

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LA MAQUINARÍA PESADA DE LA EMPRESA L&L**

CAMILO ERNESTO BUELVAS DÍAZ

KEVIN JAIR MARTINEZ FIGUEROA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE

FACULTAD DE INGENIERÍAS

LÍNEA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BARRANQUILLA

2014

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LA MAQUINARÍA PESADA DE LA EMPRESA L&L**

Autores

CAMILO ERNESTO BUELVAS DIAZ

KEVIN JAIR MARTINEZ FIGUEROA

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico

Director: Ing. Antonio Saltarín Jiménez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

LÍNEA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

BARRANQUILLA

2014

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Barranquilla, Marzo 26 de 2014

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a DIOS, que en más de una ocasión me guio y me brindó fuerzas para seguir adelante, a veces utilizando como instrumento a algunas de las personas que me rodean.

A mi abuelo Ramón Figueroa, quien me ha enseñado que no se es nadie si no se es una buena persona y que la vida nos da clases de cómo vivirla a diario. A mis padres, Nancy y Jorge, por ser ejemplos tanto a nivel profesional como personal. A mis hermanos, Jorge y Sheila, porque siempre han sido más que hermanos mis mejores amigos, y muchas veces han calmado mis malestares con sus risas y juegos, con ustedes nunca dejo de ser un niño. A mi compañero de tesis y amigo, Camilo Buelvas Díaz, por su responsabilidad y dedicación.

A todos mis amigos, con los que comparto poco y con los que hablo casi a diario, Manuel Navarro, Juan Mozo, Jhefry Cardona cada uno de ustedes puede reconocer el aporte que hizo a la culminación de este trabajo, así haya sido una palabra de aliento, un chiste malo, una broma, un gesto de cariño, un regaño, un favor o el simple hecho de estar pendientes, saben que todo eso contribuyó a lo que ahora sostienen en sus manos.

Kevin Martínez Figueroa

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mis padres, que con su apoyo constante y entusiasmo me brindaron la fuerza para alcanzar esta meta profesional

A mis hermanos, que aportaron su cariño y paciencia y a todos aquellos que me ayudaron en esta gran lucha de ser profesional

Camilo Buelvas Díaz

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. OBJETIVO GENERAL	16
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. METODOLOGÍA.....	17
4.1. FASE 1.	17
4.2. FASE 2.	17
4.3. FASE3.	17
5. MARCO REFERENCIAL	18
5.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO	18
5.1.1. Mantenimiento	18
5.1.2. Mantenibilidad.....	18
5.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	19
5.2.1. Ventajas.	19
5.2.2. Desventajas.....	20
5.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	21
5.3.1. Ventajas	21
5.3.2. Desventajas.....	21
5.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	22
5.4.1. Diferentes tipos de correctivo: programado y no programado.....	22
5.4.2. Ventajas:	23
5.4.3. Desventajas.....	23
5.5. ¿Qué es el mantenimiento centrado en Confiabilidad?	23
(RCM)?	23

5.5.1. Conceptos del RCM	24
5.5.2. El contexto operacional	24
5.6. INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	25
5.6.1. Concepto de Disponibilidad	25
5.6.2. Concepto de Fiabilidad.....	27
5.6.4. Indicadores secundarios.....	28
5.6.5. Indicadores de accidentabilidad.	28
5.6.6. Indicador de mano de obra externa.....	28
5.6.7. Indicador de costos de mantenimientos preventivos por mantenimientos totales.....	29
6. DIAGNOSTICO DE MANTENIMIENTO EN LA SITUACION ACTUAL DE LA MAQUINARIA.....	30
6.1.1 Vibrocompactador	33
6.2.1 Filtros.....	43
6.2.2 Aceites.....	44
Retrocargador XT 876	47
6.3.1 Vibrocompactador XCMG XS 120.....	50
6.3.2. Motoniveladora Xcmg Gr-180	52
6.3.3 Indicadores De Gestión	60
6.3.4 Registros Y Solicitudes.....	62
6.3.3 Lista de chequeo	¡Error! Marcador no definido.
6.3.4 Reporte de mantenimiento	73
CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFÍA.....	72

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Costo de operación de la maquina	31
Tabla 2 Ganancias obtenidas	31
Tabla 3 Debilidades y fortalezas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4 Especificaciones técnicas del motor del Vibrocompactador	33
Tabla 5 Peso del Vibrocompactador	34
Tabla 6 Llantas del Vibrocompactador	34
Tabla 7 Sistema de dirección del Vibrocompactador	34
Tabla 8 Capacidades de fluidos y lubricantes del Vibrocompactador	35
Tabla 9 Sistema eléctrico del Vibrocompactador	35
Tabla 10 Especificaciones técnicas del motor de la motoniveladora	36
Tabla 11 Peso de la motoniveladora	37
Tabla 12 Llantas de la motoniveladora	37
Tabla 13 Sistema de dirección de la motoniveladora	37
Tabla 14 Capacidades de fluidos y lubricantes de la motoniveladora	38
Tabla 15 Sistema eléctrico del vibro compactador	38
Tabla 16 Especificaciones técnicas del motor del Retrocargador	39
Tabla 17 Peso del Retrocargador	40
Tabla 18 Llantas del Retrocargador	40
Tabla 19 Capacidades de fluidos y lubricantes del Retrocargador	40
Tabla 20 Sistema eléctrico del Retrocargador	40
Tabla 21 Especificaciones técnicas del motor del Minicargador	41
Tabla 22 Peso del Minicargador	42
Tabla 23 Llantas del Minicargador	42
Tabla 24 Capacidades de fluidos y lubricantes del Minicargador	42
Tabla 25 Sistema eléctrico del Minicargador	42
Tabla 26 Referencias de los filtro de la maquinaria	43
Tabla 27 Referencia de los aceites y lubricantes	44
Tabla 28 Mantenimientos del Vibrocompactador xcmg xs 120 en el 2012 ...	45

Tabla 29	Mantenimientos de la Motoniveladora xcmg gr 180 en el 2012	46
Tabla 30	Mantenimientos Retrocargador XT 876 en el 2012.....	47
Tabla 31	Mantenimientos Minicargador Bobcat S250 en el 2012.....	49
Tabla 32	Mantenimiento a las 10 horas del vibrocompactador	50
Tabla 33	Mantenimiento a las 50 horas del vibrocompactador	51
Tabla 34	Mantenimiento a las 250 horas del vibrocompactador	51
Tabla 35	Mantenimiento a las 500 horas del vibrocompactador	52
Tabla 36	Mantenimiento a las 1000 horas del vibrocompactador	52
Tabla 37	Mantenimiento a las 10 horas de la motoniveladora GR-180	53
Tabla 38	Mantenimiento a las 50 horas de la motoniveladora GR-180	53
Tabla 39	Mantenimiento a las 100 horas de la motoniveladora GR-180	53
Tabla 40	Mantenimiento a las 250 horas de la motoniveladora GR-180	54
Tabla 41	Mantenimiento a las 500 horas de la motoniveladora GR-180	55
Tabla 42	Mantenimiento a las 1000 horas de la motoniveladora GR-180	55
Tabla 43	Mantenimiento a las 2000 horas de la motoniveladora GR-180	56
Tabla 44	Mantenimiento a las 10 horas del retrocargador XT-876	56
Tabla 45	Mantenimiento a las 50 horas del retrocargador XT-876	57
Tabla 46	Mantenimiento a las 250 horas del retrocargador XT-876	57
Tabla 47	Mantenimiento a las 500 horas del retrocargador XT-876	58
Tabla 48	Mantenimiento a las 1000 horas del retrocargador XT-876	58
Tabla 49	Mantenimiento a las 10 horas del Minicargador Bobcat S250	59
Tabla 50	Mantenimiento a las 50 horas del Minicargador Bobcat S250	59
Tabla 51	Mantenimiento a las 250 horas del Minicargador Bobcat S250	60
Tabla 52	Mantenimiento a las 1000 horas del Minicargador Bobcat S250	60

INDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1 Vibrocompactador xcmg xs 120.....	33
Ilustración 2 Motoniveladora xcmg gr 180	36
Ilustración 3 Retrocargador XT 876	39
Ilustración 4 Minicargador Bobcat S250	41

TABLA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo No. 1	Lista de chequeo	74
Anexo No. 2	Reporte de Mantenimiento	75
Anexo No. 3	Solicitud de Mantenimiento	76
Anexo No. 4	Salida del taller	77

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es una propuesta sobre un plan de mantenimiento preventivo, aplicable a la maquinaria pesada de la empresa L & L, el cual es planteado como un método estratégico, lo que optimizar la flota de estos vehículos, implicados en servicios de construcción y similares.

