

**DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL TREN DE POTENCIA Y EL SISTEMA
HIDRÁULICO DEL EQUIPO DE TRABAJO PARA LA FLOTA DE
EXCAVADORAS DE ORUGAS KOMATSU PC200LC-8 DE LA EMPRESA
INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES LA MACUIRA.**

**ÁLVARO FELIPE ARGUELLO
OSCAR DARÍO CORREDOR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
POSGRADO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

**DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL TREN DE POTENCIA Y EL SISTEMA
HIDRÁULICO DEL EQUIPO DE TRABAJO PARA LA FLOTA DE
EXCAVADORAS DE ORUGAS KOMATSU PC200LC-8 DE LA EMPRESA
INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES LA MACUIRA.**

**ÁLVARO FELIPE ARGUELLO
OSCAR DARÍO CORREDOR**

**Monografía de grado para optar el título de
Especialista en Gerencia del Mantenimiento**

**Director
DANIEL ORTIZ PLATA
Ingeniero Mecánico
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
POSGRADO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

Dedico este proyecto a Dios por ser mi sustento, fuente de inspiración y sabiduría.

A mi esposa Ivana Vangrieken, por su amor, respeto, confianza y apoyo incondicional en cada momento del desarrollo de esta monografía.

A mis padres Carlos Miguel Corredor y Gloria Rangel, por los valores inculcados en mi vida y que me hacen ser el hombre que soy.

A nuestro director de monografía, Ingeniero Daniel Ortiz Plata, por su apoyo, liderazgo, seguimiento, dedicación y experiencia que nos brindó para desarrollar la monografía.

Oscar Dario Corredor Rangel

Dedico este logro a Dios por llenarme de bendiciones cada día de mi vida.

A mis padres Alvaro Argüello y Martha Díaz por inculcarme siempre los valores de la constancia, dedicación y esfuerzo para lograr cada objetivo en la vida.

A Oscar Corredor por invitarme a hacer parte de este proyecto y por su dedicación y paciencia en cada etapa del desarrollo del mismo

Al ingeniero Daniel Ortiz Plata que por su extenso conocimiento y experiencia hizo posible el desarrollo de este proyecto inculcando en nosotros el compromiso para realizar un trabajo de la mayor calidad posible.

Alvaro Felipe Argüello Díaz

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a nuestro director de monografía, el ingeniero **Daniel Ortiz Plata**, quien con su metodología, liderazgo y dedicación ha hecho posible el desarrollo de los objetivos propuestos en este estudio de caso.

A la **Universidad Industrial de Santander** y en particular a la **Escuela de ingeniería mecánica**, que por medio de sus clases magistrales siempre nos orientaron hacia la excelencia e innovación académica y sobre todo a la gerencia de los recursos humanos que hicieron posible el desarrollo de esta monografía.

A la empresa **Inversiones & Construcciones La Macuira** por permitir realizar este proyecto liderado desde el **Departamento de Mantenimiento**, pero con el apoyo y participación de todas las áreas de la compañía, facilitando las herramientas necesarias para el desarrollo del mismo.

Un reconocimiento especial para el personal técnico y operativo de la Empresa La Macuira y para los Ingenieros Pedro Jose Diaz, Francisco Javier Barón y para la Ingeniera Ivana Vangrieken por su esfuerzo, entrega y compromiso con el desarrollo de esta monografía.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVOS GENERALES:.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	19
3. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:	20
4. MARCO TEÓRICO	22
4.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	22
4.1.1 El Método de RCM:.....	23
4.1.1.1 Funciones y parámetros de funcionamiento	24
4.1.1.2 Fallas funcionales	25
4.1.1.3 Modo de falla:	26
4.1.1.4 Consecuencia de las fallas	27
4.1.1.5 Tareas, Frecuencias y Recursos	29
4.2 EXCAVADORA KOMATSU PCC200LC-8	32
4.2.1 Tren de Potencia de las Excavadoras Komatsu PC200LC-8.....	33
4.2.2 Sistema Hidráulico del Equipo de Trabajo	33
4.3. MARCO LEGAL	34
4.3.1. Norma SAE JA1011	35
5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	36
5.1. Definición de Taxonomía y Fronteras	36
5.2. DEFINICIÓN DE FUNCIONES	39

5.3. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y RIESGOS	44
5.4 DEFINICIÓN DE TAREAS	59
5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO.....	72
5.5.1 Tareas Por Frecuencia de Tiempo:.....	74
5.5.2 Tareas Por Horas de Operación:	79
5.6 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN.....	94
6. CONCLUSIONES	96
7. RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Pasos del proyecto	24
Tabla 2.	Características técnicas y funciones de los elementos de estudio	40
Tabla 3.	Matriz de riesgos.	45
Tabla 4.	Análisis FMEA.	46
Tabla 5.	Definición de tareas.	61
Tabla 6.	Tareas por frecuencia del tiempo	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama jerárquico del tren de potencia y sistema de accionamiento hidráulico.	37
Figura 2.	Fronteras del tren de potencia y sistema hidráulico	38
Figura 3.	Equipo metodológico interdisciplinario	44
Figura 4.	. Diagrama de decisión.....	60
Figura 5.	Distribución de tipos de tareas	73
Figura 6.	Propuesta de implementación	95

RESUMEN

Título: DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL TREN DE POTENCIA Y EL SISTEMA HIDRÁULICO DEL EQUIPO DE TRABAJO PARA LA FLOTA DE EXCAVADORAS DE ORUGAS KOMATSU PC200LC-8 DE LA EMPRESA INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES LA MACUIRA*

Autores: Alvaro Felipe Arguello**
Oscar Dario Corredor Rangel **

Palabras clave: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Sistema Hidráulico, Tren de Potencia, Mantenimiento, Agregados Pétreos.

Descripción: La presente monografía ilustra el desarrollo de la metodología RCM para generar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) que mejore la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad optimizando los costos para el sistema hidráulico del equipo de trabajo y el tren de potencia de la flota de excavadoras de oruga Komatsu PC200LC-8 de la empresa inversiones y construcciones La Macuira.

Para el cumplimiento del objetivo se realizó una exhaustiva recopilación de información de los equipos, datos de diseño, históricos de modos de fallas y efectos de fallas para los componentes de los subsistemas. Con los históricos e información recopilada se desarrolló un análisis de modos de falla y efectos (FMEA) evaluando todas las posibilidades que tuvieran una posibilidad real de suceder. Usando la información arrojada en el análisis FMEA se establecieron las tareas necesarias para eliminar las consecuencias de las fallas, estas tareas fueron elegidas de forma estructural haciendo uso de un árbol lógico de decisiones. De esta manera se determinó cuáles eran las tareas adecuadas, sus frecuencias y se elaboró el programa de mantenimiento con tareas basadas en frecuencias de tiempo y horas de trabajo.

Por último se propone un plan de implementación por etapas que contempla un plan piloto, toma de información y retroalimentación al plan y una implementación a gran escala.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director Ing. Daniel Ortiz Plata.

ABSTRACT

Title: DESIGN OF A RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE PLAN (RCM) FOR THE POWER TRAIN AND HYDRAULIC SYSTEM OF THE WORK TOOL FOR THE FLEET OF KOMATSU PC200LC-8 EXCAVATORS OF THE COMPANY INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES LA MACUIRA*

Authors: Alvaro Felipe Arguello**
Oscar Dario Corredor Rangel **

Keywords: Reliability centered maintenance, Hydraulic system, Power train, Maintenance, Rock aggregates.

Description: The following monograph illustrates the developing of the RCM methodology to design a reliability centered maintenance plan to improve the availability, maintainability and reliability optimizing costs for the hydraulic system of the work tool and the power train of the fleet of excavators Komatsu PC200LC-8 of the company Inversiones y Construcciones la Macuira.

In order to reach the general goal it was performed an in-depth compilation of information of the equipment, design data, historical statistics of failure modes and effects for the subsystems and components. With the historical information compiled it was developed a failure mode and effect analysis (FMEA), evaluating all the possibilities that could have a real chance of occurrence. From all this information gathered from the FMEA analysis there were generated the necessary tasks to remove and prevent the consequences of the failures, these tasks were chosen in a structural way using a logic decision tree. In this way it was determined the adequate tasks, the frequencies of them and the elaboration of a maintenance program with tasks based on time and working hours frequencies.

By last it was proposed an implementation plan by stages starting with a pilot plan, compilation of information, feedback and big scale implementation.

* Degree Project.

** Faculty of Physical mechanics engineering, School of Mechanical Engineer, Diploma in Maintenance Management, Director Ing. Daniel Ortiz Plata.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio de caso contiene los elementos necesarios para comprender de manera general como se desarrolla un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para dos sistemas fundamentales de las excavadoras hidráulicas de orugas Komatsu PC200LC-8.

El objetivo principal es desarrollar un plan de mantenimiento basado en el proceso de RCM que permita determinar sistemáticamente las tareas necesarias a implementarse para el tren de potencia y el sistema de accionamiento del equipo hidráulico de esta flota de excavadoras con el fin de asegurar que estos activos tan importantes para la empresa Inversiones y Construcciones La Macuira continúen haciendo lo que los usuarios quieren que hagan.

El desarrollo metodológico del presente estudio de caso da respuesta a las siete preguntas básicas del método de RCM. Para dar respuesta a cada una de estas preguntas se conformó un equipo interdisciplinario que permitió caracterizar de manera precisa los sistemas, subsistemas y componentes que conforman esta serie de excavadoras hidráulicas de orugas, así mismo, las características técnicas, operacionales, ambientales, las interfaces de entrada y salida para cada elemento de estudio y con base a estos parámetros se presentan de manera detallada las funciones del tren de potencia y el equipo hidráulico que se espera que hagan para garantizar la continuidad operacional en uno de los ejes misionales de la empresa La Macuira.

A través de este desarrollo se establecieron para cada función, las fallas funcionales, los modos de falla, los efectos y los niveles de riesgo de cada falla, con esto se logró determinar la importancia de evitar la ocurrencia de fallas de riesgo alto y centrar esfuerzos en un plan de mantenimiento que incluyera las tareas

necesarias en las frecuencias adecuadas para evitar o mitigar los altos impactos que tanto pueden afectar los indicadores estratégicos de la compañía.

Las tareas generadas a partir del desarrollo de la metodología de RCM se apoyan en un diagrama de decisión facilitado académicamente por la empresa Ortiz Ruiz Consultores S.A.S. y permitió contemplar las tareas de búsqueda de fallas para las fallas que se establecieron como ocultas. Esto consolida un plan de mantenimiento que contempla un mantenimiento de carácter Proactivo y que permite la ocurrencia de fallas para aquellas que no representan un alto riesgo en los parámetros estudio de criticidad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Inversiones y Construcciones La Macuira es una empresa dedicada a la ejecución de proyectos civiles y arquitectónicos, especializada en infraestructura vial y el suministro y comercialización de agregados pétreos. La empresa está ubicada en el departamento de la Guajira, pero ejecuta proyectos a lo largo de la costa Atlántica y Pacífica colombiana. Cuenta con más de 420 equipos divididos de acuerdo a su tamaño y aplicación en Línea Amarilla e Instalaciones mayores, Línea Blanca, Vehículos Livianos y Menores, los cuales se encuentran ubicados según las obras a lo largo del territorio nacional.

Para el cumplimiento de los ejes misionales de la empresa La Macuira se hace necesario contar con equipos para el movimiento de tierras como las excavadoras de orugas, que puedan realizar actividades de extracción, cargue y descargue de material cumpliendo siempre con las especificaciones de producción.

Para llevar a cabo la gestión de mantenimiento de la flota de excavadoras de orugas Komatsu PC200LC-8 se cuenta con coordinadores y supervisores de campo que controlan las diferentes variables de mantenimiento, así mismo se encargan de la gestión documental necesaria para tener un registro histórico que permita definir programas de mantenimiento efectivos. Sin embargo, hace unos años, por mala disposición final de las hojas de vida de los equipos se perdieron todos los históricos de los mismos, ocasionando un problema serio para la efectiva gestión del mantenimiento.

Hace dos años aproximadamente se inició el proceso de construcción de hojas de vida apoyados en los operadores, representantes de fábrica, técnicos expertos, entre otros, con lo que la empresa ha logrado avances significativos en la obtención de los históricos de los equipos. Para la flota de excavadoras de orugas Komatsu

en el 2014 se ejecutaron 143 órdenes de trabajo por mantenimientos correctivos y 54 por mantenimiento preventivo, lo que corresponde al 27,4% de las órdenes de trabajo ejecutadas. Para el 2015 se ejecutaron 105 correctivos y 60 trabajos preventivos, que equivale 36.3% del total. En el 2016 se ejecutaron 89 correctivos y 53 preventivos, correspondiente a 37.3 % de los trabajos ejecutados.

Estos mantenimientos se hacen con base en la experiencia del personal técnico calificado y no en un programa estructurado de mantenimiento que cuente con tareas definidas, instructivos y procedimientos que aseguren la mayor confiabilidad y disponibilidad de los mismos.

Por esta razón se hace necesario desarrollar un plan piloto de mantenimiento centrado en la confiabilidad iniciando con dos sistemas críticos de las excavadoras Komatsu que son el tren de potencia y el sistema hidráulico del equipo de trabajo, que fortalezca el desarrollo de competencias del personal de la compañía, que permita a su vez la caracterización de los diferentes equipos y que permita establecer las tareas de mantenimiento para cumplir con el apoyo a los ejes misionales de la compañía.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES:

Proponer un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para el tren de potencia y el sistema hidráulico del equipo de trabajo para la flota de excavadoras de oruga Komatsu PC200LC-8 de la empresa Inversiones y Construcciones la Macuira.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Realizar el análisis funcional y sus fallas funcionales, requerimientos de operación y las formas como pueden fallar el tren de potencia y el sistema hidráulico del equipo de trabajo de las excavadoras de orugas Komatsu PC200LC-8.
2. Realizar un análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) del sistema hidráulico del equipo de trabajo de la excavadora de oruga Komatsu PC200LC-8.
3. Realizar un análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) del tren de potencia de la excavadora de oruga Komatsu PC200LC-8.
4. Seleccionar las tareas de mantenimiento utilizando la técnica del diagrama de decisiones de la metodología mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).
5. Realizar una propuesta de implementación de los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:

La empresa inversiones y construcciones la Macuira es una de las empresas líderes en el sector de la construcción e infraestructura vial de la costa Atlántica, siendo uno de sus ejes misionales el movimiento de tierras tanto en cantera como en el desarrollo de proyectos viales. Las excavadoras Komatsu PC200LC-8 son las encargadas de mover en las canteras de trituración aproximadamente 51.000 metros cúbicos de yacimiento de caliza volado con una granulometría de fracturación de 60 cm a 5 cm, además de la remoción de 268.800 metros cúbicos de material de relleno al mes para cumplir con las metas de producción. Por parte de proyectos estas excavadoras deben conseguir el cargue y descargue de 110.000 metros cúbicos de roca entre 1 y 1.8 metros de diámetro y 1.370 metros cúbicos de jamiche o terraplén al mes para cumplir con los objetivos de los proyectos en ejecución en fase de movimiento de tierras y demanda de material.

Gran parte de los proyectos ejecutados por la empresa La Macuira son entregados por licitaciones con las gobernaciones de los distintos departamentos, siendo requisito cumplir con la normativa de seguridad y medio ambiente para la explotación minera y garantizando la entrega de los proyectos en los tiempos previstos en el contrato. El no cumplimiento de los plazos de las fases de estos proyectos puede ocasionar multas y sanciones a la empresa en primera instancia y la pérdida de imagen empresarial dificultando la adjudicación de nuevos proyectos.

Con la elaboración del presente modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad se busca desarrollar un plan modelo de mantenimiento basado en confiabilidad para el tren de rodaje y el equipo de trabajo de la flota de excavadoras Komatsu PC200LC-8 proponiendo estrategias de mantenimiento que permitan disminuir el tiempo de parada por averías y mantenimientos imprevistos, para aumentar la disponibilidad de los equipos y asegurar el cumplimiento de los tiempos

planificados de los proyectos en que se encuentren trabajando las excavadoras, así como reducir los costos de operación y mantenimiento de estos sistemas. Además de mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipo se busca mejorar la comprensión del funcionamiento de estos sistemas, analizar las posibilidades de fallas y desarrollar acciones para evitarlas. Este plan piloto busca incentivar la implementación de la metodología del RCM en los demás sistemas críticos de las excavadoras y demás equipos de la compañía.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es un proceso utilizado para establecer qué tareas y procedimientos se deben llevar a cabo para asegurar que cualquier activo físico continúe cumpliendo con sus funciones definidas previamente por sus usuarios en su contexto operacional actual.

Es una metodología de alta aplicación en las empresas que tiene como objetivos lograr mayor seguridad e integridad ambiental, un mejor funcionamiento operacional, obtener mayor costo-eficacia del mantenimiento, una mayor vida útil de los componentes costosos, una base de datos global, mayor motivación del personal y en definitiva un mejor trabajo de equipo. (Moubray, 2004)

Esta metodología de mantenimiento se destaca del mantenimiento tradicional porque desde sus premisas no se busca prevenir las fallas de los equipos sino evitar, reducir o eliminar las consecuencias, no ejecuta tareas necesarias para evitar fallas a todo costo sino construir defensas costo-efectivas razonables contra fallas y aceptar la ocurrencia de algunas fallas, no prioriza tareas preventivas sino técnicas predictivas y de condición, no se busca cuidar el equipo sino mantener las funciones del mismo, por ultimo esta filosofía comprende que es más importante disponer de personas e información que permitan identificar los modos de falla de los equipos que disponer de amplia información sobre frecuencia de fallas para elaborar el plan de mantenimiento.

4.1.1 El Método de RCM. El desarrollo del método de RCM implica dar respuesta a siete preguntas relacionadas con el equipo o sistema que se intenta revisar.

1. ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?
2. ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
3. ¿Qué causa la falla funcional?
4. ¿Qué sucede (efectos) cuando falla?
5. ¿Qué ocurre (consecuencias) si falla?
6. ¿Qué puede hacerse para evitar la falla?
7. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla? (SAE, 1999-08)

Es necesario tener en cuenta que, para dar respuesta a estas preguntas, se debe contar con el personal idóneo, interdisciplinario, debido a que muchas de las respuestas solo pueden ser dadas por personal de producción o de operaciones, por ende se deben conformar grupos que otorguen la posibilidad de abarcar todo el contexto operacional.

Para el desarrollo de este método no se debe responder únicamente las siete preguntas del RCM, también se deben seguir y cumplir los diferentes pasos de proyecto con sus debidos entregables como se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 1. Pasos del proyecto

Pasos del Proyecto	Entregable
<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del estudio 	<ul style="list-style-type: none"> • Definiciones preliminares, entrenamiento y contrato al facilitador en caso de ser necesario
<ul style="list-style-type: none"> • Taxonomía de la planta • Recolección y análisis de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario maestro de equipos y sistemas • Realimentación de datos técnicos de equipos y procesos
<ul style="list-style-type: none"> • Selección de objetos para el estudio • Definición de fronteras e interfaces 	<ul style="list-style-type: none"> • Jerarquía de Sistemas y equipos • Volumen de control del equipo y sistemas analizados
<ul style="list-style-type: none"> • Definición de funciones • Análisis de fallas funcionales • Análisis de modos de falla • Análisis de efectos y criticidad (Riesgo) • Selección de tareas de mantenimiento • Determinación de la frecuencia • Definir un plan preliminar RCM vivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Listado de funciones • Listado de fallas funcionales • Listado de modos de falla • Descripción de efectos con todos sus datos • Listado de tareas • Asignación de frecuencia por tarea • Plan de mantenimiento inicial • Datos cargados en el sistema de información y primer compromiso de ejecución
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación general (El proyecto) 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de cubrimiento ajustado

(Ortiz, 2016)

4.1.1.1 Funciones y parámetros de funcionamiento: Antes de poder aplicar el método hay que determinar los requerimientos del usuario y asegurar que se es capaz de realizar aquellos requerimientos. Por tal razón el primer paso para iniciar con un RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados.

Las funciones se pueden dividir en 2 grupos:

- Funciones primarias: Son las razones por las cuales se compra el activo, por las cuales existe y generalmente se identifican con el nombre del equipo. Los parámetros de funcionamiento asociados a las funciones primarias tienen que ver con velocidad, producción, capacidad de almacenaje, capacidad del producto y servicio al cliente.

