario logra adquirir los conocimientos necesario para posicionarse como técnico de experiencia y aspirar posteriormente a un puesto administrativo.

2.1.3. Proveedores

Encargados de suplir los repuestos y materiales necesarios, para la rápida ejecución de los mantenimientos, ya sea compra local o repuestos importados a través del departamento de repuestos y servicios, tienen la responsabilidad de mantener en *stock* la cantidad adecuada de repuestos para que no se pierda ninguna oportunidad de hacer un mantenimiento.

2.1.4. Operadores

Usuario final de la máquina, deben optimizar el uso de la máquina para sacarle el mayor provecho.

2.2. Capacitación y seguimiento del personal involucrado en el proceso de ejecución de mantenimiento preventivo

2.2.1. Personal administrativo

Se han impartido algunas capacitaciones en temas administrativos y sistemas operativos, lo que permite tener operaciones.

2.2.2. Personal operativo

Se han impartido algunas capacitaciones por parte de fábrica cubriendo aspectos técnicos

2.2.3. Proveedores

Han recibido capacitaciones por parte del personal administrativo, enfocado en el conocimiento de la marca.

2.2.4. Operadores

No han recibido ninguna capacitación.

2.3. Cuantificación de costos por mantenimiento efectuado

2.3.1. Costo mantenimiento preventivo

El costo de mantenimiento preventivo, basados en el programa que la fábrica recomienda, es de aproximadamente US\$3,25 por hora de uso. Incluye mano de obra, y cumpliendo todos los ajustes que el fabricante recomienda

2.3.2. Costo mantenimiento correctivo

El costo de mantenimiento correctivo ronda los siguientes montos dependiendo el daño que ocurra:

- Frenos, entre US\$ 125,00 a US\$ 300,00
- Motor, entre US\$ 150,00 a US\$ 1 300,00
- Transmisión US\$ 150,00 a US\$ 3 000,00
- Sistema hidráulico US\$ 100,00 a US\$ 2 500,00

2.3.3. Costo directo e indirecto por mantenimientos ineficientes

Los costos de un mantenimiento ineficiente, ya sea preventivo o correctivo, pueden ir desde la reducción sustancial de la vida útil del montacargas, hasta el paro total de este, teniendo que incurrir en un alto costo de reparación por piezas de recambio, paro inoportuno de la máquina afectando directamente la productividad en donde interviene su función.

3. PROPUESTAS DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.1. Perfil de capacitación al personal

Para lograr un mantenimiento eficiente de los montacargas es importante que todas las partes involucradas estén sintonizadas con un mismo objetivo, el cual debe ser lograr la mayor eficiencia y productividad del equipo, para ello proponemos lo siguiente:

3.1.1. Personal administrativo

Ya que este personal cuenta con alta experiencia técnica en la marca, es importante, sin dejar de actualizarse por parte de la fábrica, el tener mayor conocimiento en atención al cliente, administración de personal, resolución de conflictos, administración de recursos, estas herramientas le ayudarán a ser eficiente en su función como administrador.

3.1.2. Personal operativo

Este personal cuenta con los principios básicos de mecánica, sin embargo, para que lleguen a un nivel deseado de conocimiento y desempeño, es importante reforzar sus conocimientos en sistemas propios de los montacargas, como lo son sistemas hidráulicos, transmisiones y componentes electrónicos, para ello debe planearse un programa de capacitación continua.

Siendo estos a quienes el cliente ve realizando las reparaciones, y siendo los mantenimientos efectuados el 90% del tiempo dentro de las bodegas del cliente, es importante que se capaciten en atención al cliente, y salud laboral.

3.1.3. Proveedores

Los proveedores deben de conocer el procedimiento que lleva el realizar un mantenimiento, ya sea programado o no, y conocer la importancia del rol que desempeñan, ya que de no ser así, pueden restarle importancia a su labor, y retrasar el proceso además de la falta de atención a los detalles.

Es importante que ellos conozcan el proceso, para que puedan conocer la demanda de repuestos, y así poder programar el abastecimiento de repuestos y suministros necesarios.

3.1.4. Operadores

Los operadores, siendo ellos los consumidores finales, deben entender la mecánica y principios básicos bajo los cuales funciona un montacargas, de tal manera que no le exijan más de lo que puede entregar, llegando a dañarlos y a acortar su vida útil.

