

**MANTENIMIENTO CON PLANEACIÓN ESTRATÉGICA**

**JOHN EDISON QUINTERO JOYA**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES**

**FACULTAD DE POSGRADOS**

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**BOGOTÁ**

**2015**

**MANTENIMIENTO CON PLANEACIÓN ESTRATEGICA**

**JOHN EDISON QUINTERO JOYA**

**Monografía como requisito para optar el título de Especialista en  
Gerencia de Mantenimiento**

**Director:**

**Especialista, ingeniero: Nelson Darío Rojas González**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES**

**FACULTAD DE POSGRADOS**

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**BOGOTÁ**

**2015**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

.....

-----

.....

.....

**PRESIDENTE DEL JURADO**

.....

**JURADO**

.....

**JURADO**

**Bogotá, marzo 2015**

## **DEDICATORIAS**

A Dios,

Por acompañarme todos los días.

Mamá,

Por ser esa persona confiable, que siempre me regalo un aliento de motivación y alivio para afrontar esta etapa de mi vida.

Papá,

Por estar siempre pendiente de mis labores y actividades personales, que hicieron de mi una persona responsable y honesta en busca de metas.

Familia,

Por ser ese grupo social que busca el bien y trabaja en pro de sus semejantes, dando ese apoyo y aliento de amistad.

**JOHN EDISON QUINTERO JOYA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Universidad "ECCI"

Por ser ese recinto formado por un grupo social capaz de formar personas profesionales con el único propósito, servir a la sociedad.

Compañeros de estudio

Por ser esas personas que brindaron amistad y demostraron ser estudiantes con valores y fortalezas que permiten trabajar en pro de su comunidad.

**JOHN EDISON QUINTERO JOYA**

## INTRODUCCIÓN

Un mantenimiento con planeación estratégica está basado en la identificación y cumplimiento de labores requeridas por un equipo para su funcionamiento, lo cual genera una relación de actividades entre la parte operacional y el campo de trabajo del activo, permitiendo cuestionar el medio donde opera, la función que cumple y qué condiciones necesita para su labor. Dicho mantenimiento requiere de organización y compromiso que garantice el cumplimiento de las diferentes actividades y trabajos que implican mantener y poner a punto el activo para su desempeño.

Toda organización debe estar enfocada en la búsqueda de opciones que permitan maximizar el servicio y la disponibilidad en equipos que intervienen en sus actividades diarias; La aspiración legítima de alcanzar la excelencia temporal en el mantenimiento de la empresa lleva a la idea de lograr lo que se denomina mantenimiento estratégico, significa satisfacción y superación de expectativas y necesidades de mantenimiento de la organización con referencia a la potencialidad que proporcionan las tecnologías del momento en relación con el contexto social y el mercado de hoy, relacionadas con la seguridad, el medio ambiente, la calidad y la economía. El 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, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción.

## GLOSARIO

- Planeación: Ejercicio administrativo de gestión que permite organizar y establecer una serie de pasos o actividades que generan el desarrollo de un proyecto o proceso.
- Estrategia: Propuesta de solución a una problemática que permite desarrollar un proceso de forma rápida y efectiva que cumple con las expectativas esperadas.
- Mantenimiento: Es un ejercicio operativo enfocado hacia la disponibilidad funcional de un equipo o instrumento que cumple una función específica y genera un valor agregado por su desempeño.
- Activo: Equipo o máquina que desarrolla una función específica dentro de un campo laboral.
- Rentabilidad: Es el valor agregado en pesos que se genera un activo por el desarrollo de una función dentro de un campo laboral, teniendo en cuenta la disponibilidad funcional del activo como motivo de ganancia o pérdida en el capital invertido.
- Confiabilidad: Es una condición operativa que tiene un activo para prestar un servicio con calidad y eficiencia ante un campo laboral.
- Eficiencia: Grado de aprovechamiento de recursos establecidos para un trabajo.
- Eficacia: Cumplimiento de expectativas de un servicio con calidad y reconocimiento de la labor desempeñada.
- Efectividad: Es la capacidad de cumplimiento para culminar un objetivo.

## RESUMEN

En la actualidad encontramos que todavía existen organizaciones que miran el tema de mantenimiento como un gasto y no como una inversión, significando un choque entre la parte operacional y gerencial en una compañía, lo que implica un proceso estratégico de convencimiento para valorar el campo de acción de un equipo en una organización, por tal razón se recurre al mantenimiento enfocado en la identificación y cumplimiento de actividades programadas, el cual se desarrolla con una serie de acciones o actividades previstas que permiten obtener un objetivo común, el cual está dirigido hacia la prevención de posibles fallas inesperadas del equipo en estudio. Dichas tareas se pueden apoyar en herramientas (software de mantenimiento) que facilitan la medición y aplicaciones de esas labores que requiere el activo para ser confiable y estar disponible en el momento que se requiera. Recordemos que el estado de un activo permite saber el verdadero valor de un capital, por tanto es necesario saber la capacidad operacional y funcional que pueda tener el equipo ante labor desempeñada, es así que el cumplimiento de los diferentes mantenimientos (preventivo, correctivo, predictivo etc.) deben ser evaluados y analizados desde el punto de vista utilitario que me genera ese activo en operación, lo cual implica una serie de indicadores de desempeño orientados en función del volumen de servicio y la efectividad de la intervención al equipo.

## **ABSTRACT**

Today we find that there are still organizations looking theme maintenance as an expense and not an investment, meaning a clash between the operational and management aspects in a company, implying a strategic process of convincing to assess the scope of an asset in an organization, for this reason the maintenance focused on the identification and implementation of scheduled activities, which is developing a series of actions or activities that provide a common goal, which is directed towards one resorts prevent possible unexpected failures in the team studied. These tasks can be supported by tools (software maintenance) that facilitate the measurement and application of these tasks requires the asset to be reliable and available when required. Recall that the state of an asset can know the true value of capital, so it is necessary to know the operational and functional capacity may have the team to work done, so that compliance with the various maintenance (preventive, corrective, predictive etc.) should be evaluated and analyzed from the utilitarian point of view I generated the asset into operation, which involves a series of performance indicators targeted based on service volume and effectiveness of the intervention team.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPITULO 1</b>	<b>Pág.</b>
<b>1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Descripción del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Planteamiento del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Sistematización del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Objetivo general.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>5</b>
<b>4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 Justificación.....</b>	<b>7</b>
<b>4.2 Delimitación.....</b>	<b>8</b>
<b>5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>5.1 Marco teórico.....</b>	<b>9-10</b>
<b>5.1.1 Propuesta de gestión de mantenimiento.....</b>	<b>11-15</b>
<b>5.1.2 Política de mantenimiento.....</b>	<b>16-18</b>
<b>5.1.3 Administración de proyectos.....</b>	<b>10-24</b>
<b>5.2 Estado del arte.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.1 Estado del arte institucional.....</b>	<b>25-26</b>
<b>5.2.2 Estado del arte nacional.....</b>	<b>27-28</b>
<b>5.2.3 Estado del arte internacional.....</b>	<b>29-30</b>
<b>6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>7. DESARROLLO METODOLÓGICO.....</b>	<b>32</b>

<b>7.1</b>	<b>Recopilación de la información.....</b>	<b>32</b>
<b>7.2</b>	<b>Análisis de datos.....</b>	<b>32-34</b>
<b>7.3</b>	<b>Propuesta de solución.....</b>	<b>35-49</b>
<b>7.4</b>	<b>Entrega de Resultados.....</b>	<b>50</b>
<b>8.0</b>	<b>Fuentes de información.....</b>	<b>51</b>
<b>9.0</b>	<b>COSTOS.....</b>	<b>52-55</b>
<b>10.0</b>	<b>TALENTO HUMANO.....</b>	<b>56</b>
<b>11.0</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>12.0</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>58</b>
<b>13.0</b>	<b>CIBERGRAFIA.....</b>	<b>59</b>
<b>14.0</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

## **1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN**

MANTENIMIENTO CON PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

## **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1 Descripción del problema**

En la actualidad, la mayoría de organizaciones de la rama de mantenimiento dedican su tiempo total de operación a la prestación de servicios, descuidando así el estado de los activos (máquinas y herramientas) que incurren en su actividad diaria, permitiendo que los equipos fallen en cualquier momento y dejen de operar por un tiempo corto o extendido según el daño causado. Teniendo en cuenta lo anterior, el costo y tiempo de dichos daños genera que la organización tenga una pérdida de tiempo, ocasionando problemas en la cantidad, calidad y servicio en general al cliente, factor fundamental en el desarrollo de una empresa.

De acuerdo con lo anterior se necesitaría un sistema que permita mantener esos activos disponibles, dando lugar a tiempos y espacios requeridos para la ejecución de dichas actividades que intervienen el equipo, mostrando así resultados de confiabilidad de un activo hacia el desarrollo de un trabajo, permitiendo asegurar la rentabilidad y estabilidad de la máquina en un campo de trabajo.

## 2.2 Planteamiento del problema

Las organizaciones actuales necesitan de un sistema de mantenimiento para verificar disponibilidad y estado de los equipos que permitan planear un servicio, cumpliendo con la mayor satisfacción que se le pueda prestar a un cliente. De acuerdo a la exigencia que implica los nuevos mercados, se puede hablar de un sistema de mantenimiento confiable basado en la planeación estratégica, cuya función será detectar esas fallas técnicas y operativas para dar solución, mediante actividades propuestas y planeadas.

¿Es posible un sistema de mantenimiento que permita detectar problemas relacionados con el estado de los activos?

Sí, es posible detectar dichas problemáticas mediante un mantenimiento basado en la planeación estratégica, cuyo recurso me genera datos y me posibilita aplicar mejoras en mis actividades operacionales. Las mejoras de la gestión de mantenimiento se alcanzan a través de propuestas basadas en: Educación y capacitación de los responsables de la actividad de mantenimiento. Establecimiento de prioridades adecuadas a los servicios. (Evaluación de servicios necesarios e innecesarios) Análisis adecuado de la información y aplicación de soluciones simples pero confiables, planificando el mantenimiento con enfoque en las actividades específicas por tipo de equipo.