La estructura para definir las funciones primarias es la siguiente:

Verbo + Sujeto + Características de la función

Ejemplo:

Bombear agua a 58 gal/min y 160 psi

A veces se hace necesario el uso de diagramas de bloques para clarificar e identificar el contexto operativo debido a la complejidad e interacción de los sistemas. Un activo puede tener más de una función primaria y podemos tener funciones primarias múltiples y en serie, la diferencia es que en las múltiples cada función puede ser ejecutada independientemente, por el contrario, en las que son en serie una función debe ser realizada antes que la otra.

- **Funciones Secundarias:** Son las expectativas que el cliente quiere que el activo realice adicional a las funciones principales, por ejemplo, en el área de seguridad, control, confort, protección, economía, ecología, eficiencia, entre otras.

4.1.1.2 Fallas funcionales:

- **Falla:** Incapacidad de un equipo o componente para realizar una función específica para la cual fue diseñado.
- **Fallas Funcionales:** Después de definir cuáles son las funciones primarias y secundarias del activo, se debe identificar las fallas funcionales, buscando los hechos posibles que pudo causar cada estado de las fallas y responder la pregunta cuál es la causa de cada falla funcional. “Es la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario.” (Moubray, 2004)

- Tipos de fallas funcionales:
 - a) Pérdida total de la capacidad, es decir, no cumple en absoluto con la función para la cual fue diseñado.
 - b) Pérdida parcial de la capacidad, aunque sigue funcionando el desempeño no alcanza a cumplir con lo esperado en el diseño.
 - c) Funcionamiento erróneo, el equipo realiza otra función diferente para la cual fue diseñado y que no se tenía previsto realizara.

- Los momentos en que se presentan esas fallas son otra forma de clasificación es:
 - a) La falla se presenta durante la operación continua del equipo
 - b) La falla se presenta cuando el equipo debe operar en algún momento determinado.
 - c) La falla se presenta al momento de requerirse la detención del equipo
 - d) La falla se presenta por la operación del equipo cuando no lo debiera hacer

- Las reglas creadas para la definición y redacción de las fallas funcionales son:
 - a) Describir qué se pierde de la función y no el porqué
 - b) Incluir las fallas que sean razonablemente probables al no dar el mantenimiento o las que se han estado evitando con el mantenimiento preventivo actual.
 - c) La descripción no debe contener un componente o una pieza.
 - d) La descripción es relativamente corta, por lo general menor a 10 palabras.
 - e) La descripción debe basarse en lo definido en la función. (Ortiz, 2016).

4.1.1.3 Modo de falla: Es el evento asociado que puede dar origen a una falla funcional. Los modos de falla se pueden presentar por diferentes características que se pueden entender a partir del diseño como geometría, material inadecuado o un mal análisis estructural de esfuerzos. A si mismo también se pueden dar desde la fabricación por diferentes índoles como una técnica de fundición inadecuada,

composición química inadecuada, mal tratamiento térmico, malos acabados o el material fue utilizado de manera errónea.

Las cinco principales causas de pérdida de capacidad son:

- a) Deterioro
- b) Fallas de Lubricación
- c) Polvo o suciedad
- d) Desarme
- e) Errores humanos que reducen la capacidad

Puede ocurrir que el funcionamiento deseado se eleve encima de la capacidad inicial, cuando el funcionamiento deseado aumenta hasta que el activo físico no puede responder a él, o el aumento del esfuerzo causa que se acelere el deterioro hasta dejar de ser confiable. Esto ocurre generalmente debido a una sobrecarga deliberada constante, no intencional constante, no intencional repentina o empaque incorrecto.

La descripción del modo de falla debe estar escrita de tal manera que facilite la selección de tareas de mantenimiento. Se debe tener en cuenta que estos modos de falla se hayan producido antes en el equipo o en otros equipos de iguales características, que ya sean objetivo de tareas de mantenimiento y que sea razonablemente probable su ocurrencia. Sin embargo, si las consecuencias de que ocurra cierta falla son muy severas aun cuando la probabilidad de ocurrencia sea muy baja, debe incluirse y analizarse.

Debe tenerse especial cuidado de no confundir causas con efectos, ya que las tareas se definirán buscando atacar la causa de la falla y no sus efectos.

4.1.1.4 Consecuencia de las fallas: El objetivo es saber de qué manera importa cada falla, es decir, cómo la falla que se presentó puede afectar la producción, la atención

al cliente o la calidad del producto, también podemos tener un impacto basados en el riesgo para la seguridad y el medio ambiente. Esta naturaleza y la gravedad de estos efectos definen las consecuencias de la falla.

La metodología RCM clasifica las consecuencias de las fallas en 4 categorías:

- Consecuencias de fallas ocultas.

Para comprender las consecuencias de las fallas ocultas es necesario interpretar claramente cuándo no lo es, es decir, cuando ocurra la falla se hará evidente por sí sola a los operadores en circunstancias normales. En el caso contrario la falla de una función oculta es aquella que no se hará evidente a los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por sí sola. Las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y catastróficas (La mayoría están asociadas a sistemas de protección).

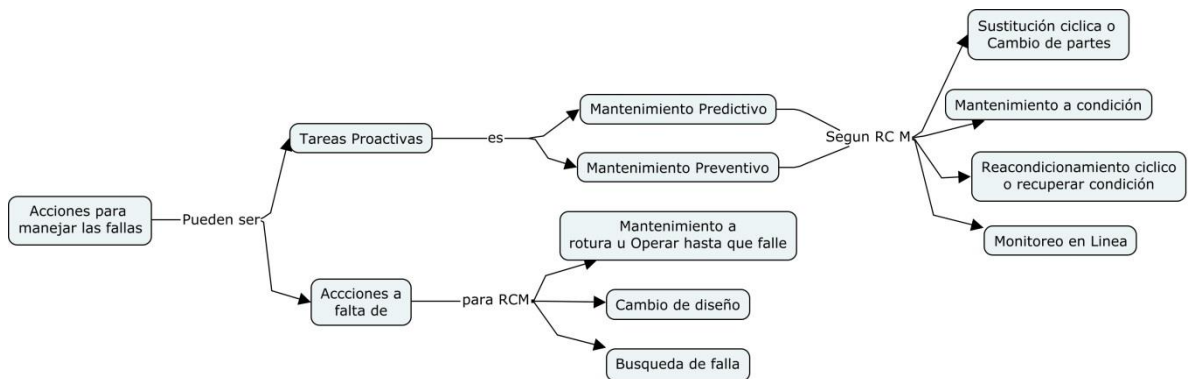
- Consecuencias ambientales y para la seguridad.

Se considera que tiene impacto de seguridad si causa daño o la muerte a una persona y consecuencias ambientales si se deja de cumplir con una norma a nivel empresarial, de la región o del país.

- Consecuencias operacionales.

Si afecta la producción se considera de esta categoría. Generalmente sucede de cuatro maneras, la primera es cuando afecta el volumen de producción total, la calidad del producto, el servicio al cliente y la cuarta forma es con el incremento del costo operacional sumado al costo directo de la reparación.

Ilustración 1. Consecuencias No operacionales.



Son las fallas que solo impactan el costo directo de la reparación.

4.1.1.5 Tareas, Frecuencias y Recursos:

- Factibilidad técnica de una tarea:

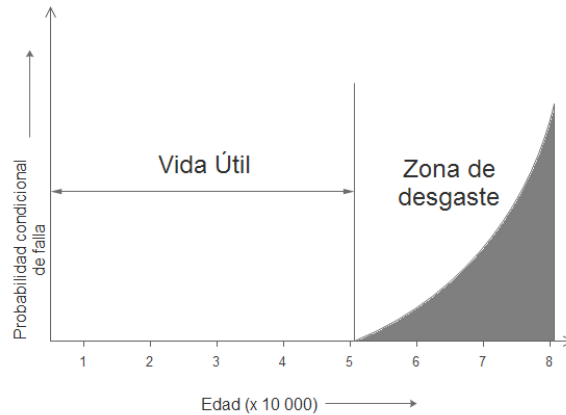
Una tarea es técnicamente factible si reduce las consecuencias del modo de falla que definimos anteriormente, siempre que mantenga las funciones del equipo en los niveles aceptables definidos por el dueño o usuario del equipo.

- Tareas de Reacondicionamiento cíclico:

Son tareas que buscan restituir la condición inicial del equipo, basado únicamente en el límite de edad definido, y no en su estado actual.

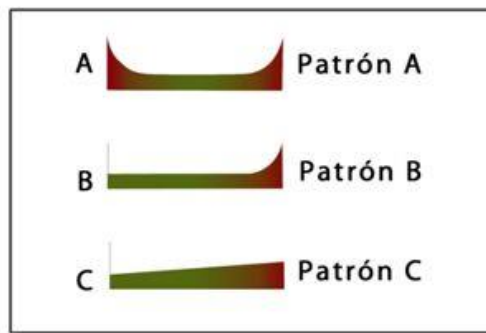
La frecuencia es definida por medio de la vida útil del elemento como se muestra en la ilustración 4, es decir, está determinada por la edad contra la probabilidad condicional de falla.

Ilustración 2 Probabilidad condicional de falla vs Edad



Es de tener en cuenta que cuando se trata de fallas relacionadas con la edad podemos tener al menos los 3 siguientes patrones de falla como se muestra en la figura 5.

Ilustración 3 Tipos de patrones de falla



Los Patrones A y B muestran un punto en el que hay un rápido incremento de la probabilidad condicional de falla, mientras que el patrón C tiene un incremento constante de probabilidad de falla, pero no muestra una zona de desgaste definida. Para el caso del patrón C se deben analizar al menos cuatro intervalos de reacondicionamiento diferentes para determinar cuál es el intervalo óptimo, donde

el RCM contempla dos tipos diferentes de vida límite, límite de vida segura y límite de vida económica.

Para que una tarea de reacondicionamiento cíclico sea técnicamente factible debe haber un punto en el que haya un incremento de la probabilidad condicional de falla y debemos estar razonablemente seguros acerca de la duración de esta vida.

Este tipo de tarea debe permitir que el activo físico sea restaurado de tal manera que sea capaz de cumplir la función deseada por un periodo de tiempo razonable.

- Tareas de sustitución cíclica:

Son tareas en las que se reemplaza un elemento o componente antes del límite de edad definido sin importar la condición que tiene en ese momento.

Su aplicabilidad depende de si hay una edad identificable en la que el elemento muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla y si la mayoría de los elementos sobreviven a esta edad.

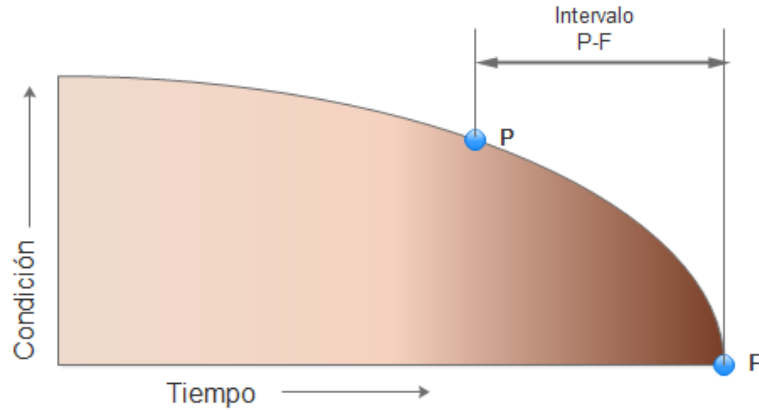
La frecuencia de este tipo de tareas se define con los mismos criterios que las tareas de reacondicionamiento cíclico.

- Tareas a condición:

Son tareas que consisten en identificar si existen fallas potenciales, para que se pueda actuar y prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la misma.

Se debe conocer el intervalo P-F que se da entre el momento en que ocurre una falla potencial y su estado decreciente hasta convertirse en una falla funcional, debido a que estas tareas se deben realizar a intervalos menores al intervalo P-F que también es conocido como el periodo de advertencia.

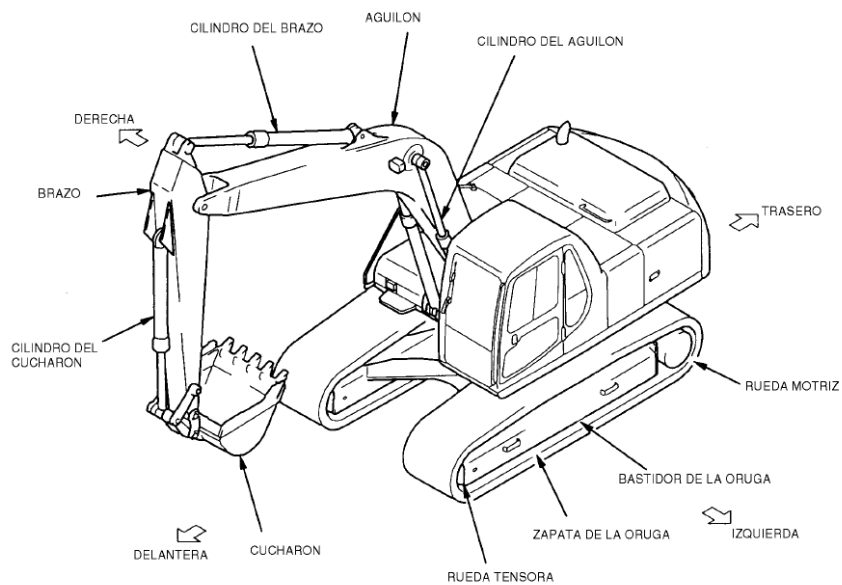
Ilustración 4 intervalo P-F, curva condición vs tiempo



Existen varias formas de determinar el intervalo P-F, por observación continua, comenzar con un intervalo corto y extenderlo gradualmente, intervalos arbitrarios, investigación y enfoque racional por medio de consulta a expertos en el tema.

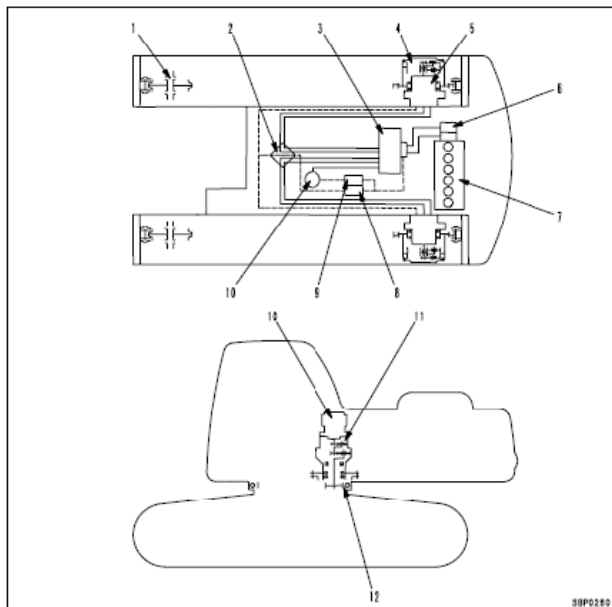
4.2 EXCAVADORA KOMATSU PCC200LC-8

Ilustración 5 Excavadora de orugas Komatsu PC200LC-8



4.2.1 Tren de Potencia de las Excavadoras Komatsu PC200LC-8. El tren de potencia de las excavadoras Komatsu PC200LC-8 está conformado por un conjunto propulsor que consta de un motor diésel Komatsu SAA6D107E-1 de seis cilindros con una potencia nominal de 148 HP y 6700 cc acoplado a una bomba hidráulica HPV95+95 tipo pistón de desplazamiento variable, una rueda libre, válvula de control principal, mandos finales y válvulas solenoides que permiten controlar la velocidad de traslado y el freno de giro. Así mismo, también forman parte de este sistema el motor de giro y el círculo de giro de la máquina.

Ilustración 6. Esquemático del tren de potencia



4.2.2 Sistema Hidráulico del Equipo de Trabajo. El sistema hidráulico del equipo de trabajo es todo aquel componente que nos permite la ejecución de cada uno de los movimientos relacionados al equipo de trabajo. Como lo son extender y contraer cilindros del aguilón, del brazo y abrir y cerrar balde o cucharón.

A este sistema lo conforman los dos cilindros del aguilón, el cilindro del brazo, y el cilindro del cucharón, además del sistema de accionamiento de estos cilindros,

conformado por válvulas de control, de alivio y todo el sistema de control asociado a estos componentes.

4.3. MARCO LEGAL

Ilustración 7 Cilindro Agullón

Cilindro del agullón

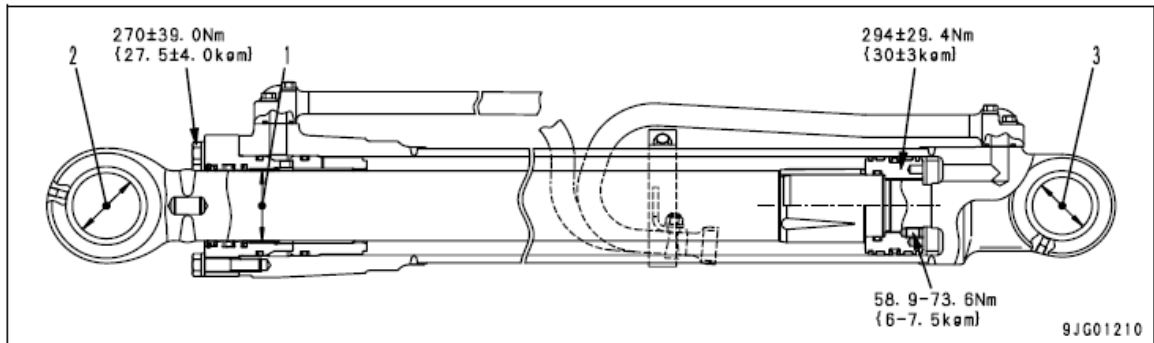


Ilustración 8 Cilindro de brazo

Cilindro del brazo

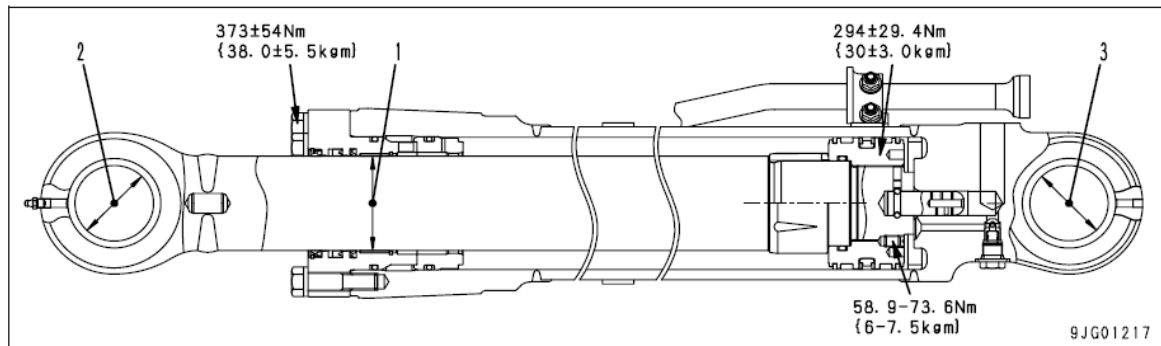
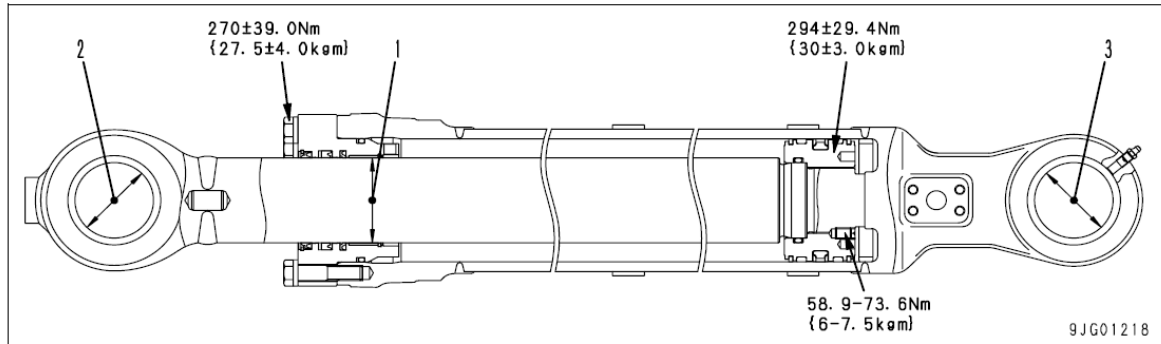