Después de la revolución industrial con el auge de las máquinas, el mantenimiento siempre ha cumplido un papel relevante para conservar y prolongar la vida útil de los mecanismos. Al transcurrir de los años se han implementado diversas formas de mantenimiento, hoy en día, podemos destacar el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, entre otros, aplicado a sectores como el vehicular.

Este tipo de mantenimiento puede resultar más costoso a corto plazo, si embargo, probablemente resulten menos costosos a lo largo de la vida útil del elemento.

Este proyecto surge de la iniciativa académica de estudiantes de Ingeniería mecánica, ya que es un aspecto que aplica al área de trabajo y establece la implementación de mecanismos y actividades de carácter estratégico, para optimizar el funcionamiento de vehículos tracto camiones que son de vital importancia por su amplia capacidad en cuanto a transporte respecta.

Es de vital importancia y como objetivo principal reconocer que el mantenimiento preventivo de este tipo de vehículos permite detectar posibles falencias antes de que ocurran o aumente su grado de dificultad al momento de ser reparados ciertos componentes de los mismos, reducir la periodicidad de mantenimientos de carácter correctivo, aumentar la vida útil de los vehículos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles a reparar a través de inspecciones de los diferentes sistemas de los equipos como son: Sistema de Frenos, Sistema de Suspensión, Sistema Eléctrico,

Rodaje, Motor, Sistema de Suministro de Combustible, Sistema de Enfriamiento, etc.

Teniendo en cuenta que existen problemáticas implicadas por fallas en el mantenimiento a los vehículos tracto camiones, es necesario mencionar que una de las causas principales es la falta de un plan de mantenimiento preventivo y a través de nuestro proyecto se determinarían las ventajas sujetas a la implementación del PMP (Plan de mantenimiento preventivo).

En el marco teórico se hace referencia a los aspectos teóricos relacionados con las auditorías de mantenimiento, que se deben tener en cuenta en la realización de esta investigación. También se tratan aspectos fundamentales sobre mantenimiento, tipos de mantenimiento, conceptos de mantenimiento, etc. dado que en cada una la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo se lleva a cabo a través de las inspecciones que son un elemento clave en la detección temprana y solución de fallos potenciales. Las revisiones mecánicas deben realizarse en diversos grados. Invertir un poco de tiempo a diario para inspeccionar cada vehículo será una ayuda para detectar problemas, mejorando así la seguridad, reducir costes de reparación de vehículos y tiempo de inactividad. Instruir a los conductores de llevar a cabo una revisión previa al uso del vehículo, además de inspeccionar su buen funcionamiento a través de observaciones y comprobaciones durante los procedimientos de mantenimiento mejorará la vida útil del mismo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área del mantenimiento industrial, es fundamental en la ingeniería mecánica, en razón a que después de construido y puesto a punto un equipo o máquina, explotado de tal manera que se asegure la vida útil necesaria, que permita recuperar la inversión y los intereses esperados.

La importancia de una buena gestión de la función empresarial del mantenimiento, se debe a que es una manera segura de garantizar la disponibilidad del activo y el control de costos del mismo durante la vida útil o el periodo de uso. Para tener una alta probabilidad de tener la disponibilidad requerida, con los costos mínimos, la experiencia ha demostrado, que debe asegurarse la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, ajustado a las necesidades del activo, en razón de su vida utilizada, del estado operativo que tenga en el momento de inicio de la aplicación del plan de mantenimiento y de las condiciones operativas y del entorno. De esta manera se posee mejor control sobre el estado operativo y el nivel de degradación que se desarrolla, así como la manera de mitigar o atenuar el impacto de las causas de las fallas.

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La empresa L &L se dedica a suministrar en alquiler maquinaria pesada, por lo cual posee una flota de vehículos, a la cual se le viene realizando un mantenimiento programado, que en la práctica termina siendo más de tipo correctivo porque en promedio mensual, el 80 % de las actividades de mantenimiento se dedica a reparar fallas inesperadas, por lo que le está ocasionando un incremento en costos adicionales tales como Servicio de Grúa por desvares, pagos de horas extras a los operarios y mecánicos, altos inventarios de insumos y partes, así como el consumo de los mismos, entre otros. Las directivas de la empresa, estiman que el sobre costo de

mantenimiento para el año 2012, es del 65 %, respecto al presupuesto que se asignó para ese periodo al departamento de mantenimiento. Las cifras anotadas han prendido las alarmas y las directivas, han comunicado a los autores de la presente propuesta, la necesidad que tienen de reconfigurar los planes de mantenimiento a aplicar para mejorar el desempeño mostrado. De esta situación nace la presente propuesta, de crear un plan de mantenimiento preventivo, que facilite encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas, aumentando de esta manera la probabilidad de mejorar la disponibilidad de los vehículos y reducir costos en el mantenimiento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema anterior nos genera un interrogante el cual lo mencionamos a continuación:

- ¿Cómo aplicar un plan de mantenimiento preventivo a estos vehículos para aumentar la disponibilidad y costos sin mermar la seguridad y minimizando el impacto ambiental?

Este a su vez nos genera varios interrogantes de forma puntual como lo son:

- ¿Qué información puede obtenerse desde el fabricante y los usuarios de los vehículos para determinar las consecuencias positivas y negativas del actual modo de gestionar el mantenimiento?
- ¿Qué medios técnicos se pueden utilizar para generar información complementaria para mejorar el actual plan de mantenimiento?
- ¿Cómo garantizar que el plan propuesto llegue a ser operativo y efectivo para que puedan alcanzarse las mejoras esperadas?

2. JUSTIFICACIÓN

Para la empresa, una mejora en la disponibilidad de los vehículos, acompañada de una disminución de los costos por mantenimiento, permitirá obtener beneficios, que redundan en una filosofía de mejoramiento continuo, una mayor rentabilidad operacional y un menor impacto ambiental, todo lo cual permitirá mejorar la competitividad de la empresa. Además los resultados organizativos y de gestión del proyecto podrían apoyar los procesos de certificación empresarial, en los que la empresa se encuentra actualmente inmersa. La empresa podría beneficiarse con un plan de mantenimiento que marcará un antes y un después en la batalla contra gastos y tiempo de uso en la maquinaria. De este modo, podrían mejorarse la calidad y las expectativas de vida de las piezas, además de proponer un tratamiento de prevención puntual y efectivo.

Para la relación universidad – empresa, estos proyectos de aplicación de la ingeniería para resolver problemas empresariales, fortalecen la mencionada relación y dan a conocer al medio externo, la capacidad de los egresados del programa de ingeniería mecánica, para concebir y aplicar soluciones que son permitentes, factibles y económicamente ventajosas, respetando los aspectos de seguridad, calidad y productividad empresarial.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la flota de vehículos tracto camiones de una empresa de transporte para mejorar su desempeño operacional, sin descuidar la seguridad y procurando minimizar el impacto ambiental.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la gestión actual del mantenimiento para identificar fortalezas y debilidades respecto a lo sugerido por los fabricantes de los vehículos.
- Generar información complementaria basada en la experiencia del personal operativo y de mantenimiento, así como en el método RCM, para ajustar el actual plan de tal manera que las probabilidades de mejorar se aumenten.
- Establecer el sistema de información, incluyendo los indicadores de gestión necesarios, para asegurar la efectividad y el control del plan propuesto.

4. METODOLOGÍA

La metodología empleada está basada en la descripción detallada de la forma como se maneja la empresa a través de las diferentes etapas con el fin de lograr su correcto funcionamiento.

4.1. FASE 1.

- Indagar cómo se maneja la información de mantenimiento en la empresa.
- Charla con los operarios y mecánicos para ver que tanto utilizan la información del fabricante en su trabajo.

4.2. FASE 2.

- Inspeccionar la calidad de los repuestos e insumos utilizados para las reparaciones y ver si son de óptimas condiciones para un buen mantenimiento.
- Seleccionar una muestra de vehículos objeto de estudio a través de manuales, catálogos, etc.
- Generar información complementaria basada en la experiencia del personal operativo y de mantenimiento, a través de unos formatos, para ajustar el actual plan, de tal manera que las probabilidades de mejorar se aumenten.