Ellos deben ser entrenados para realizar inspecciones diarias a los equipos, poder reconocer anormalidades en su funcionamiento, para que sean reportados a tiempo a las personas encargadas, y así evitar daños mayores.

3.2. Programación de mantenimiento

3.2.1. Factores que determinan el intervalo entre mantenimientos

Es un factor de mucha importancia dentro del plan de mantenimiento, por que aunque el fabricante recomienda hacer los mantenimientos en intervalos de 250 horas, factores como la humedad del ambiente, materiales en el ambiente como polvo y residuos de la misma operación, la intensidad de uso, entre otros, pueden afectar la máquina de tal manera que el intervalo sugerido por el fabricante quede demasiado amplio, o demasiado corto.

Dependiendo de los factores arriba mencionados, se debe de ajustar el intervalo de mantenimientos, ya que de mantenerse siempre el mismo, si los factores no son favorables, se provocaría un desgaste prematuro y acortaría el tiempo de vida de la máquina, y si por el contrario las condiciones y la intensidad de uso es leve, los mantenimientos se estarían haciendo sin aprovechar al máximo los componentes y fluidos, siendo esto un desperdicio y consumo innecesario de recursos.

3.2.2. Toma de muestras de lubricantes

La toma de muestras de lubricantes se recomienda hacer cada 200 horas al motor, y cada 1 000 horas a los demás fluidos, ya que conociendo el estado de los lubricantes, y junto a los factores mencionados anteriormente se puede ir determinando el intervalo de mantenimiento adecuado para esa operación.

Para ello se debe observar todas las recomendaciones del laboratorio de análisis, con el fin de llevar un buen control y no contaminar la muestra.

3.2.3. Interpretación de análisis de aceites

La prueba o análisis de aceite provee información de desgaste, contaminación y aditivos.

En realidad, cada elemento puede estar en hasta tres categorías, y también aparecer en hasta dos rutinas (por ejemplo: el hierro puede provenir de contaminación por polvo, el silicio está normalmente presente en forma de silicón en aditivos antiespumantes; el cobre es un aditivo popular en muchos lubricantes de motor). Fuentes ambientales también deben considerarse, tales como óxidos de cobre o titanio provenientes de minas, aluminio de plantas de envases de este metal, o acero de acerías. Es mejor no presumir que un elemento viene de una fuente hasta considerar fuentes alternativas.

- Metales de desgaste: hierro, cromo, molibdeno, aluminio, plomo, cobre, estaño, níquel, plata, vanadio y titanio
- Metales contaminantes: silicio, sodio, potasio, boro
- Metales de aditivos: magnesio, calcio, bario, fósforo y zinc

Las fuentes típicas de metales se listan a continuación:

Hierro (Fe): anillos de pistones, cilindros, engranajes, block, cabezote, levas, árbol de levas, rodamientos, cubiertas de soportes de cojinetes, sellos.

Cromo (Cr): varios revestimientos, forros, anillos, árbol de levas, engranajes, aditivos de cromatos del refrigerante.

Molibdeno (Mo): galvanizado de anillos, aditivos del aceite.

Aluminio (Al): pistones, cubiertas de soporte de cojinetes, *bushings*, empujes, block, cabezote, abanicos, cigüeñal, aditivos de grasas.

Cobre (Cu): bujes, *bearings*, empujes, pistones, engranajes, ensambles de ejes de pistones hidráulicos, aditivos, sellos.

Plomo (Pb): *bearings*, árbol de levas, cubierta de empujes, ensambles de ejes de aditivos de gasolina.

Estaño (Sn): *bearings*, *bushing*, pistones, revestimientos, aleaciones.

Níquel (Ni): aleaciones de acero, alta contaminación con combustibles, asientos de válvulas.

Plata (Ag): *bushings del wrist pin*, *bearings* del turbo, revestimientos de *bearings* o aleaciones, moldaduras de plata.

Vanadio (V): aleaciones de acero, alta contaminación con combustibles.

Titanio (Ti): *bearings* de turbinas de gas, ejes, paletas, grafito, pintura.

Silicio (Si): abrasivos, aditivos antiespumantes, aditivos del refrigerante, sellos de silicón, lubricantes sintéticos, *clutch* húmedos.

Sodio (Na): aditivos del refrigerante, aditivos del lubricante, partículas latentes de preparados de aditivos, agua salada.

Potasio (K): usualmente aditivos del refrigerante.

Boro (B): aditivo del refrigerante, aditivo del lubricante.

