



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



I PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACION PROFECIONAL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA

**Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo
Para equipos de construcción de la empresa Chronos Ingenieros S.A.C. que permitan
disminuir los gastos en mantenimiento correctivos, en el Distrito de Huayllabamba,
Provincia de Urubamba, Región Cusco.**

**Facultad de Ingeniería Agrícola
I programa del Curso de Actualización Profesional
Presentada para optar el Grado Académico de Ingeniería Agrícola**

Presentada Por:

Bach. Silmer Marlon Villalobos Cachay

Asesor:

Celis Jiménez Victoriano

Lambayeque – Perú – Noviembre 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



I PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFECIONAL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA

**Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo
Para equipos de construcción de la empresa Chronos Ingenieros S.A.C. que permitan
disminuir los gastos en mantenimiento correctivos, en el Distrito de Huayllabamba,
Provincia de Urubamba, Región Cusco.**

PRESENTADA POR:

Bach. Silmer Marlon Villalobos Cachay

APROBADA POR:


Msc. Maco Chunga Manuel
Presidente del Jurado


Msc. Montes Bances Enoch
Secretario del Jurado


Ing. Celis Jiménez Victoriano
ASESOR

DEDICATORIA

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

A mi esposa Mary de que con su amor y paciencia siempre me ha apoyado incondicionalmente en cada uno de los pasos que he decidido dar, desde que llego a mi vida la ha llenado de felicidad, amor y alegría el cual espero retribuir permanentemente

A mis abuelos Juan, Rosa y Juana, quienes me han enseñado que no se es nadie, si no se es una buena persona y que la vida nos da clases de cómo afrontarla a diario.

A mis padres, Silmer y Lupe, por ser ejemplos de esfuerzo, trabajo, honradez y humildad tanto a nivel profesional como personal.

A mis hermanas, Lisset y Milene, porque siempre han sido más que hermanos mis mejores amigos, y muchas veces han apaciguado las adversidades con su apoyo, risas y juegos, con ustedes nunca dejo de ser un niño.

A todos mis amigos, con los que compartido un poco y que siempre me han apoyado, Fernando, Paul, Edgar, Luis, Yessica, Saby, Abraham, John, Ana y Yuliana cada uno de ustedes puede reconocer el aporte que hizo en mi vida como amigo estudiante y trabajador, así haya sido una palabra de aliento, un chiste malo, una broma, un gesto de cariño, un regaño, un favor o el simple hecho de estar pendientes, saben que todo eso contribuyó a lo que ahora sostienen en sus manos.

Silmer Marlon Villalobos Cachay

ÍNDICE

Datos preliminares	1
1. Resumen	2
2. Introducción	4
3. Problemática	5
3.1 Planteamiento del Problema	5
3.2 Formulación del Problema	5
4. Objetivos	7
5. Materiales y métodos	7
5.1. Metodología	7
5.2. Definición de términos	8
5.2.1. Tipos De Mantenimiento	8
5.2.2. Mantenimiento	8
5.2.3. Mantenibilidad	8
5.2.4. Mantenimiento Predictivo.	9
5.2.5. Mantenimiento Preventivo.	9
5.2.6. Mantenimiento Correctivo.	10
5.3. Diferentes tipos de correctivo: programado y no programado	10
5.4. ¿Qué es el mantenimiento centrado en Confiabilidad? (RCM)	11
5.5. Conceptos del RCM	11
5.6. El Concepto Operacional	12
5.7. Indicadores De Gestión Para Mantenimiento	12
5.7.1. Concepto de Disponibilidad	13
5.7.2. Concepto de Confiabilidad	13
5.7.3. Concepto de mantenibilidad.	14
5.8. Indicadores secundarios.	14
5.9. Indicadores De Gestión	16
5.10. Registros y Solicitudes	16
5.11. Fichas Técnicas de la Maquinaria	17
A. Rodillo Vibrocompactador.	17
B. Motoniveladora Caterpillar 140H	20
C. Retroexcavadora Caterpillar 416F	22
D. Minicargador Multipropósito Caterpillar 246D	24
5.12. Referencias de aceites y filtros	26
5.12.1. Filtros para maquinaria	26
5.12.2 Aceites para maquinaria	27
5.13. Hojas de costos del mantenimiento de la maquinaria	28
6. Resultados	33
6.1. Plan De Mantenimiento	33
A. Rodillo Vibrocompactador Caterpillar SC533E	33
B. Motoniveladora Caterpillar 140 H	36
C. Retroexcavadora Caterpillar 416F	41
D. Minicargador Multipropósito Caterpillar 246D	45
7. Discusión	47
8. Conclusiones	48
9. Recomendaciones	49
10. Referencias Bibliográficas	50

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Rodillo Vibrocompactador CS553E	17
Ilustración 2 Motoniveladora Caterpillar 140H	20
Ilustración 3 Retroexcavadora Caterpillar 416F	22
Ilustración 4 Minicargador Multipropósito Caterpillar 246D	24

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
I PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACION PROFECIONAL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA

1.1. TITULO

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA EQUIPOS DE CONSTRUCCION DE LA EMPRESA CHRONOS
INGENIEROS S.A.C.QUE PERMITAN DISMINUIR LOS GASTOS EN
MANTENIMIENTO CORRECTIVOS, EN EL DISTRITO DE
HUAYLLABAMBA, PROVINCIA DE URUBAMBA, REGIÓN CUSCO.**

1.2. AUTOR

Bach. Silmer Marlon Villalobos Cachay

1.3. TIPO DE INVESTIGACION:

Bibliográfica

1.4. AREA DE INVESTIGACION:

Mecanización Agrícola

1.5. INSTITUCION DE EJECUCION:

CHRONOS INGENIEROS S.A.C., con R.U.C. N° 20600426975, debidamente representada por el Sr. Oscar Piero Olivari Feijoo, identificado con D.N.I N° 40589917, según Poder inscrito en la Partida N° 13432890 Lima, Empresa Prestadora de Servicios para La Municipalidad Distrital De Huayllabamba, Provincia De Urubamba, Región Cusco.

1.6. DURACIÓN DEL PROYECTO:

2 meses

Recopilación de datos e Instalación: 2 meses.

Ejecución del Plan de Mantenimiento: Indefinido.

1. RESUMEN

El presente informe es una propuesta sobre un plan de mantenimiento preventivo, aplicable a la maquinaria de construcción de la empresa Chronos Ingenieros S.A.C., el cual es planteado como un método estratégico, lo que maximizara la productividad de la flota de estos equipos y disminuirá los costos de mantenimiento, implicados en los servicios de construcción y similares a los que se dedica esta prestigiosa empresa.

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

Las directivas de la empresa, estiman que el sobre costo de mantenimiento para el año 2018, es del 65 %, respecto al presupuesto que se asignó para ese departamento. Las cifras anotadas han alertado a las directivas, por lo que la gerencia ha encomendado buscar una solución, por la necesidad que tienen de reconfigurar los planes de mantenimiento

Así se genera la presente propuesta, de crear un plan de mantenimiento preventivo, que facilite encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas serias, aumentando de esta manera la probabilidad de mejorar la disponibilidad de los equipos y reducir costos en el mantenimiento.

