

**DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y
MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS
INGENIERIA SAS**

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON



**DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y
MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS
INGENIERIA SAS**

JOHAN SEBASTIAN LEON TORRES

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.**

**DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y
MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS
INGENIERIA SAS**

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

2017



**DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y
MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS
INGENIERIA SAS**

JOHAN SEBASTIAN LEON TORRES

**Proyecto realizado para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico**

Consejo Curricular Tecnología e Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

**DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y
MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS
INGENIERIA SAS**

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

**FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERIA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2017**

Bogotá DC 18/09/2017

Señores:

Comité Curricular
Programa de Ingeniería Mecánica.

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter a su consideración la propuesta de proyecto de grado por pasantía en la empresa JMS Ingeniería SAS en donde se va a desarrollar e implementar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para equipos de pavimentación y movimiento de tierra, será desarrollado por el estudiante Johan Sebastián león torres, como requisito para obtener el título de ingeniero mecánico.

Para la presentación de esta propuesta de proyecto de grado se tomó la consideración y supervisión del Ingeniero Mecánico Mauricio Gonzalez Colmenares docente de planta, al igual se propone como tutor para supervisar el desarrollo de esta pasantía la cual tendrá una duración de 5 meses.

Agradezco la colaboración y atención prestada.

Atentamente.

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

Mauricio Gonzalez Colmenares
Ingeniero Mecánico
Tutor de la Pasantía

Johan Sebastián León Torres
Estudiante
Pasante

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

CONTENIDO

Pág.

1. Planteamiento del problema.....	3
1.1 Definición del problema.....	4
1.2 Formulación del problema.....	4
2. Justificación.....	4
3. Antecedentes.....	5
3.1 Antecedentes históricos.....	5
3.2 Antecedentes mundiales.....	6
3.3 Antecedentes en Colombia.....	6
4. Objetivos.....	7
4.1. Objetivo general.....	7
4.2. Objetivos específicos.....	7
5. Delimitación Temática.....	7
6. Viabilidad.....	8
6.1 Viabilidad Técnica y Económica.....	8
6.2 Viabilidad de Seguridad y Medio Ambiente.....	8

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

7. Marco teórico.....	8
7.1 Mantenimiento.....	9
7.2 Mantenibilidad.....	9
7.2.1 Mantenimiento Predictivo.....	9
7.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	9
7.2.3 Mantenimiento Correctivo.....	10
7.3 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.....	10
7.3.1 Conceptos del RCM.....	11
7.3.2 Contexto Operacional.....	11
7.4 Indicadores de Gestión Para Mantenimiento.....	11
7.4.1 Concepto de Disponibilidad.....	11
7.4.2 Concepto de Fiabilidad.....	12
7.4.3 Concepto de Mantebiliad.....	13
7.5 Indicadores secundarios.....	13
7.5.1 Indicador de Accidentabilidad.....	13
7.5.2 Mano de Obra Externa.....	13
7.5.3 Costos de Mttos Preventivos x Mttos Totales.....	14
8 Plan de Trabajo	14
8.1 Inventario	14
8.2 Recolección de Datos.....	14
8.3 Prácticas de Mantenimiento.....	15
8.4 Implementación del plan de Mantenimiento.....	15
9 Cronograma de Actividades.....	16
10 Resultados	17
11 Bibliografía	17
12 Anexos	

RESUMEN

Mediante la modalidad de pasantía se va a realizar e implementar un plan de mantenimiento para equipo de pavimentación y movimiento de tierra pertenecientes a

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

la empresa JMS ingeniería dedica a prestar servicios profesionales de Ingeniería en Interventoría, consultoría, ejecución de Obras Civiles dentro de sus servicios se encuentra la construcción, rehabilitación, y mantenimiento de vías en concreto y asfalto entre otros, la empresa posee los equipos para realizar los trabajos nombrados por eso se hace indispensable realizar este proyecto.

