



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE  
MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y SU RELACIÓN CON LA  
DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LAS EXCAVADORAS  
HITACHI 2500 EN UNA EMPRESA MINERA, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Edgar Martín Jara Yalta

Bach. Yury Condori Portocarrero

Asesor:

Ing. Luis Roberto Quispe Vásquez

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado:

A Dios por habernos permitido llegar hasta este punto dándonos la salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestras esposas e hijos, gracias a ellos por toda la paciencia, apoyo, comprensión y el tiempo que no pudimos dedicarles en todos estos años que duró la carrera.

A nuestros padres, que a pesar de la distancia siempre estuvieron presentes dándonos apoyo, ánimos y motivación para seguir adelante.

Y finalmente a nuestros amigos que de manera desinteresada estuvieron dándonos ánimos para culminar la carrera.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, y permitirnos hacer realidad nuestro sueño anhelado.

A la universidad PRIVADA DEL NORTE por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

A nuestros docentes por todo lo ha aportado en nuestra formación, gracias por sus consejos, enseñanza y amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que quisiéramos agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestras vidas.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema .....	15
1.3. Objetivos .....	15
1.4. Hipótesis .....	15
1.5. Operacionalización de las variables .....	16
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
2.1. Tipo de investigación .....	17
2.2. Materiales, instrumentos y métodos .....	18
2.3. Procedimiento .....	22
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
3.1. Diagnóstico actual del sistema de gestión en mantenimiento .....	23
3.2. Diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo, en la flota de excavadoras Hitachi 2500.....	34
3.2.1. ETAPA DE PLANIFICACION DEL DISEÑO .....	35
3.2.1.1. Formar el equipo de trabajo .....	35
3.2.1.2. Determinar las herramientas predictivas.....	35
3.2.1.3. Presentación del diseño.....	35
3.2.1.4. Difundir el diseño .....	36
3.2.1.5. Crear conciencia en su aplicación.....	36

3.2.1.6. Disponibilidad de talleres adecuados .....	37
3.2.1.8. Plano de distribución del área de mantenimiento: .....	40
3.2.2. ETAPA HACER DEL DISEÑO .....	41
3.1.3. ETAPA ACTUAR DEL DISEÑO .....	51
3.1.3.1. Evaluar la gestión de mantenimiento .....	51
3.2. Análisis de las fallas de las excavadoras Hitachi 2500, con el nuevo diseño de un plan de gestión de mantenimiento .....	52
3.4. Evaluación financiera del diseño de gestión de mantenimiento predictivo en las excavadoras Hitachi 2500.....	66
3.4.1. Presupuesto del diseño de gestión de mantenimiento de las excavadoras Hitachi 2500 .....	67
3.4.2. Presupuesto de las excavadoras Hitachi 2500.....	68
3.4.3. Presupuesto de personal.....	70
3.4.4. Cantidad de horas de paradas no programadas .....	71
3.4.5. Rentabilidad semestral de las excavadoras .....	72
3.4.6. Diagnóstico costo – beneficio del presupuesto de mantenimiento con el diseño del sistema .....	73
3.4.7. Interpretación. ....	74
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
4.1. Discusión .....	75
4.2. Conclusiones.....	77
4.3. Recomendaciones .....	78
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables.....	16
<b>Tabla 2</b> Materiales de gabinete usados en el trabajo de investigación. ....	18
<b>Tabla 3</b> Instrumentos usados en el trabajo de investigación .....	19
<b>Tabla 4</b> Verificación de Instrumentos .....	19
<b>Tabla 5</b> Resumen de flota de excavadoras Hitachi 2500 en la operación minera .....	23
<b>Tabla 6</b> Resumen operacional de las excavadoras Hitachi en el I semestre del año 2018 .....	24
<b>Tabla 7</b> Disponibilidad mecánica mensual de la flota excavadoras en el I semestre del 2018 .....	26
<b>Tabla 8</b> Reporte de fallas por sistema en flota de excavadoras durante el I semestre del 2018 .....	27
<b>Tabla 9</b> Resumen del diagnóstico de la flota de excavadoras durante el I semestre del 2018 .....	32
<b>Tabla 10</b> Operacionalización de las variables después del diagnóstico .....	33
<b>Tabla 11</b> Identificación del nivel de los eventos de la máquina.....	47
<b>Tabla 12</b> Análisis de fallas, función y consecuencia de los cargadores. ....	53
<b>Tabla 13</b> Análisis de falla del sistema Hidráulico por su consecuencia.....	55
<b>Tabla 14</b> Análisis de falla del sistema de Lubricación por su consecuencia .....	56
<b>Tabla 15</b> Análisis de falla del sistema de carrilería por su consecuencia.....	58
<b>Tabla 16</b> Operacionalización de las variables después del diseño .....	64
<b>Tabla 17</b> Resumen operacional de las excavadoras antes y después del diseño .....	65
<b>Tabla 18</b> Presupuesto del diseño de gestión de mantenimiento .....	67
<b>Tabla 19</b> Costos totales por tipo de maquinaria y mano de obra.....	68
<b>Tabla 20</b> Inversión inicial para la implementación del diseño. ....	70
<b>Tabla 21</b> Costo semestral para el seguimiento del sistema de gestión. ....	70
<b>Tabla 22</b> Cantidad de horas No programadas.....	71
<b>Tabla 23</b> Rentabilidad de las excavadoras.....	72
<b>Tabla 24</b> Diagnóstico costo - beneficio del presupuesto .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Metodología PDCA o círculo de Deming.....	20
<b>Figura 2</b> Mantenimiento Programado vs No Programado en excavadoras en el I.....	25
<b>Figura 3</b> Disponibilidad mecánica de la flota de las excavadoras en el I semestre del 2018.....	27
<b>Figura 4</b> Pareto en las fallas de la flota de excavadoras durante el I semestre del 2018.....	28
<b>Figura 5</b> Diseño del nuevo sistema de gestión de mantenimiento basado en el ciclo de Deming ..	34
<b>Figura 6</b> Representación Gráfica de las 5's.....	39
<b>Figura 7</b> Plano de distribución del área de mantenimiento para excavadoras Hitachi 2500.....	40
<b>Figura 8</b> Niveles de alerta por falla en los motores.....	46
<b>Figura 9</b> Check-List diseñado de recepción de equipo .....	50
<b>Figura 10</b> Gráfico de ocurrencias de fallas del sistema hidráulico de las excavadoras.....	55
<b>Figura 11</b> Gráfico de ocurrencias de fallas del sistema de Lubricación de las excavadoras.....	57
<b>Figura 12</b> Ocurrencias de fallas del sistema de Carrilería de las excavadoras.....	59
<b>Figura 13</b> Gantt – Programa de mantenimiento de las excavadoras Hitachi 2500.....	60
<b>Figura 14</b> Presupuesto del diseño de gestión de mantenimiento.....	69

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Disponibilidad de excavadoras Hitachi 2500 .....	29
<b>Ecuación 2</b> Tiempo medio entre fallas .....	30
<b>Ecuación 3</b> Tiempo medio para reparar.....	30
<b>Ecuación 4</b> Tiempo medio entre paradas.....	31

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Reporte de paradas de excavadoras Hitachi 2500 periodo enero - junio 2018.....	81
<b>Anexo 2</b> Cartilla de inspección de mangueras y tuberías hidráulicas. ....	90
<b>Anexo 3</b> Cartilla de inspección de rozamientos y solturas.....	92
<b>Anexo 4</b> Cartilla de lubricación de la máquina. ....	94
<b>Anexo 5</b> Cartilla de inspección de fisuras.....	96
<b>Anexo 6</b> Foto del área de operaciones de la operación minera.....	97
<b>Anexo 7</b> Fuga de combustible detectada en inspección de los equipos .....	97
<b>Anexo 8</b> Módulo de control electrónico de los equipos sin protección adecuada. ....	98
<b>Anexo 9</b> Practica inadecuada por parte del personal de mantenimiento.....	98
<b>Anexo 10</b> Análisis de fallas en motor con especialistas de la operación minera. ....	99

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el área de mantenimiento de una empresa minera en el departamento de Cajamarca, tuvo como objetivo principal el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo y su relación con la disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500. Inicialmente se realizó el diagnóstico al sistema de mantenimiento con el que se trabajaba en la empresa durante el primer semestre del año 2018, en el cual se observa que existen tres principales problemas que generan el mayor número de paradas no programadas dentro de la operación de las excavadoras. Siendo considerados los sistemas: hidráulico, lubricación y carrilería. Luego de analizar y evaluar las causas que generan la baja disponibilidad mecánica de las excavadoras, se diseñó un sistema de gestión de mantenimiento predictivo para mejorar la disponibilidad mecánica, la cual se encuentra en promedio general en un 83.7% y que con la posible aplicación del diseño de gestión de mantenimiento la disponibilidad mecánica mejorara a un 90%, en cuanto a los índices de mantenimiento como el MTBFS (tiempo medio entre paradas por fallas) con un valor inicial de 40 horas y que después de la posible aplicación sube a 59.89 horas; es decir se mejora el tiempo medio entre fallas en 19.89 horas. El MTBS (tiempo medio entre paradas) con un inicial de 35 horas y que con la posible aplicación sube a 49.84 horas; es decir se mejora el tiempo medio entre paradas en 14.84 horas. El MTTR (tiempo medio para reparar) con un inicial de 7.93 horas y que con la posible aplicación disminuye a 6.65 horas; es decir se reduce el tiempo medio para reparar en 1.28 horas. La evaluación de Costo-Beneficio, salió positivo, con un valor de 1.399. Se concluye que contar con un diseño de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo mejora la disponibilidad mecánica de las excavadoras, así mismo reduce las constantes paradas no programadas y de esta manera aumenta la rentabilidad de la empresa.