Palabras Claves: Plan de Mantenimiento Preventivo, Maquinaria de Construcción, Productividad, Costos, Calidad, Presupuesto.

1. ABSTRACT

This report is a proposal on a preventive maintenance plan, applicable to the construction machinery of the company Chronos Ingenieros SAC, which is proposed as a strategic method, which will maximize the productivity of the fleet of these equipment and reduce costs of maintenance, involved in the construction services and similar to which this prestigious company is dedicated.

For the company, an improvement in the availability of construction equipment, accompanied by a decrease in maintenance costs, will allow obtaining benefits, which are aimed at a goal of continuous improvement, greater operational profitability and a lower environmental impact, all which will improve the competitiveness of the company. In addition, organizational and project management results could support business certification processes, in which the company is currently immersed. The company could benefit from a maintenance plan that will mark a before and after in the battle against expenses and time of use in the machinery. In this way, the quality and life expectancy of the teams could be improved, as well as proposing a timely and effective prevention treatment.

The directives of the company, estimate that the maintenance cost overrun for the year 2018, is 65%, with respect to the budget that was assigned for that department. The figures noted have alerted the directives, so that management has entrusted to find a solution, for the need they have to reconfigure maintenance plans

This generates the present proposal, to create a plan of preventive maintenance, which facilitates finding and correcting minor problems before they cause serious failures, thus increasing the probability of improving the availability of equipment and reducing maintenance costs.

Keywords: *Preventive Maintenance Plan, Construction Machinery, Productivity, Costs, Quality, Budget.*

2. INTRODUCCIÓN

Después de la revolución industrial con el auge de las máquinas, el mantenimiento siempre ha cumplido un papel relevante para conservar y prolongar la vida útil de los mecanismos que lo conforman. Al transcurrir de los años se han implementado diversas formas de mantenimiento, hoy en día, podemos destacar el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, entre otros, aplicado diversos sectores que lo explotan ya sea Agrícola, Industrial, Construcción, etc.

Este tipo de mantenimiento puede resultar más costoso a corto plazo, sin embargo, probablemente resulten menos costosos a lo largo de la vida útil del elemento u equipo a que se les aplica.

Este proyecto surge de la iniciativa académica de estudiantes de Ingeniería, y profesionales y como necesidad de los empresarios que por obvias razones se dedican a este rubro ya que es un aspecto que aplica al área de trabajo y establece la implementación de mecanismos y actividades de carácter estratégico, para optimizar el funcionamiento de equipos y maquinarias que son de vital importancia por su amplia capacidad en cuanto a productividad respecta.

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

Sistema hidráulico, Sistema de Lubricación, Sistema Eléctrico, Rodamientos, Motor, Sistema de Suministro de Combustible, Sistema de Enfriamiento, Elementos de Desgaste, etc.

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

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

3. PROBLEMÁTICA

3.1 Planteamiento del Problema

El área de mantenimiento ya sea Agrícola, Construcción o Industrial, es fundamental en la ingeniería, en razón a que después de Implementarlo, configurarlo y adecuarlo a las condiciones de trabajo requeridas, este debe trabajar de tal manera que se asegure la vida útil de los equipos, que permita recuperar la inversión y las utilidades esperadas.

La importancia de una buena gestión de la función empresarial del mantenimiento, se debe a que es una manera segura de garantizar la disponibilidad de los activos y el control de costos de los mismos durante la vida útil o el periodo de uso.

Para tener una alta probabilidad de tener la disponibilidad requerida, con los costos mínimos; la experiencia ha demostrado, que debe asegurarse la aplicación de un “Plan de Mantenimiento Preventivo”, ajustado a las necesidades del activo, en razón de su vida utilizada, del estado operativo que tenga en el momento de inicio de la aplicación del “Plan de Mantenimiento Preventivo” y de las condiciones operativas y del entorno; De esta manera se posee mejor control sobre el estado operativo y el nivel de degradación que se desarrolla, así como la manera de mitigar o atenuar el impacto de las fallas atacando las causas raíces de las mismas.

3.2 Formulación del Problema

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

¿Cómo aplicar un “Plan de Mantenimiento Preventivo” a estos equipos para aumentar la disponibilidad, disminuir los costos, sin mermar la seguridad y minimizando el impacto ambiental negativo?

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

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

3.3 Justificación e importancia del estudio

Para la empresa, Chronos Ingenieros S.A.C. una mejora en la disponibilidad de los equipos de construcción, acompañada de una disminución de los costos por mantenimiento, permitirá obtener beneficios, que permitan tener a la empresa una mayor rentabilidad operacional y un menor impacto ambiental, todo lo cual permitirá mejorar la competitividad de la empresa. Además los resultados organizativos y de gestión del proyecto podrían apoyar los procesos de certificación empresarial, en los que la empresa se encuentra actualmente inmersa. La empresa podría beneficiarse con un “Plan de Mantenimiento Preventivo” que marcará un antes y un después en la batalla contra gastos y tiempo de uso en la maquinaria y de la producción general de la obra. De este modo, podrían mejorarse la calidad y las expectativas de vida de las piezas y equipos, además de proponer un tratamiento de prevención puntual y efectivo.

Para la relación Universidad – Empresa, estos proyectos de aplicación de la ingeniería para resolver problemas empresariales, fortalecen la mencionada relación y dan a conocer al medio externo, la capacidad de los egresados de las distintas Universidades Peruanas , para desarrollar y aplicar soluciones que son permitentes, factibles y económicamente ventajosas, respetando los aspectos de seguridad, calidad y productividad empresarial.

4. OBJETIVOS

- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la flota de equipo pesado de la empresa Chronos Ingenieros S.A.C, para reducir sus costos por correctivos en los equipos y mejorar su desempeño operacional, sin descuidar la seguridad y procurando minimizar el impacto ambiental negativo.
- Caracterizar la gestión del “Plan de Mantenimiento Preventivo” que permitan su implementación y las actividades que permita un mantenimiento eficiente y efectivo.
- Generar información complementaria basada en la experiencia del personal operativo y de mantenimiento, para ajustar el actual plan de tal manera que las probabilidades de mejorar se incrementen.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Metodología

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

A. Fase 1.

Indagar cómo se maneja la información de mantenimiento en la empresa.

Corroborar con los operarios y mecánicos para ver que tanto utilizan la información del fabricante en su trabajo.

B. Fase 2.

Inspeccionar la calidad de los repuestos e insumos utilizados para las reparaciones y ver si son de óptimas condiciones para un buen mantenimiento.

Seleccionar una muestra de equipos objeto de estudio a través de manuales, catálogos, etc.

Generar información complementaria basada en la experiencia del personal operativo y de mantenimiento, a través de unos formatos, para ajustar el actual plan, de tal manera que las probabilidades de mejorar se aumenten.

C. Fase 3.

Aplicar el plan de mantenimiento preventivo y observar resultados de efectividad en cuanto disminución de costos y mayor disponibilidad de equipos

Entregar recomendaciones y conclusiones obtenidas a partir de las experiencias vividas.

5.2 Definición de términos

5.2.1 Tipos De Mantenimiento

Antes de realizar cualquier tipo de clasificación o descripción de los tipos de mantenimiento, es muy importante saber realmente lo que es mantenimiento y su diferencia con lo que se conoce como mantenibilidad o capacidad de mantenimiento, las cuales se prestan en muchas ocasiones a confusión por parte del personal de una empresa.¹

5.2.2 Mantenimiento

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

5.2.3 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:

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

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

¹Fernández F. (2005). **Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado**. Madrid: Fundación Confemetal Editorial.