Con la realización de este trabajo se pretende mejorar la disponibilidad de equipos en obra evitando la perdida de tiempos por fallas inesperadas o por falta de una previa revisión todo esto se pretende mejorar recolectando información, recomendaciones por parte del fabricante y por experiencia adquirida del personal operativo – técnico que intervienen en los equipos. También es importante la unión de tal forma lo muestra el mantenimiento basado en la confiabilidad en donde todo el personal interviene y se crea una conciencia de mejoramiento continuo al igual servirá para crear procesos, paso a pasos, capacitación e información que sirve en la certificación del departamento de mantenimiento todo se pretende realizar en un periodo de cinco meses.

INTRODUCCIÓN

En la industria la ingeniería mecánica es fundamental porque se encarga del uso de los principios físicos para la fabricación, análisis, diseño, mantenimiento, construcción, montaje, instalación, etc, de elementos mecánicos, para maquinas simples y complejas definiéndose como maquinas simples las compuestas por una sola pieza, y las complejas por varias piezas al igual, la maquinaria con sus diferentes usos y aplicaciones como lo son máquinas térmicas, hidráulicas, neumáticas, de péndulo, de transporte, de manufactura y muchas más, también en los sistemas de ventilación, aire acondicionado, vehículos motorizados terrestres, aéreos y marítimos con sus diferentes variaciones y aplicaciones según el requerimiento de la industria o empresa.

Con esto se quiere indicar el amplio campo de acción el cual ha permitido la creación de dispositivos útiles en la actualidad como máquinas y herramientas las cuales usan principios como el calor, fuerza, conservación de masa, energía, etc. con estas propiedades se ha podido contribuir con el análisis de sistemas estáticos y dinámicos, ayudando al diseño y aprovechamiento de la energía transformándola para dar una utilidad que beneficie a la humanidad un ejemplo puede ser la combustión de un motor el cual por su reacción química en las cámaras de combustión se obtiene una salida mecánica, torque o giro del cigüeñal el cual se aprovecha en muchas formas distintas.

Con lo anterior nombrado la rama acción que se tratara en este trabajo es el mantenimiento el cual se define como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen el departamento técnico y administrativo correspondiente. Como se indica en el titulo se creara un plan de mantenimiento y

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

puesta en marcha para una empresa dedicada a la construcción y todo lo correspondiente a la ingeniería civil la cual posee equipos de pavimentación y movimiento de tierra en su portafolio de servicios.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ingeniería mecánica se ocupa no solo de diseñar, construir y poner en el mercado un producto o máquina, también de prolongar la vida útil del mismo, esto se logra por medio del área de mantenimiento en donde se espera dar la mayor productividad del equipo, recuperando la inversión y preservando el bien, siendo muy importante una buena gestión en las gerencias o departamentos de mantenimiento (equipos) dentro de la organización.

Con esto se debe garantizar la disponibilidad del activo en óptimas condiciones de funcionalidad y seguridad, asegurando su mejor rendimiento en producción y control de costos de inversión en el activo durante su vida útil o periodo de uso.

Para lograr obtener estos resultados de disponibilidad requerida, minimizar costos de operación, la experiencia ha demostrado que se debe realizar mantenimientos preventivos ajustándose a la maquina en razón de prolongar su vida útil. Pretendiéndose disminuir las fallas o mitigar los daños prematuros, influye el entorno, el ambiente, condiciones de operación, capacitación de las personas que intervienen el equipo al igual que quien las opera.