¿Se podría determinar los costos y tiempos que implican una falla no planeada?

## 2.3 Sistematización del problema

- ¿Cómo se puede identificar un equipo crítico en un grupo de maquinaria operativa?

Para identificar un equipo crítico en un grupo de maquinaria operativa se necesita evaluar 2 puntos claves de desempeño: facilidad en insumos y mano de obra requerida por el equipo y la disponibilidad operativa que tiene que tener el equipo en obra.

- ¿Qué métodos se pueden utilizar para llevar a cabo las actividades propuestas en mantenimiento?

Existen varios métodos para verificar actividades propuestas, pero tendremos en cuenta los siguientes:

\* Mantenimiento Autónomo (actividades por parte del operario), Mantenimiento planeado (software de mantenimiento), mantenimiento planificado (educación y entrenamiento) y mantenimiento predictivo (análisis específicos del equipo).

- ¿Es posible determinar las estrategias para optimizar los resultados de un plan de mantenimiento a través de un plan estratégico?

Sí, es posible determinar estrategias para optimizar los resultados de mantenimiento a través de un plan estratégico que programe actividades de intervención donde se cuantifique la eficiencia del servicio mediante indicadores de satisfacción al cliente y seguimiento operativo del equipo en estudio.

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Objetivo General**

Optimizar los resultados de mantenimiento a través de la planeación estratégica, aplicada a un equipo (Telehandler JLG G9-43<sup>a</sup>) de servicio renta.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el equipo más crítico de la organización para aplicar la metodología de mantenimiento.
- Definir los aspectos estratégicos que se tendrán en cuenta para desarrollar la propuesta de mantenimiento.
- Identificar los aspectos técnicos y operacionales que necesita el personal para intervenir el equipo, con motivo de desarrollar indicadores de gestión (prestación de servicio, volumen de trabajo y efectividad de la intervención).

## **4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1 Justificación**

Teniendo en cuenta las exigencias actuales de las diferentes organizaciones en cuanto a servicio y costos de manutención a activos, podríamos dar solución a aquellas inquietudes mediante un mantenimiento basado en la identificación y cumplimiento de actividades de intervención que me generan disponibilidad y confiabilidad a los equipos en servicio, lo cual permite gestionar una planeación del proceso operativo dando lugar a tiempos y costos que incurre en dicha actividad. Los mantenimientos planeados en gran parte demuestran que los aportes que una empresa hace al área de mantenimiento no es un gasto si no una inversión, siempre y cuando se tengan datos estadísticos del desarrollo de dichas labores que justifique esa inversión.

La implementación de un mantenimiento estructurado a una organización generalmente dura alrededor de 10 a 15 años dependiendo del criterio y la aplicación que la organización preste al campus de mantenimiento, esta palabra cubre aspectos como: capacitación al personal, inventario de repuestos, presupuesto, tiempo, competencias en el personal, criterio de calificación a las tareas planeadas, hojas de vida de los diferentes equipos; si es una empresa dedicada a la prestación de un servicio de renta, verificar el nivel de competencia de los operarios, lugar de operación y trabajo que realiza, etc. El análisis de dichos aspectos permite cuantificar y cualificar el estado en general de una flota de equipos que requiere cierta intervención y busca aspectos en común, generando disponibilidad de repuestos e insumos para lograr una disminución en costos.

## **4.2 Delimitación**

La propuesta de mantenimiento basada en estrategias aplicadas a la conservación de estado y funcionamiento de activos se puede desarrollar en cualquier organización que tenga prioridades a futuro con el área de mantenimiento. Dicha propuesta se propone a una empresa del sector de venta, renta y servicios en equipos para construcción, especialmente en un “Telehandler JLG G9-43A”, el cual trabaja en ocasiones 24 horas dependiendo de las exigencias de la obra.

### **Limitaciones:**

**Espacio:** Teniendo en cuenta el área de operación del equipo podemos decir que el espacio no es una área totalmente determinada ya que el equipo se renta a cualquier cliente que necesite el servicio, dicha persona tendrá en cuenta algunas condiciones básicas de operación en la maquina (terreno, inclinación, cargas a levantar, elevación, revoluciones del motor etc.).

### **Tiempo:**

El tiempo para llevar a cabo la propuesta de mantenimiento basada en estrategias lleva alrededor de 2 años, con motivo del cumplimiento en actividades y metodologías que harán de la propuesta un éxito.

## 5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1 Marco teórico

El Telehandler JLG G9-43<sup>a</sup> es un equipo telescópico que permite llevar ciertas cargas a una distancia y altura requerida dependiendo de las exigencias de la actividad y el terreno, dicha máquina se encuentra equipada con un sistema hidráulico operado por un motor Caterpillar que le permite realizar las diferentes operaciones (inclinación del habitáculo, elevación del boom, movimiento de la canasta, dirección en las cuatro ruedas y accionamiento de los diferentes actuadores del sistema hidráulico) y maniobras para llevar la carga al sitio requerido.

Figura 1: Telehandler JLG G9-43<sup>a</sup>



Fuente: Página en internet <http://www.rmsrentals.com/equipment/new/jlg-forklift.php>

Especificaciones del equipo:

Telehandler JLG G9-43A

- G9: Peso total alzado 9000lb en con un Angulo de inclinación de cero.
- 43A: Altura máxima de elevación 43 pies, equipado con motor de combustión interna.

Tabla 1 características técnicas del equipo

Características	Capacidad
Capacidad nominal, centro de carga (0 grados de inclinación con respecto al eje transversal del equipo.	9000 lb (4082kg)
Altura máxima de elevación	43pies (13,1m)
Capacidad, altura máxima de elevación	7000lb (3175kg)
Máximo alcance hacia adelante	35 pies (9.6m)
Capacidad en su máximo alcance	1200 lb (544kg)
Peso máximo de operación	26050 lb (11814kg)
Ancho	6,25 m
Altura	2,42 m
Distancia entre ejes	3,35 m
Radio de giro sobre las llantas	12 pies (3,7 m)
Tracción	4 x 4
Motor	Caterpillar 3054
Hp y Rpm	99 hp, 2500 rpm
Transmisión	Servo (powershift)
Eje delantero	Alto sesgo, deslizamiento

	limitado.
Eje trasero	Planetario
Dirección	En todas las ruedas
Llantas	13:00 x 24 - 12 PR
Máxima velocidad de avance	20,4mph (32,8 kph)
Inclinación del bastidor Izq./Der, nivelación bastidor	± 10 grados

Fuente: libro JLG Ground Support

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio operativo de activos introdujo programas de mantenimiento correctivo inicialmente cuyo objetivo principal es solucionar el problema, mediante reparaciones o cambio de componentes, es decir llevar el equipo hasta la falla “apagar incendios” permitiendo así mantener un proceso operativo en producción. Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos.

Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. Es la filosofía del tero tecnología. Todo ello ha llevado a la necesidad de manejar desde el mantenimiento una gran cantidad de información.

Una organización de mantenimiento puede ser de diversos tipos, pero en todos ellos aparecen los tres componentes siguientes:

1. **recursos:** comprende personal, presupuesto, repuestos, tiempo y herramientas, con un tamaño, composición, localización y movimientos determinados.
2. **Administración:** una estructura jerárquica con autoridad y responsabilidad que decida que trabajo se harán, cuando y como debe llevarse a cabo.

Posteriormente las organizaciones facilitan al sector de mantenimiento la oportunidad de tener un mayor punto de acción y responsabilidad dentro de la producción, es entonces cuando aparece el mantenimiento preventivo, cuya función es prevenir fallas y accidentes al equipo y al operario mediante actividades propuestas (cronograma de tareas), teniendo en cuenta la información general del equipo y sus condiciones de trabajo.

No resulta difícil de entender, pues es perfectamente verificable y cuantificable, que haciendo excelencia en mantenimiento se consigue eficiencia energética, se reducen las emisiones de gases perjudiciales, se ahorra en combustibles, se controlan los excesivos consumos de energía (las cuales dicho sea de paso sufren un aumento significativo cada día), se alarga el ciclo de vida de los equipos, se potencian las energías alternativas y renovables, etc.

### **5.1.1 PLANEACION ESTRATEGICA**

Proceso sistemático de desarrollo implementado a una organización o empresa que requiere ciertos planes de operación que permitan cumplir o alcanzar sus propósitos o metas, ya sean económicas, operativas u organizacionales. Dichos

planes de operación requieren ciertas competencias que se necesitan para llevar a cabo los planes de mejora, por tanto se requiere nuevos métodos de aprendizaje y actualización de actividades referentes al tema en estudio, Mediante la planificación estratégica se define el rumbo o dirección, estableciendo las posibles vías mediante las cuales se puedan seguir cursos de acción particulares, a partir de la situación actual.

### **Beneficios de la Planeación en mantenimiento**

- Menor consumo de horas hombre
- Disminución de inventarios
- Menor tiempo de parada de equipos
- Mejora el clima laboral en el personal de mantenimiento
- Mejora la productividad (Eficiencia x Eficacia)
- Ahorro en costos

## **5.1.1 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO**

Análisis situación actual.



Definir política de mantenimiento.

Figura 4 Tipos de mantenimiento



Autor: [www.tiposdemantenimiento.com](http://www.tiposdemantenimiento.com)

### 5.1.1.1 Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento también es denominado «mantenimiento reactivo», tiene lugar luego 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 ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

- Afecta las cadenas productivas, 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.

#### **5.1.1.2 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.

#### **Presenta las siguientes características:**

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha 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 las herramientas y repuestos necesarios «a mano».
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.

- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

### **5.1.1.3 Mantenimiento predictivo**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo.

El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo.

Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)

- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

#### **5.1.1.4 Mantenimiento proactivo**

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben ser conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente.