5.2.4. Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones (ej. Inspección visual del grado de desgaste), monitoreo (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite)* 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.²

5.2.4.1 Ventajas.

Más confiabilidad. Al utilizar aparatos y personal calificado, los resultados deben ser más exactos.

Requiere menos personal. Esto genera una disminución en el costo de personal y en los procesos de contratación, aunque luego veremos una desventaja sobre ello.

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

5.2.4.2 Desventajas

Siempre que hay un daño, necesita programación. Si al dueño le urge que se repare, es posible que tenga que esperar hasta la fecha que se defina como segunda revisión, por lo que las urgencias también deben darse mediante programaciones.

Requiere equipos especiales y costosos. Al buscarse medir todo con precisión, los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirse.

Es importante contar con personal más calificado. Aunque ya mencionamos que el personal es menor, éste debe contar con conocimientos reales teórico-prácticos para analizar, evaluar, mitigar, programar o corregir las fallas que presentan los equipos, lo que eleva a su vez el costo y quizá, dependiendo del área, disminuyan las opciones.

Costosa su implementación. Por lo mismo de manejarse mediante programaciones de trabajo, si se unen los costos de todas las veces que se paró la máquina y se revisó por cuestiones que se identificaron la primera vez, el costo es considerablemente alto.

5.2.5 Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de evaluación y 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

²Kuroda B. K. (2012). *Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo*. Recuperado el 15 de marzo del 2018 de <http://kurodabombas.com/2012/04/06/ventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-predictivo/>

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

5.2.5.1 Ventajas

Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo

Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.

Reduce la probabilidad de paros imprevistos.

Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

5.2.5.2 Desventajas

Entre sus pocas desventajas se encuentran:

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

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

5.2.6 Mantenimiento Correctivo.

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

5.3 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.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es

inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

5.3.1 Ventajas:

Máximo aprovechamiento de la vida útil de los sistemas

No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis

5.3.2 Desventajas

Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la producción

Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir

Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar

5.4 ¿Qué es el mantenimiento centrado en 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.³

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 fusiónales) asociados con estas funciones?
3. ¿cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. ¿cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

5.5 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.

³ Garrido S. (2003). *La contratación del Mantenimiento industrial*. Madrid: Díaz de Santos, Pag.12 -15)

A continuación se explican varios conceptos derivados del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, muchos de los cuales a ´un no son completamente entendidos por los profesionales del mantenimiento industrial.

5.6 El Contexto Operacional

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes. Un caso típico es el de un sistema de reserva, que suele requerir tareas de mantenimiento muy distintas a las de un sistema principal aun cuando ambos sistemas sean físicamente idénticos. Entonces, antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción (2 ´o 3 carillas) donde se debe indicar: régimen de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.

5.7 Indicadores De Gestión 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.⁴

⁴Sacristán, F. R. (2001). *Mantenimiento total de la producción (TPM) proceso de implantación y desarrollo*. Madrid: Fundación Confemetal Editorial.

5.7.1 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 01: Disponibilidad operacional

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

Donde:

To = Tiempo total de operación

Tp = Tiempo total de paradas

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

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

Vemos que la disponibilidad depende de:

La frecuencia de las fallas.

El tiempo que nos demande en reanudar el servicio.

Así, se tiene que:

Ecuación 02: disponibilidad operacional

$$D = \frac{T_{pef}}{T_{pef} + T_{ppr}}$$

Donde:

Tpef = Tiempo promedio entre fallas.

Tppr = Tiempo promedio de reparacion

5.7.2 Concepto de Confiabilidad

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 03: Tiempo promedio entre fallas

$$T_{pef} = \frac{H_{rop}}{\sum N^o fallas}$$

Donde:

Tp_{ef}: Tiempo promedio entre fallas
H_{op}: horas de operación
Nº fallas: Numero de las fallas detectadas

5.7.3 Concepto de mantenibilidad.

Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo, pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, y usando unos recursos determinado Por tanto, la media de tiempos de reparación (TPPR) caracteriza. La mantenibilidad del equipo.

Ecuación 4: Tiempo Promedio de reparación

$$T_{ppr} = \frac{T_{tf}}{\sum N^{\circ} fallas}$$

Donde:

T_{ppr}: tiempo promedio de reparación

T_{tf}: Tiempo Total de Fallas

Nº fallas: Numero de Fallas Detectadas

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

5.8 Indicadores secundarios.

Como complemento se necesita indicadores secundarios, que muestran de qué manera impactan sobre los indicadores de clase mundial, cada uno de los aspectos parciales de la gestión.⁵

⁵González F. (2004). *Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*. Madrid: Fundación Confemetal Editorial., pág. 10 – 14)

5.8.1 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 5: indicador de accidentes.

$$\text{Indicador de accidentes} = \frac{\text{Número de Accidentes}}{\text{Horas Trabajadas (días)}} \times 100$$

5.8.2 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 6: Indicador de mano de obra externa.

$$C_{moe} = \frac{C_{moc} (total)}{C_{moc} + C_{mop} (total)}$$

Donde:

C_{moe} = Costo de Mano de Obra externa

C_{moc} = Costo de mano de obra Contratada

C_{mop} = Costo de mano de Obra Permanente

5.8.3 Indicador de costos de mantenimientos preventivos por mantenimientos totales.

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

Ecuación 7: Indicador Costos Preventivos vs Correctivos.

$$C_{ptc} = \frac{C_{mp}}{C_{tm}}$$

Donde:

C_{ptc}: Costo de Mantenimiento Preventivo por Mantenimiento Total.

C_{mp}: Costo de Mantenimiento Preventivo.

C_{tm}: Costo de Total de Mantenimiento.

⁵González F. (2004). *Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*. Madrid: Fundación Confemetal Editorial., pág. 10 – 14)

5.9 Indicadores De Gestión⁵

Los indicadores sirven para establecer el logro y el cumplimiento de la misión, objetivos, metas, programas o políticas de un determinado proceso o estrategia, por esto podemos decir que son ante todo, la información que agrega valor y no simplemente un dato, ya que los datos corresponden a unidades de información que pueden incluir números, observaciones o cifras, pero si no están ligadas a contextos para su análisis carecen de sentido.

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

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

5.10 Registros y Solicitudes

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

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

Se sugieren 3 formatos con el fin de controlar todas las intervenciones hechas en la maquinaria y también con el fin de supervisar los trabajos realizados por el personal contratado para así justificar su contratación.

⁵González F. (2004). *Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*. Madrid: Fundación Confemetal Editorial., pág. 10 – 14)

5.11 Fichas Técnicas de la Maquinaria

Las siguientes son las características técnicas de cada máquina.

A. Rodillo Vibrocompactador.⁶

Ilustración 1. Rodillo Vibrocompactador CS553E.