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La empresa JMS Ingeniería SAS se dedica a prestar servicios profesionales de Ingeniería en Interventoría, consultoría, ejecución de Obras Civiles dentro de sus servicios se encuentra la construcción, rehabilitación, y mantenimiento de vías en concreto y asfalto entre otros, para realizar estos trabajos poseen una flota de equipos a la cual se le realizan mantenimientos no periódicos ni regulares si no cada vez que presentan fallas se corrigen para dar solución a la premura convirtiéndose en solo mantenimiento correctivo por lo que está ocasionando un incremento en los costos, paradas repentinas en plena producción generando traslado de mecánicos a sitio, pago de horas extras para dar cumplimiento a los plazos de las obras, servicios de grúa, por este motivo se ha generado la necesidad la cual se informó al autor de este proyecto dando como respuesta el re direccionamiento del área de maquinaria, creándose e implementándose un plan de mantenimiento el cual ayude a encontrar, corregir e identificar futuras fallas aumentando de esta manera la probabilidad de disponibilidad de las máquinas, reducir costos y generar un inventario de repuestos que retoman con mayor frecuencia.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Lo anterior genera preguntas sobre cómo dar solución a la situación o problema en cuestión esto se puede formular a continuación:

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

- ¿Cómo aplicar un plan de mantenimiento a los equipos de pavimentación y movimiento de tierra pertenecientes a esta empresa?
- ¿La información que se tiene por parte del fabricante de los equipos y de la compañía (JMS Ingeniería SAS) para determinar las acciones a seguir en la gestión del nuevo modelo?
- ¿Con que recursos se cuenta para generar información complementaria del nuevo plan de mantenimiento pueden ser operativos o técnicos?
- ¿Sera que el plan propuesto llega a ser operativo, efectivo, práctico y funcional para cumplir las expectativas?

2. JUSTIFICACIÓN

La empresa JMS ingeniería requiere crear e implementar un plan de mantenimiento para maquinaria pesada, se pretende desarrollar en la modalidad proyecto de grado por pasantía.

El desarrollo de este trabajo en la empresa se vería reflejado en la mejora de operatividad y disponibilidad de la maquinaria al igual se tendría una disminución en los costos de mantenimiento buscando un equilibrio entre los mantenimientos repetitivos, esto permitirá obtener, beneficios, mejoramiento continuo, mayor rentabilidad, mejor política ambiental y de calidad dando como resultado una empresa con mayores competencias frente a la competencia.

Además los resultados de organización y gestión del proyecto podrán apoyar los procesos de certificación empresarial, para lo cual es necesario contar con el orden y documentación de cada área incluyendo la de mantenimiento.

Todo se verá reflejado en el tiempo útil de cada equipo en donde se tabula hora de operación vs hora stand by por falla, dando indicativo favorable al tener menos fallos, también es perfecto para relacionar la teoría con la practica en este caso los conocimientos adquiridos en la universidad aplicados a una empresa con un problema real de ingeniería dando oportunidad al futuro egresado de mostrar sus competencias fortalecer su aprendizaje y la capacidad de concebir y aplicar soluciones que son pertinentes, factibles y económicamente ventajosas, respetando los aspectos de seguridad, calidad y productividad empresarial.

3 ANTECEDENTES

Los antecedentes se pueden tomar desde lo más genérico a lo específico lo siguiente mostrado en tres partes es lo que se tiene como recuento sobre este tipo de trabajos:

3.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Desde el principio de los tiempos, el Hombre siempre ha sentido la necesidad de mantener sus herramientas, equipos, aparatos, etc. con el fin de extender su utilidad. La mayoría de fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad. Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

imposible seguir usando el equipo. A eso se le llamaba "Mantenimiento de Ruptura o Reactivo"

Por este motivo se inicia un nuevo concepto de mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo, herramienta, etc. acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento.

Este nuevo concepto se empezó a generar desde la revolución industrial creando nuevas y mejores maquinas las cuales requerían una mayor manufactura al igual que aumentaba su complejidad todo esto por consecuencia lleva a crear técnicas para la conservación de estas máquinas costosas y versátiles, pero es hasta el año 1950 que surge la definición, TPM que son las siglas en inglés de "Mantenimiento Productivo Total", también se puede considerar como "Mantenimiento de Participación Total" o "Mantenimiento Total de la Productividad". Esta filosofía completamente nueva da un planteamiento diferente y que se mantendrá constantemente al día por su propio concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser efectivo. Primero en Japón y luego de vuelta a América (donde el concepto fue inicialmente concebido, según algunos historiadores). Se trata de participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada máquina.