El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

### ***¿Qué es planear?***

Es definir:

- El **Que**: El alcance del trabajo o proyecto.
- El **Como**: Procedimientos, normas y procesos.
- Los **Recursos**: Humanos, equipos, herramientas, materiales....etc.
- La **Duración**: Tiempo del trabajo o proyecto.

#### **5.1.1.4.1 CRITERIOS DE PROGRAMACION**

- Análisis crítico de la actividad a realizar.
- Necesidades de la operación.
- Existencia de recursos adecuados.
- Carga de trabajo
- Optimización de recursos y equipos.

#### **5.1.1.4.2 CRITICIDAD DEL EQUIPO**

- Alta:

Equipos cuyo paro afecta directamente la producción o la seguridad de las personas, equipos o medio ambiente.

- Media:

Equipos esenciales para la producción, pero que tienen al menos un equipo de respaldo.

- Baja:

Equipos de propósito general.

### 5.1.2 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, esta requiere de la existencia de un Plan de Operaciones, el cual debe ser conocido por todos y debe haber sido aprobado previamente por las autoridades de la organización.

Este Plan permite desarrollar paso a paso una actividad programa en forma metódica y sistemática, en un lugar, fecha, y hora conocido. A continuación se enumeran algunos puntos que el Plan de Operaciones no puede omitir:

- Determinación del personal que tendrá a su cargo el mantenimiento, esto incluye, el tipo, especialidad, y cantidad de personal.
- Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.
- Fijar fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.
- Fijar el tiempo previsto en que los equipos van a dejar de producir, lo que incluye la hora en que comienzan las acciones de mantenimiento, y la hora en que deben de finalizar.
- Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento, para lo cual debe haber un sustento previo que implique la importancia y las consideraciones tomadas en cuenta para escoger dichos equipos.
- Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento de partes y equipos.
- Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén, en el caso de que sea necesario reemplazar piezas viejas por nuevas.
- Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.
- Planos, diagramas, información técnica de equipos.

- Plan de seguridad frente a imprevistos.

Luego de desarrollado el mantenimiento se debe llevar a cabo la preparación de un Informe de lo actuado, el cual entre otros puntos debe incluir:

- Los equipos que han sido objeto de mantenimiento.
- El resultado de la evaluación de dichos equipos.
- Tiempo real que duró la labor.
- Personal que estuvo a cargo.
- Inventario de piezas y repuestos utilizados.
- Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento.
- Conclusiones.

#### **5.1.2.1 Órdenes de trabajo**

Las «solicitudes de trabajo» son generadas cada vez que se advierte que un trabajo de mantenimiento es necesario.

Las órdenes de trabajo de mantenimiento son provocadas por solicitudes de trabajo que luego de ser firmadas por el Jefe de Mantenimiento se convierten en «órdenes de trabajo».

Los tipos de órdenes de trabajo son:

- Orden Normal.
- Orden Compuesta o Cruzada.
- Orden de Pequeños Trabajos.
- Orden Permanente.

### **5.1.2.2 Programación del mantenimiento**

El objetivo de la programación consiste en determinar el orden en el cual se deben efectuar los trabajos planificados teniendo en cuenta:

- Los grados de urgencia.
- Los materiales necesarios.
- La disponibilidad del personal.

La programación de mantenimiento es el proceso de asignación de recursos y personal para los trabajos que tienen que realizarse en ciertos momentos. Es necesario asegurar que los trabajadores, las piezas y los materiales requeridos estén disponibles antes de poder programar una tarea de mantenimiento. El equipo crítico de una planta se refiere al equipo cuya falla detendrá el proceso de producción o pondrá en riesgo vidas humanas y la seguridad.

El trabajo de mantenimiento para estos equipos se maneja bajo prioridades y es atendido antes de emprender cualquier otro trabajo. La ocurrencia de tales trabajos no puede predecirse con certeza, de modo que los programas para el mantenimiento planeado en estos casos tienen que ser revisados.

En la eficacia de un sistema de mantenimiento influye mucho el programa de mantenimiento que se haya desarrollado y su capacidad para adaptarse a los cambios. Un alto nivel de eficacia en el programa de mantenimiento es señal de un alto nivel de eficacia en el propio mantenimiento.

La organización de un sistema de mantenimiento incluye lo siguiente:

1. Diseño de trabajo.
2. Estándares de tiempo.

### 3. Administración de proyectos.

Se sabe que los sistemas de mantenimiento se ponen en movimiento por las órdenes de trabajo, que generalmente son emitidas en los departamentos de producción. Estas órdenes de trabajo describen el trabajo, su ubicación, las habilidades requeridas y la prioridad del trabajo.

#### **5.1.2.2.1 Diseño de trabajo**

El diseño de trabajo, en lo que respecta a mantenimiento, comprende el contenido del trabajo de cada tarea y determina el método que va a utilizar, las herramientas especiales necesarias y los trabajadores calificados requeridos.

#### **5.1.2.2.2 Estándares de tiempo**

Una vez que la tarea de mantenimiento ha pasado por la etapa de diseño, es básico estimar el tiempo necesario para completar el trabajo.

Los estándares de tiempo realistas representan un elemento muy valioso para vigilar e incrementar la eficacia de los trabajadores y, de esta forma, reducir al mínimo el tiempo muerto de la planta.

No es esencial tener estándares para todos los trabajos de mantenimiento.

## **5.1.2 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

En el caso de las plantas grandes, las reparaciones generales de gran envergadura o el mantenimiento preventivo que se ha planeado, se llevan a cabo de forma periódica.

Durante estos trabajos, toda la planta o parte de esta se para. Teniendo en mente la minimización del tiempo muerto, conviene planear y graficar el trabajo para hacer mejor uso de los recursos. La administración de proyectos implica el desarrollo de redes de actividades y luego el empleo de técnicas como el método de la ruta crítica o la técnica de evaluación y revisión de programas.

Una vez que se ha desarrollado la red, que incluye una descomposición de trabajos, secuencia de los mismos, estimaciones de tiempo para cada actividad, etc., puede utilizarse software para programas de actividades y determinar la mejor utilización de los recursos.

La fase de control de un proyecto tal incluye medir el avance en forma regular, compararlo con el programa y analizar la variación como porcentaje del trabajo total. Pueden tomarse acciones correctivas para eliminar las deficiencias.

Figura 5. Tiempo cuantificado para realizar una reparación

### Indicadores necesarios para la programación de una reparación de mantenimiento



Autor: <http://www.imageninstitucional.com>

### **5.1.3.1 Actividades de los sistemas de información**

Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información.

#### **5.1.3.1.2 Entrada de Información**

Es el proceso mediante el cual el Sistema de Información toma los datos que requiere para procesar la información. Las entradas pueden ser manuales o automáticas. Las manuales son aquellas que se proporcionan en forma directa por el usuario, mientras que las automáticas son datos o información que provienen o son tomados de otros sistemas o módulos. Esto último se denomina interfaces automáticas.

Las unidades típicas de entrada de datos a las computadoras son las terminales, las cintas magnéticas, las unidades de diskette, los códigos de barras, los escáner, la voz, los monitores sensibles al tacto, el teclado y el mouse, entre otras.

#### **5.1.3.1.3 Almacenamiento de información**

El almacenamiento es una de las actividades o capacidades más importantes que tiene una computadora, ya que a través de esta propiedad el sistema puede recordar la información guardada en la sección o proceso anterior. Esta información suele ser almacenada en estructuras de información denominadas archivos. La unidad típica de almacenamiento son los discos magnéticos o discos duros, los discos flexibles o diskettes y los discos compactos (CD-ROM).

#### **5.1.3.1.4 Procesamiento de Información**

Es la capacidad del Sistema de Información para efectuar cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida. Estos cálculos pueden efectuarse con datos introducidos recientemente en el sistema o bien con datos que están almacenados. Esta característica de los sistemas permite la transformación de datos fuente en información que puede ser utilizada para la toma de decisiones, lo que hace posible, entre otras cosas, que un tomador de decisiones genere una proyección financiera a partir de los datos que contiene un estado de resultados o un balance general de un año base.

#### **5.1.3.1.5 Salida de Información**

La salida es la capacidad de un Sistema de Información para sacar la información procesada o bien datos de entrada al exterior. Las unidades típicas de salida son las impresoras, terminales, diskettes, cintas magnéticas, la voz, los graficadores y los plotters, entre otros. Es importante aclarar que la salida de un Sistema de Información puede constituir la entrada a otro Sistema de Información o módulo. En este caso, también existe una interface automática de salida. Por ejemplo, el Sistema de Control de Clientes tiene una interface automática de salida con el Sistema de Contabilidad, ya que genera las pólizas contables de los movimientos procesales de los clientes.

### **5.1.3.2 Tipos de sistemas de información**

Durante los próximos años, los sistemas de información cumplirán los siguientes objetivos:

1. Automatizar los procesos operativos.
2. Proporcionar información de apoyo a la toma de decisiones.
3. Lograr ventajas competitivas a través de su implantación y uso.

### **5.1.3.4 Actividades de control**

El control, se aplica en un sistema de mantenimiento, incluye lo siguiente:

- \* Control de Trabajo
- \* Control de Inventarios
- \* Control de Costos
- \* Control de Calidad

#### **5.1.3.3.1 Control de trabajos**

El control de actividades en un plan de mantenimiento estratégico, permite organizar labores ejecutadas en un tiempo y en un espacio adecuado para la labor; de acuerdo a lo anterior podemos decir que una manera de registrar la ejecución y la calidad en la intervención a un equipo o maquina es una orden de trabajo, donde se calificara el orden de las actividades a realizar y las condiciones en las que entrega el equipo después de intervenido. Una orden de trabajo bien diseñada con un adecuado sistema permite efectividad .se estudian diversas herramientas esenciales para un control eficaz del trabajo de mantenimiento, incluyendo fotografías y criterios que el cliente emite con respecto al servicio prestado.