**Palabras clave:** Gestión de mantenimiento, disponibilidad física, MTBFS, MTTR, MTBS ciclo de Deming.

## ABSTRACT

The present study was conducted in the maintenance area of a mining company in the department of Cajamarca. Its main objective was the design of a predictive maintenance management system and its relationship with the mechanical availability of the Hitachi 2500 excavators. Initially, it was carried out the diagnosis to the maintenance system with which the company worked during the first semester of the year 2018, in which it is observed that there are three main problems that generate the greatest number of unscheduled stops within the operation of the excavators. Being considered the systems: hydraulic, lubrication and lane. After analyzing and evaluating the causes that generate the low mechanical availability of the excavators, a predictive maintenance management system was designed to improve the mechanical availability, which is 83.7% on average and with the possible application of the maintenance management design mechanical availability will improve to 90%, in terms of maintenance rates such as MTBFS (average time between failures) with an initial value of 40 hours and after the possible application rises to 59.89 hours ; that is, the average time between failures is improved by 19.89 hours. The MTBS (average time between stops) with an initial of 35 hours and that with the possible application goes up to 49.84 hours; that is, the average time between stops is improved by 14.84 hours. The MTTR (average time to repair) with an initial of 7.93 hours and that with the possible application with 6.65 hours; that is, the average time to repair at 1.28 hours is reduced. The evaluation of Cost-Benefit, came out positive, with a value of 1,399. It is concluded that having a design of a predictive maintenance management system improves the mechanical availability of the excavators, likewise reduces the constant stops no programs and thus increases the profitability of the company.

**Keywords:** Maintenance management, physical availability, Deming cycle.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A nivel mundial las tareas de mantenimiento de maquinarias y equipos han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor en toda la actividad minera. Y es que los adelantos tecnológicos que se han introducido en esas máquinas y equipos han generado, en paralelo y como consecuencia, la necesidad de contar con servicios cada vez más especializados para mantenerlos, lo cual ha impulsado la creación de un rubro de empresas dedicadas a brindar servicios de soportes de esos activos para garantizar su continuidad operativa mediante el uso de diversos métodos y sistemas. La continuidad de producción es vital para toda operación minera, por lo que una de las tareas clave que todo titular minero debe tener entre su lista de prioridades es el mantenimiento de sus maquinarias y equipos.

Entendemos por mantenimiento como todas las actividades que deben ser desarrolladas en un orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, todos los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos de las diferentes instalaciones de una empresa. Asimismo, precisa que la importancia del mantenimiento se deriva, por tanto, de la necesidad de contar con una estructura que permita restablecer rápidamente las condiciones de operación ideal, para reducir al mínimo las pérdidas de producción (García, 2012).

Según Gonzáles (2013) el mantenimiento es el conjunto de operaciones y trabajos que se hacen sobre una máquina, en un orden lógico la cual puede incluir o no la sustitución o reparación de componentes o sistemas en una máquina, el cual busca mantener su buen estado de uso con un funcionamiento adecuado.

Porque si bien es cierto que con el avance de las tecnologías se conoce en gran medida y se puede visualizar aquellos aspectos que generan o podrían generar pérdidas para este sector, no es posible del todo conseguir un adecuado estándar de calidad de los procedimientos y componentes que intervienen en las labores mineras. Por ello, la actividad minera contempla una serie de elementos que deben funcionar continuamente para mantener el ciclo productivo y lograr con sus objetivos. Dentro de estos, se encuentra la maquinaria que debe estar siempre en óptimas condiciones. Como consecuencia, el mantenimiento de equipos se ha convertido en la actualidad en una especie de servicio permanente, incorporado a las labores cotidianas de las operaciones de la empresa y cuya gestión corre paralela a la actividad productiva en sí misma, por lo que, como tal, requiere de la máxima atención para mejorar los procesos productivos. Todo esto, sin embargo, forma parte de un concepto vigente que ha llegado a ser tal solo con el transcurrir del tiempo y con los cambios que se han registrado en el ámbito de las operaciones mineras y en los modelos de pensamiento de las personas dedicadas a la actividad minera. Y es que, debido a la constante evolución y generación de nuevas herramientas tecnológicas, se ha comprobado que contar con maquinarias y equipos en óptimas condiciones no solo mejora sus niveles de eficiencia y productividad sino, por consiguiente, sus resultados económicos. Igualmente, se ha constatado que realizar de manera correcta los controles ya programados para la revisión de los equipos, genera un impacto positivo en la reducción de los costos de las operaciones ya que se evitan paradas imprevistas o mantenimientos no programados.

El Mantenimiento siendo parte fundamental para el desarrollo de actividades de una entidad, considera García (2012) que: el objetivo primordial es la conservación de los sistemas o componentes y la protección de un equipo, para que se sostengan operando

eficientemente y poder retardar el deterioro de tal forma poder alargar la vida útil del equipo.

En el área de mantenimiento de la empresa minera se busca dar siempre un servicio de calidad a través de todos los equipos con la que esta área trabaja, sin embargo, en la actualidad la empresa tiene problemas de baja disponibilidad mecánica en las excavadoras Hitachi 2500, por paradas no programadas a consecuencia de las constantes fallas en las mismas, según el área de mantenimiento de la empresa.

Recopilando información del área antes mencionada y haciendo un minucioso análisis se pudo evidenciar que la maquinaria tiene un promedio general de disponibilidad mecánica del 83.70%; Benedetti. (2004). Menciona que la disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función principal para el cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el tiempo promedio entre falla (MTBF) y el tiempo promedio para reparar (MTTR) a través de estos indicadores es posible para la alta gerencia evaluar las distintas alternativas de acción, para conseguir aumentar de forma rentable la disponibilidad de sus sistemas productivos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo se relaciona con la disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500 en una empresa minera, 2018?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la relación entre el diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo y la disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500 en una empresa minera.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar el diagnóstico de la gestión de mantenimiento predictivo y disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500 actuales.
- Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento predictivo, en la flota de excavadoras Hitachi 2500.
- Analizar la relación entre el diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo y la disponibilidad mecánica de la flota de excavadoras Hitachi 2500.
- Hacer una evaluación económica del diseño.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500 está relacionado directamente con el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo.

## 1.5. Operacionalización de las variables

**Tabla 1** Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Sistema de gestión de mantenimiento predictivo	Diseñar un plan de gestión de mantenimiento es utilizar de manera efectiva y eficiente los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento de la maquinaria utilizando herramientas de confiabilidad. (Rodríguez, 2012)	Utilización de la máquina	% Utilización
		Objetivos del mantenimiento de la maquinaria	% Reparaciones no programadas
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Disponibilidad de las excavadoras Hitachi 2500	Disponibilidad mecánica es una manera de cuantificar cuanto tiempo está funcionando su equipo desempeñando funciones planificadas. La meta es minimizar el tiempo muerto por paradas no programadas, mediante el mejoramiento de la fiabilidad del proceso y del equipo. (García, 2017)	Disponibilidad mecánica	% Disponibilidad
		Tiempo medio entre paradas por fallas (MTBFS)	Horas
		Tiempo medio para reparar (MTTR)	Horas
		Tiempo medio entre paradas (MTBS)	Horas

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Según su Propósito: Aplicada.

Porque la investigación se centrará en encontrar una estrategia para lograr un objetivo concreto.

#### 2.1.2. Según su Profundidad: Correlacional.

Porque evaluaremos la relación entre el diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo y la disponibilidad de la flota de equipos Hitachi.

#### 2.1.3. Según su Naturaleza de Datos: Cuantitativa.

Porque nos permite el estudio y análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición.

#### 2.1.4. Según su Manipulación de variable: No experimental.

Se basa fundamentalmente en la observación.

## 2.2. Materiales, instrumentos y métodos

### 2.2.1. Materiales

En la tabla N° 2 se presentan los materiales usados en el trabajo de investigación.

**Tabla 2** *Materiales de gabinete usados en el trabajo de investigación.*

<b>Material</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
Laptop	Unidad	1
Impresora	Unidad	1
Folder	Unidad	1
Hojas Bond A4	Millar	1
Cámara fotográfica	Unidad	1
Cuaderno	Unidad	2
Lapiceros	Unidad	2
Ropa de trabajo	Unidad	2
Casco de seguridad	Unidad	2
Botas de seguridad	Unidad	2

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.2.2. Instrumentos

En la tabla N° 3 se presentan los materiales usados en el trabajo de investigación.