3.2 ANTECEDENTES MUNDIALES

En el mundo hay una tendencia a mejorar las técnicas de mantenimiento ya no solo se involucran los supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos si no también la alta gerencia, el diseño como tal de piezas y partes las cuales están sujetas a mejoras y cambios todo esta lleva a crear estándares de calidad, guías, manuales de arme y desarme, manuales de servicio, de reparación, de mantenimiento, reusabilidad de piezas, planos de identificación, herramientas, tiempos de mano de obra, etc los cuales se deben cumplir en todas partes del mundo a donde lleguen los equipos y este caso en específico vamos a tomar como ejemplo a una de las fabricantes de maquinaria pesada.

Caterpillar (CAT), es una corporación de Estados Unidos, con sede central en Peoria, Illinois. Caterpillar es el fabricante más grande del mundo de maquinaria para la construcción y equipos de minería, motores diésel y turbinas industriales de gas. Como tal nos vamos a enfocar en la maquinaria para la construcción con como lo son excavadoras, vibro compactadores, asfaltadoras, fresadoras, mini cargadores, retro cargadoras, tractores sobre oruga, estos equipos al ser adquiridos ya sea por sus representaciones para Latinoamérica o cualquier parte del mundo incluye su ruta de inspección diaria, inspección semanal, mensual, anual que realizar paso a paso, dando la importancia de cuidar el activo adquirido. Esto solo es por tomar como ejemplo esta empresa pero todas las fabricantes ya sean de máquinas para la industria, para minas, para explotación de crudo, para construcción, para generación, etc todas cumplen con la entrega de manuales de mantenimiento los cuales se deben cumplir para garantizar la vida útil de sus productos.

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

Planes de mantenimiento creados en el mundo hay miles por cada empresa que adquiere diferentes equipos para su actividad económica correspondiente adecuan sus manuales basándose en la recomendación del fabricante, en la experiencia propia de esta manera se crea casi un manual propio de cada empresa la cual de lo universal y tomando como tal los conceptos bases fabrican y diseña la ruta más conveniente para su organización.

3.3 ANTECEDENTES EN COLOMBIA

En Colombia se encuentran bastantes planes de mantenimiento casi que personalizado para cada empresa todos basados en un mismo principio y objetivo el mejoramiento y disponibilidad de los equipos se encuentra desde empresas dedicadas a la metalmecánica, a la producción de productos, insumos, consumo, construcción, medición, estandarización todas dentro de sus organizaciones poseen un departamento dedicado al mantenimiento de la infraestructura, maquinaria etc es así como se encuentra trabajos de grado de ingenieros mecánicos a los que se les propone un reto con un tipo de problema real en la industria de aquí nace un plan de mantenimiento para la empresa interesada casi que personalizado a cada organización por la variedad de equipos que se poseen. Es así como se encuentra fácilmente planes de mantenimiento para maquinaria pesada desarrollados para empresas como Equipos Técnicos de Colombia (ETECOL), Empresa L&L, Inser SAS y muchas otras, en las cuales se da una solución real.

La universidad también cuenta con este tipo de trabajos de grado en el cual se encuentran desarrollando un plan de mantenimiento para la empresa transmilenio y sus operadoras.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e Implementar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para equipos de pavimentación y movimiento de tierra pertenecientes a la empresa JMS Ingeniería SAS.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnosticar los equipos que serán incluidos en el plan de mantenimiento de la empresa JMS Ingeniería SAS
- Formar el plan de mantenimiento basado en confiabilidad, identificando fortalezas y debilidades respecto a lo sugerido por el fabricante.
- Implementar el plan de mantenimiento generando datos estadísticos para realizar análisis.