Ilustración 9 Cilindro de cucharón

Cilindro del cucharón



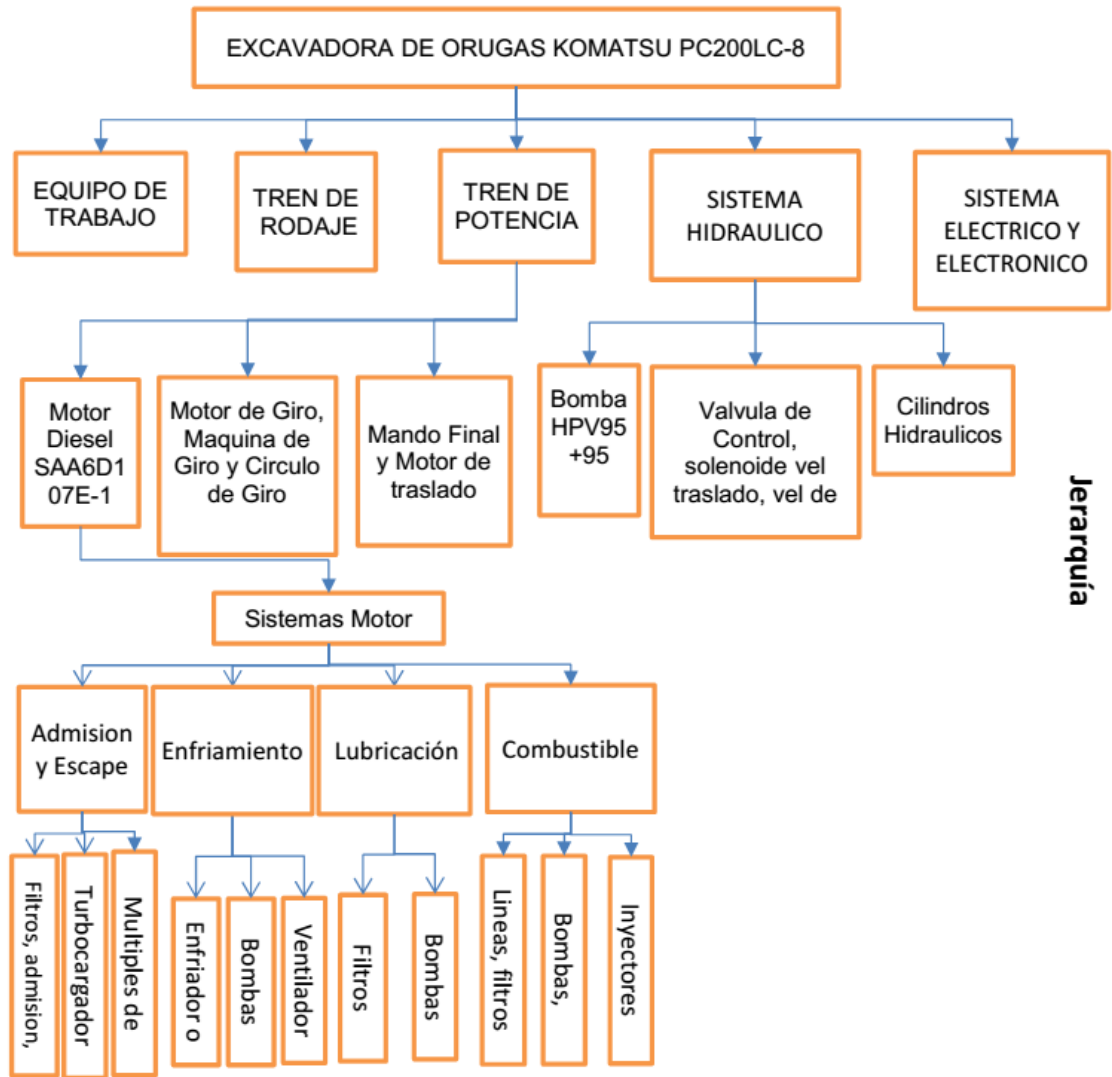
4.3.1. Norma SAE JA1011. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM es que un proceso específico identificaba las políticas que deben llevarse a cabo para manejar los modos de fallo que podrían causar el fallo funcional de cualquier recurso físico en un contexto que opera dado. Se piensa que este documento es usado para evaluar cualquier proceso que pretende para ser un proceso de RCM para determinar si es un verdadero proceso de RCM. Este documento apoya (Norma ISO 14224, 2006) tal una evaluación especificando el criterio mínimo que un proceso debe tener para ser un proceso de RCM. (Mora, 2003)

5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

5.1. DEFINICIÓN DE TAXONOMÍA Y FRONTERAS

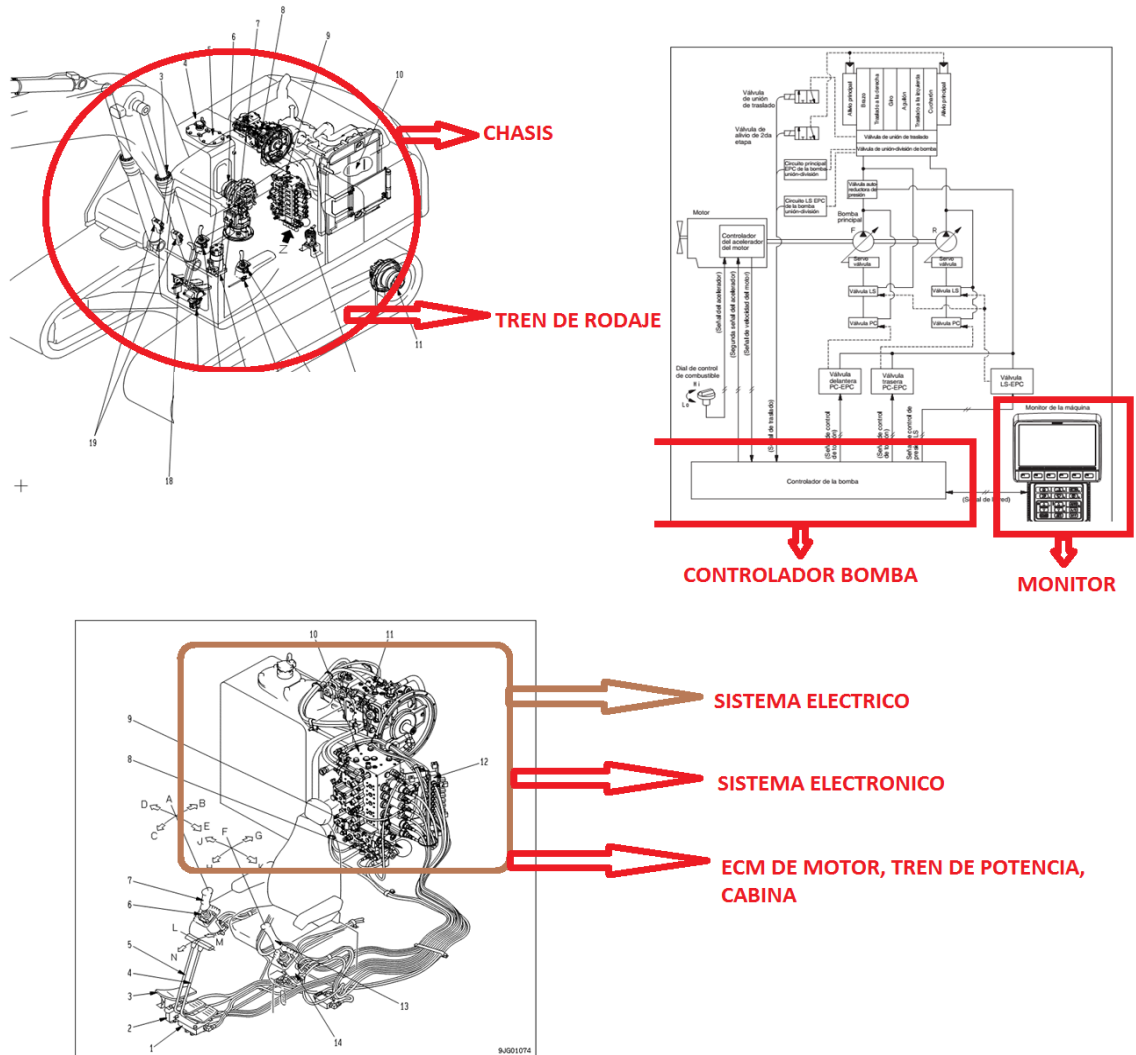
La jerarquía para el tren de potencia y el accionamiento del sistema hidráulico de las excavadoras Komatsu PC200LC-8 es:

Figura 1. Diagrama jerárquico del tren de potencia y sistema de accionamiento hidráulico.



Para cada unidad de sistema se establecen las siguientes fronteras de acuerdo al diagrama presentado a continuación:

Figura 2. Fronteras del tren de potencia y sistema hidráulico



5.2. DEFINICIÓN DE FUNCIONES

Como se ha mencionado en la literatura recopilada todos los activos físicos tienen varias funciones y cada una de estas es definida teniendo en cuenta los parámetros de funcionamiento deseados por el usuario, por esta razón a continuación se presentan las características técnicas, las condiciones operacionales, ambientales y las interfaces de entrada y salida para cada unidad definida en el diagrama jerárquico, que a su vez permitirá realizar el análisis FMEA.

Tabla 2. Características técnicas y funciones de los elementos de estudio

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES (Entradas/Salidas)		Cód. Fun.	FUNCIONES
MOTOR DIESEL (A)	Modelo	Komatsu SAA6D107E-1	Velocidad de Trabajo 2000 rpms	Tambiente: 30-45 C	Combustible	Potencia	A1	Contener herméticamente el refrigerante almacenado y transportado por el sistema enfriamiento del motor
	Tipo	Enfriado por agua, 4 ciclos, inyección directa	Tiempo de Trabajo: 18 HR	Ambiente corrosivo	Refrigerante	Señal PWM de Velocidad	A2	Expulsar los gases de escape generados por la combustión interna de acuerdo a las características del mismo y regulaciones ambientales
	Admisión	Turboalimentado, Pos enfriado	T Aceite Carter: 80-110°C	Presencia de polvo en el ambiente	Aceite	Señales de temperatura	A3	Contener herméticamente el aceite almacenado y transportado por el sistema de lubricación del motor
	Numero de Cilindros	6	Presión de Aceite Motor: 0.29 Kpa a alta vel sin carga, y 0.1 a baja velocidad sin carga	Humedad relativa	Corriente eléctrica para la ignición	Señales de Presión	A4	Enviar señal de las velocidad del motor al ECM monitor de cabina con una tolerancia de +/- 0.25%
	Diámetro	107 mm 4.21"		Presión atmosférica a nivel del mar	Sensores	Señales de Niveles	A5	Enviar señal de la temperatura de aceite del motor al ECM monitor de cabina con una desviación del 2%
	Carrera	124 mm 4.88"		Ruido	Aire	Calor	A6	Disipar la energía calorífica de la operación del motor a una temperatura entre 80 y 110 °C en el aceite motor, entre 85 y 95°C para el refrigerante, y entre 537 y 649°C para los gases de escape
	Desplazamiento del pistón	6.69 L 408 plg3		Animales	Señales del controlador	Gases escape	A7	Entregar energía mecánica a la bomba hidráulica principal con una potencia de hasta 155 HP a 2000 RPM, teniendo en cuenta el dial de control de aceleración, el modo de operación seleccionado por el operador y las señales eléctricas asociadas para el control del motor, manteniendo los niveles de vibración y ruidos característicos de la operación del motor
	Potencia SAE J1995	Bruta 116 kW 155 HP				Ruido	A8	Almacenar cada hora en el modulo de control electrónico de motor un registro de tiempo en ralentí, tiempo a plena carga, tiempo de excavación, tiempo de elevación, tiempo de izaje.
	Potencia ISO 9249 / SAE J1349	Neta 110 kW 148 HP				Fugas de combustible	A9	Indicar mediante varilla de medición nivel mínimo y máximo de aceite motor
	velocidad nominal	2,000 rpm				Fugas de aceite	A10	Permitir el drenaje y llenado del aceite motor para su periodo de cambio a las 250 horas

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES (Entradas/Salidas)	Cód. Fun.	FUNCIONES
MOTOR DIESEL (A)	Método de impulso del ventilador de enfriamiento	Mecánico				A11	Operar con un consumo de combustible en un rango de 5.6 y 7.5 galones/hora, según la demanda de potencia
	Gobernador	Controla todas las velocidades, electrónico				A12	Enviar señal al ECM de cabina de obstrucción de filtro de combustible por diferencial de presión.
	Presión de refuerzo	101 – 200 kPa				A13	Proteger térmicamente al técnico o al operador en las inspecciones del contacto con las piezas de mas alta temperatura del motor
	Holgura de Válvulas	Admisión: 0.25 mm (0.152 – 0.381), Escape: 0.51 mm (0.381 – 0.762)				A14	Proteger al técnico o al operador en las inspecciones del contacto el ventilador del motor
	Presión de Compresión (con Temperatura del aceite entre 40 y 60°C y velocidad entre 250 y 280 rpm)	Min: 2.41 Mpa				A15	Bombear el refrigerante contenido en el sistema de enfriamiento del motor de acuerdo a las condiciones de operación y señales de activación o desactivación
	Tensión de la correa del ventilador (Entre la polea del ventilador y la polea del alternador, Deflexión cuando es empujada con la fuerza del dedo a apróx. 98 N(10 kg))	8 mm				A16	Bombear combustible a alta presión de acuerdo a la señal eléctrica enviada por el control de aceleración de cabina para aumentar o disminuir las rpm y potencia del motor.
	Alta Velocidad sin carga	2,060 ± 70 Rpm					
	Baja velocidad sin carga	1,050 ± 50 Rpm					
	Tensión de la correa del compresor del acondicionador de aire (Entre la polea del ventilador y la polea del compresor, Deflexión cuando es empujada con la fuerza del dedo a apróx. 98 N(10 kg))	5-8 mm					
	Cumple con las regulaciones de emisión Tier 3 de EPA 2006, y UE etapa 3A						

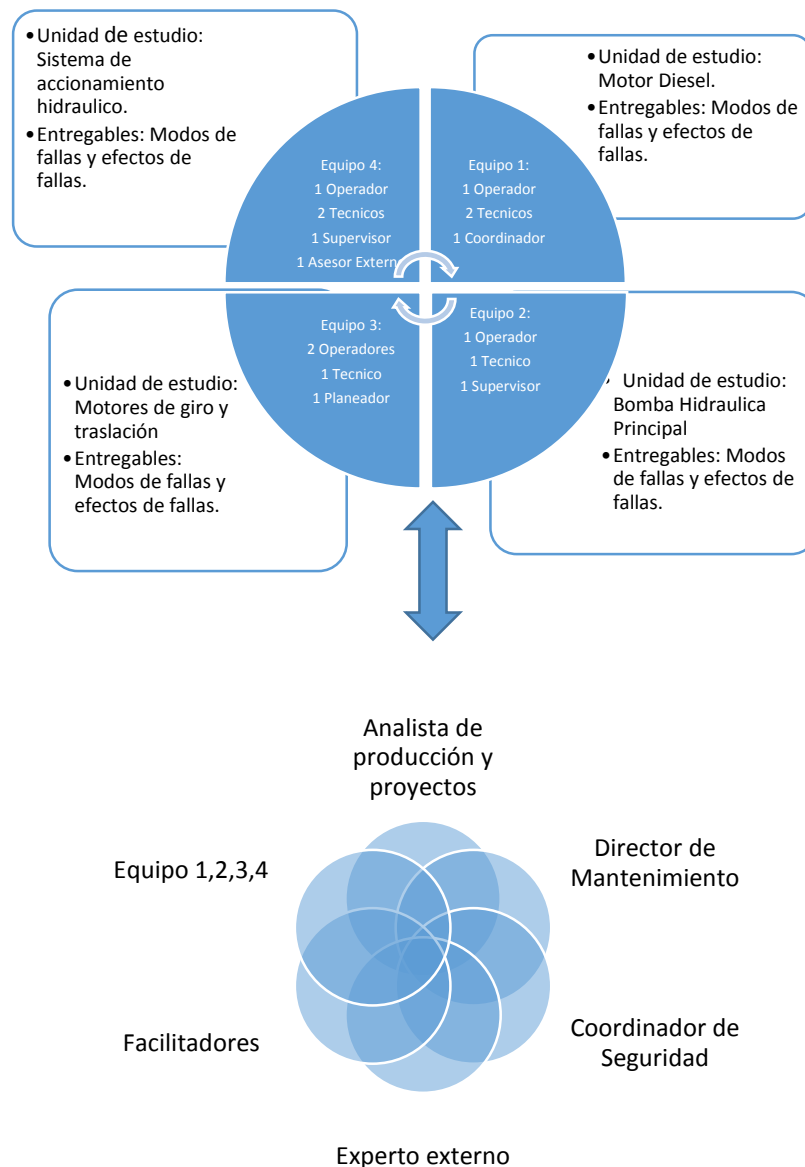
ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES (Entradas/Salidas)		Cód. Fun.	FUNCIONES
					Potencia mecánica	Potencia hidráulica		
BOMBA HIDRAULICA (B)	Referencia	HPV95+95	Presión establecida 37,2 Mpa	Animales	Potencia mecánica	Potencia hidráulica	B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.
CILINDROS HIDRAULICOS (C)	Tipo	Pistón de desplazamiento variable	Descarga teórica 219,5 x 2 l/min	Tambiente: 30-45 C	Fluido hidráulico	Fluido hidráulico	C1	Elevar los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido inferior a 3.3 ± 0.4 seg, con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido superior hasta que el balde toca el suelo y empuja hacia arriba el frente de la máquina, con una presión de descarga de 3.5 ± 1.0 MPa cuando el motor se encuentra en alta velocidad sin carga y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.
	Desplazamiento máximo	112 cc		Ambiente corrosivo			C2	Bajar los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido inferior a 2.4 ± 0.3 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido superior hasta que el balde toca el suelo y empuja hacia arriba el frente de la máquina.
	Válvulas LS	2		Presencia de polvo en el ambiente			C3	Recoger cilindro del brazo o stick del final del recorrido de descarga hasta el final del recorrido de excavación con un tiempo inferior a 3.5 ± 0.4 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 2 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo, con una presión de descarga menor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.
	Válvulas PC	2		Humedad relativa			C4	Sacar cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido inferior a 2.7 ± 0.3 seg Y con un tiempo de retardo inferior a 2 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo.
				Presión atmosférica a nivel del mar			C5	Replegar el balde con un tiempo de recorrido no mayor a 2.6 ± 0.3 seg, con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo, con una presión de descarga inferior a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico inferior a 20 cc/min.
		Ruido		C6			Descargar el balde con un tiempo de recorrido no mayor a 1.9 ± 0.2 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido de descarga hasta que el cucharón se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo.	
VALVULAS DE CONTROL (D)							D1	Realizar operaciones combinadas del equipo de trabajo, de la maquinaria de giro y del sistema de traslado con las velocidades recorrido giro y desplazamiento establecidas por el operador en el modo de trabajo.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES (Entradas/Salidas)		Cód. Fun.	FUNCIONES
					Potencia hidráulica	Potencia mecánica		
MOTORES DE TRASLACIÓN (E)	Referencia	HMV110ADT-3	Presión regulada 37,3 Mpa	Animales	Potencia hidráulica	Potencia mecánica	E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.
	Tipo de pistón	2 Válvula de freno y freno de estacionamiento	Velocidad nominal mínima 2805 RPM	Tambiente: 30-45 C	Flujo hidráulico	Par de torsión	E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.
	Desplazamiento teórico mínimo	78,6 cm ³ /rev	Velocidad nominal máxima 1842 RPM	Ambiente corrosivo				
	Desplazamiento teórico máximo	106,2 cm ³ /rev		Presencia de polvo en el ambiente				
	Presión de alivio de freno	1,18 Mpa		Humedad relativa				
	Presión selectora de la velocidad de traslado	0,78 Mpa		Presión atmosférica a nivel del mar				
MOTOR DE GIRO (F)	Referencia	KMF125ABE-6	Presión de seguridad establecida 28,4 Mpa	Animales	Potencia hidráulica	Potencia mecánica	F1	Girar de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y una carga nominal aplicada al balde de 0.8m ³ o 1440 kg y con el motor en alta velocidad en un tiempo de recorrido inferior a 4.2 ± 0.4 segundos.
	Tipo de pistón	1 con válvula de freno y freno de estacionamiento	Velocidad nominal del motor 1694 RPM	Tambiente: 30-45 C	Flujo hidráulico	Par de torsión	F2	Girar de 0 a 360° en ambas direcciones con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta y con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta.
	Desplazamiento teórico	125 cm ³ /rev		Ambiente corrosivo Presencia de polvo en el ambiente Humedad relativa			F3	Girar de 0 a 360° con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta, con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta y con un desplazamiento hidráulico de 0 mm cuando el freno de retención de giro se aplica o se libera, sin movimientos bruscos, sonidos anormales de operación y sin exceder el recorrido al girar en ambas direcciones.
	Presión de alivio del freno	1,4 Mpa		Presión atmosférica a nivel del mar				

5.3. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y RIESGOS

Una vez listada las funciones para cada elemento de estudio, se conformó un equipo interdisciplinario como se muestra en la figura para definir las fallas funcionales, modos de fallas y efectos de las fallas bajo la metodología FMEA que contempla el RCM.