4.3. FASE 3.

- Aplicar el plan de mantenimiento preventivo y observar resultados de efectividad en cuanto disminución de costes y mayor disponibilidad de vehículos
- Entregar recomendaciones y conclusiones obtenidas a partir de las experiencias vividas.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Antes de realizar cualquier tipo de clasificación o descripción de los tipos de mantenimiento, es muy importante saber realmente lo que es mantenimiento y su diferencia con lo que se conoce como mantenibilidad o capacidad de mantenimiento, las cuales se prestan en muchas ocasiones a confusión por parte del personal de una empresa.¹¹

5.1.1. Mantenimiento

Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, inspecciones, ajustes, remplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento.

5.1.2. Mantenibilidad

Esta característica se refiere principalmente a las propiedades de diseño, análisis, predicción y demostración, que ayudan a determinar la efectividad con la que el equipo puede ser mantenido o restaurado para estar en condiciones de uso u operación. La mantenibilidad es conocida también como la capacidad para restaurar efectivamente un producto.

¹FERNANDEZ, F. J. "Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado". Madrid: Fundación Confemetal, 2005.

Principalmente el mantenimiento puede ser aplicado de 3 formas:

1. Mantenimiento predictivo.
2. Mantenimiento preventivo.
3. Mantenimiento correctivo.

De los diferentes tipos o variaciones del mantenimiento se nombrarán y definirán las más importantes.

5.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El mantenimiento predictivo consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones (ej. Inspección visual del grado de desgaste), monitoreo (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite)². Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida. Por ejemplo, a partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no. Para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial. Es decir, debe haber síntomas claros de que la falla está en el proceso de ocurrir.

5.2.1. Ventajas.

- Más confiabilidad. Al utilizar aparatos y personal calificado, los resultados deben ser más exactos.
- Requiere menos personal. Esto genera una disminución en el costo de personal y en los procesos de contratación, aunque luego veremos una desventaja sobre ello.

²BOMBAS, K. Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo. KURODA BOMBAS, 1-4.2012.

- Los repuestos duran más. Como las revisiones son en base a resultados, y no a percepción, se busca que los repuestos duren exactamente el tiempo que debe ser.

5.2.2. Desventajas

- Siempre que hay un daño, necesita programación. Si al dueño le urge que se repare, es posible que tenga que esperar hasta la fecha que se defina como segunda revisión, por lo que las urgencias también deben darse mediante programaciones.
- Requiere equipos especiales y costosos. Al buscarse medir todo con precisión, los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirse.
- Es importante contar con personal más calificado. Aunque ya mencionamos que el personal es menor, éste debe contar con conocimientos más calificados, lo que eleva a su vez el costo y quizá, dependiendo del área, disminuyan las opciones.
- Costosa su implementación. Por lo mismo de manejarse mediante programaciones de trabajo, si se unen los costos de todas las veces que se paró la máquina y se revisó por cuestiones que se identificaron la primera vez, el costo es considerablemente alto.

5.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una bomba, podríamos decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

5.3.1. Ventajas

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

5.3.2. Desventajas

Entre sus pocas desventajas se encuentran:

- Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.

- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

5.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.

5.4.1. Diferentes tipos de correctivo: programado y no programado

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.³

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

5.4.2. Ventajas:

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los sistemas
- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis

5.4.3. Desventajas

- Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la producción
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar

5.5. ¿Qué es el mantenimiento centrado en Confiabilidad?³

(RCM)?

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability Centred Maintenance (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años. El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El RCM ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metal-mecánica, etc. La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM.

³GARRIDO, S. G. Mantenimiento industrial. Madrid: Renovetec., 2009.

Según esta norma, las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:

1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
2. ¿cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
3. ¿cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. ¿cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

5.5.1. Conceptos del RCM

El RCM muestra que muchas de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos son realmente equivocadas. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Por ejemplo, la idea de que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece ha demostrado ser falsa para la gran mayoría de los equipos industriales. A continuación se explican varios conceptos derivados del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, muchos de los cuales aún no son completamente entendidos por los profesionales del mantenimiento industrial.

5.5.2. El contexto operacional

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes. Un caso típico es el de un sistema de reserva, que suele requerir

tareas de mantenimiento muy distintas a las de un sistema principal aun cuando ambos sistemas sean físicamente idénticos. Entonces, antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción (2 ó 3 carillas) donde se debe indicar: régimen de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.

5.6. INDICADORES DE GESTION PARA MANTENIMIENTO⁴

Considerando que el primer objetivo de trabajo, del área de mantenimiento, es el de propiciar el logro de altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a favor de la producción.

Para poder establecer estos factores de efectividad de mantenimiento, deberá ir

Acompañada de otros factores (índices secundarios), que permitan evaluar, analizar y pronosticar su comportamiento. Los indicadores, nos permitirá medir de forma técnica, y mediante costos, la efectividad del mantenimiento.

5.6.1. Concepto de Disponibilidad

La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción.

Se define como la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un período de tiempo determinado, o sea que no esté parada por averías o ajustes.

⁴Pauro, R. Indicadores de mantenimiento. Buenos aires: coldi. 2007.

$$D = \frac{T_O}{T_O + T_P}$$

Ecuación 1 Disponibilidad teórica

Donde:

T_O = tiempo total de operación

T_P = tiempo total de parada

Los periodos de tiempo nunca incluyen paradas planificadas, ya sea por mantenimientos planificados, o por paradas de producción, dado a que estas no son debidas al fallo de la máquina.

Aunque la anterior es la definición natural de disponibilidad, se suele definir, de forma más practica a través de los tiempos medios entre fallos y de reparación.

Vemos que la disponibilidad depende de:

La frecuencia de las fallas.

El tiempo que nos demande en reanudar el servicio.

Así, se tiene que:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

Ecuación 2 Disponibilidad

Donde:

TPEF = Tiempo promedio entre fallos.

TPPR = Tiempo promedio de reparación.

5.6.2. Concepto de Fiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para lo que fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas.

El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas, para ello se utiliza lo que denominamos la tasa de falla, por tanto, la media de tiempos entre fallas (TPEF) caracteriza la fiabilidad de la máquina.

El tiempo promedio entre falla mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio

$$TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

Ecuación 3 Tiempo promedio entre fallas

Donde:

HROP = Horas de operación.

NTFALLAS=Número de fallas detectadas

5.6.3. Concepto de mantenibilidad.

Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo, pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, y usando unos recursos determinado

Por tanto, la media de tiempos de reparación (TPPR) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

$$TPPR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

Ecuación 4 Tiempo promedio para reparar

Donde:

TTF = Tiempo Total de Fallas.

NTFALLAS =Número de fallas detectadas.

El tiempo promedio para reparación se relación entre el tiempo total de intervención correctiva y el número total de fallas detectadas, en el periodo observado. La relación existente entre el Tiempo Promedio Entre Fallas debe estar asociada con el cálculo del Tiempo Promedio Para la Reparación.

5.6.4. Indicadores secundarios⁵.

Como complemento se necesita indicadores secundarios, que muestran de qué manera impactan sobre los indicadores de clase mundial, cada uno de los aspectos parciales de la gestión.

5.6.5. Indicadores de accidentabilidad.

Son indicadores asociados directamente con la concepción del mantenimiento como negocio, son indicadores que están en función de factores, aparentemente ajenos al mantenimiento, como es el caso de número de accidentes y horas de funcionamiento de una planta, área o equipo dentro del proceso y son muy útiles para la gestión del mantenimiento.

$$\text{INDICADOR ACCIDENTES} = \frac{\text{NUMERO DE ACCIDENTES}}{\text{HORAS TRABAJADAS(DIAS)}} \times 100$$

Ecuación 5 Indicador de Accidentes

5.6.6. Indicador de mano de obra externa

El presente índice revela la relación entre los gastos totales de mano de obra externa como contratación eventual y/o gastos de mano de obra

⁵GONZALEZ, F.J. Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión. Madrid: fc. 2004.

proporcional a los servicios de contratos permanentes, y la mano de obra total empleada en los servicios, durante el periodo considerado.

$$CMOE = \frac{(Totalidad)CMOC}{(Totalidad)(CMOC + CMOP)}$$

Ecuación 6 Indicador mano de obra externa.

Donde:

CMOE= Costo de Mano de Obra Externa

CMOC= Costo de Mano de Obra Contratada

CMOP= Costo de Mano de Obra Permanente (Contratada-Directa)

5.6.7. Indicador de costos de mantenimientos preventivos por mantenimientos totales.

Este indicador pone de manifiesto el grado de utilización de técnicas preventivas frente a las correctivas.

$$CPTC = \frac{CP}{CTM}$$

Ecuación 7 Indicador Costos preventivos vs Correctivos.