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

5. DELIMITACIÓN TEMÁTICA

Dada la amplitud de este tema este trabajo de grado será realizado exclusivamente para la empresa JMS Ingeniería SAS. En donde se seleccionara solo equipos de pavimentación y movimiento de tierra haciendo referencia a maquinaria pesada excluyendo todo tipo de vehículos de movimiento de personal o de carga como lo son volquetas, camiones, tracto mulas al igual vehículos de pasajeros y camionetas de desplazamiento entre frentes de obra, por otra parte la ubicación geográfica del trabajo será en donde se encuentren ubicados los equipos dentro del territorio nacional teniendo como sede principal Bogotá en donde se encuentra la bodega y los talleres de reparación.

La recolección de información y datos estará sujeta a la suministrada por la empresa tomando en cuenta los manuales existentes de los equipos adquiridos al igual de la experiencia recolectada por el personal a cargo de los mismos.

El tiempo estimado para realizar el trabajo puesta en marcha y recolección de datos se encuentra estimado para un periodo comprendido en cinco meses los cuales están marcados por la modalidad de grado pasantía la cual estipula un trabajo de 768 horas. Las cuales empiezan a correr desde la fecha de firma del contrato con la empresa

6. VIABILIDAD

La viabilidad del proyecto se sustentara en los beneficios que ofrece laborales, productivos, financieros, técnicos y de calidad. Esto se ve reflejado en la seguridad industrial y medio ambiente ya que si se trabaja con maquinaria que no se encuentra en óptimas condiciones es muy probable que se generen accidentes y otro tipo de inconvenientes que no se quieren por este motivo se tocaron los siguientes parámetros:

6.1 VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA

El proyecto es viable porque al implementar un sistema de mantenimiento planeado se obtendran los siguientes resultados:

- Mejor y durable vida util de la maquinaria.
- Disminucion en las paradas no programadas en la maquinaria por fallas que se pueden prevenir.
- Mejor capacitacion en el personal encargado de la maquinaria sea operativa o tecnica.
- Menores desperdicios de insumos por falta de programacion.
- Disminucion de tiempos muertos de produccion.
- Integracion de la gerencia con la parte operativa generandose un ambito de equipo en donde todos intervienen
- Mejores practicas de calidad en el departamento de maquinaria y mantenimiento de la empresa.
- Mayor confiabilidad en el personal a cargo de los equipos.
- Costos mas reales para manutencion del equipo.

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

6.2 VIABILIDAD DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

El proyecto es viable en el ambito del sistema de gestion de salud y seguridad laboral implementado en la empresa el cual genera grandes beneficios al trabajador y operario dando unas pautas iniciales de inspeccion diaria del equipo esto genera confianza, seguridad de la culminacion de la jornada laboral sin novedades, en el ambito del medio ambiente da los primeros resultados reales y documentados de cuantos y cuales son los desperdicios producidos en los mantenimientos rutinarios generando responsabilidad social.

7. MARCO TEORICO

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. Al igual se tomara todos los conceptos utilizados para la realizacion de este proyecto:

7.1 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.

7.2 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. Principalmente el mantenimiento puede ser aplicado de 3 formas:

- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

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

7.2.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

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.

7.2.2 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.

7.2.3 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.

- 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.

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

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.

7.3 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

(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.

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 fusionales) 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?

7.3.1 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.

7.3.2 CONTEXTO OPERACIONAL

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

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 cartillas) 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.

7.4 INDICADORES DE GESTION PARA MANTENIMIENTO

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.

7.4.1 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.

Ecuación de disponibilidad teórica

T= tiempo total de operación

T= tiempo total de parada

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

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.

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

- El tiempo que nos demande en reanudar el servicio. Así, se tiene que:

Ecuación disponibilidad

TPEF = Tiempo promedio entre fallos.

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

TPPR = Tiempo promedio de reparación.

7.4.2 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

Ecuación Tiempo promedio entre fallas

HROP = Horas de operación.