Magnesio (Mg): aditivo del lubricante, agua de mar, metales de algunas turbinas de gas.

Calcio (Ca): aditivo del lubricante, agua de mar.

Bario (Ba): aditivo del lubricante.

Fósforo (P): aditivo del lubricante, éster de fósforo de lubricante sintético, ácido fosfórico (ambiente de plantas).

Cinc (Zn): aditivos del lubricante, metales galvanizado / tuberías, componentes de latón.

Tabla I. Rangos de contaminación permisibles en el aceite

'4	Fe	Cr	Al	Pb	Cu	Si
Motor Diesel	3-150	0-20	Feb-20	Mar-50	5-65**	Ene-15
Motor Gasolina	25-300	Feb-25	Feb-40	10-75*	10-80**	Ene-15
Motor 2 Ciclos Gas Natural	Ene-40	0-4	0-10	0-20	Feb-30	0-9
Motor 4 Ciclos Gas Natural	May-80	0-19	Ene-20	Mar-40	3-50**	Ene-15
Equipos Hidráulicos	Ene-20	0-9	01-Oct	Ene-15	Feb-20	Ene-15
Mandos Finales	25-300	0-9	01-Oct	Oct-75	10-200	May-45
Diferencial	50-600	Feb-20	Ene-40	10-100	15-250	May-65
Transmisión Autopropulsada	10-100	0-10	Mar-50	10-350	10-350	May-90
Transmisión Manual	30-400	Feb-15	Ene-40	Oct-75	15-100	May-50
Componentes Tornillo Sin Fin	Mar-30	0-4	0-4	0-20	Mar-39	0-14***
Condensador Aire Centrífugo	0-20	0-1	0-1	0-40	0-30	0-3
Turbinas de Gas	0-20	0-4	0-3	0-3	0-15*	0-5
Engranajes Industriales	3-150	0-4	1-120	Mar-40	Oct-80	May-65
Sistema Hidráulicos Industriales	0-10	0-1	0-2	0-10	0-10	0-10

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

- * Si se usa gasolina con plomo este elemento es disimulado para efectos de interpretación.
- ** Si se usa aditivo de cobre, este será aproximadamente 80-130 ppm y debe ser permitido.
- *** Si se usa lubricante de silicón sintético, este elemento debe ser disimulado para efectos de interpretación.

3.2.4. Estado general y engrase

El estado general y el engrase de las máquinas, aunque es algo que evalúan los técnicos al momento de hacer el mantenimiento, es importante que los operadores se sientan responsables de esto, es decir, dentro de su rutina de inspección diaria, deberían de poder engrasar y lubricar la máquina.

3.3. Rutina de mantenimiento

3.3.1. Rutina de mantenimiento clase A

3.3.1.1. Eje de tracción

Tabla II. **Mantenimiento clase A, para eje de tracción**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de tracción	294 a 343 N-m

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.1.2. Eje de dirección

Tabla III. **Mantenimiento clase A, para eje de dirección**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de dirección	157 a 188 N-m
Lubricar eje de dirección	Grasa multipropósito
Lubricar <i>king</i> pin de dirección	Grasa multipropósito

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.1.3. Motor

Tabla IV. **Mantenimiento clase A, para motor**

Actividad	Descripción
Cambiar aceite de motor	SAE 30 API SD o superior
Cambiar filtro de aceite	
Cambiar filtro de aire	
Cambiar bujías	
Cambiar filtro de gasolina	
Revisar estado de faja de tiempo	Ajustar si es necesario
Drenar regulador LPG	
Revisar y/o ajustar revoluciones de motor en ralentí	725 +/- 25 rpm
Revisar y/o ajustar gobernador de aceleración	2 700 +/- 100 rpm

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.1.4. Transmisión

Tabla V. **Mantenimiento clase A, para transmisión**

Actividad	Descripción
Revisar nivel de aceite de transmisión	DEXRON II o III

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.1.5. Sistema de levante

Tabla VI. **Mantenimiento clase A, para sistema de levante**

Actividad	Descripción
Revisar nivel de aceite hidráulico	
Lubricar superficies deslizantes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar cadenas de levante	Aceite de motor
Lubricar carruaje de sideshift	Grasa multipropósito
Lubricar pivotes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar acoples de cilindros hidráulicos	Grasa multipropósito
Lubricar palancas de mandos hidráulicos	Grasa multipropósito