Figura 3. Equipo metodológico interdisciplinario



Se evalúa la criticidad en función de los impactos generados por la ocurrencia de cada una de las fallas en términos de las personas, el medio ambiente, los costos operacionales y la afectación a la imagen de la compañía, así mismo se da una escala de riesgo de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia de la falla como se muestra en la tabla.

Tabla 3. Matriz de riesgos.

MATRIZ DE RIESGOS EXCAVADORAS HIDRAULICAS KOMATSU PC200 LC-8									
CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	PROBABILIDAD				
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN		REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE	
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>100	Internacional	CATASTROFICO	4	4,00	8,00	12,00	16,00
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 100M-10M	Nacional	CRITICO	3	3,00	6,00	9,00	12,00
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE 10 M-1M	Regional	GRAVE	2	2,00	4,00	6,00	8,00
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M-.05M	Local	INSIGNIFICANTE	1	1,00	2,00	3,00	4,00
						< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						C	D	E	F
						1	2	3	4

La conformación de un equipo de trabajo con personal de otras áreas de la compañía es necesario para poder establecer para cada uno de estos modos de falla cual es el nivel de riesgo y centrar los esfuerzos en las tareas para aquellas fallas que representan un riesgo alto y que se deben prevenir o mitigar sus consecuencias.

A continuación, en la tabla se presenta una muestra del análisis efectuado en la hoja de RCM con los equipos de trabajo, donde se consolidan por unidad de estudio las fallas funcionales, modos de fallas y sus efectos. Teniendo en cuenta un nivel de detalle que permitiera posteriormente establecer con mayor facilidad las tareas para cada modo de falla.

Tabla 4. Análisis FMEA.

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos
A1	Contener herméticamente el refrigerante almacenado y transportado por el sistema de enfriamiento del motor	A1.1	No contiene Herméticamente el refrigerante del sistema de enfriamiento	A1.1.1	Bomba de agua con fuga por desgaste en rodamientos	Presencia de refrigerante en orificios de aviso, afecta directamente el sistema de enfriamiento del motor, en algunos casos se presenta derrames en el suelo causando contaminación ambiental, puede ocasionar el paro del motor por sobrepasar la temperatura de operación del motor y generar daños severos al motor de no ser detenido el motor a tiempo. Ocasiona el paro completo del equipo y por ende pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se debe reemplazar la bomba y el costo estimado de este mantenimiento es de 1 millón de pesos en un tiempo estándar de aproximadamente 1.5 horas si se cuenta con el repuesto.
A2	Expulsar los gases de escape generados por la combustión interna de acuerdo a las características del mismo y regulaciones ambientales	A2.1	Expulsa parcialmente los gases de escape	A2.1.1	Exosto parcialmente obstruido por oxidación de las paredes internas	Presencia de partículas contaminantes en el exosto, contaminación por humo negro excesivo, contaminación por plomo en el ambiente, daños respiratorios a las personas asociadas a la operación, se estima el costo de este mantenimiento en 1 millón de pesos.
A3	Contener herméticamente el aceite almacenado y transportado por el sistema de lubricación del motor	A3.1	No contiene Herméticamente el aceite del sistema de lubricación	A3.1.1	Núcleos del enfriador de aceite motor roto	Se presenta derrame de refrigerante y derrame de aceite y paso de una cámara a la otra, eleva la temperatura del motor y afecta el rendimiento del motor, contaminación ambiental. Puede ocasionar el paro completo del equipo y por ende pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se debe reemplazar el enfriador de aceite con un costo estimado de 6 millones de pesos. 3 horas
A4	Enviar señal de la velocidad del motor al ECM monitor de cabina con una tolerancia de +/- 0.25%	A4.1	No Envía señal de la velocidad del motor en el tablero de control	A4.1.1	Arnés del Pick up fracturado por vibración	Alarma de falla del pick up en el monitor de cabina, pérdidas económicas de alrededor de 180 mil pesos por hora, costo del correctivo de 700 mil pesos
A5	Enviar señal de la temperatura de aceite del motor al ECM monitor de cabina con una desviación del 2%	A5.1	No envía señal de del sensor de temperatura de aceite motor	A5.1.1	Arnés de sensor de temperatura de aceite fracturado por vibración	Alarma de falla de los sensores de temperatura en el monitor de cabina, pérdidas económicas de alrededor de 180 mil pesos por hora, costo del correctivo de 2.350.000
A6	Disipar la energía calorífica de la operación del motor a una temperatura entre 80 y 110 °C en el aceite motor, entre 85 y 95°C para el refrigerante, y entre 537 y 649°C para los gases de escape	A6.1	Disipa parcialmente la energía calorífica de la operación del motor a una temperatura entre 80 y 110 °C en el aceite motor, entre 85 y 95°C para el refrigerante, y entre 537 y 649°C para los gases de escape	A6.1.1	Aletas de enfriamiento del radiador obstruidas por contaminación del refrigerante	Alta temperatura, goteo de refrigerante, Alarma de bajo nivel activa, contaminación ambiental leve controlable, pérdidas económicas de alrededor de 30 millones de pesos hora, costos de correctivo 700 mil pesos
A7	Entregar energía mecánica a la bomba hidráulica principal con una potencia de hasta 155 HP a 2000 RPM, teniendo en cuenta el dial de control de aceleración, el modo de operación seleccionado por el operador y las señales eléctricas asociadas para el control del motor, manteniendo los niveles de vibración y ruidos característicos de la operación del motor	A7.1	No entrega energía mecánica a la bomba hidráulica principal	A7.1.1	Piñón de ataque del motor de arranque no sale cuando es energizado el solenoide por desgaste en elementos de embrague y motrices	No enciende el motor. Ocasiona el paro completo del equipo y por ende pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se debe reemplazar el motor de arranque con un costo estimando de 4.5 millones o reparar con un costo estimando de 800.000 si la operación lo permite.

A8	Almacenar cada hora en el modulo de control electrónico de motor un registro de tiempo en ralentí, tiempo a plena carga, tiempo de excavación, tiempo de elevación, tiempo de izaje.	A8.1	No almacena los registros de información vital en el modulo de control electrónico	A8.1.1	Modulo de control electrónico con daños en la EEPROM	Si se presenta un daño en la EEPROM el modulo debe ser reemplazado. Ocasiona el paro completo de la maquina con perdidas hasta por 20 millones de pesos. El costo estimando de este mantenimiento es de 22 millones de pesos.
A9	Indicar mediante varilla de medición nivel mínimo y máximo de aceite motor	A9.1	No indica el nivel mínimo y máximo de aceite motor	A9.1.2	Varilla de medición rota	Se evidencia en no tener seguridad sobre el nivel de aceite motor, afecta la integridad del equipo, se debe reemplazar la varilla de medición.
A10	Permitir el drenaje y llenado del aceite motor para su periodo de cambio a las 250 horas	A10.1	No permite el drenaje de aceite	A10.1.1	Tapón de drenaje esta pegado o soldado	No se puede hacer efectivo el cambio de aceite motor en las frecuencia establecidas de acuerdo al contexto operacional. Puede ocasionar el paro de la maquina con pérdidas económicas hasta por 20 millones de pesos. Se debe cortar el tapón, rectificar la rosca y reemplazar el tapón con un costo estimando de 300.000 pesos.
A11	Operar con un consumo de combustible en un rango de 5.6 y 7.5 galones/hora, según la demanda de potencia	A11.1	Opera con una desviación del consumo de combustible superior al 10%	A11.1.1	Sensor de velocidad/sincronización des calibrado	Quema incompleta de combustible por perdida de tiempo de sincronización, se debe cambiar el sensor con un costo estimado de 1.500.000 pesos.
A12	Enviar señal al ECM de cabina de obstrucción de filtro de combustible por diferencial de presión.	A12.1	No envía la señal de obstrucción de filtros de combustible	A12.1.1	Sensor Wiff partido	Se pierde la señal de presión diferencial a la entrada y salida del filtro de combustible por ende la arma por baja presión en el riel de inyección. Puede ocasionar retrasos en obra hasta por 3 millones de pesos. Se debe reemplazar el sensor con un costo estimando de 450 mil pesos.
A13	Proteger térmicamente al técnico o al operador en las inspecciones del contacto con las piezas de mas alta temperatura del motor	A13.1	No protege al técnico y al operador térmicamente en las inspecciones	A13.1.1	Aislamiento de tuberías destruidas	Riesgo para la integridad física del operador y del técnico, puede ocasionar retrasos en la producción con perdidas estimadas hasta por 3 millones de pesos, se debe reemplazar el aislamiento.
A14	Proteger al técnico o al operador en las inspecciones del contacto el ventilador del motor	A14.1	No protege al técnico y al operador del contacto con el ventilador del motor en las inspecciones	A14.1.1	Guardas partidas	Riesgo para la integridad física del operador y del técnico, puede ocasionar retrasos en la producción con perdidas estimadas hasta por 3 millones de pesos, se debe reemplazar las guardas.
A15	Bombear el refrigerante contenido en el sistema de enfriamiento del motor de acuerdo a las condiciones de operación y señales de activación o desactivación	A15.1	No bombea el refrigerante contenido en el sistema de enfriamiento	A15.1.1	Engranajes de la bomba de agua atascados por oxidación	Aumento de la temperatura de refrigerante. Ocasiona el paro completo del equipo y por ende perdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20 millones de pesos por hora, se debe reemplazar la bomba de agua con un costo estimado de 1 millón de pesos.
A16	Bombear combustible a alta presión de acuerdo a la señal eléctrica enviada por el control de aceleración de cabina para aumentar o disminuir las rpm y potencia del motor.	A16.1	No bombea combustible a alta presión	A16.1.1	Engranajes de la bomba de transferencia de combustible atascados	Puede llegar a ocasionar el paro de la maquina y por ende retrasos en la obra con perdidas económicas que pueden oscilar entre 10 y 20 millones de pesos por hora. Se debe reemplazar la bomba de transferencia de combustible con un costo estimando de 1.500.000 pesos.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.1	Convierte la rotación del motor en presión de aceite pero con sonidos anormales de operación	B1.1.1	Mangueras rotas por sobrepresiones	Bajo nivel de aceite hidráulico, contaminación ambiental en casos de derrame sobre ríos o producción en el mar, desgaste por falta de lubricación de todos los componentes del sistema hidráulico, se puede detener completamente el equipo por alarma de 3 nivel efectuada por el controlador de la bomba, en caso de paros completos de la maquina se tendrían perdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se deben corregir fugas hidráulicas de manera inmediatas que podrían oscilar entre 10.000 pesos y 4 millones de peses para la manguera hidráulica mas costosa.

B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.1	Convierte la rotación del motor en presión de aceite pero con sonidos anormales de operación	B1.1.2	Mangueras rotas por sobrepresiones	Bajo nivel de aceite hidráulico, contaminación ambiental en casos de derrame sobre ríos o producción en el mar, desgaste por falta de lubricación de todos los componentes del sistema hidráulico, se puede detener completamente el equipo por alarma de 3 nivel efectuada por el controlador de la bomba, en caso de paros completos de la maquina se tendrían pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se deben corregir fugas hidráulicas de manera inmediatas que podrían oscilar entre 10.000 pesos y 4 millones de pesos para la manguera hidráulica mas costosa.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.1	Convierte la rotación del motor en presión de aceite pero con sonidos anormales de operación	B1.1.3	Mangueras Desgrafadas	Bajo nivel de aceite hidráulico, contaminación ambiental en casos de derrame sobre ríos o producción en el mar, desgaste por falta de lubricación de todos los componentes del sistema hidráulico, se puede detener completamente el equipo por alarma de 3 nivel efectuada por el controlador de la bomba, en caso de paros completos de la maquina se tendrían pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se deben corregir fugas hidráulicas de manera inmediatas que podrían oscilar entre 10.000 pesos y 4 millones de pesos para la manguera hidráulica mas costosa.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.1	Convierte la rotación del motor en presión de aceite pero con sonidos anormales de operación	B1.1.4	Mangueras Desgrafadas	Bajo nivel de aceite hidráulico, contaminación ambiental en casos de derrame sobre ríos o producción en el mar, desgaste por falta de lubricación de todos los componentes del sistema hidráulico, se puede detener completamente el equipo por alarma de 3 nivel efectuada por el controlador de la bomba, en caso de paros completos de la maquina se tendrían pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se deben corregir fugas hidráulicas de manera inmediatas que podrían oscilar entre 10.000 pesos y 4 millones de pesos para la manguera hidráulica mas costosa.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.1	Convierte la rotación del motor en presión de aceite pero con sonidos anormales de operación	B1.1.5	Tubos hidráulicos rotos	Bajo nivel de aceite hidráulico, contaminación ambiental en casos de derrame sobre ríos o producción en el mar, desgaste por falta de lubricación de todos los componentes del sistema hidráulico, se puede detener completamente el equipo por alarma de 3 nivel efectuada por el controlador de la bomba, en caso de paros completos de la maquina se tendrían pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se deben corregir fugas hidráulicas de manera inmediatas que podrían oscilar entre 10.000 pesos y 4 millones de pesos para la manguera hidráulica mas costosa.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.1	Convierte la rotación del motor en presión de aceite pero con sonidos anormales de operación	B1.1.6	Sellos Hidráulicos Rotos	Bajo nivel de aceite hidráulico, contaminación ambiental en casos de derrame sobre ríos o producción en el mar, desgaste por falta de lubricación de todos los componentes del sistema hidráulico, se puede detener completamente el equipo por alarma de 3 nivel efectuada por el controlador de la bomba, en caso de paros completos de la maquina se tendrían pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. Se deben corregir fugas hidráulicas de manera inmediatas que podrían oscilar entre 10.000 pesos y 4 millones de pesos para la manguera hidráulica mas costosa.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.2	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no trabaja la función de control fino	B1.2.1	Válvula LS-EPC des calibrada por cambios en la presión diferencial	La presión de salida a baja velocidad de traslado y con la palanca en neutral es diferente a 2.9 Mpa y cuando esta en alta velocidad de traslado y la palanca accionada es diferente a 0 Mpa. No se activa la función de control fino. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 5.7 millones de pesos o calibrar por un costo aproximado de 900.000 pesos.

B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.2	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no trabaja la función de control fino	B1.2.2	Válvula LS-EPC des calibrada por cambios en la presión diferencial	La presión de salida a baja velocidad de traslado y con la palanca en neutral es diferente a 2.9 Mapa y cuando esta en alta velocidad de traslado y la palanca accionada es diferente a 0 Mapa. No se activa la función de control fino. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 5.7 millones de pesos o calibrar por un costo aproximado de 900.000 pesos.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.2	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no trabaja la función de control fino	B1.2.3	Orificio del circuito LS (bomba-tubería-válvula de control) obstruido por contaminación del aceite hidráulico.	No se activa la función de control fino, se incrementa el consumo de combustible y se afecta la presión diferencial del sistema por lo que se reduce el tiempo de accionamiento de control, leves incrementos en los costos de producción que se estiman en 192.000 pesos diarios, el costo de este mantenimiento puede oscilar entre 300.000 y 4.5 millones de pesos en caso de tener que cambiar todo el aceite del sistema hidráulico incluyendo filtración.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.2	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no trabaja la función de control fino	B1.2.4	Válvula LS des calibrada	Se activa intermitentemente la función de control fino, se incrementa el consumo de combustible y se afecta la presión diferencial del sistema por lo que se reduce el tiempo de accionamiento de control, leves incrementos en los costos de producción que se estiman en 120.000 pesos diarios, el costo de este mantenimiento puede oscilar entre 300.000 y 4.5 millones de pesos en caso de tener que cambiar todo el aceite del sistema hidráulico incluyendo filtración.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.2	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no trabaja la función de control fino	B1.2.5	Válvula LS des calibrada	Se activa intermitentemente la función de control fino, se incrementa el consumo de combustible y se afecta la presión diferencial del sistema por lo que se reduce el tiempo de accionamiento de control, leves incrementos en los costos de producción que se estiman en 120.000 pesos diarios, el costo de este mantenimiento puede oscilar entre 300.000 y 4.5 millones de pesos en caso de tener que cambiar todo el aceite del sistema hidráulico incluyendo filtración.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.3	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no se activa la función de maximizar potencia	B1.3.1	Válvula solenoide de alivio de 2da etapa des calibrada al presentarse una desviación de la presión de salida de los 2.9 Mapa cuando el interruptor del cierre de giro se encuentra activado.	Si es el diafragma ocasionaría que no cerrara el paso total del flujo y siga permitiendo el paso del mismo. Si es el Muelle o resorte de embolo impide el cierre total del embolo, dejando el orificio de caudal abierto y no logrando impedir su flujo. Si es la Bobina o solenoide no permitiría el paso del flujo. No se activaría la función de máxima potencia en casos de demandas de carga altas y para operaciones simultaneas, se estiman pérdidas de producción de hasta 2 millones de pesos/ hora, el costo de este mantenimiento se estima en 3 millones de pesos.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.3	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no se activa la función de maximizar potencia	B1.3.2	Válvula solenoide de alivio de 2da etapa des calibrada al presentarse una desviación de la presión de salida de los 2.9 Mapa cuando el interruptor del cierre de giro se encuentra activado.	Si es el diafragma ocasionaría que no cerrara el paso total del flujo y siga permitiendo el paso del mismo. Si es el Muelle o resorte de embolo impide el cierre total del embolo, dejando el orificio de caudal abierto y no logrando impedir su flujo. Si es la Bobina o solenoide no permitiría el paso del flujo. No se activaría la función de máxima potencia en casos de demandas de carga altas y para operaciones simultaneas, se estiman pérdidas de producción de hasta 2 millones de pesos/ hora, el costo de este mantenimiento se estima en 3 millones de pesos.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.3	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no se activa la función de maximizar potencia	B1.3.3	Válvula solenoide de alivio de 2da etapa des calibrada al presentarse una desviación de la presión de salida de los 2.9 Mapa cuando el interruptor del cierre de giro se encuentra activado.	Si es el diafragma ocasionaría que no cerrara el paso total del flujo y siga permitiendo el paso del mismo. Si es el Muelle o resorte de embolo impide el cierre total del embolo, dejando el orificio de caudal abierto y no logrando impedir su flujo. Si es la Bobina o solenoide no permitiría el paso del flujo. No se activaría la función de máxima potencia en casos de demandas de carga altas y para operaciones simultaneas, se estiman pérdidas de producción de hasta 2 millones de pesos/ hora, el costo de este mantenimiento se estima en 3 millones de pesos.