Fuente: Autor del Informe

Tabla 3. Especificaciones técnicas del motor del Rodillo Vibrocompactador

Especificaciones técnicas del motor del Rodillo Vibrocompactador	
Modelo	Caterpillar 3040 C
Tipo	Turboalimentado
Potencia Nominal	97 kw o 130 hp
Velocidad Nominal	2200 rpm
Sistema de enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Especificaciones de los Compactadores CS-533E - CATERPILLAR

⁶Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento rodillo vibrador CS533E*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <http://www.tracsa.com.mx/fichas-tecnicas/cat-cs533e.pdf>

Tabla 4. Pesos del rodillo Vibrocompactador

Pesos del rodillo Vibrocompactador	
Peso de la maquina	11530 kg
Peso del tambor	6240 kg

Fuente: Especificaciones de los Compactadores CS-533E - CATERPILLAR

Tabla 5. Llantas del Rodillo Vibrocompactador

Llantas del Rodillo Vibrocompactador	
Tipo de llantas	23.1" x 26" 8 lonas
Presión de las llantas	1.1 bar

Fuente: Especificaciones de los Compactadores CS-533E - CATERPILLAR

Tabla 6. Sistema de dirección del Rodillo Vibrocompactador

Sistema de dirección del Rodillo Vibrocompactador	
Diseño	Articulación de pivote al centro
Tipo de sistema	Doble función
Sistema de control	Electrónico Hidráulico
Angulo de rotación	+/- 35°
Angulo oscilante	+/- 10°
Separación mínima del piso	521 mm
Radio mínimo de giro exterior	5810 mm

Fuente: Especificaciones de los Compactadores CS-533E - CATERPILLAR

Tabla 7. Capacidades de fluidos y lubricantes del Rodillo Vibrocompactador

Capacidades de fluidos y lubricantes del Rodillo Vibrocompactador			
ITEM	DESCRIPCION	CAPACIDAD (LITROS)	CAPACIDAD (GALONES)
1	Combustible	200	53
2	Aceite hidráulico	60	16
3	Aceite de motor	9	2.4
4	Refrigerante	19	5

Fuente: Especificaciones de los Compactadores CS-533E - CATERPILLAR

⁶Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento rodillo vibrador CS533E*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <http://www.tracsa.com.mx/fichas-tecnicas/cat-cs533e.pdf>

Tabla 8. Sistema eléctrico del Rodillo Vibrocompactador

Sistema eléctrico del Rodillo Vibrocompactador	
Batería	2 en serie de 12v x 17 placas
Alternador	24 v

Fuente: Especificaciones de los Compactadores CS-533E – CATERPILLAR

⁶Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento rodillo vibrador CS533E*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <http://www.tracsa.com.mx/fichas-tecnicas/cat-cs533e.pdf>

B. Motoniveladora Caterpillar 140H7

Ilustración 2. Motoniveladora Caterpillar 140H



Fuente: Autor del Informe

Tabla 9. Especificaciones técnicas del motor de la Motoniveladora

Especificaciones técnicas del motor de la Motoniveladora	
Modelo	3176C DITA ATAAC VHP
Tipo	Turboalimentado Inyección Directa
Potencia Nominal	138 kw
Velocidad Nominal	2000 rpm
Sistema de enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Especificaciones de la Motoniveladora 140H – CATERPILLAR

Tabla 10. Pesos de la Motoniveladora

Pesos de la Motoniveladora	
Peso de la maquina	14677 kg
Peso del módulo en las ruedas delantera	4138 kg
Peso del módulo de las ruedas posteriores	10539 kg

Fuente: Especificaciones de la Motoniveladora 140H – CATERPILLAR

⁷ Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento 140H y 160H Motoniveladoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/document/343887492/Programa-de-Mantenimiento-Motoniveladora-Cat-140H>

Tabla 11. Llantas de la Motoniveladora

Llantas de la Motoniveladora	
Tipo de llantas	14" x 24" 10 lonas
Presión de las llantas	1.1 bar

Fuente: Especificaciones de la Motoniveladora 140H – CATERPILLAR

Tabla 12. Sistema de dirección de la Motoniveladora

Sistema de dirección de la Motoniveladora	
Diseño	Articulación totalmente, con sistema de sensor de carga
Bomba de dirección	Pistón axial
Máximo Caudal	Electrónico Hidraulico
Máximo presión de trabajo	24150 kpa
Máximo Angulo de dirección en ruedas	+/- 50°
Máximo Angulo de dirección en estructura	+/- 20°

Fuente: Especificaciones de la Motoniveladora 140H – CATERPILLAR

Tabla 13. Capacidades de fluidos y lubricantes de la Motoniveladora

Capacidades de lubricantes de la Motoniveladora			
ITEM	DESCRIPCION	CAPACIDAD (LITROS)	CAPACIDAD (GALONES)
1	Combustible	397	105
2	Aceite hidráulico	80	21.1
3	Aceite de motor	39	10.3
4	Refrigerante	38	13
5	Aceite de diferencial y mandos finales	47	12.4
7	Caja del Circulo Tornamesa	7	1.8

Fuente: Especificaciones de la Motoniveladora 140H – CATERPILLAR

Tabla 14. Sistema eléctrico de la Motoniveladora

Sistema eléctrico de la Motoniveladora	
Batería	2 en serie de 12v x 17 placas
Alternador	24 v

Fuente: Especificaciones de la Motoniveladora 140H – CATERPILLAR

⁷ Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento 140H y 160H Motoniveladoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/document/343887492/Programa-de-Mantenimiento-Motoniveladora-Cat-140H>

C. Retroexcavadora Caterpillar 416F8

Ilustración 3. Retroexcavadora Caterpillar 416F



Fuente: Autor del Informe

Tabla 15. Especificaciones técnicas del motor de la Retroexcavadora

Especificaciones técnicas del motor de la Retroexcavadora	
Modelo	C4.4 ACERT
Tipo	Turboalimentado
Potencia Nominal	65 kw o 87hp
Velocidad Nominal	2200 rpm
Sistema de enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Especificaciones de Retroexcavadora 416F – CATERPILLAR

Tabla 16. Pesos de la Retroexcavadora

Pesos de la Retroexcavadora	
Peso de la maquina	11000 kg

Fuente: Especificaciones de Retroexcavadora 416F – CATERPILLAR

Tabla 17. Llantas de la Retroexcavadora

Llantas de la Retroexcavadora	
Tipo de llantas delanteras	11L x 16"
Tipo de llantas posteriores	19.5L x 24"
Presión de las llantas	1.1 bar

Fuente: Especificaciones de Retroexcavadora 416F – CATERPILLAR

⁸ Caterpillar F. (2007). *Plan de Mantenimiento Retroexcavadoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/135151852/Plan-de-Mantenimiento-Retroexcavadora>

Tabla 18. Capacidades de fluidos y lubricantes de la Retroexcavadora

Capacidades de lubricantes de la Retroexcavadora			
ITEM	DESCRIPCION	CAPACIDAD (LITROS)	CAPACIDAD (GALONES)
1	Combustible	160	42
2	Aceite hidráulico	90	23.8
3	Aceite de motor	8.8	2.3
4	Refrigerante	22	5.8
5	Aceite de transmisión	15	4

Fuente: Especificaciones de Retroexcavadora 416F – CATERPILLAR

Tabla 19. Sistema eléctrico de la Retroexcavadora

Sistema eléctrico de la Retroexcavadora	
Batería	2 en paralelo de 12v x 17 placas
Alternador	12 v