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.1.6. Chasis

Tabla VII. **Mantenimiento clase A, para chasis**

Actividad	Descripción
Limpiar batería y cable de terminal	
Revisar nivel de agua en sistema de enfriamiento	
Limpiar panel de radiador	
Revisar estado de cuchillas	
Lubricar guías y seguros de cuchillas	Aceite de motor

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.2. Rutina de mantenimiento clase B

3.3.2.1. Eje de tracción

Tabla VIII. **Mantenimiento clase B, para eje de tracción**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de tracción	294 a 343 N-m

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.2.2. Eje de dirección

Tabla IX. **Mantenimiento clase B, para eje de dirección**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de dirección	157 a 188 N-m
Lubricar eje de dirección	Grasa multipropósito
Lubricar King pin de dirección	Grasa multipropósito

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.2.3. Motor

Tabla X. **Mantenimiento clase B, para motor**

Actividad	Descripción
Cambiar aceite de motor	SAE 30 API SD o superior
Cambiar filtro de aceite	
Cambiar filtro de aire	
Cambiar bujías	
Cambiar filtro de gasolina	
Revisar estado de faja de tiempo	Ajustar si es necesario
Drenar regulador LPG	
Revisar y/o ajustar revoluciones de motor en ralentí	725 +/- 25 rpm
Revisar y/o ajustar gobernador de aceleración	2 700 +/- 100 rpm
Revisar válvula PCV	

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.2.4. Transmisión

Tabla XI. **Mantenimiento clase B, para transmisión**

Actividad	Descripción
Revisar nivel de aceite de transmisión	DEXRON II o III

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.2.5. Sistema de levante

Tabla XII. **Mantenimiento clase B, para sistema de levante**

Actividad	Descripción
Revisar nivel de aceite hidráulico	
Revisar condición de respiradero de tanque de líquido hidráulico	
Lubricar superficies deslizantes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar cadenas de levante	Aceite de motor
Lubricar carruaje de sideshift	Grasa multipropósito
Lubricar pivotes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar acoples de cilindros hidráulicos	Grasa multipropósito
Lubricar palancas de mandos hidráulicos	Grasa multipropósito

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.2.6. Chasis

Tabla XIII. **Mantenimiento clase B, para chasis**

Actividad	Descripción
Limpia batería y cable de terminal	
Revisa nivel de agua en sistema de enfriamiento	
Limpia panel de radiador	
Revisa estado de cuchillas	
Lubrica guías y seguros de cuchillas	Aceite de motor

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.3. Rutina de mantenimiento clase C

3.3.3.1. Eje de tracción

Tabla XIV. **Mantenimiento clase C, para eje de tracción**

Actividad	Descripción
Revisa torque de pernos de rueda de tracción	294 a 343 N-m
Cambia líquido de frenos	SAE J-1703 (DOT 3)

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.3.2. Eje de dirección

Tabla XV. **Mantenimiento clase C, para eje de dirección**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de dirección	157 a 188 N-m
Lubricar eje de dirección	Grasa multipropósito
Lubricar King pin de dirección	Grasa multipropósito

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.3.3. Motor

Tabla XVI. **Mantenimiento clase C, para motor**

Actividad	Descripción
Cambiar aceite de motor	SAE 30 API SD o superior
Cambiar filtro de aceite	
Cambiar filtro de aire	
Revisar estado de faja de tiempo	Ajustar si es necesario
Drenar regulador LPG	
Revisar y/o ajustar revoluciones de motor en ralentí	725 +/- 25 rpm
Revisar y/o ajustar gobernador de aceleración	2 700 +/- 100 rpm
Revisar válvula PCV	
Calibrar válvulas	Admisión 0,15mm (frío); Escape 0,35 mm (frío)
Revisar y/o ajustar tiempo	6 +/- 1 grados BTDC
Cambiar filtro LPG	
Cambiar bujías	Revisar cables

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.3.4. Transmisión

Tabla XVII. **Mantenimiento clase C, para transmisión**

Actividad	Descripción
Cambiar ATF	
Cambiar filtro de ATF	
Cambiar aceite de transmisión	DEXRON II o III

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.3.5. Sistema de levante

Tabla XVIII. **Mantenimiento clase C, para sistema de levante**

Actividad	Descripción
Revisar nivel de aceite hidráulico	
Revisar condición de respiradero de tanque de líquido hidráulico	
Lubricar superficies deslizantes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar cadenas de levante	Aceite de motor
Lubricar carruaje de <i>sideshift</i>	Grasa multipropósito
Lubricar pivotes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar acoples de cilindros hidráulicos	Grasa multipropósito
Lubricar palancas de mandos hidráulicos	Grasa multipropósito