B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.3	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no se activa la función de maximizar potencia	B1.3.4	Válvula solenoide de alivio de 2da etapa con problemas internos como (diafragma, resorte, bobina o solenoide) al presentarse una desviación de la presión de salida de los 2.9 Mapa cuando el interruptor del cierre de giro se encuentra activado	Si es el diafragma ocasionaría que no cerrara el paso total del flujo y siga permitiendo el paso del mismo. Si es el Muelle o resorte de embolo impide el cierre total del embolo, dejando el orificio de caudal abierto y no logrando impedir su flujo. Si es la Bobina o solenoide no permitiría el paso del flujo. No se activaría la función de máxima potencia en casos de demandas de carga altas y para operaciones simultaneas, se estiman perdidas de producción de hasta 2 millones de pesos/hora, el costo de este mantenimiento se estima en 3 millones de pesos.
B1	Convertir la energía mecánica del motor en energía hidráulica a una presión de aceite máxima de 37.2 Mpa, con una descarga teórica de 219.5x2 l/min.	B1.3	Convierte la rotación de motor en presión de aceite pero no se activa la función de maximizar potencia	B1.3.5	Válvula solenoide de alivio de 2da etapa con problemas internos como (diafragma, resorte, bobina o solenoide) al presentarse una desviación de la presión de salida de los 2.9 Mapa cuando el interruptor del cierre de giro se encuentra activado	Si es el diafragma ocasionaría que no cerrara el paso total del flujo y siga permitiendo el paso del mismo. Si es el Muelle o resorte de embolo impide el cierre total del embolo, dejando el orificio de caudal abierto y no logrando impedir su flujo. Si es la Bobina o solenoide no permitiría el paso del flujo. No se activaría la función de máxima potencia en casos de demandas de carga altas y para operaciones simultaneas, se estiman perdidas de producción de hasta 2 millones de pesos/hora, el costo de este mantenimiento se estima en 3 millones de pesos.
C1	Elevar los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido inferior a 3.3 ± 0.4 seg, con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido superior hasta que el balde toca el suelo y empuja hacia arriba el frente de la máquina, con una presión de descarga de 3.5 ± 1.0 MPa cuando el motor se encuentra en alta velocidad sin carga y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C1.1	Eleva los cilindros del boom con un tiempo de recorrido mayor a 3.4 segundos, con un tiempo de retardo inferior a 1 segundo, con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C1.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende perdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C1	Elevar los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido inferior a 3.3 ± 0.4 seg, con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido superior hasta que el balde toca el suelo y empuja hacia arriba el frente de la máquina, con una presión de descarga de 3.5 ± 1.0 MPa cuando el motor se encuentra en alta velocidad sin carga y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C1.1	Eleva los cilindros del boom con un tiempo de recorrido mayor a 3.4 segundos, con un tiempo de retardo inferior a 1 segundo, con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C1.1.2	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende perdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C1	Elevar los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido inferior a 3.3 ± 0.4 seg, con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido superior hasta que el balde toca el suelo y empuja hacia arriba el frente de la máquina, con una presión de descarga de 3.5 ± 1.0 MPa cuando el motor se encuentra en alta velocidad sin carga y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C1.1	Eleva los cilindros del boom con un tiempo de recorrido mayor a 3.4 segundos, con un tiempo de retardo inferior a 1 segundo, con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C1.1.3	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende perdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C2	Bajar los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido inferior a 2.4 ± 0.3 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido superior hasta que el balde toca el suelo y empuja hacia arriba el frente de la máquina	C2.1	Baja los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido mayor a 2.7 segundos, con un tiempo de retardo mayor a 1 segundo y con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa.	C2.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende perdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.

C2	Bajar los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido inferior a 2.4 ± 0.3 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido superior hasta que el balde toca el suelo y empuja hacia arriba el frente de la máquina	C2.1	Baja los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido mayor a 2.7 segundos, con un tiempo de retardo mayor a 1 segundo y con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa.	C2.1.2	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C2	Bajar los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido inferior a 2.4 ± 0.3 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido superior hasta que el balde toca el suelo y empuja hacia arriba el frente de la máquina	C2.1	Baja los cilindros hidráulicos del boom con un tiempo de recorrido mayor a 2.7 segundos, con un tiempo de retardo mayor a 1 segundo y con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa.	C2.1.3	Válvula de alivio principal des calibrada	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
C3	Recoger cilindro del brazo o stick del final del recorrido de descarga hasta el final del recorrido de excavación con un tiempo inferior a 3.5 ± 0.4 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 2 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo, con una presión de descarga menor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C3.1	Recoge el cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido mayor a 3.9 segundos, con un tiempo de retardo inferior a 2 segundos, con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C3.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C3	Recoger cilindro del brazo o stick del final del recorrido de descarga hasta el final del recorrido de excavación con un tiempo inferior a 3.5 ± 0.4 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 2 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo, con una presión de descarga menor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C3.1	Recoge el cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido mayor a 3.9 segundos, con un tiempo de retardo inferior a 2 segundos, con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C3.1.2	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C3	Recoger cilindro del brazo o stick del final del recorrido de descarga hasta el final del recorrido de excavación con un tiempo inferior a 3.5 ± 0.4 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 2 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo, con una presión de descarga menor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C3.1	Recoge el cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido mayor a 3.9 segundos, con un tiempo de retardo inferior a 2 segundos, con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico del cilindro inferior a 20 cc/min.	C3.1.3	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C4	Sacar cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido inferior a 2.7 ± 0.3 seg Y con un tiempo de retardo inferior a 2 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo.	C4.1	Saca el cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido mayor a 3 segundos, con un tiempo de retardo mayor a 2 segundos y con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa.	C4.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.

C4	Sacar cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido inferior a 2.7 ± 0.3 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 2 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo.	C4.1	Saca el cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido mayor a 3 segundos, con un tiempo de retardo mayor a 2 segundos y con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa.	C4.1.2	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C4	Sacar cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido inferior a 2.7 ± 0.3 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 2 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo.	C4.1	Saca el cilindro del brazo o stick con un tiempo de recorrido mayor a 3 segundos, con un tiempo de retardo mayor a 2 segundos y con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa.	C4.1.3	Válvula de alivio principal des calibrada	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
C5	Replegar el balde con un tiempo de recorrido no mayor a 2.6 ± 0.3 seg, con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo, con una presión de descarga inferior a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico inferior a 20 cc/min.	C5.1	Replega el balde con un tiempo de recorrido mayor a 2.9 segundos, con un tiempo de retardo inferior a 1 segundo, con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico inferior a 20 cc/min.	C5.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C5	Replegar el balde con un tiempo de recorrido no mayor a 2.6 ± 0.3 seg, con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido de descarga hasta que el balde se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo, con una presión de descarga inferior a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico inferior a 20 cc/min.	C5.1	Replega el balde con un tiempo de recorrido mayor a 2.9 segundos, con un tiempo de retardo inferior a 1 segundo, con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa y con un desplazamiento hidráulico inferior a 20 cc/min.	C5.1.2	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C6	Descargar el balde con un tiempo de recorrido no mayor a 1.9 ± 0.2 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido de descarga hasta que el cucharón se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo	C6.1	Descarga el balde con un tiempo de recorrido mayor a 2.1 segundos, con un tiempo de retardo mayor 1 segundo y con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa.	C6.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
C6	Descargar el balde con un tiempo de recorrido no mayor a 1.9 ± 0.2 seg. Y con un tiempo de retardo inferior a 1 seg del final de recorrido de descarga hasta que el cucharón se para momentáneamente después que la palanca de control es inclinada hacia excavación y comienza a moverse de nuevo	C6.1	Descarga el balde con un tiempo de recorrido mayor a 2.1 segundos, con un tiempo de retardo mayor 1 segundo y con una presión de descarga mayor a 3.5 ± 1.0 MPa.	C6.1.2	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.

F1	Girar de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y una carga nominal aplicada al balde de 0.8m ³ o 1440 kg y con el motor en alta velocidad en un tiempo de recorrido inferior a 4.2 ± 0.4 segundos.	F1.1	Gira de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y la carga nominal aplicada y con un tiempo de recorrido mayor a 4.6 segundos	F1.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
F1	Girar de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y una carga nominal aplicada al balde de 0.8m ³ o 1440 kg y con el motor en alta velocidad en un tiempo de recorrido inferior a 4.2 ± 0.4 segundos.	F1.2	Gira de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y la carga nominal aplicada y con un tiempo de recorrido mayor a 4.6 segundos	F1.2.1	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
F1	Girar de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y una carga nominal aplicada al balde de 0.8m ³ o 1440 kg y con el motor en alta velocidad en un tiempo de recorrido inferior a 4.2 ± 0.4 segundos.	F1.3	Gira de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y la carga nominal aplicada y con un tiempo de recorrido mayor a 4.6 segundos	F1.3.1	Válvula de alivio principal des calibrada	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
F1	Girar de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y una carga nominal aplicada al balde de 0.8m ³ o 1440 kg y con el motor en alta velocidad en un tiempo de recorrido inferior a 4.2 ± 0.4 segundos.	F1.4	Gira de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y la carga nominal aplicada y con un tiempo de recorrido mayor a 4.6 segundos	F1.4.1	Válvula de alivio principal des calibrada	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
F1	Girar de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y una carga nominal aplicada al balde de 0.8m ³ o 1440 kg y con el motor en alta velocidad en un tiempo de recorrido inferior a 4.2 ± 0.4 segundos.	F1.5	Gira de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y la carga nominal aplicada y con un tiempo de recorrido mayor a 4.6 segundos	F1.5.1	Válvula de alivio principal pegada por resorte de apertura partido	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
F1	Girar de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y una carga nominal aplicada al balde de 0.8m ³ o 1440 kg y con el motor en alta velocidad en un tiempo de recorrido inferior a 4.2 ± 0.4 segundos.	F1.6	Gira de 0 a 90° con los cilindros del boom elevados y la carga nominal aplicada y con un tiempo de recorrido mayor a 4.6 segundos	F1.6.1	Válvula de alivio principal pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
F2	Girar de 0 a 360° en ambas direcciones con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta y con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta.	F2.1	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido mayor a 6.3 segundos en ambas direcciones	F2.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.

F2	Girar de 0 a 360° en ambas direcciones con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta y con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta.	F2.1	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido mayor a 6.3 segundos en ambas direcciones	F2.1.2	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
F2	Girar de 0 a 360° en ambas direcciones con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta y con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta.	F2.1	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido mayor a 6.3 segundos en ambas direcciones	F2.1.3	Válvula de alivio principal des calibrada	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
F2	Girar de 0 a 360° en ambas direcciones con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta y con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta.	F2.1	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido mayor a 6.3 segundos en ambas direcciones	F2.1.4	Válvula de alivio principal pegada por resorte de apertura partido	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
F2	Girar de 0 a 360° en ambas direcciones con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta y con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta.	F2.1	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido mayor a 6.3 segundos en ambas direcciones	F2.1.5	Válvula de alivio principal pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
F3	Girar de 0 a 360° con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta, con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta y con un desplazamiento hidráulico de 0 mm cuando el freno de retención de giro se aplica o se libera, sin movimientos brusco, sonidos anormales de operación y sin exceder el recorrido al girar en ambas direcciones.	F3.1	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido inferior a 6.3 segundos en ambas direcciones pero con un desplazamiento hidráulico mayor a 0 mm cuando el freno de retención se aplica	F3.1.1	Válvula solenoide del freno sujetador de giro des calibrada	Se genera un desplazamiento hidráulico mayor a 0 mm, no ocasiona pérdidas considerables en la producción pero si podría generar un riesgo para la gente en maniobras de espacio reducido que requieren de gran control sobre el equipo, el costo de este mantenimiento se estima de 800.000 pesos.
F3	Girar de 0 a 360° con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta, con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta y con un desplazamiento hidráulico de 0 mm cuando el freno de retención de giro se aplica o se libera, sin movimientos brusco, sonidos anormales de operación y sin exceder el recorrido al girar en ambas direcciones.	F3.1	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido inferior a 6.3 segundos en ambas direcciones pero con un desplazamiento hidráulico mayor a 0 mm cuando el freno de retención se aplica	F3.1.2	Componentes internos del freno de estacionamiento del motor de giro con desgaste	Retraso considerable en los ciclos de producción, tanto de excavación como de cargue y descargue, se estiman las pérdidas económicas de 5.5 millones de pesos/hora. Se debe detener el equipo y realizar de inmediato este mantenimiento, el costo estimado de este mantenimiento es de 8.000.000 de pesos.

F3	Girar de 0 a 360° con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta, con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta y con un desplazamiento hidráulico de 0 mm cuando el freno de retención de giro se aplica o se libera, sin movimientos brusco, sonidos anormales de operación y sin exceder el recorrido al girar en ambas direcciones.	F3.2	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido inferior a 6.3 segundos en ambas direcciones pero con un desplazamiento hidráulico mayor a 0 mm cuando el freno de retención es liberado	F3.2.1	Carrete de la válvula de control de giro pegado o atorado para ambos sentidos de la maquina	El recorrido del carrete sería mayor a 10mm para ambos sentidos de la maquina. No gira la maquina en ningún sentido, ocasionaría el paro completo del equipo y por ende perdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto, el costo de este mantenimiento puede estar alrededor de los 2.500.000 pesos.
F3	Girar de 0 a 360° con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta, con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta y con un desplazamiento hidráulico de 0 mm cuando el freno de retención de giro se aplica o se libera, sin movimientos brusco, sonidos anormales de operación y sin exceder el recorrido al girar en ambas direcciones.	F3.2	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido inferior a 6.3 segundos en ambas direcciones pero con un desplazamiento hidráulico mayor a 0 mm cuando el freno de retención es liberado	F3.2.2	Carrete de la válvula de control de giro pegado o atorado para ambos sentidos de la maquina	El recorrido del carrete sería mayor a 10mm para ambos sentidos de la maquina. No gira la maquina en ningún sentido, ocasionaría el paro completo del equipo y por ende perdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto, el costo de este mantenimiento puede estar alrededor de los 2.500.000 pesos.
F3	Girar de 0 a 360° con el motor trabajando en alta velocidad sin carga en un tiempo de recorrido inferior a 3.7 segundos al pasar por los 90°, 5.5 segundos al pasar por los 180° y 6.3 segundos al llegar a los 360° o completar la vuelta, con un ángulo del freno de giro de máximo 100° cuando se para después de una vuelta y con un desplazamiento hidráulico de 0 mm cuando el freno de retención de giro se aplica o se libera, sin movimientos brusco, sonidos anormales de operación y sin exceder el recorrido al girar en ambas direcciones.	F3.2	Gira de 0 a 360° con un tiempo de recorrido inferior a 6.3 segundos en ambas direcciones pero con un desplazamiento hidráulico mayor a 0 mm cuando el freno de retención es liberado	F3.2.3	Sello de la válvula de compensación de presión de control de giro esta roto	No se podría balancear la carga ni actuar como válvula de retención de carga. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende perdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe verificar el estado de contaminación de todo el sistema hidráulico y cambiar la válvula, el costo de este mantenimiento puede estar alrededor de los 6 millones
E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado (1,050 ± 50 rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado (2,160 ± 70 rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.	E1.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 56.4 segundos para baja velocidad de traslado, 41.3 segundos para media velocidad de traslado y 27.8 segundos para alta velocidad de traslado en 5 vueltas de oruga	E1.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende perdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado (1,050 ± 50 rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado (2,160 ± 70 rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.	E1.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 56.4 segundos para baja velocidad de traslado, 41.3 segundos para media velocidad de traslado y 27.8 segundos para alta velocidad de traslado en 5 vueltas de oruga	E1.1.2	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende perdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.

E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado (1,050 ± 50 rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado (2,160 ± 70 rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.	E1.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 56.4 segundos para baja velocidad de traslado, 41.3 segundos para media velocidad de traslado y 27.8 segundos para alta velocidad de traslado en 5 vueltas de oruga	E1.1.3	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado.	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado (1,050 ± 50 rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado (2,160 ± 70 rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.	E1.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 56.4 segundos para baja velocidad de traslado, 41.3 segundos para media velocidad de traslado y 27.8 segundos para alta velocidad de traslado en 5 vueltas de oruga	E1.1.4	Válvula de alivio principal des calibrada	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado (1,050 ± 50 rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado (2,160 ± 70 rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.	E1.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 56.4 segundos para baja velocidad de traslado, 41.3 segundos para media velocidad de traslado y 27.8 segundos para alta velocidad de traslado en 5 vueltas de oruga	E1.1.5	Válvula de alivio principal pegada por resorte de apertura partido	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado (1,050 ± 50 rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado (2,160 ± 70 rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.	E1.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 56.4 segundos para baja velocidad de traslado, 41.3 segundos para media velocidad de traslado y 27.8 segundos para alta velocidad de traslado en 5 vueltas de oruga	E1.1.6	Válvula de auto reducción de presión des calibrada	No mantiene la presión básica del circuito de control entre 2.84 – 3.43 Mapa, no reduce la presión de descarga de la bomba principal y tampoco la suministra como presión de control para la válvula solenoide, la válvula EPC. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.2 millones de pesos.
E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado (1,050 ± 50 rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado (2,160 ± 70 rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.	E1.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 56.4 segundos para baja velocidad de traslado, 41.3 segundos para media velocidad de traslado y 27.8 segundos para alta velocidad de traslado en 5 vueltas de oruga	E1.1.7	Válvula de auto reducción de presión con obstrucción del resorte de apertura por contaminación	No mantiene la presión básica del circuito de control entre 2.84 – 3.43 Mapa, no reduce la presión de descarga de la bomba principal y tampoco la suministra como presión de control para la válvula solenoide, la válvula EPC. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.2 millones de pesos.
E1	Desplazarse con un tiempo requerido de 51.3 ± 5.1 segundos para baja velocidad de traslado (1,050 ± 50 rpm), 37.5 ± 3.8 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 26.5 ± 1.3 segundos para alta velocidad de traslado (2,160 ± 70 rpm) en 5 vueltas de oruga después de 1 vuelta de oruga.	E1.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 56.4 segundos para baja velocidad de traslado, 41.3 segundos para media velocidad de traslado y 27.8 segundos para alta velocidad de traslado en 5 vueltas de oruga	E1.1.8	Válvula de auto reducción de presión con carrete de la válvula agarrotado	No mantiene la presión básica del circuito de control entre 2.84 – 3.43 Mapa, no reduce la presión de descarga de la bomba principal y tampoco la suministra como presión de control para la válvula solenoide, la válvula EPC. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m3/hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.2 millones de pesos.