Fuente: Especificaciones de Retroexcavadora 416F – CATERPILLAR

⁸ Caterpillar F. (2007). *Plan de Mantenimiento Retroexcavadoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/135151852/Plan-de-Mantenimiento-Retroexcavadora>

D. Minicargador Multipropósito Caterpillar 246D9

Ilustración 4. Minicargador Multipropósito Caterpillar 246D



Tabla 20. Especificaciones técnicas del motor del Minicargador Multipropósito

Especificaciones técnicas del motor del Minicargador Multipropósito	
Modelo	C3.4 DIT
Tipo	Aspiración directa
Potencia Nominal	53 kw 71 hp
Rpm a baja velocidad	1150 - 1300
Rpm a alta velocidad	2525 - 2650
Sistema de enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Especificaciones de Minicargador 246D – CATERPILLAR

Tabla 21. Pesos del Minicargador Multipropósito

Pesos del Minicargador Multipropósito	
Peso de la maquina	3565 kg

Fuente: Especificaciones de Minicargador 246D – CATERPILLAR

Tabla 22. Llantas del Minicargador Multipropósito

Llantas del Minicargador Multipropósito	
Tipo de llantas delanteras	12L x 16.5"
Presión de las llantas	1.1 bar

Fuente: Especificaciones de Minicargador 246D – CATERPILLAR

⁹ Caterpillar F. (2007). *Manual Operación Mantenimiento Minicargadores 246c 256c 262c 272c Caterpillar*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/296300955/Manual-Operacion-Mantenimiento-Minicargadores-246c-256c-262c-272c-Caterpillar-1>

Tabla 23. Capacidades de fluidos y lubricantes del Minicargador Multipropósito

Capacidades de lubricantes del Minicargador Multipropósito			
ITEM	DESCRIPCION	CAPACIDAD (LITROS)	CAPACIDAD (GALONES)
1	Combustible	90	15.4
2	Aceite hidráulico	53	14
3	Aceite de motor	9	2.4
4	Refrigerante	10	2.6

Fuente: Especificaciones de Minicargador 246D – CATERPILLAR

Tabla 24. Sistema eléctrico del Minicargador Multipropósito

Sistema eléctrico del Minicargador Multipropósito	
Batería	12v x 17 placas
Alternador	12 v

Fuente: Especificaciones de Minicargador 246D – CATERPILLAR

⁹ Caterpillar F. (2007). *Manual Operación Mantenimiento Minicargadores 246c 256c 262c 272c Caterpillar*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/296300955/Manual-Operacion-Mantenimiento-Minicargadores-246c-256c-262c-272c-Caterpillar-1>

5.12 REFERENCIAS DE ACEITEY FILTROS ^{6, 7, 8, 9}

Las referencias de los filtros se ven en la tabla 24 y la de los aceites en la tabla 25 citados a continuación.

5.12.1 FILTROS PARA MAQUINARIA

Tabla 24. Referencias de los filtro de los equipos.

ITEM	DESCRIPCION	REFERENCIA
RODILLO VIBROCOMPACTADOR CAT CS533E		
1	FILTRO DE COMBUSTIBLE	361 - 9554
2	FILTRO SEPARADOR DE AGUA	156 - 1200
3	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	7W - 2326
4	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	346 - 6687
5	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	346 - 6688
6	FILTRO HIDRÁULICO	362 - 1163
MOTONIVELADORA CAT 140H		
7	FILTRO DE COMBUSTIBLE	9M - 2341
8	FILTRO SEPARADOR DE AGUA	1R - 0750
9	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	1R - 0739
10	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	6I - 0273
11	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	6I - 0274
12	FILTRO HIDRÁULICO	1R - 0722
13	FILTRO DE TRANSMISION	1R - 0719
RETROEXCAVADORA CAT 416F		
14	FILTRO DE COMBUSTIBLE	361 - 9554
15	FILTRO SEPARADOR DE AGUA	156 - 1200
16	FILTRO DE ACEITE DE	7W - 2326
17	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	346 - 6687
16	DE AIRE SECUNDARIO	346 - 6688
17	FILTRO HIDRÁULICO	362 - 1163
MINICARGADOR MULTIPROPOSITO CAT 246B		
20	FILTRO DE COMBUSTIBLE	416 - 5884
21	FILTRO SEPARADOR DE AGUA	363 - 5819
22	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	377 - 6969
23	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	110 - 6326
24	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	110 - 6331
25	FILTRO HIDRÁULICO	421 - 5479

Fuente: Especificaciones CATERPILLAR

5.12.2 ACEITES PARA MAQUINARIA

TABLA 26. Referencia de los aceites y lubricantes.

ITEM	DESCRIPCION	SISTEMA	REFERENCIA
1	MOBIL DELVAC MX CATERPILLAR	MOTOR	SAE 15W 40
2	HYDO SAE CATERPILLAR	HIDRÁULICO	SAE 10W
3	MOVIL CATERPILLAR	TRANSMISIÓN	80W- 90
5	API GL5	TORNAMESA	SAE 85W 140
6	CATERPILLAR TDTO 50	MANDOS FINALES	SAE 50

Fuente: Especificaciones CATERPILLAR

1. Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento rodillo vibrador CS533E*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <http://www.tracsa.com.mx/fichas-tecnicas/cat-cs533e.pdf>
2. Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento 140H y 160H Motoniveladoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/document/343887492/Programa-de-Mantenimiento-Motoniveladora-Cat-140h>
3. Caterpillar F. (2007). *Plan de Mantenimiento Retroexcavadoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/135151852/Plan-de-Mantenimiento-Retroexcavadora>
4. Caterpillar F. (2007). *Manual Operación Mantenimiento Minicargadores 246c 256c 262c 272c Caterpillar*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/296300955/Manual-Operacion-Mantenimiento-Minicargadores-246c-256c-262c-272c-Caterpillar-1>

5.13 HOJAS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA

Las hojas de costos de las maquinas nos indicara los costos de un mantenimiento típico sin considerar los imprevistos ya que es de suponerse que está bajo un programa de monitoreo otorgado por la concesionaria y esta se encarga de evitar los imprevistos en Campo.

A. Rodillo Vibrocompactador Caterpillar CS533E¹

TABLA 27. Mantenimientos del Rodillo Vibrocompactador Caterpillar CS533E

REPUESTOS Y MANTENIMIENTOS				
ITEM	CANTIDAD	COMPONENTE O MODULO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	4 gal	Cambio de aceite de motor	35.67	142.68
2	1 unid	Cambio de bomba de combustible	145.00	145.00
3	1 unid	Cambio de solenoide	650.00	650.00
4	1 unid	Filtro de aire primario	120.00	120.00
5	1 unid	Filtro de aire secundario	97.00	97.00
6	1 unid	Filtro de combustible	54.26	54.26
7	1 unid	Filtro separador se agua	50.38	50.38
8	1 unid	Filtro de aceite de motor	25.00	25.00
9	1 unid	Filtro de aceite hidráulico	87.54	87.54
10	1 juego	Cambio Mount Sándwich (goma de rola)	450.00	450.00
TOTAL				1.821.87

¹Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento rodillo vibrador CS533E*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <http://www.tracsa.com.mx/fichas-tecnicas/cat-cs533e.pdf>