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.3.6. Chasis

Tabla XIX. **Mantenimiento clase C, para chasis**

Actividad	Descripción
Limpiar batería y cable de terminal	
Cambiar coolant	
Revisar nivel de agua en sistema de enfriamiento	
Limpiar panel de radiador	
Revisar estado de cuchillas	
Lubricar guías y seguros de cuchillas	Aceite de motor

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.4. Rutina de Mantenimiento clase D

3.3.4.1. Eje de tracción

Tabla XX. **Mantenimiento clase D, para eje de tracción**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de tracción	294 a 343 N-m
Cambiar líquido de frenos	

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.4.2. Eje de dirección

Tabla XXI. **Mantenimiento clase D, para eje de dirección**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de dirección	157 a 188 N-m
Lubricar eje de dirección	Grasa multipropósito
Lubricar King pin de dirección	Grasa multipropósito

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.4.3. Motor

Tabla XXII. Mantenimiento clase D, para motor

Actividad	Descripción
Cambiar aceite de motor	SAE 30 API SD o superior
Cambiar filtro de aceite	
Cambiar filtro de aire	
Cambiar faja de tiempo	
Cambiar tensor de faja de tiempo	
Cambiar filtro de regulador LPG	
Drenar regulador de LPG	
Revisar y/o ajustar revoluciones de motor en ralentí	725 +/- 25 rpm
Revisar y/o ajustar gobernador de aceleración	2 700 +/- 100 rpm
Cambiar válvula PCV	
Calibrar válvulas	
Cambiar filtro de combustible	
Cambiar bujías	

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.4.4. Transmisión

Tabla XXIII. **Mantenimiento clase D, para transmisión**

Actividad	Descripción
Cambiar filtro de aceite de transmisión	
Cambiar aceite de transmisión	
Cambiar aceite de diferencial y ejes de dirección	SAE 80w-90 o 85w-140

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.4.5. Sistema de levante

Tabla XXIV. **Mantenimiento clase D, para sistema de levante**

Actividad	Descripción
Cambiar aceite hidráulico	
Cambiar filtro de aceite hidráulico (succión y retorno)	
Cambiar respiradero de tanque de líquido hidráulico	
Lubricar superficies deslizantes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar cadenas de levante	Aceite de motor
Lubricar carruaje de sideshift	Grasa multipropósito
Lubricar pivotes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar acoples de cilindros hidráulicos	Grasa multipropósito
Lubricar palancas de mandos hidráulicos	Grasa multipropósito

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

3.3.4.6. Chasis

Tabla XXV. **Mantenimiento clase D, para chasis**

Actividad	Descripción
Limpiar batería y cable de terminal	
Cambiar agua en sistema de enfriamiento	
Limpiar panel de radiador	
Revisar estado de cuchillas	
Lubricar guías y seguros de cuchillas	Aceite de motor

Fuente: manual de mantenimiento periódico, Yale Corp.

4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1. Capacitación al personal

4.1.1. Personal administrativo

Realizar un programa anual en el cual se incluyan los temas propuestos como atención al cliente, administración de personal, resolución de conflictos, administración de recursos y se les incluye en las capacitaciones que la fábrica imparte en el país.

4.1.2. Personal operativo

Realizar un programa anual en el que se incluyan los temas propuestos como sistemas hidráulicos, transmisiones y componentes electrónicos, se debe llevar un registro sobre el personal que ha llevado cada curso, junto con resultados de evaluaciones, esta información podrá servir para considerar al técnico a futuro como candidato a algún puesto superior, o a una capacitación en el exterior, lo cual incentiva al grupo a obtener mejores resultados.

4.1.3. Proveedores

Establecer como requisito para proveedores el recibir una charla en la que se les indique los procedimientos propios de compra y recepción de materiales,

forma de entrega, y personal encargado de realizar pedidos y recibir lo que se haya comprado.

4.1.4. Operadores

Dar seguimiento a un programa de capacitación para los operadores, lograr que conozcan sus máquinas y que puedan identificar problemas en el funcionamiento, logrando de esta manera evitar daños mayores a las máquinas.

4.2. Programación de mantenimiento

4.2.1. Intervalos entre mantenimientos

Establecer un plazo de un mes para monitorear el montacargas y poder determinar el plazo adecuado para los mantenimientos preventivos, se deben observar los factores propuesto en el capítulo anterior.