### 2.2.3. Método

Para la elaboración de la presente investigación se tomará como base la metodología PDCA o ciclo Deming para la elaboración del diseño de gestión de mantenimiento predictivo en las excavadoras Hitachi 2500.



**Figura 1** Metodología PDCA o círculo de Deming

Las etapas que se siguió de la metodología PDCA para la elaboración de la presente investigación fue:

- **Planificación:**

Realizamos el diagnóstico inicial al sistema de mantenimiento actual en las excavadoras Hitachi 2500 en la empresa minera durante el periodo de enero a junio del año 2018, a partir de ello definimos a las personas responsables o el equipo de trabajo para el diseño, asignamos las herramientas predictivas necesarias y se desarrolla una estrategia de presentación y concientización de la importancia del contar con un diseño de gestión de mantenimiento predictivo en el área de trabajo.

- **Hacer:**

Se propone realizar los cambios necesarios en el sistema de gestión de mantenimiento actual, esto incluye la formación, educación y entrenamiento del personal.

- **Revisar:**

Se compara, analiza y evalúa de los resultados obtenidos con el nuevo sistema de gestión de mantenimiento.

- **Actuar:**

Si no se llegara a obtener buenos resultados se proponen nuevas alternativas, logrando empezar verdaderamente un nuevo ciclo constantemente.

### 2.3. Procedimiento

Para la recolección de los datos se utilizará la técnica de observación de base de datos y mediante el instrumento de recopilación de información se procederá a registrar los datos necesarios para el análisis de los indicadores de las principales variables que forman parte del estudio. Para ello se realizarán consultas en fuentes de información que maneja la empresa minera como son el SAP y Jigsaw. En el SAP se encuentra la información relacionada al tiempo de parada de los equipos, el sistema Jigsaw permite identificar las horas efectivas que estuvo parado el equipo por razones de las actividades de mantenimiento de esta manera es posible calcular el impacto en la disponibilidad, así como la identificación de las oportunidades de mejora de acuerdo con su estado de parada.

Seguidamente se realizará una entrevista al jefe del área de mantenimiento de las excavadoras, líderes y mantenedores responsables del área considerando una duración de tiempo máximo de la entrevista 30 minutos al jefe del área de mantenimiento y 20 minutos a los responsables del área. Siendo el lugar de las entrevistas: taller y oficinas de mantenimiento mina.

Los datos recogidos serán procesados mediante las herramientas de software como son: Microsoft-Excel representados a través de tablas de operacionalización de variables y gráficos de tendencia de los meses enero - junio del año 2018, identificar progresivamente las causas que tienen mayor impacto en los indicadores de mantenimiento correctivos que son parte clave del presente estudio de investigación esto será posible través del método analítico.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico actual del sistema de gestión en mantenimiento

El área de estudio pertenece al departamento de mantenimiento mecánico de la empresa minera, esta área tiene como finalidad realizar las tareas de mantenimiento general en todos los equipos mecánicos que se encuentran en operación dentro de la empresa, teniendo como principal objetivo el de lograr que todos estos equipos mecánicos cumplan con las funciones requeridas dentro del contexto operacional. Dentro de la variedad de equipos con los que se cuenta en la empresa minera están las excavadoras Hitachi 2500. En el presente estudio, se realiza un diagnóstico al sistema de mantenimiento en el periodo de enero a junio del año 2018 a la flota de excavadoras Hitachi 2500 con los que se cuenta en la empresa minera.

**Tabla 5** *Resumen de flota de excavadoras Hitachi 2500 en la operación minera*

<b>Equipo</b>	<b>N° de serie del equipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Año de compra del equipo</b>
Excavador 6	FF1860A000557	EX2500-5	2004
Excavador 8	FF0186J000635	EX2500-5	2005
Excavador 9	HCM18L00V00001155	EX2500-6	2008
Excavador 10	HCM18L00V00001169	EX2500-6	2010

**Fuente:** Elaboración propia

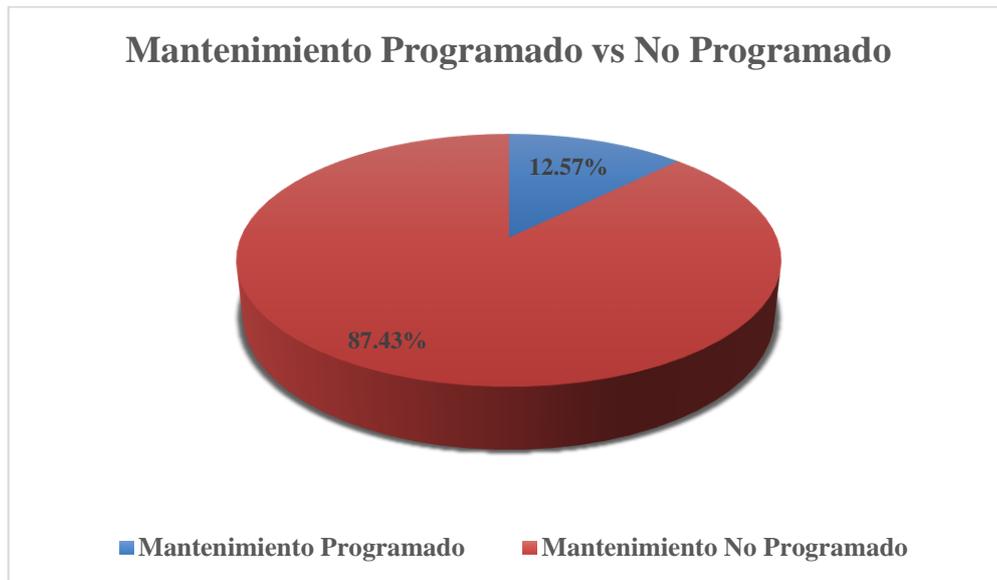
En la tabla N° 5, se detalla la cantidad de excavadoras Hitachi 2500 con las que se está trabajando en la operación, también se describe el número de serie de cada equipo, el modelo y el año en el que fueron adquiridas por la empresa minera.

**Tabla 6** Resumen operacional de las excavadoras Hitachi en el I semestre del año 2018

Descripción	Cantidad	Referencia
Excavadoras	4.0	Equipos
Horas por día por equipo	22.0	Horas
Días por mes por equipo	30.0	Días
Horas por mes por flota	2640.0	Horas
Horas programadas por semestre	15840.0	Horas
<b>Objetivo (por semestre 90%)</b>	<b>14256.0</b>	<b>Horas</b>
Horas trabajadas	13258.0	Horas
# Intervenciones Programada	48.0	Intervenciones
# Intervenciones No Programada	334.0	Intervenciones
# Total intervenciones	382.0	Intervenciones
Horas de reparación Programada	322.0	Horas
Horas de reparación No Programada	2260.0	Horas
Total, horas de reparación	2582.0	Horas

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 6, se observa el resumen de operación de la flota de las excavadoras Hitachi 2500 durante el primer semestre del año 2018, donde se muestra las horas programadas, horas trabajadas, el número de paradas y horas de reparación por mantenimiento programado y no programado, así como también las horas objetivo del presente estudio, nótese que se cuenta con un valor elevado en las horas usadas para los mantenimientos no programados.



**Figura 2** *Mantenimiento Programado vs No Programado en excavadoras en el I semestre del 2018*

**Fuente:** Elaboración propia

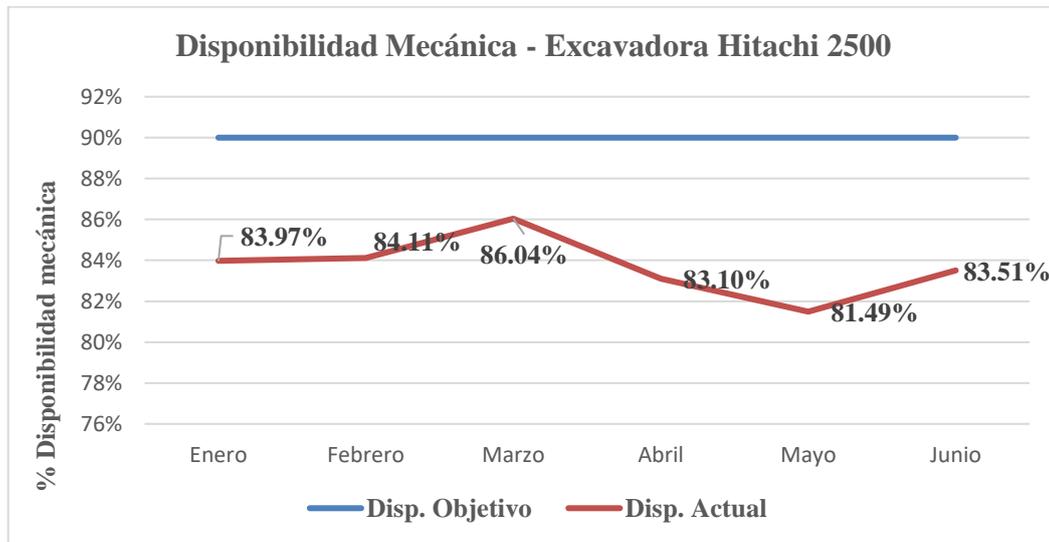
En la figura N° 2, se aprecia que existe un 12.57% de intervenciones programadas vs un 87.43% de intervenciones no programadas. Este 87.43% en paradas no programadas es un indicador elevado para las paradas en plena operación de la maquinaria, ya que lo óptimo es mantener una proporcionalidad de 50/50 entre reparaciones programadas y no programadas, según (Global Services). Según el diagnóstico realizado, esto se debería a que no existe un plan de gestión de mantenimiento definido.