B. Motoniveladora Caterpillar 140H ²

TABLA 28. Mantenimientos de Motoniveladora Caterpillar 140H

REPUESTOS Y MANTENIMIENTOS				
ITEM	CANTIDAD	COMPONENTE O MODULO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	10,3 gal	Cambio de aceite de motor	35,67	367,40
2	1 unid	Juego sobre Cantoneras	620,00	620,00
3	1 unid	Filtro de aire primario	150,00	150,00
4	1 unid	Filtro de aire secundario	112,00	112,00
5	1 unid	Filtro combustible	64,00	64,00
6	1 unid	Filtro separador de agua	60,00	60,00
7	1 unid	Filtro para la Servo transmisión	120,00	120,00
8	1 unid	Filtro piloto	315,00	315,00
9	1 unid	Filtro de aceite	25,00	25,00
10	1 unid	Filtro hidráulico	87,54	87,54
11	1 unid	Juego de cuchillas	2100,00	2100,00
TOTAL				4020,94

²Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento 140H y 160H Motoniveladoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/document/343887492/Programa-de-Mantenimiento-Motoniveladora-Cat-140h>

C. Retroexcavadora Caterpillar 416F³

TABLA 29. Mantenimientos de Retroexcavadora Caterpillar 416F

REPUESTOS Y MANTENIMIENTOS				
ITEM	CANTIDAD	COMPONENTE O MODULO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	1 unid	Cambio manguera refrigeración	200,00	200,00
2	1 unid	Cambio de manguera hidráulica cilindro de inclinación	85,00	85,00
3	3 unid	Cambio de manguera hidráulica cilindro de levante	290,00	870,00
4	5 unid	Cambio de aceite de transmisión	35,78	178,90
5	1 unid	Cambio de llanta trasera izquierda	1290,00	1290,00
6	4 gal	Cambio aceite de motor	35,67	142,68
7	1 unid	Filtro de aceite LF 3345	29,60	29,60
8	1serv	Reparación aire acondicionado	3252,20	3252,20
9	1 unid	Rectificado de buje y pin del brazo de corte	1290,00	1290,00
10	1 unid	Cambio de manguera combustible	65,00	65,00
11	1 unid	Cambio master batería	30,00	30,00
12	1juego	Rep. De sellos en cilindro inclinación izquierdo	770,00	770,00
13	9 unid	Cambio de dientes brazo de corte	23,00	207,00
14	1 unid	Cambio de manguera de gato de inclinación derecho	106,64	106,64
15	4 gal	Cambio aceite de motor	35,67	142,68
16	1 unid	Filtro de combustible LF 1280	39,80	39,80
17	1 unid	Filtro de combustible LS 5052	47,00	47,00
18	1 unid	Filtro de combustible FD 1224	56,00	56,00
19	1 unid	Filtro de aceite LF 3345	29,60	29,60
20	1 unid	Rotura manguera hidráulica	175,91	175,91
21	1 unid	Rotura manguera combustible	65,00	65,00
22	1 unid	Rotura manguera hidráulica	62,38	62,38
23	1serv	Sondeo radiador	313,20	313,20
24	1 unid	cambio del termostato	341,92	341,92

25	2 unid	Cambio de llantas delanteras	861,50	1723,00
26	4 gal	Cambio aceite de motor	35,67	142,68
27	1 unid	Filtro de combustible LF 1280	39,80	39,80
28	1 unid	Filtro de combustible LS 5052	47,00	47,00
29	1 unid	Filtro de combustible FD 1224	56,00	56,00
30	1 unid	Filtro de aceite LF 3345	29,60	29,60
TOTAL			11828,61	

³ Caterpillar F. (2007). *Plan de Mantenimiento Retroexcavadoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/135151852/Plan-de-Mantenimiento-Retroexcavadora>

D. Minicargador Multipropósito Caterpillar 246D⁴

TABLA 30. Mantenimientos de Minicargador Multipropósito Caterpillar 252B

REPUESTOS Y MANTENIMIENTOS				
ITEM	CANTIDAD	COMPONENTE O MODULO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	1 unid	Rotura de manguera hidráulica	85,00	85,00
2	4 gal	Cambio aceite de motor	35,67	142,68
3	1 unid	Filtro de aceite	45,00	45,00
4	1 unid	Cuchilla balde	740,00	740,00
5	1serv	Rectificación de buje y pin del balde desgastados	3450,00	3450,00
6	1 unid	Rotura manguera combustible	75,00	75,00
7	1serv	Rep. De sellos por Fuga en gato inclinación derecho	650,00	650,00
8	1 unid	Filtro de combustible	46,00	46,00
9	1 unid	Filtro de combustible	47,00	47,00
10	1 unid	Filtro de aceite	33,50	33,50
11	4 unid	Cambio de llantas	780,00	3120,00
12	1 unid	Rotura manguera hidráulica	62,38	62,38
13	1 unid	Filtro de aceite	29,60	29,60
TOTAL				8526,16

⁴ Caterpillar F. (2007). *Manual Operación Mantenimiento Minicargadores 246c 256c 262c 272c Caterpillar*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/296300955/Manual-Operacion-Mantenimiento-Minicargadores-246c-256c-262c-272c-Caterpillar-1>

6. RESULTADOS

6.1. PLAN DE MANTENIMIENTO

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

A. Rodillo Vibrocompactador Caterpillar SC533E

A continuación se presenta el Plan de Mantenimiento del Rodillo Vibrocompactador Caterpillar SC533E

Tabla 31. Mantenimiento a las 10 horas del Rodillo Vibrocompactador Caterpillar CS533E

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 32. Mantenimiento a las 50 horas del Rodillo Vibrocompactador Caterpillar CS533E

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 33. Mantenimiento a las 250 horas del Rodillo Vibrocompactador Caterpillar CS533E

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 34. Mantenimiento a las 500 horas del Rodillo Vibrocompactador Caterpillar CS533E

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 35. Mantenimiento a las 1000 horas del Rodillo Vibrocompactador Caterpillar CS533E

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD 1
1	Pin del cilindro de la dirección	Engrasar
2	Aceite de motor	Drenar y llenar
3	Filtro de aceite de motor	Cambiar
4	Filtro de aceite hidráulico	Cambiar
5	Filtro de combustible	Cambiar
6	Filtro de aire primario	Cambiar
7	Sistema integral de enfriamiento	Revisar
8	Filtro de aire secundario	Cambiar
9	Filtro de línea de combustible	Cambiar
10	Filtro del tanque hidráulico	Cambiar
11	Batería	Mantenimiento
12	Aceite hidráulico	Cambiar
13	Líquido refrigerante	Drenar y llenar
14	Colador del aceite hidráulico	Limpiar

Fuente: Autor del Informe

B. Motoniveladora Caterpillar 140 H

A continuación se presenta el Plan de Mantenimiento de la Motoniveladora Caterpillar 140H

Tabla 36. Mantenimiento a las 10 horas de la Motoniveladora Caterpillar 140H

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 37. Mantenimiento a las 50 horas de la Motoniveladora Caterpillar 140H

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 38. Mantenimiento a las 100 horas de la Motoniveladora Caterpillar 140H

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 39. Mantenimiento a las 250 horas de la MotoniveladoraCaterpillar 140H

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 40. Mantenimiento a las 500 horas de la MotoniveladoraCaterpillar 140H