4.2.2. Factores que determinan el intervalo entre mantenimientos

Observar factores como la humedad del ambiente, materiales suspendidos en el ambiente como polvo y residuos de la misma operación, la intensidad de uso, y su efecto en el montacargas.

4.2.3. Interpretación de análisis de aceite de motor

Durante el mes de prueba, dependiendo la intensidad de uso del montacargas se debe tomar por lo menos dos muestras de aceite, y analizar sus resultados a la mayor brevedad, pudiendo con esto determinarse si se debe ampliar o reducir el tiempo entre mantenimientos.

4.2.4. Rangos de contaminación permisibles en el aceite de motor

Los rangos permisibles para esta prueba son los definidos en la sección 3.2.4 de este documento.

4.3. Rutina de mantenimiento

4.3.1. Eje de tracción

Tabla XXVI. **Mantenimiento propuesto, para eje de tracción**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de tracción	294 a 343 N-m

Fuente: elaboración propia, en base al análisis.

4.3.2. Eje de dirección

Tabla XXVII. **Mantenimiento propuesto, para eje de dirección**

Actividad	Descripción
Revisar torque de pernos de rueda de dirección	157 a 188 N-m
Lubricar eje de dirección	Grasa multipropósito
Lubricar King pin de dirección	Grasa multipropósito

Fuente: elaboración propia, en base al análisis.

4.3.3. Motor

Tabla XXVIII. **Mantenimiento propuesto, para motor**

Actividad	Descripción
Cambiar aceite de motor	SAE 30 API SD o superior
Cambiar filtro de aceite	
Cambiar filtro de aire	
Cambiar bujías	
Cambiar filtro de gasolina	
Revisar estado de faja de tiempo	Ajustar si es necesario
Drenar regulador LPG	
Revisar y/o ajustar revoluciones de motor en ralentí	725 +/- 25 rpm
Revisar y/o ajustar gobernador de aceleración	2 700 +/- 100 rpm

Fuente: elaboración propia, en base al análisis.

4.3.4. Transmisión

Tabla XXIX. **Mantenimiento propuesto, para transmisión**

Actividad	Descripción
Revisar nivel de aceite de transmisión	DEXRON II o III

Fuente: elaboración propia, en base al análisis.

4.3.5. Sistema de levante

Tabla XXX. **Mantenimiento propuesto, para sistema de levante**

Actividad	Descripción
Revisar nivel de aceite hidráulico	
Lubricar superficies deslizantes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar cadenas de levante	Aceite de motor
Lubricar carruaje de sideshift	Grasa multipropósito
Lubricar pivotes de mástil	Grasa multipropósito
Lubricar acoples de cilindros hidráulicos	Grasa multipropósito
Lubricar palancas de mandos hidráulicos	Grasa multipropósito

Fuente: elaboración propia, en base al análisis.

4.3.6. Chasis

Tabla XXXI. **Mantenimiento propuesto, para chasis**

Actividad	Descripción
Limpiar batería y cable de terminal	
Revisar nivel de agua en sistema de enfriamiento	
Limpiar panel de radiador	
Revisar estado de cuchillas	
Lubricar guías y seguros de cuchillas	Aceite de motor

Fuente: elaboración propia, en base al análisis.

4.4. Comparación de costos

4.4.1. Análisis de costos en base a los datos propuestos

Gracias a la ampliación o disminución de los intervalos de mantenimiento, se pueden analizar dos escenarios:

- Al ampliar el tiempo entre cada mantenimiento se logra que el costo de estos se disminuya en un factor igual al factor que afecte el tiempo de ampliación, esto sin poner en riesgo otros componentes de la máquina.

- Al disminuir el tiempo entre cada mantenimiento, aunque se incrementa el costo de mantenimiento preventivo, disminuye considerablemente la incidencia en mantenimientos correctivos a lo largo de la vida útil del montacargas.

5. RUTA DE SEGUIMIENTO

5.1. Seguimiento a capacitaciones

5.1.1. Personal administrativo

Se debe documentar el cumplimiento del programa anual, llevando un archivo por persona donde se indique que cursos ha llevado, y si hubiera calificación.

5.1.2. Personal operativo

Documentar por medio de pruebas y supervisiones el avance en destreza y conocimiento de los diferentes sistemas relacionados con la mecánica del montacargas.