**Tabla 7** Disponibilidad mecánica mensual de la flota excavadoras en el I semestre del 2018

Flota Excavadora 2500			Disponibilidad mecánica mensual			Indicadores de la gestión de mantenimiento		
Año	Mes	Nº Equipos	Objetivo	Disponibilidad mecánica mensual	Capacidad de entrega	MTBFS (h)	MTBS (h)	MTTR (h)
2018	Enero	4	90.0%	83.97	4.55	40.21	35.09	7.86
	Febrero	4	90.0%	84.11	4.78	39.73	34.93	8.10
	Marzo	4	90.0%	86.04	5.34	40.46	36.56	7.66
	Abril	4	90.0%	83.10	5.06	39.76	35.30	8.35
	Mayo	4	90.0%	81.49	5.13	39.50	33.90	7.97
	Junio	4	90.0%	83.51	5.09	40.31	34.20	7.64
	<b>Promedio</b>	<b>4</b>	<b>90.0%</b>	<b>83.70</b>	<b>4.99</b>	<b>39.70</b>	<b>34.70</b>	<b>7.73</b>

**Fuente:** Planeamiento y estrategia de la operación minera

En la tabla N° 7, se detalla el resumen del historial de funcionamiento de las excavadoras Hitachi durante el primer semestre del año 2018, se muestran las disponibilidades mecánicas, capacidades de entrega y los indicadores de mantenimiento como son los MTBFS, MTBS, MTTR mensuales durante este periodo.



**Figura 3** Disponibilidad mecánica de la flota de las excavadoras en el I semestre del 2018

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura N° 3, se muestra la tendencia de las disponibilidades mecánicas mensuales de las excavadoras Hitachi 2500 en la operación minera, comparados con la disponibilidad mecánica objetivo (90%) del presente estudio en el primer semestre del año 2018.

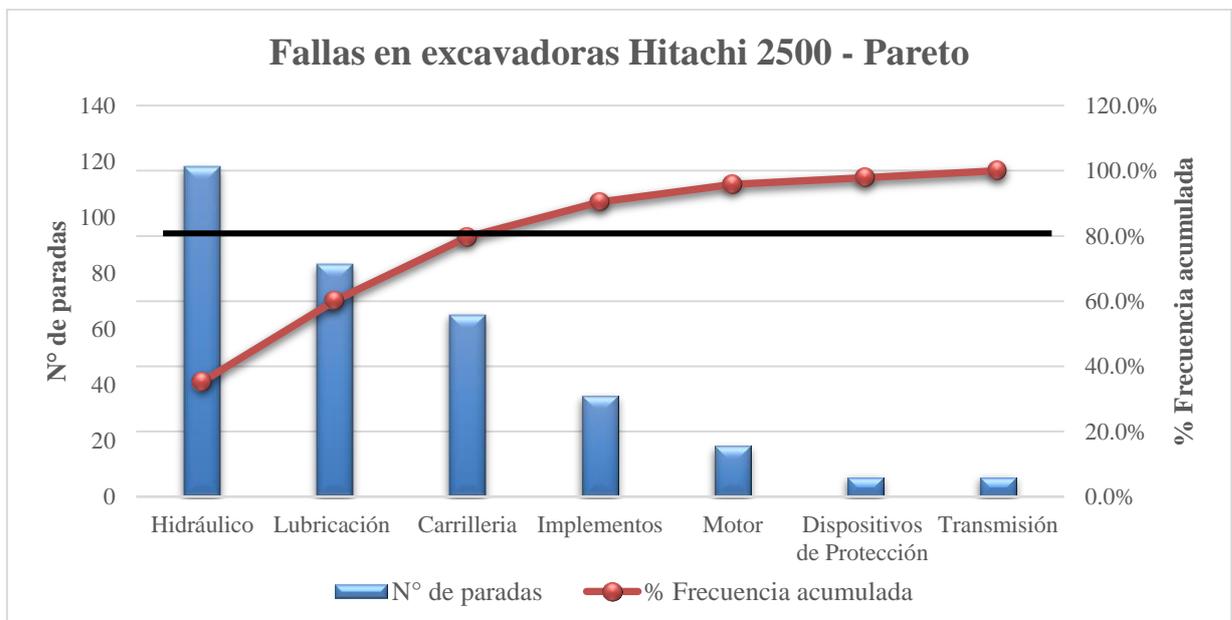
**Tabla 8** Reporte de fallas por sistema en flota de excavadoras durante el I semestre del 2018

Sistema	N° Eventos	%	Frecuencia acumulada
Hidráulico	118	35.33	35.24
Lubricación de Máquina	83	24.85	60.18
Carrilería	65	19.46	79.64
Implementos de Pala	36	10.78	90.42
Motor	18	5.39	95.81
Dispositivos de Protección	7	2.1	97.90
Transmisión	7	2.1	100.00
<b>TOTALES</b>	<b>334</b>	<b>100.00</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 8, se resumen las ocurrencias de fallas durante el primer semestre del año 2018 en la flota de excavadoras Hitachi 2500 (ver historial de fallas en anexo 1), las mismas que han generado pérdidas económicas a la empresa por paradas no programadas conllevando a su vez a la baja disponibilidad del equipo en la operación. Considerando el principio de Pareto en el reporte de fallas, se han determinado tres fallas con mayor frecuencia:

- 118 eventos del sistema hidráulico que llegan a representar el 35.33%, del total de eventos ocurridos en el primer semestre del año 2018.
- 83 eventos del sistema de lubricación de la máquina que llegan a representar el 24.85%, del total de eventos ocurridos en el primer semestre del año 2018
- 65 eventos del sistema de carrilería que llegan a representar el 19.46%, del total de eventos ocurridos en el primer semestre del año 2018



**Figura 4** Pareto en las fallas de la flota de excavadoras durante el I semestre del 2018

En la figura N° 4, se representa el reporte de fallas a través de una gráfica de Pareto de las fallas más recurrentes en la flota de excavadoras Hitachi 2500 pertenecientes a la empresa minera. Por consiguiente, según el diagrama de Pareto se puede asegurar que al diseñar un sistema de gestión de mantenimiento predictivo se podrá disminuir las recurrentes paradas de los equipos y así mejorar la disponibilidad mecánica de la flota de excavadoras Hitachi 2500 y llegar a un 90% de disponibilidad mecánica propuesto en el presente estudio.

### 3.1.1. Indicadores de mantenimiento

A continuación, se detalla los indicadores de mantenimiento con los que se cuentan en el área, estos datos son obtenidos durante el primer semestre del año 2018.

#### 3.1.1.1. Disponibilidad de la máquina (D)

Fórmula para calcular la disponibilidad de los equipos:

$$D = \frac{\text{HORAS PROGRAMADAS} - (\text{HORAS P} + \text{HORAS NP})}{\text{HORAS PROGRAMADAS}} * 100\%$$

**Ecuación 1** *Disponibilidad de excavadoras Hitachi 2500*

$$D = \frac{15840 \text{ horas} - (2582 \text{ horas})}{15840 \text{ horas}} * 100\%$$

$$D = 83.7\%$$

Horas P: Mantenimiento programado.

Horas NP: Mantenimiento no programado.

Al desarrollar la ecuación 1, se encuentra una disponibilidad mecánica de 83.7% para la flota de excavadoras Hitachi 2500 en la operación minera.

### 3.1.1.2. MTBFS (Tiempo medio entre fallas)

El MTBFS permite conocer la frecuencia con que suceden las fallas:

$$MTBFS = \frac{\text{HORAS TRABAJADAS}}{\text{N}^\circ \text{ DE INTERVENCIONES NP}}$$

**Ecuación 2** *Tiempo medio entre fallas*

$$MTBFS = \frac{13258 \text{ horas}}{334 \text{ intervenciones}}$$

$$MTBFS = 39.70 \text{ horas / intervenciones}$$

Nº de intervenciones NP: Número de intervenciones no programadas.

Del desarrollo de la ecuación 2, indica que cada 39.7 horas las excavadoras Hitachi 2500 presentan paradas no programadas por averías, encontrándose por debajo de lo óptimo. Esto se debería a la deficiente ejecución del programa de mantenimiento de la maquinaria.

### 3.1.1.3. MTTR (Tiempo medio para reparar)

Las MTTR permite conocer la importancia de las fallas que se producen en el equipo considerando el tiempo medio hasta su reparación:

$$MTTR = \frac{\text{HORAS DE REPARACION TOTAL}}{\text{N}^\circ \text{ DE INTERVENCIONES NP}}$$

**Ecuación 3** *Tiempo medio para reparar*

$$MTTR = \frac{2582 \text{ horas}}{334 \text{ intervenciones}}$$

$$MTTR = 7.73 \text{ horas / intervenciones}$$

Horas de reparación total: Horas empleadas durante una reparación programada y no programada.