E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.	E2.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 26.5 segundos para baja velocidad de traslado, 19 segundos para media velocidad de traslado y 14 segundos para alta velocidad de traslado en un desplazamiento de 20 m y con una desviación de máximo 150 mm	E2.1.1	Válvula de descarga pegada por resorte de apertura partido	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.	E2.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 26.5 segundos para baja velocidad de traslado, 19 segundos para media velocidad de traslado y 14 segundos para alta velocidad de traslado en un desplazamiento de 20 m y con una desviación de máximo 150 mm	E2.1.2	Válvula de descarga pegada por carrete de desplazamiento agarrotado	No se drena el aceite para la porción mínima del ángulo del plato oscilante de la bomba mientras todas las válvulas de control están retenidas, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3 millones de pesos.
E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.	E2.1	Se desplaza con un tiempo mayor a 26.5 segundos para baja velocidad de traslado, 19 segundos para media velocidad de traslado y 14 segundos para alta velocidad de traslado en un desplazamiento de 20 m y con una desviación de máximo 150 mm	E2.1.3	Válvula de alivio principal des calibrada	No se llegaría a la presión de alivio de 33.3 – 36.8 MPa al aliviar o retraer el brazo de la maquina, retraso en el accionamiento del equipo de trabajo, puede ocasionar sobrepresiones en el circuito hidráulico causando derrames de aceite por mangueras estalladas, contaminación ambiental, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 3.5 millones de pesos.
E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.	E2.2	No se desplaza la maquina	E2.2.1	Válvula LS-EPC frenado por desgaste excesivo	No se desplaza la maquina ocasionando un paro completo de la misma y por ende pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 5.7 millones de pesos
E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.	E2.2	No se desplaza la maquina	E2.2.2	Válvula LS-EPC frenado por desgaste excesivo	No se desplaza la maquina ocasionando un paro completo de la misma y por ende pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 5.7 millones de pesos
E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.	E2.2	No se desplaza la maquina	E2.2.3	Válvula LS-EPC frenado por desgaste excesivo	No se desplaza la maquina ocasionando un paro completo de la misma y por ende pérdidas económicas estimadas de 10.780.000 pesos/hora para excavadoras en cantera, 12.000.000 pesos/hora para excavadoras en vía por retrasos en obra y hasta 20.000.000 pesos/hora para excavadoras en producción de asfalto. se debe reemplazar la Válvula con un costo aproximado de 5.7 millones de pesos

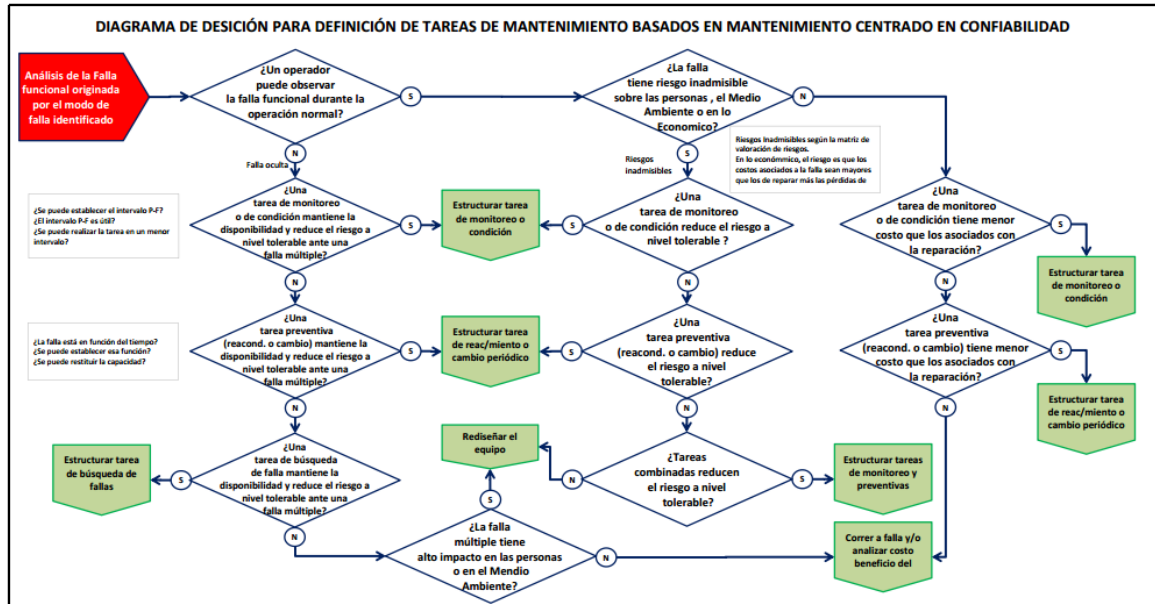
E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.	E2.3	Se desplaza solo de un lado	E2.3.1	Sello de la válvula de control de traslado esta roto	El desplazamiento sería parcial ocasionando un retraso considerable en los ciclos de producción, tanto de excavación como de cargue y descargue, se estiman las pérdidas económicas de 5.5 millones de pesos/hora. Se debe detener el equipo y realizar de inmediato este mantenimiento, el costo estimado de este mantenimiento es de 800.000 pesos.
E2	Desplazarse con un tiempo requerido de 24 ± 2.5 segundos para baja velocidad de traslado ($1,050 \pm 50$ rpm), 17 ± 2.0 segundos para media velocidad de traslado (2000 rpm) y 13 ± 1.0 segundos para alta velocidad de traslado ($2,160 \pm 70$ rpm) en un desplazamiento de 20 m después de desplazarse 10 m y con una desviación de traslado de máximo 150 mm.	E2.3	Se desplaza solo de un lado	E2.3.2	Sello de la válvula de control de traslado esta roto	El desplazamiento sería parcial ocasionando un retraso considerable en los ciclos de producción, tanto de excavación como de cargue y descargue, se estiman las pérdidas económicas de 5.5 millones de pesos/hora. Se debe detener el equipo y realizar de inmediato este mantenimiento, el costo estimado de este mantenimiento es de 800.000 pesos.
D1	Realizar operaciones combinadas del equipo de trabajo, de la maquinaria de giro y del sistema de traslado con las velocidades recorrido giro y desplazamiento establecidas por el operador en el modo de trabajo.	D1.1	Realiza operaciones combinadas del equipo de trabajo pero es lenta la velocidad de la parte mas cargada	D1.1.1	Válvula de compensación de presión de la válvula de control del lado del circuito para recoger el brazo o stick esta des calibrada	No se podría balancear adecuadamente la carga ni actuar como válvula de retención de carga, La velocidad del cilindro del stick se reduce. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe verificar el estado de contaminación de todo el sistema hidráulico y cambiar la válvula, el costo de este mantenimiento puede estar alrededor de los 6 millones
D1	Realizar operaciones combinadas del equipo de trabajo, de la maquinaria de giro y del sistema de traslado con las velocidades recorrido giro y desplazamiento establecidas por el operador en el modo de trabajo.	D1.1	Realiza operaciones combinadas del equipo de trabajo pero es lenta la velocidad de la parte mas cargada	D1.1.2	Válvula de compensación de presión de la válvula de control del lado del circuito para subir el boom esta des calibrada	No se podría balancear adecuadamente la carga ni actuar como válvula de retención de carga, La velocidad del cilindro del boom se reduce. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe verificar el estado de contaminación de todo el sistema hidráulico y cambiar la válvula, el costo de este mantenimiento puede estar alrededor de los 6 millones
D1	Realizar operaciones combinadas del equipo de trabajo, de la maquinaria de giro y del sistema de traslado con las velocidades recorrido giro y desplazamiento establecidas por el operador en el modo de trabajo.	D1.1	Realiza operaciones combinadas del equipo de trabajo pero es lenta la velocidad de la parte mas cargada	D1.1.3	Válvula de compensación de presión de la válvula de control del lado del circuito para recoger el balde esta des calibrada	No se podría balancear adecuadamente la carga ni actuar como válvula de retención de carga, La velocidad del cilindro del balde se reduce. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe verificar el estado de contaminación de todo el sistema hidráulico y cambiar la válvula, el costo de este mantenimiento puede estar alrededor de los 6 millones
D1	Realizar operaciones combinadas del equipo de trabajo, de la maquinaria de giro y del sistema de traslado con las velocidades recorrido giro y desplazamiento establecidas por el operador en el modo de trabajo.	D1.1	Realiza operaciones combinadas del equipo de trabajo pero es lenta la velocidad de la parte mas cargada	D1.1.4	Válvula de compensación de presión de la válvula de control del lado del circuito para recoger el balde esta des calibrada	No se podría balancear adecuadamente la carga ni actuar como válvula de retención de carga, La velocidad del cilindro del balde se reduce. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe verificar el estado de contaminación de todo el sistema hidráulico y cambiar la válvula, el costo de este mantenimiento puede estar alrededor de los 6 millones
D1	Realizar operaciones combinadas del equipo de trabajo, de la maquinaria de giro y del sistema de traslado con las velocidades recorrido giro y desplazamiento establecidas por el operador en el modo de trabajo.	D1.1	Realiza operaciones combinadas del equipo de trabajo pero es lenta la velocidad de la parte mas cargada	D1.1.5	Válvula de compensación de presión de la válvula de control del lado del circuito para bajar el boom esta des calibrada	No se podría balancear adecuadamente la carga ni actuar como válvula de retención de carga, La velocidad del cilindro del boom se reduce. Retrasos en los tiempos de recorrido del equipo de trabajo, puede ocasionar retrasos en los ciclos de producción de hasta 28 m ³ /hora de suministro de material y por ende pérdidas económicas estimadas de 1.540.000 pesos por hora, se debe verificar el estado de contaminación de todo el sistema hidráulico y cambiar la válvula, el costo de este mantenimiento puede estar alrededor de los 6 millones

5.4 DEFINICIÓN DE TAREAS.

Se determina el tipo de tarea de mantenimiento a desarrollar para el tren de potencia y el sistema de accionamiento hidráulico del equipo de trabajo de las excavadoras de orugas komatsu PC200LC-8, siguiendo la ruta que nos ofrece el diagrama de decisiones diseñado por la empresa Ortiz Ruiz Consultores que basa su diseño en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad.

Con esta poderosa herramienta se pudo establecer para cada uno de los modos de falla previamente analizados el tipo de decisión de tarea como: análisis de condición, cambio de partes, reacondicionamiento, monitoreo, rediseño, búsqueda de fallas o si puede correr a falla el elemento de estudio. Este análisis se hace teniendo en cuenta si las fallas que tenemos son ocultas o no, el nivel de riesgo también previamente analizado, si conoce el intervalo P-F, si se cuentan con los datos necesarios para determinar la frecuencia de cada tarea y por ultimo metodológicamente se incorporan los recursos humanos, las herramientas y materiales necesarios para la ejecución de las tareas.

Figura 4. Diagrama de decisión



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores S.A.S.

Tabla 5. Definición de tareas.

Cód.. MF	FALLA OCULTA	Probabilidad	Consecuencia	Valoración del riesgo	Valor económico del riesgo (\$)	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	HERRAMIENTAS Y MATERIALES	Cód.. Tarea
A1.1.1	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	36.000.000	Cambio de partes	Cambiar rodamientos de la bomba de agua.	12	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Prensa Hidráulica Extractor Pinza Snap Ring Juego de llaves milimétricas Juego de destornilladores Juego de llaves Allen Rodamientos Refrigerante AF-NAC	A1.1.1.1
A2.1.1	SI	REMOTO	GRAVE	2,00	3.200.000	Correr a falla					A2.1.1.1
A3.1.1	NO	REMOTO	CRITICO	3,00	66.000.000	Correr a falla					A3.1.1.1
A4.1.1	NO	REMOTO	CRITICO	3,00	5.000.000	Correr a falla					A4.1.1.1
A5.1.1	NO	REMOTO	CRITICO	3,00	3.350.000	Correr a falla					A5.1.1.1
A6.1.1	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	30.000.000	Análisis de condición	Inspeccionar panel del radiador	0.5	Operador de la Maquina		A6.1.1.1
A7.1.1	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	24.500.000	Cambio de partes	Reparar motor de arranque	18	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico o Electromecánico	Llaves / tubos de 8 mm y 5,5 mm (7/32"), Juego de destornilladores, Cono de armado, Escobillas, Porta escobillas, Juego de Pinzas, Prensa, Eje cónico, Anillos, Torquímetro.	A7.1.1.1
A8.1.1	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	182.000.000	Correr a falla					A8.1.1.1
A9.1.2	NO	OCASIONAL	GRAVE	4,00	500.000	Análisis de condición	Verificar estado de la varilla de medición durante la medición del nivel de aceite motor	diaria	Operador de la Maquina		A9.1.2.2
A10.1.1	NO	OCASIONAL	GRAVE	4,00	500.000	Reacondicionamiento	Inspeccionar estado de rosca para el tapón de drenaje y rectificar en caso de ser necesario	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Machuelo, Terraja, Cepillo de acero	A10.1.1.1
A11.1.1	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	2.500.000	Correr a falla					A11.1.1.1
A12.1.1	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	1.450.000	Cambio de partes	Reemplazar sensor wiff del pre filtro de combustible	3000 horas	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Electromecánico	Sensor Wiff, Pre filtro de combustible.	A12.1.1.1
A13.1.1	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	5.000.000	Cambio de partes	Reemplazar aislamiento de tuberías de alta temperatura	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Aislamiento de tubería, Cinta especial, Abrazaderas.	A13.1.1.1
A14.1.1	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	3.500.000	Análisis de condición	Inspeccionar estado de guardas del motor	3	Operador de la Maquina		A14.1.1.1

A15.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	36.000.000	Cambio de partes	Cambiar refrigerante del sistema de enfriamiento del motor	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves Deposito de drenaje Embudo Refrigerante AF-NAC	A15.1.1.1
A16.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	2.000.000	Rediseño	Instalar Filtro purificador AK de combustible	Única			A16.1.1.1
B1.1.1	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	44.000.000	Cambio de partes	Cambiar mangueras hidráulicas	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Mangueras Hidráulicas, Aceite Hidráulico	B1.1.1.1
B1.1.2	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	44.000.000	Análisis de condición	Inspeccionar mangueras hidráulicas del bloque de válvulas y de cada uno e los cilindros de trabajo	1	Operador de la Maquina		B1.1.2.2
B1.1.3	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	44.000.000	Análisis de condición	Inspeccionar acoples y terminales de mangueras hidráulicas	1	Operador de la Maquina		B1.1.3.3
B1.1.4	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	44.000.000	Análisis de condición	Medir presiones del sistema hidráulico	6	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.1.4.4
B1.1.5	NO	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	64.000.000	Análisis de condición	Inspeccionar estado de tubos hidráulicos del equipo de trabajo	1	Operador de la Maquina		B1.1.5.5
B1.1.6	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	20.500.000	Análisis de condición	Inspeccionar fugas por sellos del cuerpo de válvulas	3	Operador de la Maquina		B1.1.6.6
B1.2.1	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	10.200.000	Reacondicionamiento	Calibrar presión diferencial de la válvula LS-EPC para bomba delantera y trasera.	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores, Juego de dados y llaves, Indicador de presión diferencial	B1.2.1.1
B1.2.2	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	10.200.000	Análisis de condición	Medir presión de salida de la válvula LS-EPC con velocidades de traslado en baja y en alta, y con palanca de traslado neutral y accionada	6	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.2.2.2
B1.2.3	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	4.500.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	B1.2.3.3
B1.2.4	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	2.900.000	Análisis de condición	Comprobar presión de ingreso del servo pistón	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.2.4.4

B1.2.5	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	2.900.000	Reacondicionamiento	Calibrar presión diferencial de la válvula LS para bomba delantera y trasera.	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores, Juego de dados y llaves, Indicador de presión diferencial	B1.2.5.5
B1.3.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	5.000.000	Búsqueda de fallas	Verificar la presión básica del circuito de control	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.1.1
B1.3.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	5.000.000	Análisis de condición	Medir la presión de salida del solenoide de alivio de 2 etapa	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.2.2
B1.3.3	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	5.000.000	Monitoreo	Comprobar función de la válvula solenoide de alivio de 2 etapa con código de revisión de cabina 02301.	6	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico o Electromecánico		B1.3.3.3
B1.3.4	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	7.000.000	Búsqueda de fallas	Verificar la presión básica del circuito de control	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.4.4
B1.3.5	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	7.000.000	Análisis de condición	Medir la presión de alivio del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.5.5
C1.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.1.1
C1.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	C1.1.2.2
C1.1.3	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.3.3
C2.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C2.1.1.1
C2.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C2.1.2.2

C2.1.3	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	5.500.000	Análisis de condición	Medir la presión de alivio del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C2.1.3.3
C3.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	C3.1.1.1
C3.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C3.1.2.2
C3.1.3	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C3.1.3.3
C4.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C4.1.1.1
C4.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C4.1.2.2
C4.1.3	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	5.500.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C4.1.3.3
C5.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C5.1.1.1
C5.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C5.1.2.2
C6.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	C6.1.1.1

C6.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C6.1.2.2
F1.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F1.1.1.1
F1.2.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F1.2.1.1
F1.3.1	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	5.500.000	Análisis de condición	Medir la presión de alivio del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F1.3.1.1
F1.4.1	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	5.500.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F1.4.1.1
F1.5.1	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	7.540.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F1.5.1.1
F1.6.1	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	7.540.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F1.6.1.1
F2.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F2.1.1.1

F2.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F2.1.2.2
F2.1.3	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	5.500.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F2.1.3.3
F2.1.4	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	7.540.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F2.1.4.4
F2.1.5	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	7.540.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F2.1.5.5
F3.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	21.800.000	Búsqueda de fallas	Medir la presión de salida de la válvula solenoide del freno sujetador de giro	3000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F3.1.1.1
F3.1.2	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	48.000.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	F3.1.2.2
F3.2.1	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	5.500.000	Análisis de condición	Comprobar el recorrido del carrete de la válvula de control	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Micrómetro de interiores, Calibrador, Regla, Juego de llaves y dados milimétricos	F3.2.1.1
F3.2.2	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	5.500.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	F3.2.2.2
F3.2.3	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	7.540.000	Cambio de partes	Cambiar kit de sellos de la válvula	3000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos, Aceite Hidráulico, Juego de herramientas milimétricas	F3.2.3.3
E1.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	E1.1.1.1

E1.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E1.1.2.2
E1.1.3	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E1.1.3.3
E1.1.4	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	5.500.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E1.1.4.4
E1.1.5	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	7.540.000	Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E1.1.5.5
E1.1.6	NO	OCASIONAL	CRITICO	6,00	6.500.000	Análisis de condición	Medir la presión básica del circuito de control	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E1.1.6.6
E1.1.7	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	9.200.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	E1.1.7.7
E1.1.8	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	9.200.000	Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Deposito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	E1.1.8.8
E2.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E2.1.1.1
E2.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	6.540.000	Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E2.1.2.2

E2.1.3	SI	REMOTO	CATASTROFICO	4,00	5.500.000	Análisis de condición	Medir la presión de alivio del equipo de trabajo	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E2.1.3.3
E2.2.1	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	10.200.000	Reacondicionamiento	Calibrar presión diferencial de la válvula LS-EPC para bomba delantera y trasera.	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores, Juego de dados y llaves, Indicador de presión diferencial	E2.2.1.1
E2.2.2	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	10.200.000	Análisis de condición	Medir presión de salida de la válvula LS-EPC con velocidades de traslado en baja y en alta, y con palanca de traslado neutral y accionada	6	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	E2.2.2.2
E2.2.3	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	10.200.000	Monitoreo	Comprobar con código de monitoreo 01500 en cabina corrientes de referencia para baja, media y alta velocidad e traslado con palanca accionada.	3	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico		E2.2.3.3
E2.3.1	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	10.800.000	Cambio de partes	Cambiar kit de sellos de la válvula	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos, Aceite Hidráulico, Juego de herramientas milimétricas	E2.3.1.1
E2.3.2	SI	OCASIONAL	CRITICO	6,00	10.800.000	Cambio de partes	Cambiar kit de sellos de la válvula	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos, Aceite Hidráulico, Juego de herramientas milimétricas	E2.3.2.2
D1.1.1	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	7.540.000	Análisis de condición	Medir la presión de salida de la válvula de compensación	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	D1.1.1.1
D1.1.2	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	7.540.000	Análisis de condición	Medir la presión de salida de la válvula de compensación	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	D1.1.2.2
D1.1.3	SI	REMOTO	CRITICO	3,00	7.540.000	Análisis de condición	Medir la presión de salida de la válvula de compensación	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	D1.1.3.3

A1.1.5	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	88.000.000	Análisis de condición	Inspeccionar panel del radiador	0.5	Operador de la Maquina		A1.1.5.5
A1.2.2	SI	MODERADO	CRITICO	9,00	20.600.000	Análisis de condición	Inspeccionar panel del radiador	0.5	Operador de la Maquina		A1.2.2.2
A1.2.3	SI	MODERADO	CRITICO	9,00	25.000.000	Reacondicionamiento	Limpiar sistema de refrigerante de motor	1000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves Deposito de drenaje Embudo Compresor Kit de limpieza Refrigerante AF-NAC	A1.2.3.3
A1.3.9	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	2.000.000	Rediseño	Instalar Filtro purificador AK de combustible	Única			A1.3.9.9
A2.1.5	SI	MODERADO	CRITICO	9,00	21.500.000	Cambio de partes	Reemplazar bomba de transferencia de combustible	3000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Bomba de transferencia de combustible, Juego de llaves, Filtros de combustible, Llave de filtros.	A2.1.5.5
A2.1.6	NO	MODERADO	CATASTROFICO	12,00	81.200.000	Reacondicionamiento	Drenar combustible del tanque y sustituir colador de retención	1	Operador de la Maquina	Colador de retención, Juego de llaves	A2.1.6.6
A2.2.1	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.350.000	Cambio de partes	Reemplazar filtros de admisión	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Filtros de admisión	A2.2.1.1
A2.2.2	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.350.000	Reacondicionamiento	Limpiar filtros primarios y secundarios de admisión	diaria	Operador de la Maquina		A2.2.2.2
A6.1.2	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	500.000	Análisis de condición	Verificar nivel de refrigerante en radiador y tanque de expansión y completar en caso de ser necesario	diaria	Operador de la Maquina	Refrigerante AF-NFL provisional	A6.1.2.2
A6.1.6	SI	MODERADO	CRITICO	9,00	20.600.000	Análisis de condición	Inspeccionar panel del radiador	0.5	Operador de la Maquina		A6.1.6.6
A6.1.12	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.250.000	Reacondicionamiento	Limpiar elemento del filtro primario de admisión	diaria	Operador de la Maquina		A6.1.12.12
A6.1.13	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.250.000	Cambio de partes	Reemplazar filtro primario de admisión	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Filtros de admisión	A6.1.13.13