### **5.1.3.3.2 Control de Inventarios**

Para la programación de trabajo de mantenimiento es esencial asegurar que se cuente con las refacciones y los materiales requerido. Físicamente imposible y económicamente impráctico de cada refacción llegue de manera exacta cuando se necesita y donde se necesita. Por estas razones se mantiene inventarios. El control de inventarios es la técnica de mantener refacciones y materiales en los niveles deseados.

### **5.1.3.3.3 Control de costos**

El costo del mantenimiento tiene muchos componentes, incluyendo el mantenimiento directo, la producción perdida, la degradación del equipo, los respaldos y los costos de un mantenimiento excesivos. El control de los costos de mantenimiento es una función de la filosofía del mantenimiento, el patrón de operación, el tipo de sistema y los procedimientos y las normas adoptadas por la organización.

## **5.2 ESTADO DEL ARTE**

### **5.2.1 Estado del arte local**

**5.2.1.1** En el año 2012 en la universidad “ECCI” Escuela Colombiana de Carreras Industriales, los ingenieros mecánicos Arbey Flores Cuervo y Héctor Julio Moreno, con la monografía basada en el diseño de un modelo gerencial aplicado a empresas de servicio de mantenimiento mecánico a la industria petrolera colombiana; dicha monografía consiste en realizar 5 visitas a diferentes empresas del sector metalmeccánico, donde encontraron falencias en el servicio prestado, por diferentes motivos( herramientas de

trabajo, innovación tecnológica, compromiso con el cliente e infraestructura), lo cual les permite a ellos desarrollar la teoría de la “servucción(Eigler y Langeard 1989)” la cual está fundamentada en tres principios: el cliente, el producto y la prestación del servicio.

**5.2.1.2** En el año 2012 en la universidad “ECCI” Escuela Colombiana de carreras Industriales, los ingenieros mecánicos Iván Ultuzarra Sanabria e Iván Leonardo Montañés Calderón, con la monografía basada en la importancia que tiene la confiabilidad y disponibilidad de un activo para una organización, partiendo de principios fundamentales como: condiciones corporativas, técnicas y tecnológicas que forman un modelo de negocio ante una posible competencia o exigencia del cliente, dando un mayor soporte y viabilidad de la actividad a futuro, así mismo las mejoras en procesos y condiciones que innovan su situación actual creando una diferencia ante su competencia.

**5.2.1.3** En el año 2012 en la universidad “ECCI” Escuela Colombiana de Carreras Industriales, los ingenieros mecánicos Marving Leonel Carreño Daza y John Alexander Gómez Díaz, con la monografía Identificación y análisis del costo de mantenimiento preventivo en concentraciones de oxígeno de la empresa Cryogas S.A. investigaron los costos de mantenimiento a equipos de la organización, teniendo en cuenta su condición y uso biomédico, lo cual implica una alta confiabilidad y disponibilidad de los activos, ya que la gran mayoría de los equipos se encuentran en uso domiciliario, permitiendo dificultades a la tarea de mantenimiento, para dichas condiciones se propuso reorganizar los técnicos a los sitios de mayor actividad, actualizar hoja de vida de los

equipos y verificación de los daños más críticos en los equipos creando un plan de contingencia que no le cause pérdidas a la compañía.

**5.2.1.4** En el año 2012 en la universidad “ECCI” Escuela Colombiana de carreras Industriales el ingeniero Leonardo Barrera Albarracín, con la monografía propuesta para el manejo en gestión de activos para la empresa Coditeq S.A, investigo la importancia que en la actualidad otorga una adecuada gestión de activos en TI(técnicas de instrucción) y la trascendencia esperada en el entorno guiado a una centralización de la administración de activos, permitiendo una filtración contra el robo de información , lo cual permite hacer un seguimiento de activos que puede determinar los puntos débiles que son la base para realizar un plan de mejora para subsanar dichas debilidades.

**5.2.1.5** En el año 2012 en la universidad “ECCI” Escuela Colombiana de Carreras Industriales los Ingenieros John Edison Hernández Castro y René Alejandro Manrique, con la monografía Reestructuración del plan de mantenimiento para la flota de vehículos Mercedes Benz existente en la empresa donde labora, investigo el valor agregado que genera dicha actividad para la compañía, aplicando un conjunto de acciones y operaciones orientadas a la conservación de un activo en proceso productivo, además propone una plataforma como solución para llevar a cabo actividades propuestas que corresponden al restablecimiento de fechas y operaciones activas.

## **5.2.2 Estado del arte nacional**

**5.2.2.1** En el año 2010 en la universidad EAFIT de Medellín, Colombia, el ingeniero mecánico Pedro Alejandro Céspedes Gutiérrez con la monografía metodología para medir confiabilidad y disponibilidad en mantenimiento,

evaluó e investigo el uso de fórmulas matemáticas que permiten obtener la rentabilidad de un equipo en fase de producción, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: función de confiabilidad, función de mantenibilidad, función de disponibilidad, función de falla y el tiempo medio entre fallas lo cual le genera confianza en los datos y respuestas que se evalúan con el paso de trabajo del activo.

**5.2.2.2** En el año 2009 en la universidad de Cartagena, los administradores industriales Jorge Luis Valdés Agenció y Erick Armando San Martín Pacheco con la monografía diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicados a los equipos de la empresa Remaplast, investigo aspectos donde se tienen en cuenta uso de los activos, frecuencia, tiempo de uso y tipo de trabajo desempeñado (se fundamenta en parámetros del fabricante), lo cual genera una serie de hipótesis y actividades que evalúan el verdadero estado de un activo, con motivo de desarrollar hojas de vida y demás datos que identifiquen el equipo para empezar a programar mantenimientos de las diferentes índoles: mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo y autónomo.

**5.2.2.3** En el año 2010 en la universidad Javeriana de Colombia, lo ingenieros mecánicos Diego Javier Román Matamoros y Christian Arias Ulloa, con la monografía diseño de un sistema de gestión en control operacional para una empresa metal mecánica, donde se realiza inicialmente un diagnóstico de la producción anual de la planta, permitiendo tener un reconocimiento de las amenazas en el sector productivo, posteriormente se evalúan los activos de la línea de producción para encontrar fallas en su funcionamiento con la idea de aplicar mantenimiento, y finalmente se construye una matriz de decisión donde se tienen en

cuenta los aspectos generales del proceso productivo con motivo de mejoramiento en rentabilidad de la organización.

**5.2.2.4** En el año 2010 en la universidad pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga la ingeniera civil Claudia Patricia Tavera Salamanca, con la monografía propuesta para la estandarización del mantenimiento técnico en tanques de almacenamiento API en refinería, su propuesta se desarrolla en Barrancabermeja, la cual consiste en la generación de un mantenimiento periódico a los tanques de almacenamiento de crudo cada 2 años, el cual se desarrolla con equipos de trabajo y se contratan las actividades propias de reparación del tanque permitiendo tener un manual para el desarrollo de las actividades.

**5.2.2.5** En el año 2011 en la universidad Santo Tomas seccional Bogotá los ingenieros mecánicos Carlos Fabián Rodríguez Gómez y Pedro Alonso Castillo, con la monografía propuesta de vinculación del AMEF (análisis de modo y efecto de falla), a una empresa del sector automotriz que ensambla vehículos, permitiendo detectar problemas de mal funcionamiento de equipos y atrasos en la entrega de tareas, lo cual genera la posibilidad de realizar planes de acción que mejoren la productividad y el desempeño laboral en la línea de ensamble representada en el número de vehículos ensamblados por semana.

### **5.2.3 Estado del arte internacional**

**5.2.3.1** En el año 2005 en la Universidad Pinar del Rio, la Habana Cuba, los ingenieros eléctricos E. Rodríguez y A. Miguel con la monografía gestión de mantenimiento para equipos médicos, generan una propuesta enfocada hacia los tipos de mantenimiento y actividades de intervención que se le puede realizar a los equipos operativos(calibración), teniendo en cuenta la

exigencia e higiene que dichas actividades requieren para su cumplimiento, dicho programa aplica algunas estrategias de mantenimiento como el AMEF, RCA y la aplicación de las 5s, lo cual implica nuevas herramientas de apoyo, capacitación a personal médico e ingeniería de desarrollo y control con motivo seguimiento y aplicación de metodologías en las labores programadas.

**5.2.3.2** En el año 2005 en la universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, los ingenieros mecánicos Walter Andrés Singuencia Bravo y Vicente Ramiro Singuencia Zambrano con la monografía Diseño de un plan de mantenimiento para la fábrica pan del Ecuador S.A, investigan la necesidad operativa que requiere la línea de producción en cuanto a equipos confiables y disponibles utilizados para la elaboración de su producto, las soluciones se enfocaron en la búsqueda de información de los equipos y del personal, teniendo en cuenta la exigencia de la labor y la calidad del servicio prestado, motivo por el cual se implementaran algunas estrategias de mantenimiento como el RCA(análisis de causa raíz), y planeación de actividades proactivas.

**5.2.3.3** En el año 2000 en la universidad de Flores(UFLO) Argentina, el ingeniero mecánico Alberto José Pérez Romero con la monografía cambio en la información técnica y aprendizaje en una planta argentina de motores, realizo un análisis en fallas del producto final y del servicio prestado por parte del personal hacia la organización, lo cual impulsa a generar una serie de tareas correctivas en manejo, operación y mantenimiento de los equipos de línea, dichas actividades llevaron a establecer estándares y normas que debe tener un producto final como política interna de la compañía, así mismo las competencias que el personal requiere para su desempeño.