Nº de intervenciones NP: Número de intervenciones no programadas.

Del desarrollo de la ecuación número 3, se ha obtenido 7.73 horas, que significa que la demora para una reparación de una determinada falla en la flota de excavadoras Hitachi 2500 es en promedio 7.73 horas.

#### 3.1.1.4. MTBS (Tiempo entre paradas)

Para calcular el MTBS de las excavadoras se usará la siguiente fórmula:

$$MTBS = \frac{\text{HORAS TRABAJADAS}}{\text{NUMERO DE INTERVENCIONES P + NP}}$$

**Ecuación 4** *Tiempo medio entre paradas*

$$MTBS = \frac{13258 \text{ horas}}{382 \text{ intervenciones}}$$

$$MTBS = 34.7 \text{ horas / intervenciones}$$

Número de intervenciones P + NP: Total de intervenciones programadas y no programadas.

Del desarrollo de la ecuación número 4 se obtiene 34.7 horas, que significa que la flota de excavadoras Hitachi 2500 tiene un tiempo promedio de 34.7 de entre parada y parada.

**Tabla 9** *Resumen del diagnóstico de la flota de excavadoras durante el I semestre del 2018*

<b>Descripción</b>	
<b>Equipo</b>	Ex2500
<b>N° Equipos</b>	4
<b>Horas Programadas</b>	15840
<b>Horas Trabajadas</b>	13258
<b>N° Paradas MP</b>	48
<b>N° Paradas NP</b>	334
<b>N° Paradas Totales</b>	382
<b>Horas de paradas MP</b>	322
<b>Horas de paradas NP</b>	2260
<b>Horas totales por Paradas</b>	2582
<b>MTBFS actual (horas)</b>	40
<b>MTTR actual (horas)</b>	7.93
<b>MTBS actual (horas)</b>	35
<b>Disponibilidad mecánica actual</b>	83.7 %

**Fuente:** Elaboración propia

La disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500 desde el 1 de enero hasta el 30 de junio del 2018, ha logrado un promedio de 83.70% (un 6.3% menos del objetivo deseado de 90% del presente estudio) esta baja disponibilidad ha generado un total de dos mil quinientos ochenta y dos (2582) horas improductivas (indisponibilidad) del equipo, que incluyen las paradas programadas y las no programadas. Adicionalmente se observa que hay dos mil doscientos sesenta (2260) horas por paradas no programadas, están paradas no programadas acarrear una cuantiosa pérdida económica para la empresa ascendente a \$12,557,170.42 dólares americanos.

### 3.1.2. Operacionalización de las variables después del diagnóstico

**Tabla 10** Operacionalización de las variables después del diagnóstico

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR
Sistema de gestión de mantenimiento predictivo	Diseñar un plan de gestión de mantenimiento es utilizar de manera efectiva y eficiente los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento de la maquinaria utilizando herramientas de confiabilidad. (Rodríguez, 2012)	Utilización de la máquina	% Utilización	<b>83.7</b>
		Objetivos del mantenimiento de la maquinaria	% Reparaciones no programadas	<b>87.43</b>
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
Disponibilidad de las excavadoras Hitachi 2500	Disponibilidad Mecánica es una manera de cuantificar cuanto tiempo está funcionando su equipo desempeñando funciones planificadas. La meta es minimizar el tiempo muerto por paradas no programadas, mediante el mejoramiento de la fiabilidad del proceso y del equipo. (García, 2017)	Disponibilidad mecánica	% Disponibilidad	<b>83.7</b>
		Tiempo medio entre paradas por fallas (MTBFS)	Horas	<b>40</b>
		Tiempo medio para reparar (MTTR)	Horas	<b>7.93</b>
		Tiempo medio entre paradas (MTBS)	Horas	<b>35</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2. Diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo, en la flota de excavadoras Hitachi 2500



**Figura 5** *Diseño del nuevo sistema de gestión de mantenimiento basado en el ciclo de Deming*

En la figura N° 5, se muestra la metodología a ser usada en la presente investigación, la cual permitirá diseñar un sistema de gestión de mantenimiento predictivo para las excavadoras Hitachi 2500, que luego de ser implementado permita ofrecer al área encargada una mejor disponibilidad mecánica de las excavadoras, como también reducir las pérdidas económicas por las paradas no programadas de estas.

### **3.2.1. ETAPA DE PLANIFICACION DEL DISEÑO**

Para el desarrollo de la etapa de planificación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo basado en la metodología PDCA o ciclo de Deming se considera lo siguiente:

#### **3.2.1.1. Formar el equipo de trabajo**

Se seleccionará el equipo de trabajo conformado por personal que labora en el área el cual será el encargado de analizar las necesidades del proceso de acuerdo con el diagnóstico previo realizado al área de trabajo y poder realizar el diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo de las excavadoras Hitachi 2500.

#### **3.2.1.2. Determinar las herramientas predictivas**

Se determinará las herramientas predictivas necesarias en el diseño, basadas en los modos de fallas encontradas en el diagnóstico del sistema de mantenimiento actual del área.

#### **3.2.1.3. Presentación del diseño**

De vital importancia cuando se inicia o se requiere implementar cualquier tipo de sistema de gestión en una empresa. Ya que es el primer contacto que tiene el personal que labora en el área con el sistema de gestión objetivo a ser implementado. Lo que se busca en esta primera etapa es presentar y hacer de conocimiento al personal involucrado con los trabajos de mantenimiento en las excavadoras Hitachi 2500, sobre el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología del ciclo Deming, que tiene como objetivo mejorar la disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500 de la operación minera, explicando así el diseño y absolviendo las dudas que puedan surgir en el personal, buscando lograr el involucramiento del personal que labora en el área de mantenimiento y está relacionado con los trabajos en estas excavadoras Hitachi

2500. Esta etapa es de mucha importancia, porque aquí dependerá si el sistema de gestión de mantenimiento tendrá el éxito esperado o no dentro del área y de la empresa.

#### **3.2.1.4. Difundir el diseño**

Una vez realizado la presentación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en las excavadoras Hitachi 2500 en el área operativa que está directamente involucrado con esta labor, el siguiente paso es difundir presente diseño a toda el área de mantenimiento de la empresa minera, incluida la parte de la gerencia, jefatura, los técnicos y operadores, teniendo como objetivo que todos los niveles del área se involucren y se busque obtener una mejor disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500, con menores paradas no programadas y menores costos que acarreen estas paradas, así como rentabilizar la inversión y alargar la vida útil de la maquinaria.

#### **3.2.1.5. Crear conciencia en su aplicación**

Una correcta capacitación y entrenamiento al personal hará que este diseño de gestión de mantenimiento tenga éxito para la mejora continua de la disponibilidad de las excavadoras Hitachi 2500; por lo que está dirigido principalmente al personal operativo y técnico del área de mantenimiento, donde las actividades en trabajos de minería contemplan una serie de elementos que deben funcionar continuamente y sin paradas para mantener el ciclo productivo y cumplir con sus objetivos. Dentro de estos, se encuentra la excavadora Hitachi que debe estar siempre disponible y es fundamental que se encuentre en óptimas condiciones, ya que las fallas en los equipos, por lo general, retrasan el proceso de producción, por lo que se debe tomar el menor tiempo posible en la reparación, con los márgenes de errores mínimos. En coordinación con el área de recursos humanos, y a través de una empresa especializada para programas de capacitación, se creará conciencia en todo el personal involucrado sobre el nuevo diseño de un sistema de gestión de mantenimiento a través de respectivas capacitaciones.

### **3.2.1.6. Disponibilidad de talleres adecuados**

Debido al gran tamaño excavadora Hitachi con la que se cuenta en la empresa y el poder obtener mejores procesos de mantenimiento, es importante contar con la implementación y condiciones necesarias para realizar un mantenimiento óptimo, por lo que es importante contar con talleres adecuados, cuya ubicación debe ser próxima a la mina y diseñados con miras al futuro, pensando en posibles ampliaciones que puedan necesitarse por un aumento de la capacidad de producción. En el diseño del taller se debe considerar:

- El tamaño y la naturaleza de la flota de los equipos.
- Tipo de trabajo que se deberá realizar.
- Rendimiento y productividad del personal.
- Espacio y capital disponible para hacerlo.