A6.1.14	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.150.000	Reacondicionamiento	Limpiar elemento del filtro secundario de admisión	diaria	Operador de la Maquina		A6.1.14.14
A6.1.15	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.150.000	Cambio de partes	Reemplazar filtro secundario de admisión	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Filtros de admisión	A6.1.15.15
A7.1.4	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	21.200.000	Reacondicionamiento	Limpiar compartimiento de baterías	1	Operador de la Maquina	Trapo, escoba, Limpia contacto	A7.1.4.4
A7.1.5	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	21.200.000	Análisis de condición	Comprobar nivel de electrolito de las baterías	1	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico		A7.1.5.5
A7.1.6	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	21.200.000	Análisis de condición	Comprobar nivel de electrolito de las baterías	1	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico		A7.1.6.6
A7.1.7	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	21.200.000	Análisis de condición	Comprobar estado de sujetadores de batería	1	Operador de la Maquina		A7.1.7.7
A7.1.19	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	42.000.000	Monitoreo	Comprobar que el nivel de combustible este por encima del 25% de la capacidad del tanque de almacenamiento	diaria	Operador de la Maquina		A7.1.19.19
A7.2.3	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.250.000	Reacondicionamiento	Limpiar elemento del filtro primario de admisión	diaria	Operador de la Maquina		A7.2.3.3
A7.2.4	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.250.000	Cambio de partes	Reemplazar filtro primario de admisión	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Filtros de admisión	A7.2.4.4
A7.2.5	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.150.000	Reacondicionamiento	Limpiar elemento del filtro secundario de admisión	diaria	Operador de la Maquina		A7.2.5.5
A7.2.6	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.150.000	Cambio de partes	Reemplazar filtro secundario de admisión	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Filtros de admisión	A7.2.6.6
A7.2.13	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	4.080.000	Cambio de partes	Cambiar filtros de combustible y separadores de combustible	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Llave para filtros, Filtro primario de combustible, Filtro separador de combustible	A7.2.13.13

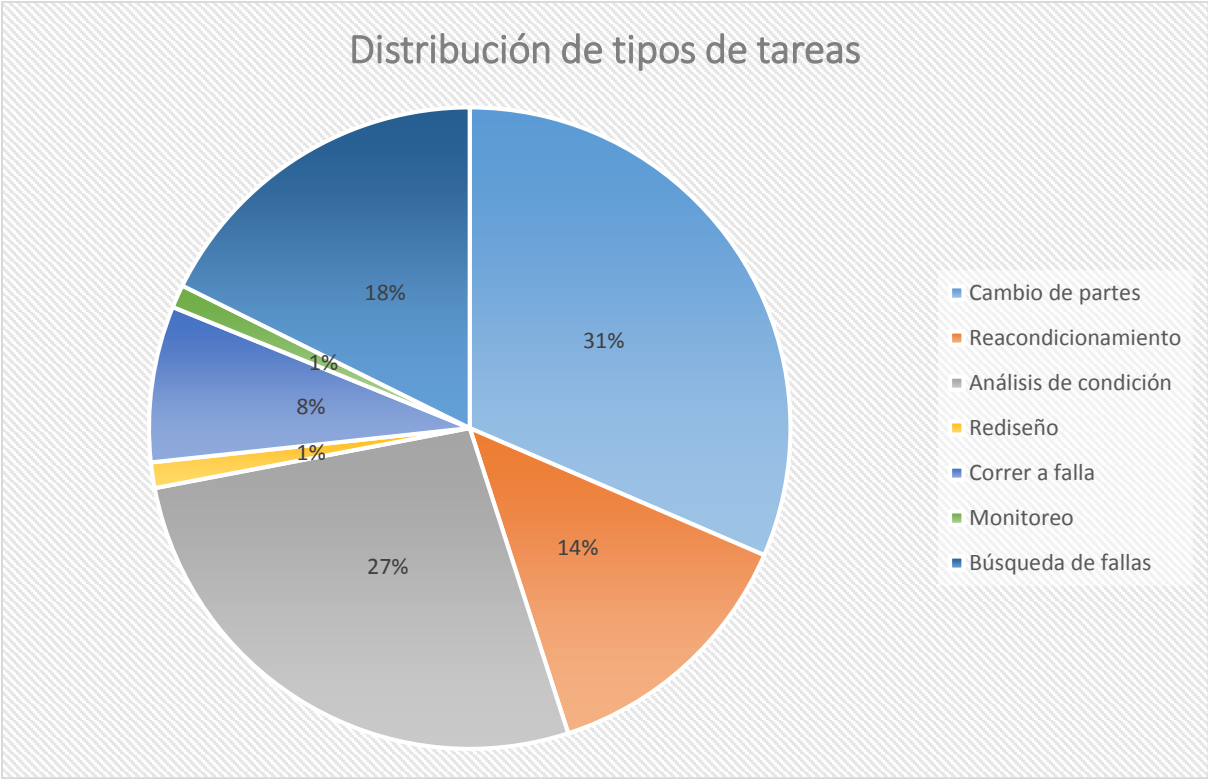
A7.3.1	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.350.000	Cambio de partes	Reemplazar filtros primarios y secundarios de admisión	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Filtros de admisión	A7.3.1.1
A7.3.12	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	18.090.000	Cambio de partes	Cambiar filtros de combustible y separadores de combustible	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Llave para filtros, Filtro primario de combustible, Filtro separador de combustible	A7.3.12.12
A11.1.7	NO	FRECUENTE	CRITICO	12,00	20.350.000	Cambio de partes	Reemplazar filtros primarios y secundarios de admisión	250 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Filtros de admisión	A11.1.7.7
A12.1.1	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	1.450.000	Cambio de partes	Reemplazar sensor wiff del pre filtro de combustible	3000 horas	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Electromecánico	Sensor Wiff, Pre filtro de combustible.	A12.1.1.1
B1.1.1	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	44.000.000	Cambio de partes	Cambiar mangueras hidráulicas	4000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Mangueras Hidráulicas, Aceite Hidráulico	B1.1.1.1
B1.1.2	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	44.000.000	Análisis de condición	Inspeccionar mangueras hidráulicas del bloque del válvulas y de cada uno e los cilindros de trabajo	1	Operador de la Maquina		B1.1.2.2
B1.1.3	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	44.000.000	Análisis de condición	Inspeccionar acoples y terminales de mangueras hidráulicas	1	Operador de la Maquina		B1.1.3.3
B1.1.4	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	44.000.000	Análisis de condición	Medir presiones del sistema hidráulico	6	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.1.4.4
B1.1.6	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	20.500.000	Análisis de condición	Inspeccionar fugas por sellos del cuerpo de válvulas	3	Operador de la Maquina		B1.1.6.6
C1.1.38	NO	MODERADO	CRITICO	9,00	7.800.000	Cambio de partes	Cambiar kit de sellos del cilindro	2000 horas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos del cilindro, Juego de llaves milimétricas, Cuñas, Eslingas, Aceite Hidráulico, Bandas de sujeción, Cepillo de acero.	C1.1.38.38

5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO.

El plan de mantenimiento propuesto contiene dos tipos de frecuencia, unas temporales y otras de horas de trabajo del equipo.

Los tipos de tareas de mantenimiento en nuestro plan están divididas de la siguiente manera:

Figura 5. Distribución de tipos de tareas



5.5.1 Tareas Por Frecuencia de Tiempo:

Tabla 6. Tareas por frecuencia del tiempo

TAREAS DIARIAS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Análisis de condición	Inspeccionar nivel de aceite motor	Operador de la Maquina	-	A1.3.2.2
Reacondicionamiento	Limpiar filtros primarios y secundarios de admisión	Operador de la Maquina	-	A2.2.2.2
Análisis de condición	Verificar estado del filtro de aceite motor y reportar fugas por sello del filtro	Operador de la Maquina	-	A2.3.13.13
Análisis de condición	Verificar nivel de refrigerante en radiador y tanque de expansión y completar en caso de ser necesario	Operador de la Maquina	Refrigerante AF-NFL provisional	A6.1.2.2
Reacondicionamiento	Limpiar elemento del filtro primario de admisión	Operador de la Maquina	-	A6.1.12.12
Reacondicionamiento	Limpiar elemento del filtro secundario de admisión	Operador de la Maquina	-	A6.1.14.14
Monitoreo	Comprobar que el nivel de combustible este por encima del 25% de la capacidad del tanque de almacenamiento	Operador de la Maquina	-	A7.1.19.19
Análisis de condición	Verificar ajuste de la tapa de la carcasa de filtros de admisión	Operador de la Maquina	-	A7.2.12.12
Análisis de condición	Verificar estado de la varilla de medición durante la medición del nivel de aceite motor	Operador de la Maquina	-	A9.1.2.2
Análisis de condición	Verificar nivel de aceite hidráulico	Operador de la Maquina	-	B1.1.12.12

TAREA SEMANAL				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Monitoreo	Verificar en monitor de cabina señales de voltaje provenientes del alternador	Operador de la Maquina	-	A7.1.12.12

TAREA QUINCENAL				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Análisis de condición	Inspeccionar panel del radiador	Operador de la Maquina	-	A1.1.5.5

TAREAS MENSUALES				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Reacondicionamiento	Drenar combustible del tanque y sustituir colador de retención	Operador de la Maquina	Colador de retención, Juego de llaves	A2.1.6.6
Reacondicionamiento	Ajustar pernos del múltiple de escape	Operador de la Maquina	Juego de llaves milimétricas, tornillos, tuercas y arandelas	A2.4.1.1
Reacondicionamiento	Ajustar abrazaderas de la tubería de escape	Operador de la Maquina	Abrazaderas Industriales, Juego de destornilladores, Juego de Pinzas, Juego de llaves	A2.4.3.3
Análisis de condición	Verificar la tensión de la correa del ventilador entre la polea del ventilador y la polea del alternador es 8+/-2 mm cuando se aplica la fuerza del dedo de 98N y ajustar en caso de ser necesario	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de dados, Juego de extensiones, Juego de llaves, Flexómetro, Indicador de deflexión	A6.1.29.29

Reacondicionamiento	Limpiar compartimiento de baterías	Operador de la Maquina	Trapo, escoba, Limpia contacto	A7.1.4.4
Análisis de condición	Verificar nivel de electrolito de las baterías	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico	-	A7.1.5.5
Análisis de condición	Comprobar estado de sujetadores de batería	Operador de la Maquina	-	A7.1.7.7
Análisis de condición	Verificar estado de tensión de salida del alternador	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico	Multímetro digital, Probador de corriente, Fuente de alimentación externa, Limpia contactos.	A7.1.11.11
Análisis de condición	Inspeccionar mangueras hidráulicas del bloque del válvulas y de cada uno e los cilindros de trabajo	Operador de la Maquina	-	B1.1.2.2
Análisis de condición	Inspeccionar estado de tubos hidráulicos del equipo de trabajo	Operador de la Maquina	-	B1.1.5.5
Análisis de condición	Medir el nivel de aceite de la maquinaria de giro	Operador de la Maquina	Rache y Dados milimétricos	F2.1.55.55
Análisis de condición	Medir nivel de aceite de los motores de traslado	Operador de la Maquina	Rache y Dados milimétricos	E2.1.40.40

TAREAS TRIMESTRALES				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Análisis de condición	Verificar estado de los amortiguadores del motor	Operador de la Maquina	-	A1.3.8.8
Análisis de condición	Inspeccionar estado de guardas del motor	Operador de la Maquina	-	A14.1.1.1
Análisis de condición	Inspeccionar fugas por sellos del cuerpo de válvulas	Operador de la Maquina	-	B1.1.6.6
Monitoreo	Comprobar con código de monitoreo 01500 en cabina corrientes de referencia para baja, media y alta velocidad e traslado con palanca accionada.	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico	-	E1.1.14.14

TAREAS SEMESTRALES				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Búsqueda de fallas	Comprobar estado de cierre y apertura de electroválvula de suministro de combustible	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico o Electromecánico	-	A7.1.16.16
Análisis de condición	Medir presiones del sistema hidráulico	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.1.4.4
Análisis de condición	Medir presión de salida de la válvula LS-EPC con velocidades de traslado en baja y en alta, y con palanca de traslado neutral y accionada	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.2.2.2
Monitoreo	Comprobar función de la válvula solenoide de alivio de 2 etapas con código de revisión de cabina 02301.	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico o Electromecánico	-	B1.3.3.3
Análisis de condición	Medir presión de salida de la válvula LS-EPC con velocidades de traslado en baja y en alta, y con palanca de traslado neutral y accionada	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.18.18

TAREAS ANUALES				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Cambio de partes	Cambiar rodamientos de la bomba de agua.	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Prensa Hidráulica Extractor Pinza Snap Ring Juego de llaves milimétricas Juego de destornilladores Juego de llaves Allen Rodamientos Refrigerante AF-NAC	A1.1.1.1

Cambio de partes	Cambiar bomba auxiliar de agua	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves milimétricas Juego de destornilladores Juego de llaves Allen Bomba auxiliar de agua nueva Refrigerante AF-NAC	A1.1.7.7
Cambio de partes	Cambiar retenedores de la bomba de agua.	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Prensa Hidráulica Extractor Pinza Snap Ring Juego de llaves milimétricas Juego de destornilladores Juego de llaves Allen Refrigerante AF-NAC Retenedores	A1.1.16. 16
Cambio de partes	Cambiar sellos de la bomba de agua	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Prensa Hidráulica Extractor Pinza Snap Ring Juego de llaves milimétricas Juego de destornilladores Juego de llaves Allen Refrigerante AF-NAC Kit de sellos	A1.1.17. 17
Análisis de condición	Inspeccionar arnés de conexión eléctrica entre el ECM y los solenoides de los inyectores del motor	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Electromecánico	Módulo de comunicación con ECM de cabina.	A7.1.18. 18
Análisis de condición	Realizar pruebas de vibraciones a ECM de motor	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Electromecánico	Módulo de comunicación con ECM de cabina. Multímetro Digital	A7.1.21. 21

TAREAS CADA 18 MESES				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Cambio de partes	Reemplazar componentes de desgaste interno del turbo cargador en laboratorio de inyección	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves, Juego de destornilladores, Extractor Separador, Porta-anillo, Kit de sellos, Kit de anillos, Arandelas, Cartridge, Banco de pruebas, Torquímetro.	A1.1.15.15
Cambio de partes	Reemplazar componentes de desgaste interno del motor de arranque	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico o Electromecánico	Llaves / tubos de 8 mm y 5,5 mm (7/32"), Juego de destornilladores, Cono de armado, Escobillas, Porta escobillas, Juego de Pinzas, Prensa, Eje cónico, Anillos, Torquímetro.	A7.1.1.1

5.5.2 Tareas Por Horas de Operación:

TAREAS BI ANUALES				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Reacondicionamiento	Calibrar bomba de inyección	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Banco de inyección, Juego de llaves, Juego de manómetros	A2.1.4.4
Cambio de partes	Cambiar correa de distribución	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de dados, Juego de llaves, Rache, Juego de pinzas, Correa de distribución	A7.3.23.23
TAREAS CADA 200 HORAS				

TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Análisis de condición	Tomar muestra de aceite para realizar análisis de aceite con el fin de determinar condiciones de desgaste en los componentes del sistema hidráulico	Operador de la Maquina	Sonda de latón, Tubo de 15 cm, Etiqueta, Bomba de vacío, Recipiente para la toma.	C1.1.42.42

TAREAS CADA 250 HORAS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Cambio de partes	Cambiar filtros de combustible y separadores de combustible	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Llave para filtros, Filtro primario de combustible, Filtro separador de combustible	A1.3.4.4

TAREAS CADA 500 HORAS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Reacondicionamiento	Limpiar aletas del pos enfriador	Operador de la Maquina	Hidrolavadora, Agua limpia, Escobilla	A7.3.19.19

TAREAS CADA 1000 HORAS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Cambio de partes	Cambiar refrigerante del sistema de enfriamiento del motor	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves Deposito de drenaje Embudo Refrigerante AF-NAC	A1.1.2.2
Reacondicionamiento	Limpiar sistema de refrigerante de motor	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico 1 Operador	Juego de llaves Deposito de drenaje Embudo Compresor Kit de limpieza Refrigerante AF-NAC	A1.1.4.4
Reacondicionamiento	Verificar y ajustar pernos de la bomba de aceite	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Tornillos milimétricos, Juego de llaves.	A3.1.2.2
Búsqueda de fallas	Probar termóstatos	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Agua Caliente, Juego de destornilladores, Juego de pinzas.	A6.1.7.7

Análisis de condición	Medir holgura del rotor del turbo cargador	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Comparador de caratula, Juego de llaves, Juego de dado, Juego de destornilladores.	A6.1.16.16
Cambio de partes	Reemplazar tapa del radiador	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Tapa de radiador	A6.1.25.25
Cambio de partes	Cambiar correa del ventilador	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Correa del ventilador	A6.1.27.27
Cambio de partes	Cambiar correa del alternador	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves, dados, Rache, Correa alternador.	A7.1.14.14
Cambio de partes	Cambiar aceite hidráulico y filtros hidráulicos	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Depósito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda.	B1.1.8.8
Búsqueda de fallas	Comprobar la diferencia en la distancia de descenso entre la posición de cierre y la posición de libre	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Flexómetro, Comparador, Juego de llaves y dados.	B1.1.14.14
Búsqueda de fallas	Medir presión de salida de la bomba y presión de salida de la válvula PC al trasladarse sin carga	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.19.19
Análisis de condición	Inspeccionar estado de los vástagos	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	-	C1.1.40.40
TAREAS CADA 2000 HORAS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y -HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Análisis de condición	Comprobar holgura de válvulas de admisión y calibrar frente a desviaciones	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador de laines, Engranaje de bloqueo, Juego de llaves, Cruceta de cabeza, Torquímetro	A2.2.4.4
Búsqueda de fallas	Probar y calibrar sensores del motor	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Electromecánico	Cable de comunicación, Limpia contacto, Multímetro digital, Probador de corriente, Cinta aislante, Fuente Switchada, Juego de resistencias	A2.2.10.10

Análisis de condición	Comprobar altura de sincronización de los inyectores del motor y calibrar frente a desviaciones	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Comparador de caratula, Juego de llaves, Juego de destornilladores, Contratuerca especial.	A2.2.12.12
Cambio de partes	Cambiar polea del ventilador	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Polea del ventilador, Correa del ventilador, Juego de dados, Rache, Juego de llaves.	A6.1.28.28
Cambio de partes	Reemplazar malla del tanque hidráulico	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Depósito de aceite hidráulico, Filtros hidráulicos, Aceite Hidráulico, Embudo, Juego de dados y llaves milimétricas, Llave de filtros de cadena o banda, Malla Hidráulica y strainer Hidráulico.	B1.1.9.9
Análisis de condición	Medir presión de salida de la válvula PPC	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.1.15.15
Reacondicionamiento	Calibrar presión diferencial de la válvula LS-EPC para bomba delantera y trasera.	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores, Juego de dados y llaves, Indicador de presión diferencial	B1.2.1.1
Análisis de condición	Comprobar presión de ingreso del servo pistón	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.2.4.4

Reacondicionamiento	Calibrar la presión de la válvula de alivio principal	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores, Juego de dados y llaves, Indicador de presión diferencial	B1.3.7.7
Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.1.1
Análisis de condición	Medir la presión básica del circuito de control	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.8.8
Búsqueda de fallas	Medir la presión de descarga de la bomba y la presión de salida de la válvula PC al aliviar o retraer el brazo.	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.14.14
Análisis de condición	Comprobar la carga de instalación del resorte de retorno	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Flexómetro, Regla, Punto marcador, Juego de llaves y dados, Rache, Juego de destornilladores.	C1.1.26.26
Búsqueda de fallas	Inspeccionar condición de desgaste de la válvula de control	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de dados, llaves, rache. Equipo milimétrico	C1.1.31.31
Cambio de partes	Cambiar kit de sellos del cilindro	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos del cilindro, Juego de llaves milimétricas, Cuñas, Eslingas, Aceite Hidráulico, Bandas de sujeción, Cepillo de acero.	C1.1.38.38
Análisis de condición	Comprobar si existe diferencia en la distancia de descenso entre la posición de cierre y la posición de libre.	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Flexómetro, Comparador, Juego de llaves y dados.	C1.2.2.2
Búsqueda de fallas	Comprobar carga de instalación de los resortes	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Flexómetro, Regla, Punto marcador, Juego de llaves y dados, Rache, Juego de destornilladores.	C1.2.4.4

	centradores, dosificadores y de señal de dirección			
Análisis de condición	Comprobar el recorrido del carrete de la válvula de control	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Micrómetro de interiores, Calibrador, Regla, Juego de llaves y dados milimétricos	C1.2.11.11
Búsqueda de fallas	Comprobar la presión de disparo para todas las funciones del equipo de trabajo	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C2.1.1.1
Análisis de condición	Comprobar los 17.7 N de carga de instalación de los resortes centradores para los orificios P3 y P4	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Flexómetro, Regla, Punto marcador, Juego de llaves y dados, Rache, Juego de destornilladores.	C2.2.4.4
Análisis de condición	Comprobar los 29.4 N de carga de instalación de los resortes centradores de los orificios P1 y P2	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Flexómetro, Regla, Punto marcador, Juego de llaves y dados, Rache, Juego de destornilladores.	C2.2.5.5
Análisis de condición	Comprobar los 16.7 N de carga de instalación de los resortes dosificadores	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Flexómetro, Regla, Punto marcador, Juego de llaves y dados, Rache, Juego de destornilladores.	C2.2.6.6
Cambio de partes	Cambiar kit de sellos del cilindro	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos del cilindro, Juego de llaves milimétricas, Cuñas, Eslingas, Aceite Hidráulico, Bandas de sujeción, Cepillo de acero.	C3.1.38.38