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Aceite carcasa central del eje trasero	Adicionar
4	Pasador de articulación de la hoja	Lubricar
5	Correas ventilador/alternador	Lubricar
6	Cilindro de articulación de la hoja	Lubricar
7	Pasador de articulación del eje	Lubricar
8	Barra de dirección	Lubricar
9	Pasador del vástago del eje delantero	Lubricar
10	Cilindro de inclinación de las ruedas delanteras	Lubricar
11	Pasador de oscilación del eje delantero	Lubricar
12	Pasador pivote	Lubricar
13	Filtros de combustible	Cambiar
14	Cajas de tandem	Verificar
15	Rodamientos de las ruedas de los ejes de tandem (4 cada lado)	Lubricar
16	Filtro de aceite de la transmisión	Cambiar
17	Filtro del depósito hidráulico	Cambiar
18	Filtro del sistema de refrigeración	Cambiar
19	Tapón del drenaje del sistema de combustible	Limpiar

Fuente: Autor del Informe

Tabla 41. Mantenimiento a las 1000 horas de la MotoniveladoraCaterpillar 140H

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Aceite carcasa central del eje trasero	Adicionar
4	Pasador de articulación de la hoja	Lubricar
5	Correas ventilador/alternador	Lubricar
6	Cilindro de articulación de la hoja	Lubricar
7	Pasador de articulación del eje	Lubricar
8	Barra de dirección	Lubricar
9	Pasador del vástago del eje delantero	Lubricar
10	Cilindro de inclinación de las ruedas delanteras	Lubricar
11	Pasador de oscilación del eje delantero	Lubricar
12	Pasador pivote	Lubricar
13	Filtros de combustible	Cambiar
14	Cajas de tándem	Verificar
15	Rodamientos de las ruedas de los ejes de tándem (4 cada lado)	Lubricar
16	Filtro de aceite de la transmisión	Cambiar
17	Filtro del depósito hidráulico	Cambiar
18	Filtro del sistema de refrigeración	Cambiar
19	Tapón del drenaje del sistema de combustible	Limpiar
20	Refrigerante	Cambiar
21	Inyectores de combustible	Ajustar
22	Válvulas de motor	Ajustar

Fuente: Autor del Informe

Tabla 42. Mantenimiento a las 2000 horas de la MotoniveladoraCaterpillar 140H

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Aceite carcasa central del eje trasero	Adicionar
4	Pasador de articulación de la hoja	Lubricar
5	Correas ventilador/alternador	Lubricar
6	Cilindro de articulación de la hoja	Lubricar
7	Pasador de articulación del eje	Lubricar
8	Barra de dirección	Lubricar
9	Pasador del vástago del eje delantero	Lubricar
10	Cilindro de inclinación de las ruedas delanteras	Lubricar
11	Pasador de oscilación del eje delantero	Lubricar
12	Pasador pivote	Lubricar
13	Filtros de combustible	Cambiar
14	Cajas de tándem	Verificar
15	Rodamientos de las ruedas de los ejes de tándem (4 cada lado)	Lubricar
16	Filtro de aceite de la transmisión	Cambiar
17	Filtro del depósito hidráulico	Cambiar
18	Filtro del sistema de refrigeración	Cambiar
19	Tapón del drenaje del sistema de combustible	Limpiar
20	Refrigerante	Cambiar
21	Inyectores de combustible	Ajustar
22	Válvulas de motor	Ajustar
23	Aceite hidráulico	Cambiar
24	Aceite carcasa eje trasero	Cambiar
25	Rodamientos de las ruedas delanteras	Cambiar
26	Aceite de Caja del tándem (ambos lados)	Cambiar

Fuente: Autor del Informe

C. Retroexcavadora Caterpillar 416F

A continuación se presenta el Plan de Mantenimiento de la Retroexcavadora Caterpillar 416F

Tabla 43. Mantenimiento a las 10 horas de la Retroexcavadora Caterpillar 416F

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 44. Mantenimiento a las 50 horas de la Retroexcavadora Caterpillar 416F

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 45. Mantenimiento a las 250 horas de la Retroexcavadora Caterpillar 416F

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 46. Mantenimiento a las 500 horas de la Retroexcavadora Caterpillar 416F

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Filtro hidráulico	Cambiar
4	Nivel de caja de marcha	Revisar
5	Radiador	Limpiar
6	Aire acondicionado	Limpiar
7	Bornes de la batería	Revisar
8	Cardanes delanteros y traseros	Engrasar
9	Suspensión del asiento operador	Engrasar
10	Articulación pedales de freno	Engrasar
11	Respiradero de la transmisión	Limpiar
12	Alternador	Revisar
13	Motor de arranque	Revisar

Fuente: Autor del Informe

Tabla 47. Mantenimiento a las 1000 horas de la Retroexcavadora Caterpillar 416F

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Filtro hidráulico	Cambiar
4	Nivel de caja de marcha	Revisar
5	Radiador	Limpiar
6	Aire acondicionado	Limpiar
7	Bornes de la batería	Revisar
8	Cardanes delanteros y traseros	Engrasar
9	Suspensión del asiento operador	Engrasar
10	Articulación pedales de freno	Engrasar
11	Respiradero de la transmisión	Limpiar
12	Alternador	Revisar
13	Motor de arranque	Revisar
14	Aceite hidráulico	Cambiar
15	Refrigerante	Cambiar
16	Aceite transmisión	Cambiar
17	Aceite servo transmisión	Cambiar

Fuente: Autor del Informe

D. Minicargador MultipropósitoCaterpillar246D

A continuación se presenta el plan de mantenimiento delMinicargador MultipropósitoCaterpillar 246D

Tabla 48. Mantenimiento a las 10 horas delMinicargador MultipropósitoCaterpillar 246D

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 49. Mantenimiento a las 50 horas delMinicargador MultipropósitoCaterpillar 246D

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 50. Mantenimiento a las 250 horas del Minicargador Multipropósito Caterpillar 246D

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

Fuente: Autor del Informe

Tabla 51. Mantenimiento a las 1000 horas del Minicargador Multipropósito Caterpillar 246D

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
1	Aceite de motor	Cambiar
2	Filtro de aceite	Cambiar
3	Filtros hidráulico	Cambiar
4	Filtros hidrostático	Cambiar
5	Filtro de carga	Cambiar
6	Aceite transmisión	Cambiar
7	Aceite hidráulico	Cambiar
8	Filtro de caja de descarga	Cambiar
9	Válvulas de motor	Ajustar
10	Refrigerante	Cambiar

Fuente: Autor del Informe

7. DISCUSIÓN

El plan de mantenimiento por sí solo no garantiza el éxito del mismo ni el logro de los objetivos, ya que de su correcto uso depende su efectividad.