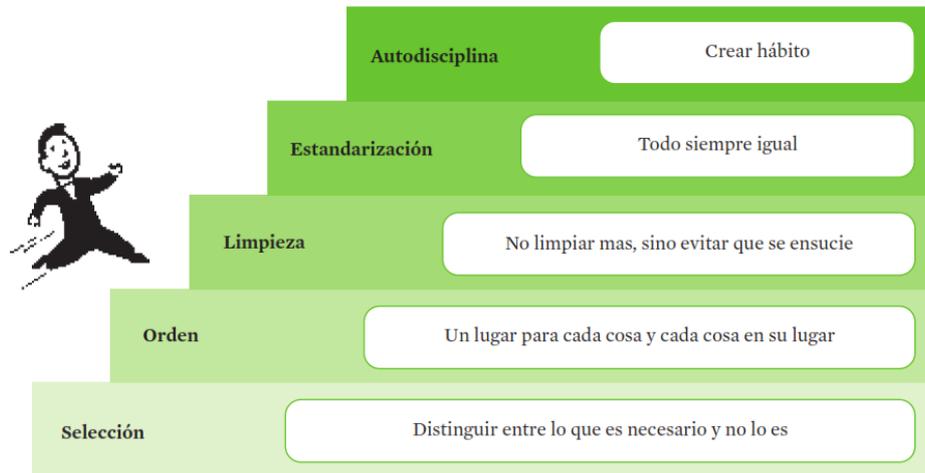
Lo ideal en un taller es conservarlo limpio y ordenado, mantener herramientas adecuadas para las diferentes tareas. Además de contar con infraestructuras completa para el tamaño de los equipos, un sistema de gestión integral para la seguridad de los trabajadores y el tratamiento de residuos peligrosos. Sin embargo, es de mucha utilidad contar en el taller de mantenimiento con toda la literatura técnica relacionada a los equipos. Por lo tanto, líneas abajo se presenta el nuevo plano de distribución de las áreas del taller de la maquinaria pesada, además del nuevo plano de seguridad el mismo, que contribuirá a mantener el orden y limpieza para el desarrollo de las actividades del mantenimiento.

### 3.2.1.7. Herramienta - 5s

Capacitación, aplicación e inspecciones inopinadas de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, basados en la metodología japonesa 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito.

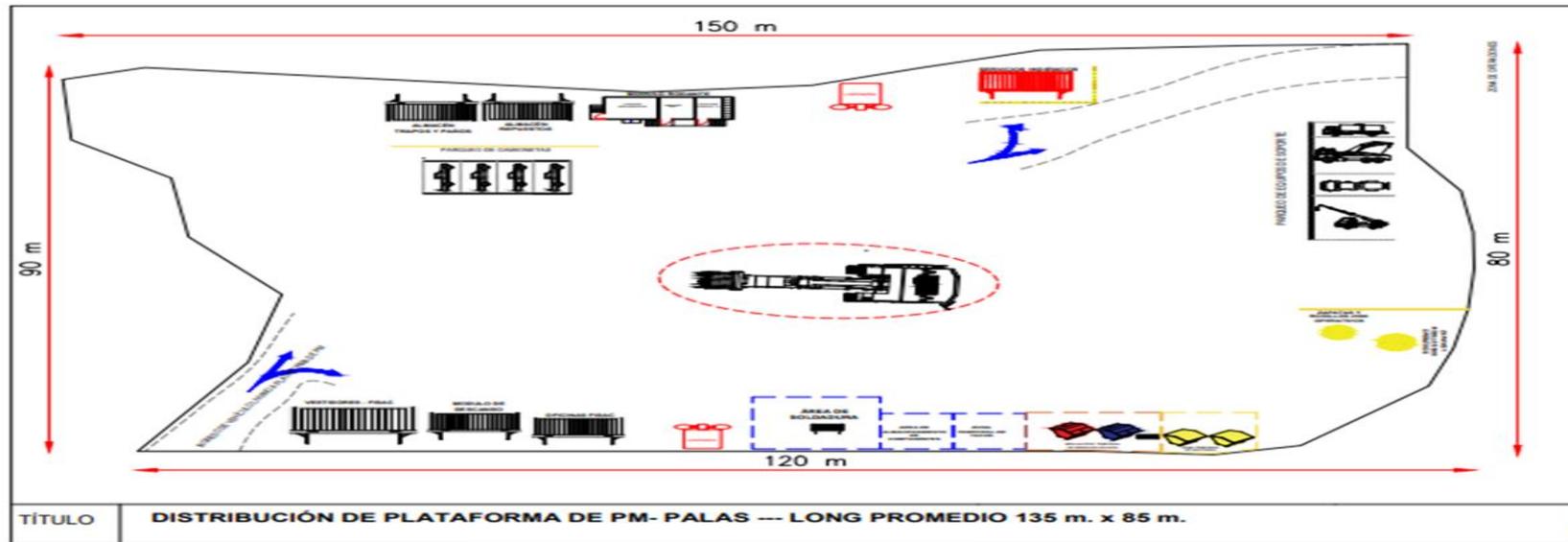
Los principios 5S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparente simplicidad, se esconde una herramienta potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible. Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de esta.

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, embalajes, etc.
- Elementos rotos: mobiliario, cristales, señales, topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Número de averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes.
- Falta de espacio en general.



**Figura 6** Representación Gráfica de las 5's

### 3.2.1.8. Plano de distribución del área de mantenimiento:



**Figura 7** Plano de distribución del área de mantenimiento para excavadoras Hitachi 2500

En la figura N° 7 se muestra el plano de distribución del espacio físico del área del taller de mantenimiento disponible para las excavadoras Hitachi 2500, ingresando a la izquierda se cuenta con una oficina de planeamiento de mantenimiento mecánico, luego sigue el almacén de herramientas y repuestos, se continúa con el área de lavado de equipos, se cuenta con un taller de soldadura, también se tiene las áreas de mantenimiento correctivo o preventivo según sea el caso; luego pasamos a la zona de engrasado general de la maquinaria, y por último el área de inspección general.

## **3.2.2. ETAPA HACER DEL DISEÑO**

### **3.2.2.1. Asignación de herramientas de gestión**

Se asignará todas las herramientas de gestión e incluso se diseñará las necesarias para poder llevar un mejor control del historial de la maquinaria, en las cuales podremos identificar posibles fallas mediante indicadores o ratios de gestión de mantenimiento que se pueden prevenir antes de que ocurra y no caer en las estrategias de mantenimiento que mantienen paradigmas obsoletos como son los correctivos.

### **3.2.2.2. Recursos y herramientas de gestión**

Como recursos se coordinará para tener una razonable cooperación entre los departamentos de operación y mantenimiento, junto a un sistema de comunicaciones efectivo y el apoyo del centro de documentación y recopilación de datos. Se ha diseñado, además, herramientas de gestión que nos permita tener un mejor control de las actividades de mantenimiento de las excavadoras Hitachi 2500 (ver anexo N° 2 al 5). Usando diversas técnicas predictivas podemos pronosticar y hasta afirmar el tipo de falla en magnitud y fluctuación que está ocurriendo.

### **3.2.2.3. Monitoreo de condiciones**

El sistema de monitoreo de condiciones es una herramienta versátil, confiable y de última generación, utilizada con gran éxito en el campo de la minería. Este moderno mecanismo permite una acertada toma de decisiones para restablecer, en el menor tiempo posible, la operatividad de los componentes de la maquinaria cuando no está funcionando en óptimas condiciones, y establecer un plan adecuado y efectivo de paradas de los equipos de carguío, acarreo y soporte de minería.

#### **3.2.2.4. Estrategia y planeamiento:**

El software del sistema de monitoreo de condiciones combina e integra en un solo sistema la información de las distintas técnicas de monitoreo utilizadas generalmente en la administración del mantenimiento de equipos mineros, entre los que figuran el análisis de fluidos, de partículas de desgaste, de descargas electrónicas. Este efectivo proceso de seguimiento es ideal para determinar diversos planes de acción y restablecer el funcionamiento de los componentes que presenten condiciones anormales o programar los cambios necesarios en coordinación directa con la gestión de planeamiento. El uso del sistema de monitoreo de condiciones permitirá prevenir fallas prematuras o catastróficas y, como consecuencia, la disminución de la vida útil de los componentes, al determinar oportunamente el estado real de las piezas a través de los diferentes indicadores que proporcionan las herramientas integradas en el software. Esto, a su vez, permite la planificación ordenada de las reparaciones o el cambio de piezas, así como una permanente disponibilidad de la maquinaria operativa en las zonas de trabajo de nuestros clientes.

#### **3.2.2.5. Optimización de recursos:**

Esta valiosa herramienta no ocupa espacio, permitirá realizar los análisis con un excelente nivel de precisión en los resultados, ayudando a optimizar la utilización de recursos y encontrar un mejor balance económico entre el costo de la reparación y la vida útil de las partes que conforman los equipos.

#### **3.2.2.6. Análisis de los Fluidos:**

A través de un laboratorio de análisis de fluidos SOS externo, que brindara información precisa sobre el estado interno de sus equipos. Para esto se tomaría dos

servicios: el análisis de aceite y el análisis de refrigerante, herramientas muy útiles que permiten.

- Evaluar internamente el comportamiento mecánico de su equipo.
- Detectar posibles anomalías en las tendencias que puedan causar reducción de la vida del componente o fallas prematuras o inesperadas.
- Tomar acciones preventivas y/o correctivas oportunamente.

El laboratorio de análisis de fluidos (SOS) le ofrece una amplia gama de pruebas a su medida. Los resultados de análisis de fluidos se entregan en un tiempo no mayor a 24 horas de días útiles después de recibida la muestra.