**5.2.3.4** En el año 2013 en la universidad Veracruzana México, el ingeniero Mecánico Electricista Alfredo Castillo Aguilar con la monografía requisitos mínimos para inspección, evaluación en ductos marinos en Pemex, realiza un análisis de las condiciones que deben tener los ductos para transportar los diferentes derivados del petróleo, su revestimiento, su superficie interna, condiciones ambientales, presión del fluido en movimiento y las actividades previas que se deben hacer para evaluar el estado natural del ducto, los cuales se deben encontrar en perfectas condiciones, antes de ser sumergidos en el mar, de lo contrario una fuga ocasiona daños graves en la flora y fauna circundante; “ las actividades obtienen un mayor seguimiento y control cuando se tienen mantenimiento programado viable ejecutar.”

## 6.0 TIPO DE INVESTIGACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Histórica</li> </ul>	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documental</li> </ul>	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descriptiva</li> </ul>	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correlacional</li> </ul>	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicativa</li> </ul>	Da razones del porqué de los fenómenos.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios de caso</li> </ul>	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seccional</li> </ul>	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitudinal</li> </ul>	Compara datos obtenidos en diferentes u oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimental</li> </ul>	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Por lo tanto esta investigación es de tipo descriptiva y estudio de caso, ya que la parte fundamental del proyecto se encuentra en la búsqueda de información que me permita conocer mi objeto en estudio para desarrollar estrategias de mantenimiento que logren cumplir las metas en disponibilidad y confiabilidad que el activo requiere para generar rentabilidad en su funcionamiento.

---

*Tomado de la guía anteproyecto "ECCI"*

## **7.0 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA**

### **7.1 Recopilación de la información**

La información registrada en este documento fue redacta con ayuda de algunas monografías (locales, nacionales e internacionales), información en internet y algunos libros con énfasis en el área de mantenimiento, dicha información permite definir un perfil de mantenimiento aplicado a ciertos activos que requieren ciertas actividades para mantenerse funcionales y confiables ante cualquier eventualidad.

El mantenimiento es una tema bastante extenso e interesante que permite realizar planes de seguimiento a diferentes equipos enfocados desde varios puntos de vista teniendo en cuenta la aplicación y el campo de trabajo que se efectúa por la máquina en estudio, siempre teniendo como objetivo principal mantener funcional y disponible el elemento en todo instante. Con base en lo anterior podemos decir que el mantenimiento es la base primordial para identificar la función que una maquina puede generar en un campo de trabajo.

Generalmente la identificación y desarrollo de un plan de mantenimiento a una serie de equipos requiere cierta inversión y tiempo que define los aspectos importantes a tener en cuenta para efectuar las actividades planeadas, por tanto se requiere de compromiso para obtener las mejoras en disponibilidad y confianza que se espera del equipo en estudio y poder proyectar la eficiencia de la actividad en otros campos de trabajo que me generen rentabilidad.

En una empresa del sector de renta en equipos y máquinas para construcción, se aprecia que dentro de su grupo operativo funcional de equipos, se identifica al Telehandler JLG G9-43<sup>a</sup>, el cual presenta alto nivel de criticidad en el tiempo operativo disponible, ya que su forma de trabajar, alcance en carga y distancia son parte fundamental para que dicho equipo se mantenga operativo; por tanto

se requiere de un sistema estratégico de mantenimiento que permita atender dichas problemáticas buscando soluciones y mejoras continuas.

### **7.1.1 nivel estratégico de mantenimiento**

El nivel estratégico permite medir el alcance de los logros programados y el cumplimiento de las actividades previstas para el equipo en estudio; de acuerdo a lo anterior tenemos dos tipos de estrategias así:

#### **7.1.1.1 Estrategias tácticas**

##### **7.1.1.1.1 TPM – mantenimiento productivo total**

El TPM se define como el conjunto de disposiciones técnicas-medias y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas e instalaciones

Teniendo en cuenta lo anterior encontramos algunos puntos informativos de mejora que se pueden aplicar al plan estratégico así:

- Mantenimiento Autónomo – Jishu Hozen.

Este tipo de mantenimiento se puede llevar a cabo mediante la guía de información específica del equipo (pág. 38).

- Mantenimiento de la Calidad – Hinshitsu Hozen.

Este tipo de mantenimiento se puede realizar mediante una serie de indicadores de cumplimiento de labores ejecutadas que permite medir este logro, (pág. 48).

- Entrenamiento, Educación, Capacitación y Crecimiento

Dichas actividades se pueden llevar a cabo mediante información facilitada al equipo de trabajo que en el proceso de mantenimiento, ver hoja de trabajo de las páginas 37 y 48.

##### **7.1.1.1.2 RCM – mantenimiento centrado en la confiabilidad**

El RCM se define como un proceso usado para determinar lo que debe hacerse

para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando sus funciones sin esperar una falla no planeada, ver la hoja de trabajo de la página 43 formatos de control de fallas.

#### **7.1.1.1.3 RCA – Análisis de causa raíz**

Aplicación de tres preguntas básicas según el RCA (Análisis de causa raíz):

1. ¿Cuál es el problema? “Definir (metas)”
2. ¿Porque ocurrió? “ Analizar (causas)”
3. ¿Que se hará para prevenirlo? “Prevenir (soluciones)”

Para mayor seguimiento y verificación de una falla, apoyarse de la hoja de trabajo de la página (45 y 46).

#### **7.1.1.2 Estrategias operativas**

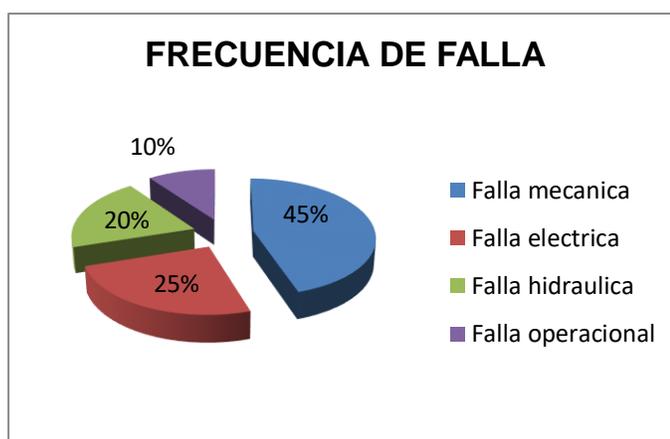
Actividades programadas en mantenimiento para lograr los propósitos previstos en nuestra planeación, ver (pág. 50) así:

- Disponibilidad del equipo en estudio, medido en %.
- Tasa de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, medido en %.
- Tiempo programado Vs tiempo de horas muertas, medido en %.
- Numero de fallas reportadas en el equipo Vs mantenimiento preventivo, medido en %.
- Costos de fallas correctivas.

## 7.2 Análisis de datos

Dentro del análisis y fundamento del problema se encuentra un factor importante en el mantenimiento de un equipo, el cual se define como “falla”: evento inesperado que ocurre en el activo por falta de programación de actividades de prevención, en la mayoría de los casos dicho problema puede ser tan grave que el equipo deja de operar. Teniendo en cuenta lo anterior se puede describir el mantenimiento así:

Figura 6. Porcentajes de posible falla del activo

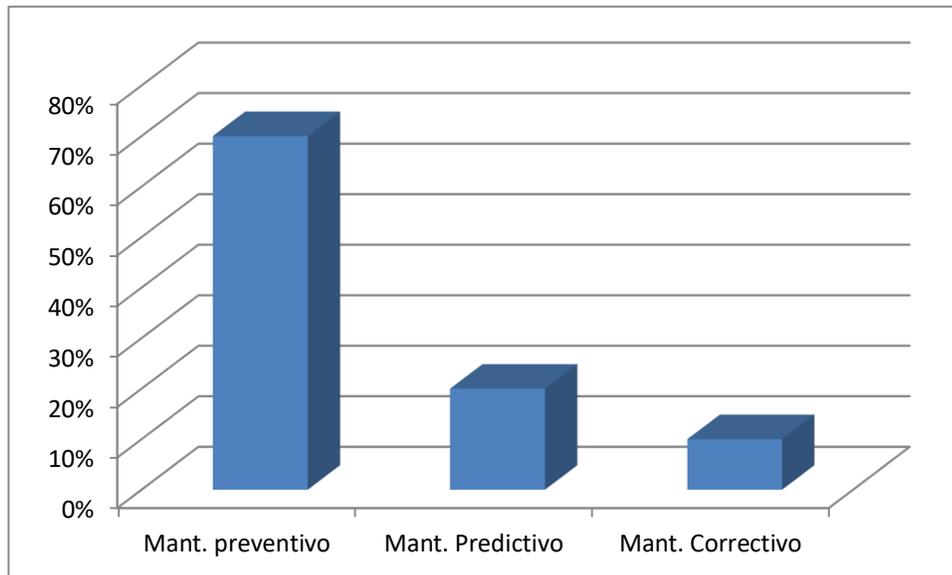


Autor: John Edison Quintero Joya.

La figura 6 permite deducir las frecuencias de falla más comunes en el funcionamiento de un activo (telehandler), donde un 90% en fallas corresponden a daños propios del equipo y un 10% en falla corresponde a daño operacional, lo cual indica la efectividad que tiene el trabajador a la hora de operar la máquina. El porcentaje de fallas observado en forma gráfica se convierte en un objetivo primordial en la estrategia operativa de mantenimiento, el cual se vale de algunos métodos como el RCA (análisis de causa raíz), el RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) y el TPM (mantenimiento productivo total) para identificar la falla como una

opción de mejora en el transcurso del tiempo, lo cual permite medir eficiencia en un sistema de mantenimiento.

Figura 7. Porcentajes en mantenimiento a un activo



Autor: John Edison Quintero Joya

Según la figura 7 se puede deducir que un activo que se encuentre en condiciones operativas normales presentará un 70% en actividades de mantenimiento preventivo y un 10% en mantenimiento correctivo, lo cual genera un comportamiento satisfactorio en disponibilidad y confiabilidad hacia la organización; la meta de un sistema estratégico de mantenimiento es lograr ese 10% correctivo lo cual indica que la minoría de actividades no programadas que tienen que efectuarse no comprometen en tiempo considerable la operación del equipo, para lo cual se tienen algunos métodos de aplicación como:

- Efectividad en mantenimiento, control de fallas y seguimiento operacional del equipo.