5.1.3. Proveedores

Se debe documentar el cumplimiento de la inducción a los procedimientos propios de compra y recepción de materiales, forma de entrega, y personal encargado de realizar pedidos y recibir lo que se haya comprado, llevando un archivo por empresa y obligándolos a revalidarlo cada año.

5.1.4. Operadores

Se debe documentar el cumplimiento de las capacitaciones dadas a operadores, llevando un archivo por empresa y por persona, pudiéndose establecer tiempo de revalidación para los puntos más importantes.

5.2. Control de calidad en mantenimiento preventivo

Para asegurar el éxito de los mantenimientos y la mejor rentabilidad de la maquinaria es importante observar en todo momento los comentarios de los operadores entrenados, ya que al ser ellos quienes operan las máquinas en su turno de trabajo, pueden determinar si esta se desempeña de la mejor forma, o si tiene alguna dificultad. Por otro lado es importante observar y analizar las anotaciones adicionales que los técnicos puedan hacer, ya que al realizar una inspección minuciosa durante el mantenimiento, su criterio y entrenamiento le ayudarán a determinar posibles fallas que pueden evitarse a tiempo.

5.2.1. Reportes

Los reportes deben ser realizados por los operadores a diario al iniciar y al finalizar su turno, de tal manera que puedan anotar la inspección diaria y sus comentarios sobre el desempeño de la máquina.

5.2.2. Hojas de campo

Las hojas de campo son realizadas por los técnicos, y estas, cuando tengan anotaciones adicionales, deben ser analizadas de manera inmediata por

el supervisor o personal encargado del grupo técnico, ya que puede ayudar a prevenir una falla mayor.

CONCLUSIONES

1. Para lograr un mantenimiento preventivo efectivo, debe de tomarse en cuenta todas las partes involucradas en la operación, desde el proveedor de materiales hasta el consumidor final, en este caso el operador de la máquina.
2. El plan de mantenimiento sugerido muestra la rutina mínima de mantenimiento preventivo, es decir, dependiendo el ambiente de trabajo, la intensidad de trabajo, y lo acostumbrado en la región, puede variar y adecuarse a las necesidades de cada operación.
3. El intervalo de tiempo en el cual se debe hacer el mantenimiento está sujeto a la intensidad de la operación y a los factores ambientales que afectan directamente el funcionamiento del montacargas.
4. La capacitación a todo el personal es una base fundamental para el buen mantenimiento de la maquinaria.
5. Los mantenimientos, preventivos como correctivos efectuados con mano de obra calificada y repuestos genuinos y/o aprobados por el fabricante, incrementan la vida útil del montacargas, disminuyendo los costos de operación.

RECOMENDACIONES

1. Implementar y dar seguimiento a la capacitación de todas las partes involucradas en el mantenimiento de los montacargas, esto garantizará el mejor rendimiento al menor costo.
2. Plantear la mejor rutina de mantenimiento, basados en la exigencia de cada operación, tomando en cuenta para esto la intensidad de uso y el factor ambiental.
3. Monitorear mediante análisis de aceites e inspecciones periódicas el buen desempeño de la máquina, para poder determinar el intervalo de mantenimiento preventivo.
4. Aunque en algunas operaciones de baja intensidad y ambiente favorable los lubricantes conservan sus propiedades durante más tiempo, no recomendamos excederse más de un 50% en el intervalo recomendado por el fabricante que son 250 horas.
5. Llevar el debido seguimiento de los informes y hojas de campo que realizan tanto los operadores de los montacargas, como los técnicos que realizan los mantenimientos e inspecciones, esto ayudará a prevenir una falla.

BIBLIOGRAFÍA

1. LÓPEZ MIRANDA, Carlos Arturo. *“Propuesta para una mejora en el sistema de distribución de combustibles, en las gasolineras Don Arturo”*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 113 p.
2. RODRÍGUEZ, Bayron Eduardo. *“Importancia de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo en camiones de servicio liviano de 12 toneladas”*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 114 p.
3. SOURIS, Jean-Paul. *El mantenimiento, fuente de beneficios*. Madrid: Díaz de Santos, 1992. 179 p.
4. YALE, Industrial trucks. *Manual de operaciones para montacargas modelos: GP/GLP/GDP 15-20AK, GP/GLP/GDP 20-25RK, GP/GLP/GDP 20-35TK*. Manual de operaciones, EEUU, DISAGRO, 2010. 203 p.