#### **3.2.2.7. Análisis de Aceite:**

Análisis de desgastes, paquete de aditivos y contaminantes mediante el equipo de plasma de acoplamiento inductivo (ICP), permite analizar 22 elementos metálicos, con el fin de desarrollar tendencias de desgaste interno, contaminantes y paquete de aditivos. Análisis de la condición del aceite, utilizado principalmente en aceites de motor usado, analiza los niveles de hollín, oxidación, nitración y sulfatación, así como trazas de los siguientes contaminantes: agua, glicol y combustible.

Viscosidad, analiza la viscosidad del aceite en Centi Stokes (cSt) a 100°C. Contaminantes, haciendo uso de los equipos “Hot Plate” y “Setaflash”, detecta contaminantes como agua y combustible, determinando si están dentro de los rangos. Análisis de conteo de partículas, la muestra de aceite se analiza utilizando un equipo Hiac Royco y se reporta según la clasificación de la Norma ISO 4406. A través de este análisis también se verifica los Códigos ISO de limpieza de fluidos para la Certificación 5 estrellas en Control de la Contaminación.

Análisis Ferromagnético, PQ permite identificar el nivel de partículas ferromagnéticas presentes en cualquier tipo de aceite. El propósito de un análisis de aceite es planificar el mantenimiento basado en condiciones. Algunas de las muestras analizadas solamente confirmarán que el plan de mantenimiento es el adecuado, mientras que otras podrán indicar que se puede extender el intervalo entre cambios, problemas en el sistema básico de mantenimiento o condiciones específicas que requieren atención (alto nivel de silicio = cambio del filtro de aire o arreglo del sistema de entrada de aire; alto nivel de agua, sodio, potasio = arreglo del sistema de enfriamiento, etc.).

Conocer el equipo y su funcionamiento, es decir, el punto de muestreo, condiciones de muestreo (en el cambio, antes de un aumento, caliente, frío, etc.). Si recién se aumentó aceite, la muestra indicará menos contaminación y menos degradación que un aceite 100% usado. Comunicación con el personal del laboratorio o consultor que provee los análisis. El personal del laboratorio tiene un buen conocimiento de resultados y promedios, por otra parte, el usuario del equipo conoce todos los detalles de operación, aumentos, problemas, paradas, clima, etc. Mientras mayor comunicación exista entre las personas involucradas, mejor serán las interpretaciones de los análisis. Se ha de considerar que los cambios en cantidad de partículas de desgaste son relativos, es decir que pueden variar sin ser significativos. Un cambio de 2 ppm a 4 ppm es un aumento de 100%, pero no necesariamente representa un valor alto. Hay que considerar la relación entre la cantidad de aceite en el equipo y la superficie lubricada del metal. Por ejemplo 20 ppm de hierro en un cárter de 10 litros es mucho más desgaste que 20 ppm de hierro en un cárter de 40 litros o 400 litros.

Seleccionar los peores reportes y concentrarse en soluciones de mayor impacto. Resultados que indican condiciones críticas, deberían ser evaluados primero y tomar acciones para corregir esos problemas identificados. Una vez corregidos los problemas serios, ya se podría tomar acciones sobre los que no son tan serios. Revisar la información básica del equipo, el aceite y las horas o kilómetros utilizados. Si no funciona el odómetro o velocímetro no se tendría una base confiable para comparar muestras y procedimientos.

#### **3.2.2.8. Análisis de Refrigerante:**

Análisis de refrigerante, evaluara el estado del sistema de refrigeración de la máquina. Este análisis aporta información muy valiosa, ya que se estima que el 50% de las fallas de los motores se deben a un ineficiente trabajo del sistema de refrigeración. Del mismo modo, un inadecuado mantenimiento del sistema de refrigeración puede generar un anormal funcionamiento del sistema de lubricación, que produce condiciones que conllevan a un desgaste interno acelerado, reduciendo la vida de la máquina o generando fallas repentinas.

#### **3.2.2.9. Monitoreo Specto:**

Permite monitorear los parámetros de funcionamiento del motor en tiempo real. Implica que se puede estar viendo cómo funciona cada motor. Si uno en particular presenta algún parámetro fuera de rango, se envía automáticamente una señal de alarma a los usuarios o encargados de mantención, de nuestra empresa o del mandante, vía e-mail u otro medio. De esta forma facilita a los especialistas y clientes la programación de las mantenciones y podemos actuar en forma preventiva frente a un problema grave que puede llevar a una detención no programada del equipo minero en cuestión.

### 3.2.2.10. Códigos Cense y Niveles SPECTO:

Specto maneja 3 niveles de alerta basado en la experiencia de Cummins en motores HHP.

#### **Precaución:**

Parámetro en observación por tendencia.

#### **Crítico:**

Con parámetro en este umbral debe realizarse una intervención planificada.

Estos estatus llegan en los reportes de Planificación semanal.

#### **Emergencia:**

Debe realizarse una evaluación del comportamiento del valor en relación con otros parámetros para decisión si se interviene inmediatamente o se planifica parada.



**Figura 8** Niveles de alerta por falla en los motores

**Fuente:** Cummins, 2015

### 3.1.1.1. Niveles de advertencia del módulo de visualización gráfica:

El operador, por medio del sistema Advisor, estará advertido de los problemas inmediatos o latentes de un sistema de la máquina. El sistema monitor de la máquina indica tres niveles de advertencia. El nivel de advertencia (1) no requiere ninguna acción inmediata. El primer nivel requiere sólo la atención del operador. El sistema necesita atención. El nivel de advertencia (2) requiere una respuesta a la advertencia. Cambie la operación de la máquina o realice el mantenimiento del sistema. En todos los sucesos excepto en el caso de velocidad excesiva del motor, el nivel de advertencia (3) requiere la parada inmediata de la máquina. El exceso de velocidad del motor requiere una reducción inmediata de la velocidad del motor.

**Tabla 11** Identificación del nivel de los eventos de la máquina

Operación de advertencia						
Categoría de advertencia	Indicadores de Advertencia				"Acción del operador necesaria"	"Resultado Posible" (2)
	lámpara de acción delantera (3)	Luz de acción trasera (4)	La alarma de acción suena	Pantalla monitorea		
1	X Ámbar	–	–	X 6	No se requiere acción inmediata. El sistema necesita atención rápida	No ocurren daños en la máquina. Pueden ocurrir reducciones menores en el funcionamiento de la maquina
2	X Rojo	X 4	–	X 6	Cambie la operación de la maquina o efectúe el mantenimiento de la maquina	Pueden ocurrir daños severos a los componentes
3	X Rojo	X 4	X 5	X 6	Detenga inmediatamente el motor de manera segura.	Se pueden producir lesiones personales o daños a los componentes

**Fuente:** Elaboración propia

- 1) Los indicadores activos están marcados con una X.
- 2) Este es el resultado posible si el operador no toma ninguna medida.
- 3) La luz está codificada por colores. La luz destella en los Niveles 2 y 3.
- 4) La luz de acción trasera parpadea en los niveles 2 y 3.
- 5) Advisor indica una falla activa.
- 6) Suena la alarma de acción.

El monitor de la pantalla de Advisor vigila las operaciones de la máquina, los eventos de diagnóstico, los intervalos de servicio y los modos de operación. El Advisor se utiliza para cambiar las preferencias del cliente y los parámetros de la operación. Esto proporciona medios adicionales para que el operador aumente la eficiencia de la máquina.

### 3.1.2. ETAPA DE CHEQUEO DEL DISEÑO

Para dar cumplimiento al nuevo diseño del plan de gestión de mantenimiento se hace seguimiento con el recojo de todo tipo de formatos debidamente llenado cada fin de guardia para procesar dicha información en el software diseñado para el control e historial de la maquinaria pesada.

- **Formatos, Check - list, software:**

Cada responsable de área se hará cargo de dar cumplimiento del reporte diario de las actividades de mantenimiento en los formatos y/o Check list (ver figura 9) que se han elaborado para el control de la maquinaria y a la vez tener un historial de fallas de cada maquinaria. (Ver anexo N°2 al 5) Reporte diario individual. Se debe continuar manejando el software de control de mantenimiento implementando, el cual nos facilitara tener datos exactos de las horas trabajadas, utilización, mantenimientos programados, de las paradas no programadas del equipo, este software debe ser llenado al inicio y termino de cada guardia, el líder de trabajo será el encargado y responsable de verificar que se aplique y que se cumpla con lo indicado, de esta manera se podrá llevar un mejor control en cuanto a las actividades de la máquina.