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

NTFALLAS = Número de fallas detectadas

7.4.3 CONCEPTO DE MANTEBILIDAD

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.

Ecuación Tiempo promedio para reparar

TTF = Tiempo Total de Fallas.

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

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.

7.5 INDICADORES SECUDARIOS

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

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.

7.5.1 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.

Ecuación indicador de Accidentes

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

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

Ecuación indicador mano de obra externa.

CMOE= Costo de Mano de Obra Externa

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

CMOC= Costo de Mano de Obra Contratada

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

7.5.3 INDICADOR DE COSTOS DE MTTOS PREVENTIVOS X MTTOS TOTALES

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

Ecuación indicador Costos preventivos vs Correctivos.

CPTC= Costo de Mantenimiento Preventivo por Mantenimiento Totales

CP= Costo Preventivo

CTM= Costo Totales de Mantenimiento (Preventivo + Correctivo)

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

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

8. PLAN DE TRABAJO

En este numeral se mostrara la metodologia que se utilizara para generar el plan de mantenimiento para equipos de paimentacion y movimiento de tierra se especificara cada etapa o fase del proceso aunque esta sujeta a cambios según sea necesario:

8.1 INVENTARIO:

Se dara como primer paso el ingreso a la empresa en donde se recibe la directriz por parte del profesional responsable de la forma en abordar cada maquina, realizando un inventario de los equipos que nos competen presentes en la empresa, para esto se llevara un control por medio de un formato que contiene la informacion necesaria para diferenciar cada maquina en este formato se especificara informacion generica como lo es marca, modelo,serie, año, horometro, capacidad, paimentacion o movimiento de tierra,observaciones operativo o no.

Este inventario es importante porque nos da como resultado saber la cantidad de equipos presentes categorizarlos, saber la marca,modelo de cada uno, capacidad y demas requisitos necesarios para solicitar repuestos con mayor agilidad al representante de la marca en colombia, tambien el acceso a manuales de usuario partes,operación y servicio.

8.2 RECOLECCION DE DATOS

Los manuales de usuario son fundamentales para conocer sus parametros de operación, condiciones de uso, palancas de acceso, botones, funcion y caracteristica, mantenimiento recomendado, lubricantes para compartimiento del equipo, listado y codigos de parte para repuestos, diagramas electricos, hidraulicos, despiece, y toda la informacion necesaria tanto para operación como para servicio.

Para llevar acabo esta fase se contara con los manuales fisicos o digitales que tiene la empresa, si no se poseen estos manuales se contactara con los representates de la marca en colombia de cada equipo adquirido que en su gran mayoria son equipos marca Cat representado por gecolsa colombia o volvo representado por chaneme, luego se realizara el archivo de cada manual, para facilitar la ubicación y facil ingreso a la informacion.

8.3 PRACTICAS DE MANTENIMIENTO

Se realizara visita a cada equipo para verificar el mantnimiento actualmente realizado labores, repuestos usados, seguridad industrial, con estos datos registrados se complementara con lo estipulado por el manual del fabricante ajustando pasos omitidos en el proceso y verificando que se realice el cambio que se ajuste al horometro y tiempo de trabajo.

Con la informacion recolectada por la experiencia de la parte tecnica y la informacion del manual se creara un check list que se ajuste al mantenimiento correpondiente que en maquinaria pesada sera de cada 250 horas aunque en cada intervalo de tiempo al

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

sumarlo se deben realizar mas y diferentes actividades, esto generara un paso a paso mas controlado en donde se registra los repuestos que se deben cambiar según el intervalo de tiempo, al igual estadarizar las actividades que se deben realizar por el personal tecnico o de servicio aunque en este paso no se incluye la inspeccion diaria que debe realizar como tal el operador en donde debe de ser un reporte diario se tendra un formato para cada operador y maquina.