Por lo que:

1. Chronos Ingenieros S.A.C. debe contar con personal técnico capacitado, que cumplan el mínimo establecido en las distintas tareas de los mantenimientos predictivo, preventivo y correctivo.
2. El personal técnico que realizará las actividades de los mantenimientos, debe estar capacitado para trabajar bajo los Stándares de Seguridad y Salud Ocupacional de las distintas empresas a las que Chronos Ingenieros SAC. Otorga servicios.
3. La administración de obra debe tramitar la instalación, alquiler, anexo, etc. De un taller de mantenimiento dentro de obra o alguna de las instalaciones de las mismas, que permitan y garanticen un correcto procedimiento de las actividades a realizar.
4. La administración de obra debe Implementar un Almacén en obra con un Stock de materiales repuestos e insumos indispensable para que los técnicos puedan realizar los mantenimientos programados en las fechas que corresponden.
5. La gerencia de Chronos Ingenieros S.A.C. debe Priorizar la gestión de pedidos, aprobaciones, compra y envío a obra de materiales, repuestos e insumos requeridos por los técnicos que realizarán los Mantenimientos.
6. Chronos Ingenieros S.A.C. debe Capacitar y concientizar al personal de mantenimiento técnico a realizar un trabajo de calidad, efectivo y eficaz sin descuidar la seguridad para evitar Accidentes Laborales durante el mantenimiento o funcionamiento de los equipos intervenidos.

8. CONCLUSIONES

1. Se elaboró el “Plan de Mantenimiento Preventivo” para cada uno de los equipos que se ven involucrados en las actividades que se realizan la empresa Chronos Ingenieros S.A.C., en la Municipalidad Distrital de Huayllabamba, Provincia de Urubamba, Región de Cusco.
2. La empresa Chronos Ingenieros S.A.C. es la encargada de que el personal de mantenimiento que realizara los servicios debe ser capacitado y actualizado periódicamente a través del concesionario Ferreyros en tecnologías y procedimientos de mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos acorde a los equipos y modelos Caterpillar a intervenir.
3. Se tramito y coordinó con el alcalde de la Municipalidad de Huayllabamba el acceso, instalación y utilización del Taller de Mantenimiento que será instalado en el depósito de la municipalidad distrital de Huayllabamba.
4. Se instaló y acondiciono un almacén in situ, que abastecerá totalmente los requerimientos del personal técnico, tanto en herramientas, repuestos, insumos, equipos de protección personal y protección del medio ambiente para sus labores programadas.
5. Se implementó un plan de gestión logística con la administración de la empresa para la compra y envío de todos los requerimientos iniciales y mensuales para mantener el stock de almacén in situ totalmente abastecido mientras duren las actividades de obra.
6. Se diseñaron los “File de Equipos” donde se documentan según fechas y horómetros, Las fallas, evaluaciones internas y externas, CheckList de Mantenimiento, Ordenes de trabajos, paralizaciones, Stan by, reparaciones y anotaciones importantes de los CheckList Diarios entregados por los operadores. Ya que esta información permitirá dar seguimiento del estado de los equipos sus antecedentes, fallas e intervenciones incrementando las posibilidades de mejoras en dicho plan.

9. RECOMENDACIONES

- 1 La empresa Chronos Ingenieros S.A.C. es la responsable de entrenar a los técnicos de mantenimientos que realizaran las actividades programadas en sistemas electrónicos, dado que el personal técnico por su edad (en promedio 50 años), no han sido actualizados en este tipo de tecnologías, usadas en los equipos Caterpillar a los cuales se les aplica este Plan de Mantenimiento.
- 2 La empresa Chronos Ingenieros S.A.C. priorizara la adquisición y envío de repuestos a obra, esta gestión debe mejorarse por parte de sede central coordinadamente con obra; Actualmente los repuestos se piden cuando ocurre la falla, pero muchas veces son correas de transmisión, o- ring, aceites y otros que de tenerse en el almacén, se mejoraría la mantenibilidad de los equipos, dado que algunas veces se pierden dos y tres días, antes de tener los repuestos e insumos a la mano.
- 3 El personal técnico que realizara los mantenimientos debe tener 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 sistema de alimentación de combustible, podríamos decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del filtro de combustible), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (instalación de un Filtro externo), que en muchos casos son actividades menos invasivas y a la larga menos costosas.
- 4 El personal técnico que realizara los mantenimientos debe usar permanente de las fichas técnicas de la maquinaria, ya que estas permiten tener acceso a las características técnicas como: tipo motor, cilindraje, capacidad de fluidos etc., que son importantes tener en cuenta al momento de ejecutar cualquier actividad de mantenimiento. Realizando auditoria en la flota se encontró falencias en cuanto al seguimiento de cada maquinaria y su respectivo control de mantenimiento.
- 5 Para asegurar la operatividad del plan, se han creado unos formatos de orden de servicio, listas de chequeos y otros, que aseguran un trabajo sistemático y controlado, además que permiten tener datos con los cuales, calcular los indicadores propuestos de disponibilidad, que permiten observar el comportamiento mes a mes y realizar de manera oportuna correctivos que se vean necesarios.
- 6 En un periodo de prueba de algunas de las actividades del plan, se han tenido registros de mejora de la disponibilidad, lo que evidencia la efectividad de la propuesta que se está trabajando. Se recuerda que los planes de mantenimiento se deben ajustar según la evolución que se observe.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fernández F. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid: Fundación Confemetal Editorial.
2. Kuroda B. K. (2012). *Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo*. Recuperado el 15 de marzo del 2018 de <http://kurodabombas.com/2012/04/06/ventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-predictivo/>
3. Garrido S. (2003). *La contratación del Mantenimiento industrial*. Madrid: Díaz de Santos
4. Sacristán, F. R. (2001). *Mantenimiento total de la producción (TPM) proceso de implantación y desarrollo*. Madrid: Fundación Confemetal Editorial.
5. González F. (2004). *Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*. Madrid: Fundación Confemetal Editorial.
6. Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento rodillo vibrador CS533E*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <http://www.trasca.com.mx/fichas-tecnicas/cat-cs533e.pdf>
7. Caterpillar F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento 140H y 160H Motoniveladoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/document/343887492/Programa-de-Mantenimiento-Motoniveladora-Cat-140h>
8. Caterpillar F. (2007). *Plan de Mantenimiento Retroexcavadoras*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/135151852/Plan-de-Mantenimiento-Retroexcavadora>
9. Caterpillar F. (2007). *Manual Operación Mantenimiento Minicargadores 246c 256c 262c 272c Caterpillar*. Recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/doc/296300955/Manual-Operacion-Mantenimiento-Minicargadores-246c-256c-262c-272c-Caterpillar-1>
10. Buelvas C. E. y Martínez K. J. (2014). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Empresa L&L*. recuperado el 10 de marzo del 2018 de <https://es.scribd.com/document/318397213/Elaboracion-de-Plan-de-Mantenimiento-a-Una-Maquinaria-Pesada-de-La-Empresa>
11. Nichols H. L. (1993). *Manual de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada*. Madrid: Mc Graww-Hill.
12. Pascual O. (2006). *Operaciones de Mantenimiento Preventivo del Vehículo y Control de su dotación de material*. México: Ideas Propias Editorial S.L.

13. Hernández P. (2008). Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. *Revista Ingeniería Energética*, Vol. XXIX (No. 2), 2- 18.
14. Grencik, J. y Vaclav, L. (2006, junio). Herramientas de auditoría y evaluación comparativa para desarrollar una estrategia de mantenimiento. *Conferencia Publicada en el III Congreso Internacional de Mantenimiento*. La Habana.
15. Moulbray, J. (1987 noviembre). "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad", *Conferencia sobre Monitoreo de Condición*. Gol.