Donde:

CPTC= Costo de Mantenimiento Preventivo por Mantenimiento Totales

CP= Costo Preventivo

CTM= Costo Totales de Mantenimiento (Preventivo + Correctivo)

6. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO EN L&L Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA MAQUINARÍA.

A continuación se presenta la justificación para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo por medio del diagnóstico de la maquinaria y el costo de operación.

6.1 HISTÓRICOS

Sin una debida programación de mantenimiento, L&L suministra los repuestos de las máquinas una vez que estas fallen, esto es lo que más dificulta la elaboración de las hojas de vida.

Para la elaboración de las hojas de vida, es necesario investigar con el coordinador de mantenimiento y buscar las facturas de compra de los repuestos que se han instalado en la maquinaria.

6.2 JUSTIFICACIÓN FINANCIERA

La obtención de repuestos en L Y L toma un tiempo superior a tres semanas debido a que sin una oportuna programación de mantenimiento no se pueden adquirir los repuestos necesarios para la reparación de las maquinas.

Por todo lo anterior es necesario identificar los mantenimientos que se deben realizar y analizar los costos de estos en un tiempo prudente, en este caso se realizara el estudio del presupuesto identificando el costo de mantenimiento en un año para evitar contratiempos en lo que se refiere a la disponibilidad de los repuestos y así evitar que la maquina quede fuera de servicio.

La situación actual lleva a la empresa a perder dinero debido al tiempo fuera de operación de la máquina, a continuación veremos a cuanto equivalen dichas pérdidas por día fuera de servicio de la misma incluyendo el salario

del operador, con esto veremos qué tan importante y cuanto se gana aplicando un plan de mantenimiento preventivo para estos equipos.

Tabla 1. Costo de operación de la maquina

ITEM	MAQUINA	VALOR DE LA HORA	HORAS LABORADAS	VALOR DEL OPERADOR POR HORA	TOTAL
1	Retrocargador	\$90.000	8	\$ 6.000	\$768.000
2	Vibrocompactador	\$90.000	8	\$ 6.000	\$ 768.000
3	Motoniveladora	\$170.000	8	\$ 6.000	\$1.408.000
4	Mini cargador	\$ 70.000	8	\$ 6.000	\$ 608.000
TOTAL TRABAJO DIARIO					\$3.552.000

Fuente: Autores del proyecto

La siguiente tabla nos indica las ganancias en 14 días de operación; este tiempo se obtiene aplicando el plan de mantenimiento.

Tabla 2. Ganancias obtenidas

TOTAL TRABAJO DIARIO	\$ 3.552.000
DIAS DE TRABAJO	14
GANANCIAS OBTENIDAS	\$ 49.728.000

Fuente: Autores del proyecto

6.2.1 Debilidades y fortalezas

La empresa L&L posee debilidades y fortalezas que de una u otra manera van a contribuir al mejoramiento del funcionamiento de la empresa.

Entre estas podemos mencionar las siguientes: hay un manual de servicios, que le permite al cliente, conocer todos y cada uno de los negocios que puede llevar a cabo con la empresa.

Igualmente en cada uno de los departamentos debe existir una base de datos que permiten tener un listado de los clientes de la empresa. Esta lista de chequeos es importante porque es la herramienta más fácil de implementar y una de las más efectivas para el control de los procesos. Lo

más conveniente es que la lista se origine del plan de seguimiento y medición de los procesos.

Otra fortaleza con la que puede contar la empresa es la gestión de repuestos. Hay que tener en cuenta que actualmente dentro de las empresas existe mucha presión para reducir los inventarios y diariamente se exige mayor disponibilidad de los equipos para que trabajen adecuadamente y que garanticen contar con la producción requerida en las fechas establecidas, con calidad y al menor costo.

Para cumplir con este reto, tenemos que anticiparnos a los posibles problemas que pudieran ocurrir con los equipos industriales y programar un plan de mantenimiento adecuado para cada máquina y determinar cuáles son los repuestos necesarios para realizar las reparaciones a tiempo y sin generar gastos innecesarios a la compañía.

Por lo tanto, los ingenieros de mantenimiento siempre estaremos involucrados en la gestión de repuestos, la cual parece una tarea sencilla pero que se complica cuando se requiere justificar la adquisición de los repuestos que tienen poca rotación y un elevado precio pero que son fundamentales para mantener la operación de la planta.

Las fichas técnicas que son unos documentos en forma de sumarios que contienen la descripción de las características de un objeto, material, proceso o programa de manera detallada. Los contenidos varían dependiendo del producto ó servicio, pero en general suele contener datos como el nombre, características físicas, el modo de uso o elaboración, propiedades distintivas y especificaciones técnicas. La correcta redacción de la ficha técnica es importante para garantizar la satisfacción del consumidor, especialmente en los casos donde la incorrecta utilización de un producto puede resultar en daños personales o materiales o responsabilidades civiles o penales. Una ficha técnica puede también ser una serie de preguntas acerca de un tema específico facilitando así su reconocimiento a nivel general.

6.3 FICHAS TECNICAS DE LA MAQUINARIA

Las siguientes son las características técnicas de cada máquina.

6.3.1 Vibrocompactador

Ilustración 1 Vibrocompactador xcmg xs 120



Fuente: Manual de operación vibrocompactadorXS120, XCMG 2008.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del motor del Vibrocompactador

Especificaciones técnicas del motor del Vibrocompactador	
Modelo	CUMMINS B3.9-C
Tipo	Turbocargado enfriado a agua
Potencia nominal	97 KW
Velocidad nominal	2500 r/min
Sistema de Enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Manual de operación vibrocompactadorXS120, XCMG 2008.

Tabla 4. Peso del Vibrocompactador

Peso del Vibrocompactador	
Peso de la maquina (incluyendo operador y un 50% de combustible)	11500Kg
Peso del tambor	6800 Kg

Fuente: Manual de operación vibrocompactadorXS120, XCMG 2008.

Tabla 5. Llantas del Vibrocompactador

Llantas del Vibrocompactador	
Tipo de llantas	19.9 x 24-6
Presión de las llantas	1.1 bar

Fuente: Manual de operación vibrocompactadorXS120, XCMG 2008.

Tabla 6. Sistema de dirección del Vibrocompactador

Sistema de dirección del Vibrocompactador	
Diseño	Articulación de punto a centro
Tipo de sistema	Doble función
Sistema de control	Hidráulico
Angulo de rotación	+/-35°
Angulo oscilante	+/-10°
Separación mínima al piso	400 mm
Radio min de giro interior	3800 mm
Radio min de giro exterior	5930 mm

Fuente: Manual de operación vibrocompactadorXS120, XCMG 2008.

Tabla 7. Capacidades de fluidos y lubricantes del Vibrocompactador

Capacidades de fluidos y lubricantes del Vibrocompactador			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD(LITROS)	CAPACIDAD(GALONES)
1	Combustible	230	60.8
2	Aceite hidráulico	230	60.8
3	Aceite de motor	15.1	4
4	Refrigerante	30	8

Fuente: Manual de operación vibrocompactadorXS120, XCMG 2008.

Tabla 8. Sistema eléctrico del Vibrocompactador

Sistema eléctrico del Vibrocompactador	
Batería	2 en serie de 12V
Alternador	12V

Fuente: Manual de operación vibrocompactadorXS120, XCMG 2008.

6.3.2 Motoniveladora

Ilustración 2. Motoniveladora xcmg gr 180



Fuente: Manual de operación Motoniveladora GR-180, XCMG 2008.

Tabla 9. Especificaciones técnicas del motor de la motoniveladora

Especificaciones técnicas del motor de la motoniveladora	
Modelo	CUMMINS C8.3
Tipo	Turbocargado diesel, 6 cilindros inyección directa enfriado a agua
Potencia nominal	138 KW
Velocidad nominal	2200 r/min
Sistema de Enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Manual de operación Motoniveladora GR-180, XCMG 2008.

Tabla 10. Peso de la motoniveladora

Peso de la motoniveladora	
Peso	15400 Kg
Peso del módulo en las ruedas delanteras	4620 Kg
Peso del módulo en las ruedas traseras	10780 Kg

Fuente: Manual de operación Motoniveladora GR-180, XCMG 2008.

Tabla 11. Llantas de la motoniveladora

Llantas de la motoniveladora	
Tipo de llantas	13.0 x 24-12
Presión de las llantas	1.1 bar

Fuente: Manual de operación Motoniveladora GR-180, XCMG 2008.