8.4 IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Aplicar el plan de mantenimiento basado en confiabilidad, aplicando toda la informacion recaudada para obtener datos estadisticos y visibles que permitan observar resultados de efectividad en cuanto disminucion de costes y mayor disponibilidad de la maquinaria generando una mayor confiabilidad para realizar trabajos en donde se cuente con la operatividad al 100% presiniendose daños y futuros atrasos en obras por falta de diagnostico al igual a este punto ya se abra realizado la capacitacion al personal que intervendra con la ejecucion y por supuesto con el éxito tambien se e tregaran los resultados y conclusiones correspondientes.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	SEMANAS	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Empresa en donde se realizara la pasantia																					
Documentación del proceso																					
Inventario de Equipos																					
Informacion de manuales																					
Recoleccion de informacion en campo																					
Complementar la informacion recolectada con la del fabricante																					
Definir pasos de mantenimiento basado en																					
Generar los formatos de inspeccion diaria																					
Capacitacion de nuevos formatos y lineamientos de mantenimiento a personal																					
Construccion de listas de chequeo para mantenimiento																					
Acondicionamiento de cada lista de chequeo según el mantenimiento correspondiente al horometro																					
Capacitacion a personal tecnico y de servicio																					
Elaboración de instructivo de operación y mantenimiento.																					
Entrega de Documento Final																					
Cronograma esta sujeto a cambio según sea la designacion del plan de trabajo																					

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

10. RESULTADOS

Los resultados esperados al finalizar la pasantia, para la empresa un mejor conocimiento de los equipos existentes por el personal tecnico – operativo dando como resultado el mejoramiento en las tecnicas de mantenimiento hasta el momento realizadas al igual generar un sistema de calidad con procedimientos establecidos los cuales llevan a que cualquier persona se pueda relacionar con el sistema de gestion implementado en el departamento de mantenimiento, tambien una mayor relacion como lo indica el mantenimiento basado en la confiabilidad de todo el personal de la empresa desde la alta gerencia hasta el personal operativo que al igual va a tener un mayor conocimiento del equipo con el que se relaciona todos los dias y que para un buen plan de mantenimiento son los primeros en generar un diagnostico por estar presentes al momento de cualquier falla dando el punto de partida para que el personal especializado siga con la solucion del problema.

Parte economica se espera que se tenga un mayor control de repuestos necesarios para los mantenimientos evitando perdidas de tiempo en obra por falta de algun repuesto al igual al tener maquinas con un plan de mantenimiento genera una mayor confiabilidad y garantia de evitar algun imprevisto que con lleve al desplazamiento de tecnicos, pago de horas extras al personal que se encuentra involucrado con el equipo en falla, tambien se evita perder credibilidad por maquinas defectuosas.

Personal operativo y tecnico mayor capacitado por charlas de capacitacion en donde se dara a conocer los nuevos formatos de inspeccion y mantenimiento, en campo frente a los equipos y teoria en donde se dictara electricidad basica, motor de combustion interna basico, hidraulica basico, puntos de lubricacion, seguridad en el equipo, conocimiento de los diferentes sistemas que componen las maquinas, al igual operación basico y conocimiento de los controles y mandos de la maquina.

El resultado esperado aparte de lo anterior nombrado es la creacion de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad aplicado a equipos de pavimentacion y movimiento de tierra aplicando experiencia laboral recopilado de todo el personal que ha tenido contacto con el equipo sumando lo recomendado por el fabricante creando un sistema solido de gestion del mantenimiento, generando los beneficios anterior nombrados.

Finalmente para el pasante la obtencion del titulo como ingeniero mecanico, aplicar conocimientos adquiridos en una empresa dando solucion a un problema real.

11. BIBLIOGRAFIA

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).

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE PAVIMENTACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA PERTENECIENTES A LA EMPRESA JMS INGENIERIA SAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS – FACULTAD TECNOLOGICA

SEBASTIAN LEON

Garcia, N. M. Tractores Y Maquinaria Agrícola. Costa Rica: Universidad estatal.(2003)

Gonzales, F. j. Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestion. Madrid: fc. (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)