## **7.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

### **7.3.1 Identificación del equipo más crítico de la organización**

Se hizo un reconocimiento general de los equipos que maneja el área operacional en la empresa de renta de equipos, se concluyó que la máquina que presenta mayor complicación en manejo e intervención técnica es el Telehandler JLG G9-43<sup>a</sup> máquina diseñada para trasladar cargas específicas a cierta altura y distancia; la disponibilidad del equipo en el punto de operación debe ser total, puesto que la magnitud y el movimiento de este elemento hace de la labor una actividad dependiente que requiere cierto análisis y exigencia, lo cual permite aplicar la estrategia de mantenimiento evaluada desde 2 aspectos: Estrategia táctica y estrategia operacional.

### **7.3.2 Historial del equipo**

#### **7.3.2.1 hojas de vida**

Documento de interpretación y manejo de las características que un equipo requiere para su desempeño.

##### **7.3.2.1.1 Requisitos primarios**

- Inventario general del equipo de acuerdo al manual de servicio y operación del mismo.
- Hacer el respectivo reconocimiento de representación que el equipo tiene ante la parte comercial.

##### **7.3.2.1.1 Requisitos Secundarios**

- Exigencias en capacidad y operación que la organización requiere del equipo.
- Proceso de capacitación en servicio y operación del equipo.

De acuerdo a la importancia y verificación de los requisitos ya mencionados, se pueden encontrar factores que permiten al mantenimiento tener la posibilidad de generar las mejores decisiones para atender dicho activo (equipo) con motivo de mantener su tiempo de operación y disponibilidad ante las labores requeridas. Según el orden de ideas generadas por este tipo de aspectos, podemos realizar un documento que permita tener la información general del equipo así:

figura 8: Información general del equipo

<b>Tipo de documento</b>			<b>Formato:</b>
<b>Nombre</b>	Hoja de vida de equipos y Máquinas		
<b>Descripción del equipo o máquina</b>			
<b>Campo de trabajo</b>			
<b>Responsable del equipo</b>			
<b>Datos generales del equipo</b>			
<b>Marca</b>		<b>Tipo de motor</b>	
<b>Serie</b>		<b>Marca del motor</b>	
<b>Año de adquisición</b>	DD/MM/AA	<b>Potencia</b>	
<b>Manual existente?</b>		<b>Medio</b>	
<b>Ubicación</b>		<b>Autorización</b>	Director mantenimiento
<b>Descripción del mantenimiento necesario</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia de la actividad</b>	<b>Repuestos utilizados</b>	
<b>Historial de mantenimientos realizados</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Tipo de mantenimiento</b>	<b>Descripción de la actividad</b>	<b>Repuestos utilizados</b>
<b>Daño encontrado</b>		<b>Responsable</b>	<b>Prueba de la máquina</b>

--	--	--

Fuente: Autor

### 7.3.2.1.1 Información específica del equipo

Especifica los diferentes componentes y funcionamiento de dispositivos del equipo a estudiar, permitiendo hacer un reconocimiento de las operaciones:

Figura 9: Información Específica del Equipo

	<b>Máquina</b>	
	<b>Serie</b>	
<b>Tipo de combustible o energía</b>		
<b>Fecha</b>	DD/MM/AA	
<b>Componentes generales del equipo</b>		
<b>Estado de dispositivos electrónicos</b>		
<b>Estado de dispositivos hidráulicos</b>		
<b>Estado de dispositivos mecánicos</b>		
<b>Componentes externos funcionales del equipo</b>		
<b>Carrocería o protector del componente</b>		
<b>Estado de llantas o puntos de fijación</b>		
<b>Habitáculo o cabina de mando</b>		
<b>Prueba de funcionamiento del equipo</b>		
<b>Actividades</b>		
<b>Observaciones</b>		

Fuente: Autor

### **7.3.2.1.2 Proceso de capacitación operativa**

Documento de asistencia para verificar el proceso de aprendizaje y la organización que tiene el instructor para dar a conocer su temática. Para dicha labor encontramos un manual como un elemento aliado a los procesos y procedimientos que tiene como propósito fundamental servir de soporte para el desarrollo de las acciones y labores que el operario encargado del equipo debe realizar en pro del beneficio propio y del activo, con motivo de cumplir con cada competencia particular asignada; dicha guía de capacitación operativa consta de tres puntos fundamentales:

#### **7.3.2.1.1.1 Proceso**

Interpretación de la labor o actividad a desarrollar que permita mantener el funcionamiento normal del equipo. Ej. Lubricación (engrase).

#### **7.3.2.1.1.2 Procedimiento**

Instructivo que el operario de tener, para llevar a cabo la actividad con responsabilidad y eficiencia, además se identifican insumos e instrumentos requeridos para la labor. Ej. Localizar puntos de engrase y verificar su estado.

#### **7.3.2.1.1.3 Objetivo**

Culminar la actividad de acuerdo al procedimiento utilizado. Ej. Verificar que la articulación lubricada contenga grasa en sus alrededores.

Formato de evaluación

	<b>FORMATO ACTA DE ASISTENCIA</b>		<b>código</b>	
			<b>versión</b>	
<b>Fecha de emisión</b>				
<b>Actividad</b>	<b>¿Quién organiza?</b>			
<b>Temas a tratar</b>				
<b>Lugar</b>		<b>Fecha</b>		<b>Hora</b>
		<b>Inicio</b>		<b>Inicio</b>
		<b>Finalización</b>		<b>Finalización</b>
<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Firma</b>		<b>Observación</b>
<b>Método de evaluación</b>				
<b>Número de asistentes al inicio de la actividad</b>				
<b>Número de asistentes al final de la actividad</b>				
<b>Capacitador/ ponente a cargo</b>				
<b>Observaciones</b>				

Fuente: Autor

### **7.3.2.1.3 Información operativa del equipo**

Reconocimiento del desempeño del equipo o maquina en el campo de trabajo y las recomendaciones que tiene el operario para realizar su labor.

Teniendo en cuenta la información general del equipo, podemos considerar tres puntos importantes en el desarrollo operativo de un activo:

#### **7.3.2.1.3.1 Funciones generales del equipo**

Reconocimiento de los diferentes sistemas que componen el desempeño de la maquina: sistema eléctrico, sistema hidráulico, sistema mecánico y componentes externos e internos, permitiendo que el operario tenga un conocimiento de las funciones interdisciplinarias del conjunto móvil.

#### **7.3.2.1.3.2 Reconocimiento del campo de trabajo**

Determina las condiciones en capacidad y superficie que la maquina requiere para su desempeño, por tanto la capacitación e información requerida constituye un punto crítico dentro la operación en disponibilidad y confiabilidad del equipo a la hora de trabajar.

#### **7.3.2.1.3.3 Puntos de intervención al equipo**

Se determinan los puntos autónomos de mantenimiento que la maquina requiere para el funcionamiento normal diario, teniendo en cuenta los aspectos sensoriales y técnicos que debe tener el operario para acceder a estas actividades.

Figura 11: Información operativa y desempeño del equipo

	<b>Maquina</b>	
	<b>Serie</b>	
<b>Fecha</b>		
<b>Tipo de combustible o energía</b>		
<b>Información operaria del equipo</b>		
<b>Operario</b>		
<b>Tiempo de capacitación</b>		
<b>Temas tratados</b>		
<b>Responsable</b>		
<b>Desempeño operativo del equipo</b>		
<b>Condiciones de trabajo</b>		
<b>Función requerida</b>		
<b>Comentarios que el operario hace del equipo</b>		
<b>Observaciones</b>		

Fuente: Autor

La verificación y seguimiento del operario en el campo de trabajo, son la base para generar condiciones operativas y laborales que permitan mejorar el desempeño del equipo, demostrando el alcance de su tecnología.

### 7.3.3 Control y seguimiento de fallas operativas

Método de identificación de problemáticas o sucesos que interrumpen el flujo normal de trabajo de un equipo o máquina, lo cual ocasiona pérdidas en tiempo y dinero para una organización.

Figura12: Formato de control de fallas

	Máquina		
	Serie		fecha
Mantenimientos según el fabricante en el tiempo requerido			
Preventivos		Correctivos	
Lubricación dispositivos		Reemplazo de elementos	
Calibración dispositivos		Reparaciones	
Limpieza eléctrica		Cambio de operación	
Condiciones de desempeño del equipo			
Campo de trabajo		Actividad realizada	
Condiciones operativas			
Equipo en sobre esfuerzo		Superficie de trabajo	
Actividades que realizo el operario antes la falla			
Reporto falla al jefe de mantenimiento?			
Actividades autónomas que realizo el operario			
Observaciones			

Fuente: Autor

### 7.3.3.1 Registro y documentación de repuestos requeridos

Información justificada de fallas que interrumpen el funcionamiento del equipo o máquina en estudio, con motivo de crear un inventario para solucionar dichas problemáticas en el menor tiempo posible

Figura 13: Condiciones de una falla

	Máquina	
	serie	
	Fecha	DD/MM/AA
Factores que caracterizan la falla		
Condiciones de operación		
Sistema o dispositivo que no opera.		
Condiciones de trabajo que adquirió la máquina después de la falla.		
Actividad autónoma que hace el operario ante la falla.		
Diagnóstico de falla (técnico especializado)		
Elemento o dispositivo utilizado para generar un reporte		
Verifica y utiliza el manual de servicio para generar el reporte?		
Actividad de intervención que se debe hacer en el equipo		
Lugar y condiciones en las que		

se debe hacer la intervención	
Elementos o repuestos utilizados en la intervención	
Recomendaciones o actividades a seguir	
Frecuencia de falla según el técnico especializado	
Observaciones	

Fuente: Autor

Según la característica de la falla, crítica o no crítica podemos realizar otras actividades específicas que requiera el equipo, por tanto el análisis se encuentra apoyado de tres propuestas que me permiten saber la causa raíz de la falla ocurrida.