Tabla 12. Sistema de dirección de la motoniveladora

Sistema de dirección de la motoniveladora	
Diseño	Articulado totalmente, con sistema de detección de carga
Bomba de dirección	Bomba de engranaje
Máx. caudal	16x2.2 L/min
Máx. presión de trabajo	16 Mpa
Max. Angulo de dirección (rueda delantera)	+/-45°
Max. Angulo de dirección (estructura del vehículo)	+/-25°

Fuente: Manual de operación Motoniveladora GR-180, XCMG 2008.

Tabla 13. Capacidades de fluidos y lubricantes de la motoniveladora

Capacidades de fluidos y lubricantes de la motoniveladora			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD(LITROS)	CAPACIDAD(GALONES)
1	Combustible	280	74
2	Aceite de motor	24	6.3
3	Refrigerante	50	13
4	Transmisión	26	6.8
5	Eje de manejo	28	7.4
6	Aceite hidráulico	110	29
7	Caja turbo	2.5	0.6

Fuente: Manual de operación Motoniveladora GR-180, XCMG 2008.

Tabla 14. Sistema eléctrico del vibro compactador

Sistema eléctrico de la motonivelador	
Batería	2 en serie de 12V
Alternador	12V

Fuente: Manual de operación Motoniveladora GR-180, XCMG 2008.

6.3.3 Retrocargador

Ilustración 3. Retrocargador XT 876



Fuente: Manual de operación Retrocargador XT 876, XCMG 2008.

Tabla 15. Especificaciones técnicas del motor del Retrocargador

Especificaciones técnicas del motor del Retrocargador	
Modelo	CUMMINS QSB4.5
Tipo	Turbocargado diésel, 6 cilindros inyección directa enfriado a agua
Potencia nominal	138 KW
Velocidad nominal	2200 r/min
Sistema de Enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Manual de operación Retrocargador XT 876, XCMG 2008.

Tabla 16. Peso del Retrocargador

Peso del Retrocargador	
Peso	8400 Kg

Fuente: Manual de operación Retrocargador XT 876, XCMG 2008.

Tabla 17. Llantas del Retrocargador

Llantas del Retrocargador	
Tipo de llantas delanteras	14-17.5
Tipo de llantas traseras	19.5L-24
Presión de las llantas	16 PSI

Fuente: Manual de operación Retrocargador XT 876, XCMG 2008.

Tabla 18. Capacidades de fluidos y lubricantes del Retrocargador

Capacidades de fluidos y lubricantes del Retrocargador			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD(LITROS)	CAPACIDAD(GALONES)
1	Combustible	150	40
2	Aceite de motor	10	2.5
3	Refrigerante	17	4.5
4	Transmisión	20	5.3
5	Aceite hidráulico	130	34

Fuente: Manual de operación Retrocargador XT 876, XCMG 2008.

Tabla 19. Sistema eléctrico del Retrocargador

Sistema eléctrico del Retrocargador	
Batería	2 en serie de 12V
Alternador	12V

Fuente: Manual de operación Retrocargador XT 876, XCMG 2008.

6.3.4 Minicargador

Ilustración 4. Minicargador Bobcat S250



Fuente: manual de operación Bobcat S250, 2009

Tabla 20. Especificaciones técnicas del motor del Minicargador

Especificaciones técnicas del motor del Minicargador	
Modelo	Kubota V3800DI-T-E3CB TIER III
Potencia (SAE Neta)	71.1 HP (53.5KW) a 2400 RPM
Combustible	Diésel
RPM a baja velocidad	1150-1300
RPM a alta velocidad	2525-2650
Sistema de enfriamiento	refrigerante
Torque (SAE neto)	4

Fuente: manual de operación Bobcat S250, 2009

Tabla 21. Peso del Minicargador

Peso del Minicargador	
Peso	3549 Kg

Fuente: manual de operación Bobcat S250, 2009

Tabla 22. Llantas del Minicargador

Llantas del Minicargador	
Tipo de llantas delanteras	12-16.5
Presión de las llantas	

Fuente: manual de operación Bobcat S250, 2009

Tabla 23. Capacidades de fluidos y lubricantes del Minicargador

Capacidades de fluidos y lubricantes del Minicargador			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (LITROS)	CAPACIDAD(GALONES)
1	Combustible	87.1	23
2	Aceite motor	15.1	4
3	Refrigerante	15.1	4
4	Reservorio hidráulico/hidrostático	17.8	4.7
5	Sistema hidráulico/hidrostático	49.2	13

Fuente: manual de operación Bobcat S250, 2009

Tabla 24. Sistema eléctrico del Minicargador

Sistema eléctrico del Minicargador	
Batería	12V
Alternador	12V

Fuente: manual de operación Bobcat S250, 2009

6.2 REFERENCIA DE ACEITES Y FILTROS

Las referencias de los filtros se ven en la tabla 26 y la de los aceites en la tabla 27 citados a continuación.

6.2.1 Filtros

Tabla 25. Referencias de los filtro de la maquinaria

ITEM	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
VIBROCOMPACTADOR XCMG XS120		
1	FILTRO MOTOR	LF 3345
2	FILTRO HIDRAULICO	P179342
3	FILTRO COMBUSTIBLE	FS 1280
4	FILTRO COMBUSTIBLE	FF 5052
5	FILTRO COMBUSTIBLE	FD 1226
6	FILTRO AIRE	P780522
7	FILTRO AIRE	P780523
MOTONIVELADORA XCMG GR-180		
8	FILTRO MOTOR	WF 2071
9	FILTRO MOTOR	LF 3000
10	FILTRO HIDRAULICO	METALICO
11	FILTRO HIDRAULICO Met	FF 42000
12	FILTRO COMBUSTIBLE	FS 1280
13	FILTRO AIRE	AF 25268
14	FILTRO AIRE	AF 25277
RETROCARGADOR XCMG XT 876		
15	FILTRO MOTOR	LF 3349
16	FILTRO HIDRAULICO	HF 6710

17	FILTRO HIDRAULICO	BT 287-10
18	FILTRO COMBUSTIBLE	FS 1280
19	FILTRO COMBUSTIBLE	FF 5052
20	FILTRO AIRE	AF 25269
21	FILTRO AIRE	AF 25268
BOBCAT S250		
22	FILTRO MOTOR	6678233
23	FILTRO COMBUSTIBLE	6667352
24	FILTRO AIRE EXT	6698057
25	FILTRO AIRE INT	6698058
26	FILTRO HIDRAULICO	6692337
27	FILTRO HIDROSTATICO	6661248
28	FILTRO HIDROSTATICO	6668819
29	FILTROS HIDROESTATICO	6661022

Fuente: Autores del proyecto

6.2.2 Aceites

Tabla 26 Referencia de los aceites y lubricantes

ITEM	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	ACEITE URSA SUPER TD 15W40 CH4/SJ TEXACO	15W40
2	ACEITE CHEVRON RANDO HD 68 TEXACO	RANDO 68
3	ACEITE MULTIGEAR GL-5 80W90 TEXACO	80W90
4	GRASA	MULTIPROPOSITO

Fuente: Autores del proyecto

HOJAS DE VIDA DE LA MAQUINARIA

Las hojas de vida de las maquinas son el elemento más importante a la hora de elaborar un plan de mantenimiento, debido a que con esto sabemos el tiempo en que la maquina exige el cambio de algún repuesto.

El análisis de las hojas de vida nos determina el tiempo de cambio de algún repuesto.

La información que se muestra a continuación son todos aquellos mantenimientos y repuestos que se hicieron en las maquinas en el año 2012. Se puede observar que el mantenimiento que se le viene realizando a las máquinas de la empresa L&L tienen muchas falencias y no corresponden a lo que se estipula en un plan de mantenimiento.

A continuación veremos las hojas de vidas de las máquinas.