TAREAS CADA 3000 HORAS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Cambio de partes	Reemplazar bomba de transferencia de combustible	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Bomba de transferencia de combustible, Juego de llaves, Filtros de combustible, Llave de filtros.	A2.1.5.5
Cambio de partes	Reemplazar sellos y retenedores del extremo del ventilador	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos y retenedores Juego de llaves Juego de destornilladores Refrigerante provisional Depósito de residuos Kit anti derrame	A2.3.7.7
Cambio de partes	Reemplazar junta de la bomba de aceite	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Junta, Juego de llaves, Silicona, Retenedor. Aceite Motor 15W40 provisional	A2.3.14.14
Cambio de partes	Reemplazar sellos de la bomba de aceite	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Sellos de la bomba de aceite, Silicona, Juego de llaves, Juego de pinzas, Juego de destornilladores.	A3.1.3.3
Análisis de condición	Comprobar presión de salida de la válvula de confluencia separación	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.30.30
Cambio de partes	Cambiar kit de sellos de la válvula de traba	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos, Aceite Hidráulico, Juego de herramientas milimétricas	C1.1.35.35
Búsqueda de fallas	Medir la presión de salida de la válvula solenoide del freno sujetador de giro	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F2.2.1.1

TAREAS CADA 4000 HORAS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Búsqueda de fallas	Comprobar estado de alarmas de sensores de temperatura de motor	1 Técnico Eléctrico o Electromecánico 1 Auxiliar Electromecánico	Multímetro Digital Comprobador digital de circuito Comprobador analógico de circuito Cable Limpia Contactos	A1.1.13.13
Cambio de partes	Reemplazar codo de múltiple de escape	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico 1 Soldador	Juego de llaves milimétricas, tornillos, tuercas y arandelas. Codo de escape Oxicorte, Soldadura 7018, Moto soldador	A2.4.2.2
Cambio de partes	Cambiar empaques de tapa válvulas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves, Juego de dados, Empaque de tapa válvulas, Sellador, Aceite Motor 15W40, Embudo.	A3.1.5.5
Cambio de partes	Cambiar bomba de suministro de combustible de baja	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Bomba de suministro de combustible, ACPM, Juego de llaves, Juego de dados.	A7.2.17.17
Reacondicionamiento	Ajustar torque del dämper de acuerdo al fabricante	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de dados, llaves, rache, Tornillos, Torquímetro.	A7.4.16.16
Cambio de partes	Reemplazar aislamiento de tuberías de alta temperatura	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Aislamiento de tubería, Cinta especial, Abrazaderas.	A13.1.1.1
Cambio de partes	Cambiar mangueras hidráulicas	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Mangueras Hidráulicas, Aceite Hidráulico	B1.1.1.1
Búsqueda de fallas	Comprobar tiempos de ciclo e índices e desviación del sistema hidráulico	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de Manómetros, Kit de acoples, Cronometro, Kit de comunicación con ECM cabina, Flexómetro, Computador portátil, Cal de marcación	B1.1.10.10
Análisis de condición	Comprobar rendimiento de la bomba hidráulica	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico 1 Supervisor	Kit de manómetros, Kit de adaptadores, Tacómetro digital, Multímetro digital, Cronometro, Adaptadores en T	B1.1.11.11

Búsqueda de fallas	Verificar la presión básica del circuito de control	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.1.1
Análisis de condición	Medir la presión de salida del solenoide de alivio de 2 etapa	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.2.2
Búsqueda de fallas	Verificar la presión básica del circuito de control	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.4.4
Análisis de condición	Medir la presión de alivio del equipo de trabajo	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.5.5
Reacondicionamiento	Calibrar la presión de alivio del equipo de trabajo	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores, Juego de dados y llaves, Indicador de presión diferencial	B1.3.6.6
Análisis de condición	Medir presiones de alivio para todas las funciones del equipo de trabajo	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	B1.3.8.8
Búsqueda de fallas	Medir presión de salida de la válvula PC-EPC	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	C1.1.11.11
Reacondicionamiento	Calibrar la válvula PC	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores, Juego de dados y llaves, Indicador de presión diferencial	C1.1.15.15

Búsqueda de fallas	Comprobar condición de carga de instalación de los resortes de la válvula de control de los cilindros del boom	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Flexómetro, Regla, Punto marcador, Juego de llaves y dados, Rache, Juego de destornilladores.	C1.1.36.36
Cambio de partes	Cambiar kit de sellos de la válvula	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de sellos, Aceite Hidráulico, Juego de herramientas milimétricas	C1.1.37.37
Búsqueda de fallas	Comprobar el desplazamiento hidráulico del motor	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Marcador, Cinta de medición, Cronometro	F2.1.27.27
Búsqueda de fallas	Comprobar la carga de instalación del resorte de la válvula de retención	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Flexómetro, Regla, Punto marcador, Juego de llaves y dados, Rache, Juego de destornilladores.	F2.1.31.31
Búsqueda de fallas	Comprobar que la cantidad de fuga hidráulica interna durante un minuto con giro en alivio sea inferior a 5 L/min	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico 1 Operador	Cilindro de Medición, Cronometro	F2.1.33.33
Análisis de condición	Comprobar la presión de entrada de la válvula de succión	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F2.1.38.38
Análisis de condición	Comprobar la presión de salida de la válvula solenoide del freno sujetador de giro	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Kit de manómetros, Kit de acoples, Niple, Anillo en O, Comprobador Hidráulico, Probador Hidráulico Digital. Juego de herramientas, Kit de adaptadores.	F2.1.39.39
Búsqueda de fallas	Comprobar los 18.627 mm de relación de reducción de la maquinaria de giro	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.40.40
Búsqueda de fallas	Comprobar juego entre dientes entre el eje del motor de giro y el engranaje solar No. 1 con holgura estándar entre 0.18 – 0.28 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.41.41

Búsqueda de fallas	Comprobar juego entre dientes entre engranaje solar No.1 y engranaje planetario No. 1 con holgura estándar de 0.16 – 0.50 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.42.42
Búsqueda de fallas	Comprobar Juego entre dientes entre porta satélites No.1 y engranaje solar No. 2 con holgura estándar 0.39 – 0.71 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.44.44
Búsqueda de fallas	Comprobar juego entre dientes entre engranaje solar No.2 y engranaje planetario No. 2 con holgura estándar de 0.16 – 0.50 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.45.45
Búsqueda de fallas	Comprobar Juego entre dientes entre engranaje planetario No. 2 y el anillo dentado con holgura estándar 0.18 – 0.59 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.46.46
Búsqueda de fallas	Comprobar juego entre dientes entre el porta satélites No. 2 y el piñón de giro con holgura estándar 0.07 – 0.23 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.47.47
Búsqueda de fallas	Comprobar juego entre dientes entre el piñón de giro y el círculo de giro con holgura estándar 0.22 – 1.32 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.48.48
Búsqueda de fallas	Comprobar holgura entre la placa y el porta planetario No.2 con tolerancia 0.58 – 1.62 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.49.49
Búsqueda de fallas	Comprobar separación entre el engranaje central No. 2 y el plato con tolerancia 2.56 – 3.84 mm	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Calibrador, Micrómetro de interiores y exteriores, extractor, Juego de llaves, Juego de dados,, Regla, Flexómetro.	F2.1.50.50

TAREAS CADA 8000 HORAS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Cambio de partes	Realizar reparación parcial de motor	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico 1 Motorologo 1 Operador	Extractor Estándar, Expansor de Anillos de Pistón, Extractor de Tapas de Bancada, Calibrador de Tensión de Banda, Extractor Universal de Camisas de Cilindro, Kit de Extractor del Engrane del Cigüeñal, Pernos Guía para Biela, Herramienta de Instalación de la Polea, Piloto Guía del Árbol de Levas, Perno Guía, Kit de Actuador Hidráulico, Kit de Instalación/Remoción, Compresor de Anillos de Pistón, Block Calibrador, Kit de Cojinete de Aguja, Kit de Extractor del Engrane del Árbol de Levas, Herramienta de Instalación de Cojinetes de Aguja, Herramienta de Giro del Motor, Herramienta de Instalación de la Camisa, Juego de llaves, Torquímetro, comparador de caratula, entre otras. Filtros de aceite, combustible y refrigerante. Aceite Motor 15W40, Refrigerante.	A1.1.11.11
Cambio de partes	Reemplazar los 6 inyectores del motor	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Indicador de Vacío, Adaptador de Manguera, Mirilla, Manómetro de Tubo Flojo Lleno de Mercurio, Unidad de Remoción de Virutas, Llave para Filtros, Herramienta de Sincronización de Inyección Estática, Ensamble de Extractor e Impulsor del Inyector, Juego de llaves. Inyectores	A1.3.7.7
Cambio de partes	Reemplazar turbo cargador	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves, Juego de destornilladores, Juego de llaves Allen. Turbo cargador	A2.2.3.3
Análisis de condición	Inspeccionar aro dentado del volante	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	-	A7.1.22.22
Cambio de partes	Cambiar pos enfriador	1 Técnico Mecánico o Electromecánico	Post-enfriador, Juego de llaves, Juego de dados, Rache.	A7.3.20.20

		1 Auxiliar Mecánico		
Cambio de partes	Cambiar juntas de la toma de aire de la bomba de inyección y calibrar bomba	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juntas, Juego de dados y llaves, Silicona	A7.3.22.22
Cambio de partes	Reparar turbo cargador en laboratorio de inyección	1 Técnico Mecánico o Electromecánico 1 Auxiliar Mecánico	Juego de llaves, Juego de destornilladores, Extractor Separador, Porta-anillo, Kit de sellos, Kit de anillos, Arandelas, Cartridge, Banco de pruebas, Torquímetro.	A7.4.2.2

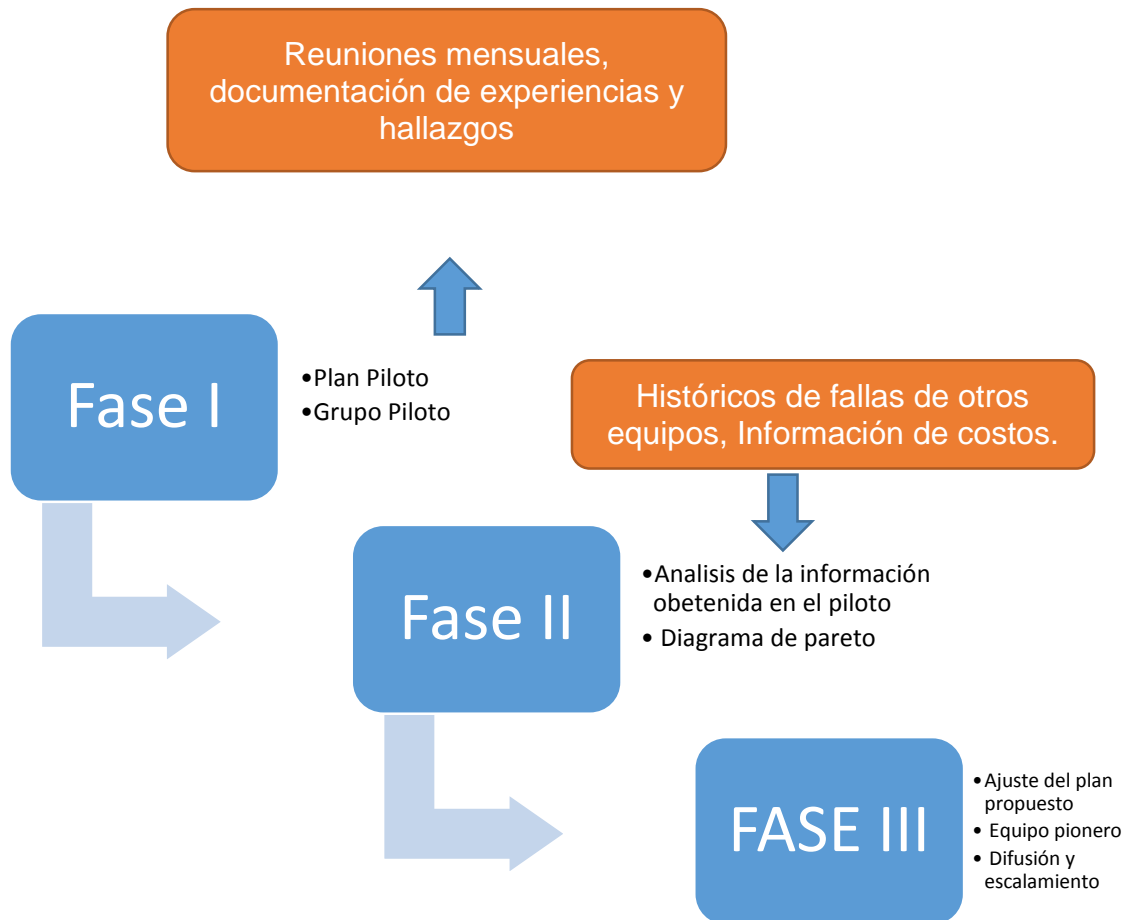
TAREAS DE REDISEÑO (ÚNICAS)				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Cód. Tarea
Rediseño	Instalar Filtro purificador AK de combustible	-	-	A1.3.3.3

5.6 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN.

1. Se decidió implementar el plan de mantenimiento propuesto por medio de un plan piloto, en el que se elegirán 3 excavadoras de diferentes horas de trabajo que cuenten con documentación histórica de fallas e indicadores de confiabilidad y disponibilidad, para así poder comparar resultados entre el plan de mantenimiento anterior y el plan propuesto.
2. Se definirá entre el personal de la empresa un equipo de trabajo compuesto de 1 Técnico Mecánico o Electromecánico, 1 Auxiliar Mecánico, 1 Motorologo, 1 Auxiliar Electromecánico, un ingeniero de mantenimiento y los tres operadores de los equipos, que serán los encargados de llevar a cabo el plan piloto, ellos serán los únicos entre todos los empleados quienes tendrán contacto con el nuevo plan de mantenimiento para poder hacer una retroalimentación de la experiencia objetiva al final del plan piloto, ya que ellos seguirán teniendo sus responsabilidades fuera del plan con los demás equipos.
3. El plan piloto tendrá una duración de un año, con reuniones mensuales del equipo seleccionado para documentar las experiencias y recolectar información acerca de la aceptación y dificultades en la ejecución del mismo.
4. Tras el plan piloto se analizará la información recolectada a lo largo del año en las reuniones mensuales, información de fallos de los equipos piloto y del costo de los mismos.
5. Se realizará un diagrama de Pareto que tome como referencia las variables para equipos dentro del plan piloto y fuera del mismo, teniendo en cuenta el histórico de ambos casos.
6. Con base en los resultados se ajustará el plan propuesto en esta monografía para que sea costo-efectivo y la implementación se pueda llevar a gran escala.
7. Si los resultados del primer año son positivos el equipo de trabajo del plan piloto será nombrado equipo pionero para la implementación general del plan a todos los equipos de la flota. Este equipo será empoderado para difundir la filosofía

del nuevo plan entre todos los empleados de mantenimiento de la compañía, esto con el objeto de combatir la resistencia al cambio.

Figura 6. Propuesta de implementación



6. CONCLUSIONES

- Se diseñó un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el tren de potencia y el sistema hidráulico de las excavadoras de orugas Komatsu PC200LC-8 que persigue mejorar los indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los sistemas estudiados.
- El nuevo plan de mantenimiento propuesto contiene un 18% de tareas de mantenimiento correctivo, un 54% de mantenimiento preventivo y un 28% de tareas predictivas, mientras que en el 2015 se ejecutaron 105 correctivos que corresponde al 64% del total de tareas y 60 trabajos preventivos, que equivale 36%. El aumento significativo de las tareas de mantenimiento preventivo y la inclusión de tareas de tipo predictivo muestra una necesidad de reducir pérdidas económicas asociadas a la parada de los equipos por fallas, ya que la mayoría de los componentes de los subsistemas analizados son críticos para la operación del equipo y de la empresa.
- Uno de los pilares principales del plan de mantenimiento propuesto es el empoderamiento de los operadores ya que aproximadamente el 10% de las tareas propuestas son ejecutadas por ellos mismos sin necesidad de alguna herramienta o equipo especializado.
- Se caracterizaron los sistemas, subsistemas y componentes, teniendo en cuenta la metodología de RCM para la definición de las funciones requeridas por los usuarios que resultó en un análisis FMEA del tren de potencia y el sistema hidráulico del equipo de trabajo que sirvió de base para la posterior selección y definición de tareas del plan de mantenimiento.

- Se evidenció la necesidad de fortalecer los planes de desarrollo individual desde el nivel táctico hasta el nivel estratégico de la compañía, debido a las brechas de conocimiento encontradas durante el estudio de cada sistema.
- Se determinó la importancia de la inclusión de tareas de carácter detectivo a la filosofía de mantenimiento de la empresa, debido a la posible existencia de fallas ocultas en los diferentes componentes de los sistemas estudiados.
- Se creó el programa de tutoría y se fortalecieron los hábitos de autoestudio en el personal técnico calificado de la compañía.

7. RECOMENDACIONES

- Se deben modificar las descripciones de cargo en la compañía que permitan a los operadores de los diferentes activos tener otro nivel de participación en el mantenimiento de sus equipos y así garantizar la efectiva ejecución de los planes de mantenimiento establecidos.
- Se debe adquirir e implementar un sistema de información para la gestión del mantenimiento que permita almacenar el plan propuesto para administrar la trazabilidad de los mantenimientos ejecutados y una gestión documental adecuada.
- Se deben conformar grupos o semilleros de investigación que fortalezcan el estudio y la comprensión de los diferentes sistemas que conforman los activos de la compañía.
- Se deben crear instructivos de SEIS (Service & Inspection) y modificar los existentes para que contemplen las tareas identificadas en las frecuencias establecidas y para que se descarten aquellas tareas que no generan un impacto significativo de acuerdo al estudio de criticidad efectuado.

BIBLIOGRAFIA

- CARRETER, J., PEREZ, J., GARCÍA, F., CALDERÓN, A., FERNÁNDEZ, J., GARCÍA, J., PRETE, P. Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks. IEEE, 2003. 273 p.
- DESHPANDE, V. & MODAK, J.P. Application of RCM to a medium scale industry. IEEE, 2002. 43 p.
- DURAN, J. Análisis de Causa Raiz. Reino Unido.: Wood House Partnership LTD, 2000.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. Norma ISO 55000. Ginebra, 2000.
- MORA, A. Norma SAE JA1011. Medellín.: Coldi limitada, 2003.
- MOUBRAY, J. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II. Reino Unido.: Aladon Ltd, 2004.
- NAVARRO, L., PASTOR, A., & MUGABURU, J. Gestion Integral de Mantenimiento. Barcelona.: Marcombo boixareu Editores, 1997.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. Norma ISO 14224. Petroleum, Petrochemical and Gas Industries collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Suiza.: ISO, 2006.
- ORTIZ, D. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Bogotá.: Ortiz Ruiz Consultores S.A.S, 2014.
- NOWLAN, F., HOWARD, F. Reliability-centered Maintenance. Washington.: Department of Defense, 1978. Report Number ADA066579. Unclassified.
- SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Evaluation Criteria for Reliability-centered Maintenance (RCM) Processes. Norma SAE JA1011, 1999.
- SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. A guide to the Reliability-centered Maintenance (RCM) Standard. Norma SAE JA1012, 2002.