- Aplicación de tres preguntas básicas según el RCA (Análisis de causa raíz):
  - 1.Cuál es el problema? “Definir (metas)”
  2. Porque ocurrió? “ Analizar (causas)”
  3. Que se hará para prevenirlo? “Prevenir (soluciones)”

- Los 5 porqués:

Técnica de 5 preguntas utilizadas para explorar las relaciones causa-efecto que genera un problema en particular; el objetivo final es la causa raíz del efecto o problema.

Ejemplo:

El Telehandler no enciende (problema).

1. Porque no enciende? Porque la batería esta descargada.
2. Porque la batería esta descargada? Porque hace rato no se prende el equipo.
3. Porque hace rato no se prende el equipo? Porque el jefe de mantenimiento olvido dicha actividad.
4. Porque el jefe de mantenimiento olvido dicha actividad? Porque este equipo hace mucho tiempo no se utiliza.
5. Porque este equipo hace mucho tiempo no se utiliza? Porque los clientes no lo requerían.

- La aplicación de las 5s:

Técnica japonesa para generar 5 actividades importantes con motivo de generar un lugar digno y seguro donde trabajar:

1. Clasificar. (Seiri).
2. Orden. (Seiton).
3. Limpieza. (Seiso).
4. Limpieza Estandarizada. (Seiketsu).
5. Disciplina. (Shitsuke).

Es muy frecuente en las fábricas, talleres y oficinas que aplican en forma estandarizada las cinco "s" en igual forma como mantenemos nuestras cosas personales en forma diaria. Esto no debería ser así, ya que en el trabajo diario las rutinas de mantener el orden y la organización sirven para mejorar la eficiencia en nuestro trabajo y la calidad de vida en aquel lugar donde pasamos más de la mitad de nuestro tiempo. Realmente, si hacemos números es en nuestro sitio de trabajo donde pasamos más horas en nuestra vida. Ante esto deberíamos hacernos la siguiente pregunta, vale la pena mantenerlo desordenado y sucio nuestro punto de operación?

Es por esto que cobra importancia la aplicación de la estrategia de las 5 "s". No se trata de una moda, un nuevo modelo de dirección o un proceso de implantación de algo japonés que "nada tiene que ver con nuestra cultura latina". Simplemente, es un principio básico de mejorar nuestra vida y hacer de nuestro sitio de trabajo un lugar donde valga la pena vivir plenamente. Y si con todo esto, además, obtenemos mejoras en nuestra productividad y la de nuestra empresa, porque no lo hacemos?

### **7.3.3.2 Indicadores de gestión**

#### **7.3.3.2.1 Indicadores de cumplimiento**

Formato justificado en el tiempo, disponibilidad y operación de un equipo en el área de trabajo así:

Figura 14: Indicadores de Efectividad del mantenimiento

Indicadores de efectividad del mantenimiento		
Fecha:		
Indicador	Unidad	Formula
MTTR (tiempo medio de reparación) <b>Estrategia operativa</b>	%	Tiempo promedio entre el momento cuando la falla
		y el momento cuando esta es reparada
Tasa de planificación <b>Estrategia táctica</b>	%	Horas prevista para OT planificadas
		Total horas disponibles
Tasa de realización <b>Estrategia táctica</b>	%	Hrs previstas para OT planificadas y terminadas
		Horas previstas para OT planificadas
Tasa de utilización <b>Estrategia táctica</b>	%	Horas asignadas en OT
		Horas disponibles
Carga en standby <b>Estrategia operativa</b>	Días	Hrs previstas para OT en realización standby
		Horas disponibles del personal de mantenimiento
Razón del valor de la nueva condición y costo de mantenimiento <b>Estrategia operativa</b>	Numero	Costo del mantenimiento
		Valor del activo de las nuevas condiciones
Costo del personal <b>Estrategia operativa</b>	%	Costo del personal
		Costo total mantenimiento
Costo de subcontratistas <b>Estrategia operativa</b>	%	Gastos en subcontratistas
		Costo total de mantenimiento
Costo de abastecimiento industrial <b>Estrategia operativa</b>	%	Consumo de partes industriales
		Costo total de mantenimiento

Fuente: [www.mantenientodisponible.com](http://www.mantenientodisponible.com)

### 7.3.3.2 Indicadores importantes en mantenimiento.

Puntos claves de análisis que justifican un mantenimiento programado, el cual tiene como objetivo cuantificar los tiempos de intervención que requiere el equipo para mantener su nivel de servicio, teniendo en cuenta los costos y gastos que dichas labores.

Figura 15: Indicadores claves en mantenimiento **[estrategias operativas]**

Indicadores relevantes de mantenimiento		
Fecha:		
Indicador	Unidad	Formula
Disponibilidad	%	MTBF
		MTBF + MTTR
Tasa de mantenimiento preventivo	%	Horas planificadas para mantenimiento
		Total horas planificadas
Tasa de realización de las actividades de mantenimiento preventivo	%	Número de actividades llevadas a cabo
		Número de actividades previstas
Número de llamadas	%	Número de llamadas de clientes al personal de mantenimiento
Costo del mantenimiento comparado con la nueva condición de valor	Numero	Costo de mantenimiento
		Valor del activo en las nuevas condiciones
Costo del personal	%	Costo del personal
		Costo total de mantenimiento

Fuente: [www.mantenientodisponible.com](http://www.mantenientodisponible.com)

Otras definiciones:

MTBF: Tiempo medio entre fallas

MTTR: Tiempo medio entre reparación.

### 7.3.3.2.3 Indicadores de prestación de servicio.

Factores importantes en la cuantificación de actividades o labores de servicio que finalizan con tiempos y sugerencias que permiten enriquecer la calidad de la labor prestada, por tanto tenemos los siguientes puntos de análisis así:

Figura 16: Puntos de evaluación de un servicio **(Estrategia Táctica)**

Indicadores de volumen de servicio		
Fecha:		
Indicador	Unidad	Formula
Efectividad global del mantenimiento	%	Disponibilidad x ejecución x calidad
Tasa de disponibilidad neta	%	Tiempo de operación
		Tiempo disponible
Tasa de ejecución	%	Cantidad de servicio nominales
		Cantidad de servicios en condiciones optimas
Tasa de calidad	%	Cantidad de servicios producidos en conformidad
		Cantidad de servicios totales
Número de paradas que causan detención en el equipo	Numero	Suma de paradas que ocurrieron en un periodo dado.

Fuente: [www.mantenientodisponible.com](http://www.mantenientodisponible.com)

Cuando el impacto de las fallas en un equipo que representa cierta importancia dentro de una organización es alto, se recomienda realizar actividades más específicas del equipo, permitiendo realizar labores de intervención más confiables que demuestren la calidad del servicio, lo cual es muy reconocido por la organización y demás departamentos que de una u otra forma estén involucrados con el área de servicio.

## 7.4 Entrega de resultados

La Propuesta de mantenimiento basada en la identificación y cumplimiento de actividades requeridas por un activo(equipo) para su funcionamiento, es una opción más para poder hacer seguimiento tanto en servicio como en operación a cualquier activo; este escrito permite al lector tener una definición más de la verdadera función y objetivo del significado de mantenimiento dentro y fuera de una organización, lo cual genera más conocimiento e identificación de diferentes características y condiciones de un equipo en el área de trabajo; teniendo en cuenta la temática existente en mantenimiento se puede generar un plan específico para un equipo en particular, permitiendo tener un mayor control de las actividades propuestas para su funcionamiento y desempeño; así mismo se recomienda al lector que desee profundizar más en los temas tratados en este texto, hacer más énfasis en los objetivos específicos de la investigación, lo que le permite obtener una opción más compleja a la problemática planteada y del proceso que tiene una empresa dedicada a la renta de equipos.

## **8. FUENTES DE INFORMACION**

## 8.1 Fuentes primarias

Manual de servicio y operación del Telehandler JLG G9-43<sup>a</sup> e información de una empresa dedicada al servicio de renta de equipos para construcción.

## 8.2 Fuentes secundarias

Monografías institucionales (5), monografías nacionales (5), que tratan el tema de mantenimiento desde varios puntos y condiciones permitiendo una idea mejorada de la temática.

## 9. Costos

### 9.1 Desarrollo de hoja de vida del equipo en estudio

Hoja del equipo en estudio

<u>Recursos utilizados</u>	<u>Descripción</u>	<u>Tiempo (horas, meses)</u>	<u>Costo hora 0 mes</u>	<u>Costo total</u>
Recurso humano	Capacitación	16 horas	\$ 31 250	\$ 500 000
Técnico Mecánico (3)	Tiempo utilizado en el desarrollo del inventario del equipo.	24 horas	\$ 4000	\$ 96 000
Software de mantenimiento	Herramienta que permite llevar información del equipo y sus respectivos mantenimientos.	24 meses	\$ 62 500	\$ 1 500 000
Jefe responsable de la actividad	Persona encargada de la ejecución de las actividades correspondientes.	8 horas	\$10 000	\$ 80 000 x 450 = 36 000 000
Herramientas de cómputo y otros( papel, impresora )	Elementos que permiten llevar el software de mantenimiento a su desarrollo.	24 meses	\$ 41 666.	\$ 1 000 000
			Total	\$ 39 096 000