Vibrocompactador xcmg xs 120

Tabla 27. Mantenimientos del Vibrocompactador xcmg xs 120 en el 2012

REPUESTOS Y MANTENIMIENTOS				
FECHA	CANTIDAD	COMPONENTE O MODULO	VR/ UNITARIO	VR/ TOTAL
18/03/2012	4	Cambio de aceite de motor	\$ 142.680	\$ 142.680
13/06/2012	1	Rotura manguera combustible	\$ 145.000	\$ 145.000
19/07/2012	1	Cambio de solenoide	\$ 650.000	\$ 650.000
23/07/2012	1	Filtro de aire primario	\$ 120.000	\$ 120.000

23/07/2012	1	Filtro de aire secundario	\$ 97.000	\$ 97.000
23/07/2012	1	Filtro combustible	\$ 54.266	\$ 54.266
23/07/2012	1	Filtro de aceite	\$ 25.000	\$ 25.000
23/07/2012	1	Filtro hidráulico	\$ 87.546	\$ 87.546
24/07/2012	1	Juego de cuchillas	\$ 450.000	\$ 450.000
TOTAL				\$ 1.771.492

Fuente: Autores del proyecto

Motoniveladora xcmg gr 180

Tabla 28. Mantenimientos de la Motoniveladora xcmg gr 180 en el 2012

REPUESTOS Y MANTENIMIENTOS				
FECHA	CANTIDAD	COMPONENTE O MODULO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
28/05/2012	1	Cambio de aceite de motor	\$ 214.020	\$ 214.020
28/05/2012	1	Juego sobre esquinaras	\$ 620.000	\$ 620.000
28/05/2012	1	Filtro de aire primario	\$ 150.000	\$ 150.000
28/05/2012	1	Filtro de aire secundario	\$ 112.000	\$ 112.000
28/05/2012	1	Filtro combustible	\$ 64.000	\$ 64.000
28/05/2012		Filtro para la Servo transmisión	\$ 120.000	\$ 120.000

28/05/2012	1	Filtro piloto	\$ 315.000	\$ 315.000
28/05/2012	1	Filtro de aceite	\$ 25.000	\$ 25.000
28/05/2012	1	Filtro hidráulico	\$ 87.546	\$ 87.546
29/09/2012	1	Juego de cuchillas	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
TOTAL			\$ 3.507.566	

Fuente: Autores del proyecto

Retrocargador XT 876

Tabla 29. Mantenimientos Retrocargador XT 876 en el 2012

REPUESTOS Y MANTENIMIENTOS				
FECHA	CANTIDAD	COMPONENTE O MODULO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
16/01/2012	1	Rotura manguera refrigeración	\$ 200.000	\$ 200.000
17/01/2012	1	Rotura de manguera hidráulica	\$ 85.000	\$ 85.000
19/01/2012	3	Rotura de manguera hidráulica	\$ 290.000	\$ 870.000
23/01/2012	1	Perdida de un buje y pin del cargador	\$ 230.000	\$ 230.000
28/01/2012	5	Cambio de aceite de transmisión	\$ 35.780	\$ 178.900
08/02/2012	1	cambio de llanta trasera izquierda	\$ 1.290.000	\$ 1.290.000
02/02/2012	2.5	cambio aceite de motor	\$ 35.670	\$ 89.175
08/02/2012	1	Filtro de aceite LF 3345	\$ 29.600	\$ 29.600
11/02/2012	1	Reparación aire acondicionado	\$ 3.252.200	\$ 3.252.200
06/02/2012	1	buje y pin del brazo de corte desgastados	\$ 1.290.000	\$ 1.290.000

06/03/2012	1	Rotura manguera combustible	\$ 65.000	\$ 65.000
08/04/2012	1	Cambio master batería	\$ 30.000	\$ 30.000
17/05/2012	1	Fuga en gato inclinación izquierdo	\$ 770.000	\$ 77.000
25/05/2012	4	Cambio de dientes brazo de corte	\$ 23.000	\$ 92.000
05/06/2012	1	Rotura manguera de gato de inclinación derecho	\$ 106.643	\$ 106.643
08/06/2012	1	cambio aceite de motor	\$ 35.670	\$ 89.175
08/06/2012	1	Filtro de combustible LF 1280	\$ 39.800	\$ 39.800
08/06/2012	1	Filtro de combustible LS 5052	\$ 47.000	\$ 47.000
08/06/2012	1	Filtro de combustible FD 1224	\$ 56.000	\$ 56.000
08/06/2012	1	Filtro de aceite LF 3345	\$ 29.600	\$ 29.600
10/06/2012	1	Rotura manguera hidráulica	\$ 175.914	\$ 175.914
09/08/2012	1	Rotura manguera combustible	\$ 65.000	\$ 65.000
27/08/2012	1	Rotura manguera hidráulica	\$ 62.382	\$ 62.382
31/08/2012	1	Sondeo radiador	\$ 313.200	\$ 313.200
13/09/2013	1	cambio del termostato	\$ 341.923	\$ 341.923
04/10/2013	2	Cambio de llantas delanteras	\$ 861.500	\$ 1.723.000
09/12/2012	1	cambio aceite de motor	\$ 35.670	\$ 89.175
09/12/2012	1	Filtro de combustible LF 1280	\$ 39.800	\$ 39.800

09/12/2012	1	Filtro de combustible LS 5052	\$ 47.000	\$ 47.000
09/12/2012	1	Filtro de combustible FD 1224	\$ 56.000	\$ 56.000
09/12/2012	1	Filtro de aceite LF 3345	\$ 29.600	\$ 29.600
TOTAL				\$ 11.090.087

Fuente: Autores del proyecto

Minicargador Bobcat S250

Tabla 30. Mantenimientos Minicargador Bobcat S250 en el 2012

REPUESTOS Y MANTENIMIENTOS				
FECHA	CANTIDAD	COMPONENTE O MODULO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
06/01/2012	1	Rotura de manguera hidráulica	\$ 85.000	\$ 85.000
07/01/2012	4	cambio aceite de motor	\$ 35.670	\$ 142.680
02/04/2012	1	Filtro de aceite	\$ 45.000	\$ 45.000
11/04/2012	1	Cuchilla balde	\$ 740.000	\$ 740.000
12/04/2012	1	buje y pin del balde desgastados	\$ 3.450.000	\$ 3.450.000
06/04/2012	1	Rotura manguera combustible	\$ 75.000	\$ 75.000
17/05/2012	1	Fuga en gato inclinación derecho	\$ 650.000	\$ 650.000
08/06/2012	1	Filtro de combustible	\$ 46.000	\$ 46.000
08/06/2012	1	Filtro de combustible	\$ 47.000	\$ 47.000
08/06/2012	1	Filtro de aceite	\$ 33.500	\$ 33.500

09/06/2012	4	Cambio de llantas	\$ 780.000	\$ 3.120.000
27/08/2012	1	Rotura manguera hidráulica	\$ 62.382	\$ 62.382
09/12/2012	1	Filtro de aceite	\$ 29.600	\$ 29.600
TOTAL				\$ 8.526.162

Fuente: Autores del proyecto

6.3 Plan De Mantenimiento

Para el buen funcionamiento de la maquinaria, es importante identificar que repuestos son cambiados con mayor frecuencia y cada cuanto es recomendable realizar dicho cambio. Por ello se elabora el siguiente plan

6.3.1 Vibrocompactador XCMG XS 120

A continuación se presenta el plan de mantenimiento del vibrocompactador xcmg xs 120.

6.3.1.1 Mantenimiento

Tabla 31. Mantenimiento a las 10 horas del vibrocompactador

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD 1	ACTIVIDAD 2
1	Aceite de motor	Revisar	Adicionar
2	Refrigerante de motor	Revisar	Adicionar
3	Filtro de combustible	Drenar	
4	Tanque de combustible	Revisar	Adicionar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 32. Mantenimiento a las 50 horas del vibrocompactador

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD 1	ACTIVIDAD 2
1	Aceite hidráulico	Revisar	Adicionar
2	Aceite de motor	Revisar	Adicionar
3	Aceite de frenos	Revisar	Adicionar
4	Pines horizontal , vertical	Engrasar	
5	Área del sello	Engrasar	

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 33. Mantenimiento a las 250 horas del vibrocompactador

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Pin del cilindro de la dirección	Engrasar
2	Aceite de motor	Drenar y llenar
3	Filtro de aceite de motor	Cambiar
4	Filtro de aceite hidráulico	Cambiar
5	Filtro de combustible	Cambiar
6	Filtro de aire primario	Cambiar
7	Sistema integral de enfriamiento	Revisar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 34. Mantenimiento a las 500 horas del vibrocompactador

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Filtro de aire secundario	Cambiar
2	Filtro de línea de combustible	Cambiar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 35. Mantenimiento a las 1000 horas del vibrocompactador

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Filtro del tanque hidráulico	Cambiar
2	Batería	Cambiar
3	Aceite hidráulico	Cambiar
4	Líquido refrigerante	Drenar y llenar
5	Colador del aceite hidráulico	Limpiar

Fuente: Autores del proyecto

6.3.2. Motoniveladora Xcmg Gr-180

A continuación se presenta el plan de mantenimiento de la motoniveladora XCMG GR-180