Autor: John Edison Quintero

## 9.2 Frecuencia de fallas críticas y no críticas en un equipo durante 15 meses.

### Frecuencia de fallas

Tipo de mantenimiento	Actividades a ejecutar	Frecuencia (horas)	Costo de insumos	Costo de mano de obra + intervención.
Preventivo	Lubricación (cambio aceites y filtros)	160	\$ 400 000	\$ 400 000 + \$ 80000 + traslado.
9000 horas en 15 meses		56	\$ 400 000 x 56	\$ (400 000) + \$ (80000) x (56) = \$ 12 480 000
Predictivo	Análisis de posible falla a la estructura del boom.	1000	\$ 700 000	\$ 700 000 + \$ 300000 + traslado.
9000 horas en 15 meses		9	\$ 700 000	\$700000+\$ 300000 x 9 = \$ 9 000 000
Total de inversión en mantenimiento preventivo y predictivo				\$ 21 480 000
<b>Correctivo</b>	Limpieza y cambio de terminales de conexión en el mando electrónico de elevación del boom.	150	\$ 60 000	\$( 60 000) + \$ (50000) x (60) = \$ 6 600 000 + traslado.
<b>correctivo</b>	Calibración del sensor de inclinación, problema de anclaje del equipo en operación.	100	\$ 0	\$ 50 000 x (90) = \$ 4 500 000 + traslado
<b>Correctivo</b>	Sistema hidráulico de tracción se bloquea, problema causado por la mala operación, solución calibración electrónica del sistema.	90	\$ 0	\$ 50 000 x(100) = \$5 000 000 + traslado

<b>Correctivo</b>	Falla en el sistema hidráulico de elevación del boom. Solución verificar presión de la bomba para saber si se necesita cambiar el disco del servo.	700	\$ 900 000	\$ 300 000 + 9 00000 x (13)= \$ 15 600 000 + Traslado
<b>Correctivo</b>	Falla de fuga de hidráulico en las mangueras de traslación del boom. Solución cambio de las líneas de hidráulico, su causa mala operación.	350	\$ 600 000	\$ 800 000 + 600 000 = \$ 1 200 000(26) = \$ 31 200 000 + traslado.
<b>Total de inversión en mantenimiento correctivo</b>				<b>\$ 62 900 000</b>

Autor: John Edison Quintero

Nota: El costo total de la intervención al equipo varía de acuerdo al traslado correspondiente del técnico o persona que atienda la problemática, en el caso de traslado se hace un acuerdo con la empresa a la cual se le presta el servicio; la mayor parte de las problemáticas que presenta un equipo se deben a mala operación.

### 9.3 Verificación del desarrollo y cumplimiento de las actividades de mantenimiento.

Parámetros de identificación de efectividad en las labores programadas.

Indicadores de efectividad del mantenimiento			
Tiempo: 9000 horas en 15 meses			
Indicador	Unidad	Formula	Resultado
MTTR (tiempo medio de reparación) Problema: Inconsistencia en el mando electrónico de elevación.	4%	Tiempo promedio entre el momento cuando falla	15
		Hasta el momento cuando esta es reparada	3
Tasa de planificación Problema: Calibración del sensor de inclinación.	2 %	Horas prevista para OT planificadas	3
		Total horas disponibles	1.5
Tasa de realización Problema: Sistema hidráulico de tracción se bloquea.	1.25 %	Hrs previstas para OT planificadas y terminadas	5
		Horas previstas para OT planificadas	4
Tasa de utilización Problema: Fuga de hidráulico en las mangueras de traslación del boom.	1.2 %	Horas asignadas en OT	48
		Horas disponibles	40
Carga en standby Problema: Fuga de hidráulico en las mangueras de traslación del boom.	1.25 Días	Hrs previstas para OT en realización standby	50
		Horas disponibles del personal de mantenimiento	40
Razón d Razón del valor de la nueva condición y costo de mantenimiento Problema: Fuga de hidráulico en las mangueras de traslación del boom..	2 %	Costo del mantenimiento	1 200 000
		Valor del insumo de las nuevas condiciones	600 000

Autor: John Edison Quintero

El tiempo de estudio al Telehandler JLG G9-43<sup>a</sup> se hizo durante 15 meses (450 días), se renta al público: día \$ 600.000; el cliente coloca el combustible de la máquina, la empresa coloca los mantenimientos requeridos para el equipo y el operario es opcional, puede ser el cliente o la empresa prestadora del servicio.

Valor del activo: \$ 220 000 000

Día del equipo rentado: \$ 500 000

Tiempo de estudio: 450 días

Precio total de renta: \$ 600 000 x 450: \$ 270 000 000

Costo total de mantenimiento: \$ 123 476 000

ROI: Retorno de la inversión

- $(\text{Precio total de renta} - \text{Costo total de mantenimiento}) / (\text{Costo total de mantenimiento}) * 100 =$

$$(270\,000\,000 - 123\,476\,000) / (123\,476\,000) * 100 = 118 \%$$

El proyecto se comporta como inversión viable al futuro.

## **10. Talento humano**

El mantenimiento se compone primordialmente del recurso humano el cual genera una satisfacción positiva o negativa de las actividades programadas, por tanto se requiere de un conocimiento previo del equipo en estudio antes de empezar a evaluar el campo de trabajo; cuando se genera dicho conocimiento en el personal de trabajo permite tener confianza para tomar decisiones y dar un enfoque más objetivo hacia las labores y proyectos en los cuales se puede trabajar.

El mantener un equipo en funcionamiento requiere cierta inversión: Capacitación al recurso humano y un sistema informático, los cuales forman la base para proyectar un activo hacia el campo de operación, además permiten contrarrestar las posibles problemáticas al momento de poner el equipo en marcha. La elaboración de este escrito pretende informar al lector sobre algunos puntos claves que se deben tener en cuenta a la hora de tomar una decisión con respecto al mantenimiento de un activo (equipo), por tanto el análisis y la ejecución de actividades me generan un valor agregado según se plantee; se espera que este escrito fomente ideas nuevas de cómo poder proponer un mantenimiento hacia la mejora continua contemplando propuestas de desempeño del equipo en el campo de trabajo.

Generalmente las organizaciones dedicadas al tema de ventas o renta de equipos no considera en su totalidad el mantenimiento como una inversión si no como un gasto, por tanto la efectividad y confiabilidad en las actividades de intervención no siempre se desarrollan en su totalidad o se prefiere trabajar el equipo a media marcha; por tanto una de las prioridades de este texto es generar una idea nueva acerca del mantenimiento.

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 11.1 conclusiones

- El registro y cumplimiento de actividades programadas a un equipo permite obtener un historial de intervenciones que fácilmente define el estado actual de la maquina en estudio.
- El mantenimiento está conformado por una serie de actividades programadas propias del equipo en estudio que requieren ciertos costos y tiempo, los cuales se ven reflejados en la disponibilidad del activo (equipo) para operación.
- Requisito primordial para empezar a programar actividades de mantenimiento es la capacitación al personal de servicio técnico y de operación que intervienen en el desarrollo funcional del equipo.
- El análisis de falla en un equipo me permite planear actividades preventivas o de mejora que garantizan el funcionamiento y disponibilidad del mismo en el campo de trabajo.
- El análisis de causa raíz (RCA) evaluado en una falla permite evaluar y mejorar las condiciones de trabajo que requiere un equipo para su desempeño.

## **11.2 Recomendaciones**

Dentro de las prioridades que tiene este proyecto para su desarrollo es generar mejoras continuas en el tema de mantenimiento a equipos, además permitir al lector o estudiante tener un mayor acercamiento a la parte operacional con activos que me generen rentabilidad a corto o largo plazo; se espera que los estudiantes que continúen con este proyecto incluyan dentro de su mejora métodos integrales en mantenimiento que pueda ser utilizado para cualquier equipo.

## 12. Bibliografía

- Arbey Flores Cuervo y Héctor Julio Moreno (2002), el diseño de un modelo gerencial aplicado a empresas de servicio de mantenimiento mecánico a la industria petrolera colombiana. Bogotá D.C Escuela colombiana de carreras industriales.
- Iván Ultuzarra Sanabria e Iván Leonardo Montañés Calderón (2012), plan de mantenimiento basado en la importancia que tiene la confiabilidad y disponibilidad de un activo para una organización. Bogotá D.C Escuela colombiana de carreras industriales.
- Marving Leonel Carreño Daza y John Alexander Gómez Díaz (2012), Identificación y análisis del costo de mantenimiento preventivo en concentraciones de oxígeno de la empresa Cryogas S.A. Bogotá D.C Escuela colombiana de carreras industriales.
- Leonardo Barrera Albarracín (2012), propuesta para el manejo en gestión de activos para la empresa Coditeq S.A. Bogotá D.C Escuela colombiana de carreras industriales.
- John Edison Hernández Castro y René Alejandro Manrique (2011), con la monografía Reestructuración del plan de mantenimiento para la flota de vehículos Mercedes Benz existente en la empresa donde laboran. . Bogotá D.C Escuela colombiana de carreras industriales.
- Pedro Alejandro Céspedes Gutiérrez metodología para medir confiabilidad y disponibilidad en mantenimiento, universidad EAFIT de Medellín, Colombia.
- Carlos Fabián Rodríguez Gómez y Pedro Alonso Castillo (2011), con la monografía propuesta de vinculación del AMEF (análisis de modo y efecto de falla), a una empresa del sector automotriz que ensambla vehículos. Universidad Santo Tomas seccional Bogotá Colombia.

- Diego Javier Román Matamoros y Christian Arias Ulloa (2010), diseño de un sistema de gestión en control operacional para una empresa metal mecánica. Universidad Javeriana de Colombia.
- E. Rodríguez y A. Miguel (2005), mantenimiento para equipos médicos. Universidad Pinar del Rio, la Habana Cuba.
- Alberto José Pérez Romero (2000), cambio en la información técnica y aprendizaje en una planta argentina de motores, 2000 en la universidad de Flores (UFLO) Argentina.

### 13. Cibergrafia

- Página Web: Artículos y productos de bajo costo para mantenimiento, autor SIMA <http://www.mantenimientoplanificado.com/noticias.Php?id=37>
- Página Web: Training manual JLG ground support , Autor JLG Autor JLG [http:// www.rmsrentals.com/equipment/new/jlg-forklift.php](http://www.rmsrentals.com/equipment/new/jlg-forklift.php)
- Página Web: Club de mantenimiento /ArticuloNo12 / mayo 2003/pag1 <http://www.clubdemantenimiento.com/articulo72html>.