Mantenimiento

Tabla 36 Mantenimiento a las 10 horas de la motoniveladora GR-180

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD 1	ACTIVIDAD 2
1	Aceite de motor	Revisar	Adicionar
2	Refrigerante de motor	Revisar	Adicionar
3	Transmisión	Verificar	

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 37. Mantenimiento a las 50 horas de la motoniveladora GR-180

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Depósito de aceite hidráulico	Verificar
2	Filtros de combustible	verificar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 38. Mantenimiento a las 100 horas de la motoniveladora GR-180

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Esferas de los cilindros de elevación de la hoja	Lubricar
2	Esferas del cilindro de desplazamiento lateral	Lubricar
3	Esfera de la barra de tracción	Lubricar
4	Rodamiento de la articulación	Lubricar
5	Extremidades de los cilindros de la articulación	Lubricar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 39. Mantenimiento a las 250 horas de la motoniveladora GR-180

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Aceite carcasa central del eje trasero	Adicionar
4	Pasador de articulación de la hoja	Lubricar
5	Correas ventilador/alternador	Lubricar
6	Cilindro de articulación de la hoja	Lubricar
7	Pasador de articulación del eje	Lubricar
8	Barra de dirección	Lubricar
9	Pasador del vástago del eje delantero	Lubricar
10	Cilindro de inclinación de las ruedas delanteras	Lubricar
11	Pasador de oscilación del eje delantero	Lubricar
12	Pasador pivote	Lubricar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 40. Mantenimiento a las 500 horas de la motoniveladora GR-180

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Filtros de combustible	Cambiar
2	Cajas de tándem	Verificar
3	Rodamientos de las ruedas de los ejes de tándem (4 cada lado)	Lubricar
4	Filtro de aceite de la transmisión	Cambiar
5	Filtro del depósito hidráulico	Cambiar
6	Filtro del sistema de refrigeración	Cambiar
7	Tapón del drenaje del sistema de combustible	Limpiar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 41. Mantenimiento a las 1000 horas de la motoniveladora GR-180

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Refrigerante	Cambiar
2	Inyectores de combustible	Ajustar
3	Válvulas de motor	Ajustar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 42. Mantenimiento a las 2000 horas de la motoniveladora GR-180

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite hidráulico	Cambiar
2	Aceite carcaza eje trasero	Cambiar
3	Rodamientos de las ruedas delanteras	Cambiar
4	Caja del tándem (ambos lados)	Cambiar

Fuente: Autores del proyecto

RETROCARGADOR XCMG XT876

A continuación se presenta el plan de mantenimiento del Retrocargador XCMG XT-876

Mantenimiento

Tabla 43. Mantenimiento a las 10 horas del retrocargador XT-876

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD 2
1	Correas del alternador y ventilador del motor	Revisar	Tensionar
2	Radiador y condensador de aire acondicionado	Revisar	
3	Aceite de motor	Revisar	Adicionar
4	Nivel del depósito limpia vidrios	Revisar	Adicionar
5	Equipo cargador	Engrasar	
6	Equipo retroexcavador	Engrasar	
7	Nivel de aceite hidráulico	Revisar	Adicionar
8	Mangueras hidráulicas	Revisar	

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 44. Mantenimiento a las 50 horas del retrocargador XT-876

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Bisagras de puertas	Engrasar
2	Rodamiento de articulación del eje delantero	Engrasar
3	Rodamiento de anillo de articulación del puente delantero	Engrasar
4	Presión de los neumáticos	Revisar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 45. Mantenimiento a las 250 horas del retrocargador XT-876

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Filtro hidráulico	Cambiar
4	Nivel de caja de marcha	Revisar
5	Radiador	Limpiar
6	Aire acondicionado	Limpiar
7	Bornes de la batería	Revisar
8	Cardanes delanteros y traseros	Engrasar
9	Suspensión del asiento operador	Engrasar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 46. Mantenimiento a las 500 horas del retrocargador XT-876

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Articulación pedales de freno	Engrasar
2	Respiradero de la transmisión	Limpiar
3	Alternador	Revisar
4	Motor de arranque	Revisar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 47. Mantenimiento a las 1000 horas del retrocargador XT-876

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite hidráulico	Cambiar
2	Refrigerante	Cambiar
3	Aceite transmisión	Cambiar
4	Aceite servo transmisión	Cambiar

Fuente: Autores del proyecto

MINICARGADOR BOBCAT S250

A continuación se presenta el plan de mantenimiento del Minicargador Bobcat S250

Mantenimiento

Tabla 48. Mantenimiento a las 10 horas del Minicargador Bobcat S250

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD 1	ACTIVIDAD 2
1	Aceite de motor	Revisar	Adicionar
2	Nivel de refrigerante	Revisar	Adicionar
3	Correas del alternador	Revisar	Tensionar
4	Bocina delantera/ alarma retroceso	Revisar	Adicionar
5	Brazo elevador, cilindros ,pines de pivote y cuñas de Bob tach	Engrasar	
6	Equipo retroexcavador	Engrasar	
7	Nivel de aceite hidráulico	Revisar	Adicionar
8	Mangueras hidráulicas	Revisar	

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 49. Mantenimiento a las 50 horas del Minicargador Bobcat S250

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD 1	ACTIVIDAD 2
1	Tuercas de las ruedas	Revisar	
2	Aceite transmisión	Revisar	Adicionar
3	Batería	Revisar	

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 50 Mantenimiento a las 250 horas del Minicargador Bobcat S250

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Filtros hidráulico	Cambiar
4	Filtros hidrostático	Cambiar
5	Filtro de carga	Cambiar

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 51. Mantenimiento a las 1000 horas del Minicargador Bobcat S250

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite transmisión	Cambiar
2	Aceite hidráulico	Cambiar
3	Filtro de caja de descarga	Cambiar
4	Válvulas de motor	Ajustar
5	Refrigerante	Cambiar

Fuente: Autores del proyecto

6.3.3 Indicadores De Gestión

Los indicadores sirven para establecer el logro y el cumplimiento de la misión, objetivos, metas, programas o políticas de un determinado proceso o estrategia, por esto podemos decir que son ante todo, la información que

agrega valor y no simplemente un dato, ya que los datos corresponden a unidades de información que pueden incluir números, observaciones o cifras, pero si no están ligadas a contextos para su análisis carecen de sentido.

Con el fin de llevar a cabo un control del mantenimiento realizado a las maquinas es necesario implementar los siguientes indicadores de gestión:

- **Número de horas preventivas/mes:** Control de intervenciones hechas y tiempo fuera de servicio mientras se efectúa la intervención para determinar la disponibilidad del equipo.
- **Número de horas correctivos/mes:** Para determinar qué tan frecuente se puede presentar una falla no contemplada, que haga que la maquina quede fuera de servicio.
- **Valor correctivos/mes:** Para determinar un presupuesto en reparaciones mayores
- **Mantenimientos ejecutados/mantenimientos programador:** Para verificar y controlar que se esté aplicando el plan de mantenimiento preventivo.
- **Tiempo total de funcionamiento/número de fallas:** Para calcular tiempo medio entre fallas, es literalmente el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente.
- **Tiempo total de inactividad/número de fallas:** Para calcular el tiempo medio de reparación.

6.3.4 Registros y Solicitudes

En un plan de mantenimiento preventivo es de gran importancia utilizar check list, con el fin de llevar un registro escrito que facilite la actualización y realización de datos existentes en la maquinaria.

Por otro lado, con la ejecución de este proyecto se pretenden implementar formatos que faciliten y ordenen los trabajos realizados en las máquinas para registrarlos y así cumplir con la programación para cada equipo.

Se sugieren 4 formatos con el fin de controlar todas las intervenciones hechas en la maquinaria y también con el fin de supervisar los trabajos realizados por el personal contratado para así justificar su contratación.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo se puede ganar en trabajo alrededor de 14 días de trabajo, debido a que los repuestos se encuentran disponibles y los tiempos de operación incrementan al no forzar los repuestos hasta el día que fallen, es decir que si se cambian los repuestos oportunamente se pueden trabajar más días, evitando así que se presenten fallas que dejen por fuera de servicio a la máquina y solo cesarían actividades el día que se programe mantenimiento.

CONCLUSIONES

De la investigación realizada y de los resultados obtenidos pueden hacerse las siguientes conclusiones:

En lo relacionado con el diagnóstico inicial. Se revisaron los aspectos de mecánicos, encontrando que los tres de servicio deben mejorar su entrenamiento en sistemas de inyección electrónica, dado que por su edad (en promedio 40 años), no han sido entrenados en este tipo de tecnologías, usadas en los equipos analizados. En relación con la consecución de repuestos, debe mejorarse lo relacionado con el pedido a los proveedores. Actualmente los repuestos se piden cuando ocurre la falla, pero muchas veces son correas, aceites y otros que de tenerse en el almacén se mejoraría la mantenibilidad de los equipos, dado que algunas veces se pierden dos y tres días, antes de tener el repuesto a mano.

En relación a las fallas relevantes, el problema más crítico es el de roturas de mangueras. Acá se ha propuesto por los autores un esquema de replazo preventivo de todas las mangueras, mejorando los tipos de acople, con lo cual se mejora la confiabilidad y la disponibilidad. Al monto se tiene un promedio de 6 fallas, perdiendo un día en la desvarada con la consiguiente pérdida productiva y aumento de costos. Los costos de los cambios de mangueras son iguales en esquema correctivo y preventivo, pero con la ventaja del preventivo de eliminar la pérdida de aceite hidráulico, lo cual por cada rotura inesperada, deja un costo promedio de \$ 400.00, donde 6 daños arroja un total de dos millones cuatrocientos mil mensual de ahorro con el enfoque preventivo.

En relación con el plan se ajustaron tanto las acciones del fabricante, en este caso en lo referente al periodo de realizarlas y en el caso de las acciones nuevas sugeridas, las mismas se han soportado en criterios de costos, donde se muestra para el caso de limpieza de los sistemas hidráulico, un ahorro promedio de catorce millones mensuales.

Para asegurar la operatividad del plan, se han creado unos formatos de orden de servicio, listas de chequeos y otros, que aseguran un trabajo sistemático y controlado, además que permiten tener datos con los cuales, calcular los indicadores propuestos de disponibilidad, que permiten observar el comportamiento mes a mes y realizar de manera oportuna correctivos que se vean necesarios.

Las fichas técnicas de la maquinaria permiten tener acceso a las características técnicas como: tipo motor, cilindraje, etc., que son importantes tener en cuenta al momento de ejecutar cualquier actividad de mantenimiento. Realizado auditoria en la flota se encontró falencias en cuanto al seguimiento de cada maquinaria y su respectivo control de mantenimiento.

En un periodo de prueba de algunas de las actividades del plan, se han tenido registros de mejora de la disponibilidad, de un 9% en un promedio de tres meses, lo que evidencia la efectividad de la propuesta que se está trabajando. Se recuerda que los planes de mantenimiento se deben ajustar según la evolución que se observe, teniendo en cuenta que cada actividad propuesta requiere un tiempo de gracia para mostrar los resultados esperados.

RECOMENDACIONES

Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una bomba, podríamos decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

BIBLIOGRAFÍA

- Espinoza. Optimizacion del mantenimiento. ESPOCH, 45. (2008).
- Fernandez, F. J.. Teoria y practica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid: Fundacion Confemetal (2005).
- Fernandez, J.. Preditecnico. Preditec, 10-12. (2013).
- Garcia, N. M. Tractores Y Maquinaria Agrícola. Costa Rica: Universidad estatal. (2003)
- Garrido, S. G. Mantenimiento industrial. Madrid: Renovetec (2009)..
- Gonzales, F. j. Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestion. Madrid: fc. (2004).
- Kuroda,BOMBAS, K. ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo. KURODA BOMBAS, 1-4. (2012).
- Manuel Garcia melero, M. F. Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas. Mexico: Marcombo. (2004).
- Nichols, H. L. Manual de reparacion y mantenimiento de maquinaria pesada. Madrid: McGraww-Hill (1993)..
- Oliva, A. P.-J. Mantenimiento mecanico preventivo del vehiculo. Madrid: Aran. (2010).
- Pascual, O. Operaciones de Mantenimiento Preventivo del Vehículo y Control de su dotacion de material. Mexico: Ideas propias.(2006).
- Pauro, R. Indicadores de mantenimiento. Buenos aires: coldi.(2007).
- Sacristan, F. R. Mantenimiento total de la produccion (TPM) proceso de implantacion y desarrollo. Madrid: FC Editorial.(2001).
- Siguenza, H. M.-L. Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del canton Portovelo. Universidad Politecnica Salasiana, 3-7.(2012).
- Shenzen,XCMG. Manual de operacion Motoniveladora.: Pull Creativo.(2008).
- Shenzen,XCMG. Manual de operacion Retrocargador XT876.Shenzhen: Pull Creativo. (2008).
- Shenzen,XCMG. Manuel de operacion vibrocompactador. Shenzhen: Pull Creativo. (2008).

ANEXO 1.

Lista de chequeo

Fuente: Autores del proyecto

LISTA DE CHEQUEO

CODIGO	VERSION	FECHA DE ELABORACION	FECHA DE REVISION	FECHA DE APROBACION	APROBADO POR:
3027	1	29 de octubre de 2013	29 de octubre de 2013	30 de octubre de 2013	CBD
INFORMACION INICIAL					
FECHA:		EQUIPO:		NUMERO INTERNO	
MINI CARGADOR <input type="checkbox"/>		RETROCARGADOR <input type="checkbox"/>		MOTONIVELADORA <input type="checkbox"/>	
VIBROCOMPACTADOR <input type="checkbox"/>					
B:	BUENO				
M:	MALO				
N/A:	NO APLICA				
	ESTADO			ESTADO	
	B	M	N/A	B	M
	OBSERVACION			OBSERVACION	
MOTOR	Nivel de aceite motor				
	Nivel de agua parabrisas				
	Nivel de agua radiador				
SISTEMA ELECTRICO	Correas				
	Fugas				
	Bateria				
	Conexiones eléctricas				
	Luz alta y luz baja				
	Luz de freno				
	Luz marcha retroceso				
	Luz patente				
	Luces de estacionamiento				
	Horómetro				
NEUMATICO	Alarma de retroceso				
	Manómetro				
	Neumáticos delanteros				
CUCHARON	Neumáticos posteriores				
	Neumático de repuesto				
	Pernos y tuercas				
NIVELACION	Presión de aire neumáticos				
	Estado general del cucharon				
	Estado de los flexibles				
	Estado del pasador				
	Estado de las calzas				
	Cilindro brazo				
SIST HIDRAULICO	Cilindro lanza				
	Palancas del comando				
	Zapatas estabilizadores				
SIST HIDRAULICO	Brazos estabilizadores				
	Parada de emergencia				
	Nivel aceite transmisión				
SIST HIDRAULICO	Cilindro de nivelación				
	Estado burbuja nivelación				
	Nivel de aceite hidráulico				
SIST HIDRAULICO	Mangueras hidráulicas				
	Fugas				
	Bomba hidráulica				
SIST HIDRAULICO	Tanque hidráulico				
	Nivel de combustible: 1/2 <input type="checkbox"/> 1/4 <input type="checkbox"/> 3/4 <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>				
	REVISADO POR:		FIRMA		
V"B" JEFE BANCO DE MAQUINARIA					

ANEXO 2.

Reporte de mantenimiento

REPORTE DE MANTENIMIENTO MAQUINARIA										
CODIGO:	VERSION:	FECHA DE ELABORACION:	FECHA DE REVISION:	FECHA DE APROVACION:	APROVADO POR:					
3025	1	25 de octubre de 2013	26 de octubre de 2013	27 de octubre de 2013	CBD					
INFORMACION INICIAL										
FECHA INICIO		HORA		NOMBRE MAQUINARIA				HOROMETRO		
No ORDEN		DESCRIPCION DE LA FALLA								
OPERARIO							Tipo de Mtto	preventivo	correctivo	predictivo
DIAGNOSTICO DE LA MAQUINA										
FECHA		HORA		NOMBRE EMPRESA			NOMBRE MECANICO			
Tipo Daño	<input type="checkbox"/>	Electrico	<input type="checkbox"/>	Llantas	<input type="checkbox"/>	Hidraulico control	<input type="checkbox"/>	Hidraulico fuerza	<input type="checkbox"/>	Frenos
	<input type="checkbox"/>	Mecanico Motor	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Mecanico Suspension	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Mecanico general	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION DIAGNOSTICO										
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO										
EJECUCION Y RESULTADO DEL MANTENIMIENTO										
FECHA SALIDA SERVICIO		HORA		NOMBRE EMPRESA			NOMBRE MECANICO			
FECHA PUESTA EN		VALOR SERVICIO				VALOR REPUESTO				
TRABAJO EJECUTADO										
LISTA DE SERVICIO O REPUESTO										
RESPONSABLE					VoBo					