CHECK-LIST DE RECEPCION DEL EQUIPO		
<b>INSTRUCCIONES</b>		<b>Equipo:</b>
1.- LLENE LOS DATOS SOLICITADOS.		<b>Operador:</b>
2.- PONGA UN <input checked="" type="checkbox"/> SI ESTA BIEN.		<b>Horometro:</b>
3.- PONGA UNA <input type="checkbox"/> SI ESTA MAL Y COMENTE.		<b>Fecha:</b>
4.- COLOQUE SUS <b>INICIALES ID</b> EN LAS ACTIVIDADES TERMINADAS.		<b>Hora:</b>
Supervisor :		
Lider:		
Técnico 1:		
Técnico 2:		
Técnico 3:		
LISTA DE TAREAS		EVALUACIÓN
1	Posicionar la maquina en la zona de espera de lavado	
2	Entrevista al operador	
3	Inspección de cucharon	
4	Inspección zona delantera	
5	Inspección zona derecha	
6	Inspección zona posterior	
7	Inspección zona izquierda	
8	Inspeccionar zona inferior	
9	Inspección zona plataforma superior	
10	Inspeccionar zona de motor	
11	Inspección zona debajo de brazo y boom	
12	Inspección de zona delantera	
13	Inspección de cabina	
14	Inspeccionar zona de motor	
15	Inspección zona cuarto de bombas	
16	Revisión de indicadores y alarmas en cabina del operador	
17	Revisar estado de batería y probar voltaje	
18	Verificar estado de soportes de baterías	
19	Revisión de terminales de cables de batería, fusibles y reles.	
20	Revisar sistema de Aire Acondicionado, motor hidráulico, compresores, fajas, carga del sistema	
21	Entrega de Maquina al lavadero	
22	Firma del supervisor o lider	

**Figura 9** Check-List diseñado de recepción de equipo

**Fuente:** Elaboración propia

- **Indicadores de gestión:**

Con el apoyo de los formatos elaborados para el control de los mantenimientos de la excavadora se hará el cálculo respectivo de todos los indicadores de gestión de mantenimiento para saber si se mantiene una alta disponibilidad y/o performance de esta. Los indicadores de gestión de mantenimiento que se utilizarán serán de acuerdo con nuestra matriz de Operacionalización de variables (Ver Tabla N° 01) Operacionalización de variables.

### **3.1.3. ETAPA ACTUAR DEL DISEÑO**

#### **3.1.3.1. Evaluar la gestión de mantenimiento**

Se puede considerar este paso también como uno de los más importantes, pues mediante el cual podremos determinar si la gestión de mantenimiento está teniendo buenos resultados o aún hay algo que mejorar. Estas evaluaciones se realizarán por medio del control de inspecciones; de esta manera se verificará que el propósito del mantenimiento se esté cumpliendo. Para esto se debe tener en cuenta que las inspecciones se realizarán cada vez que se termine una orden de trabajo de mantenimiento, según lo establecido en el programa. Para tener un historial de estas evaluaciones se realizarán fichas de inspecciones, una por cada orden de trabajo, en ellas indicará si el trabajo se realizó adecuadamente o no, el responsable del trabajo, el responsable de la inspección, entre otros.

### **3.2. Análisis de las fallas de las excavadoras Hitachi 2500, con el nuevo diseño de un plan de gestión de mantenimiento**

Realizando el diagnóstico del área de mantenimiento de la operación minera para el primer periodo del año 2018, se encontró que la empresa basa su estrategia de mantenimiento en un tipo de mantenimiento correctivo, actuando únicamente cuando sucede una falla. Se logra evidenciar que las principales fallas en las excavadoras Hitachi 2500 se producían principalmente en los siguientes sistemas: hidráulico, lubricación, carrilería, implementos, motor, dispositivos de protección y transmisión.

En el presente estudio se tomó especial interés en las principales fallas identificadas que generaron paradas no programadas, que representaron el 80% de las paradas ocurridas durante ese periodo y que involucraron a los siguientes sistemas: Hidráulico, Lubricación y Carrilería y por ende generaron grandes pérdidas de dinero por tener maquinaria parada. Por lo tanto, se utilizará todas las herramientas de gestión y recursos con que se cuenta en la unidad. Y aplicando nuestro nuevo diseño de plan de gestión de mantenimiento podremos maximizar recursos, generar mejores ganancias y llevar un mejor control de esta. El nuevo diseño precisamente analizará y procesará la información que llega de los mismos operadores de la excavadora, siendo una estrategia fundamental para controlar la gestión de esta, y buscar la forma más eficiente con el mínimo de costo que garantice el desempeño total del mantenimiento. Es necesario también tener en cuenta que el éxito del trabajo de mantenimiento no solo depende de la cantidad de recursos o financiamiento que se le asigne al mismo, depende de la capacidad y calidad con que se organice el servicio de mantenimiento. Se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos al implementar dicho diseño de gestión de mantenimiento, es compromiso de la empresa; de ellos depende una mejora sustancial en la disponibilidad mecánica de la excavadora.

### 3.2.1. Análisis de fallas y consecuencia por sistemas de las excavadoras Hitachi 2500

Para revertir las constantes paradas no programadas en las excavadoras Hitachi 2500 se da la importancia necesaria a las fallas que han generado mayor tiempo de paradas y altos costos en reparación, generando grandes pérdidas de dinero por máquinas inoperativas.

**Tabla 12** Análisis de fallas, función y consecuencia de los cargadores.

Sistema	Nº Eventos	%	Frecuencia acumulada
Hidráulico	118	35.33	35.33
Lubricación de máquina	83	24.85	60.18
Carrilería	65	19.46	79.64
Implementos de pala	36	10.78	90.42
Motor	18	5.39	95.81
Dispositivos de protección	7	2.1	97.90
Transmisión	7	2.1	100.00
<b>TOTALES</b>	<b>334</b>	<b>100.00</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 12, se muestra el resumen de las ocurrencias de fallas durante el primer semestre del año 2018 en la flota de excavadoras Hitachi 2500 (ver historial de fallas en anexo 1), las mismas que han generado pérdidas económicas a la empresa por paradas no programadas conllevando a su vez a la baja disponibilidad mecánica del equipo en la operación.

Considerando el principio de Pareto en el reporte de fallas (ver historial de fallas en anexo 1), se han determinado tres fallas con mayor frecuencia:

- 118 eventos del sistema hidráulico que llegan a representar el 35.33%, del total de eventos ocurridos en el primer semestre del año 2018.:
- 83 eventos del sistema de lubricación de la máquina que llegan a representar el 24.85%, del total de eventos ocurridos en el primer semestre del año 2018.
- 65 eventos del sistema de carrilería que llegan a representar el 19.46%, del total de eventos ocurridos en el primer semestre del año 2018.

Por lo tanto, permite afirmar que las fallas más críticas se han generado en los sistemas hidráulicos, lubricación y carrilería por representar el mayor índice de porcentaje de ocurrencia de fallas del total reportadas, las que han generado un impacto negativo en la disponibilidad de los equipos y por ende grandes pérdidas de dinero por paradas no programadas, sin embargo se asegura que contar con un diseño de gestión de mantenimiento se mejorará las estrategias de prevención en estos tres sistemas seleccionados antes de que ocurra las fallas y se podrá aumentar la disponibilidad mecánica considerablemente.

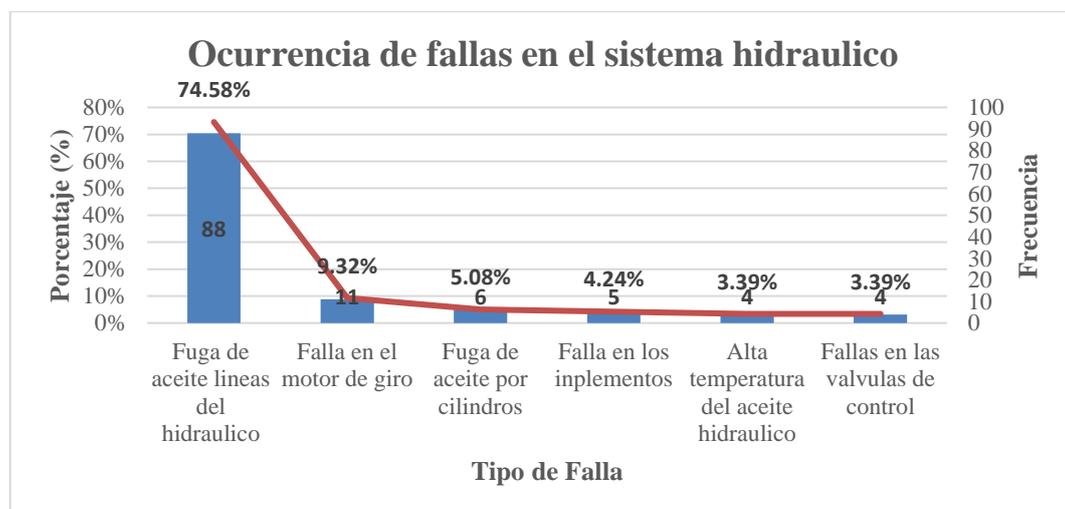
### 3.2.1.1. Análisis del sistema Hidráulico de las excavadoras Hitachi

**Tabla 13** Análisis de falla del sistema Hidráulico por su consecuencia

CÓDIGO DE FALLA	SISTEMA	FALLA	CONSECUENCIA DE LAS FALLAS	FRECUENCIA	%
50501	HIDRAULICO	Fuga de aceite en líneas del hidráulico.	Desgaste prematuro de bombas, cilindros y motores hidráulicos del equipo.	88	74.58
		Falla en el motor de giro.	No acciona implementos de pala, No tiene giro.	11	9.32
		Fuga de aceite por cilindros.	Pérdida de potencia en los implementos.	6	5.08
		Falla en los implementos.	Movimiento restringido del equipo, implementos del equipo.	5	4.24
		Alta temperatura del aceite hidráulico.	Desgaste prematuro de los sellos internos de bombas, cilindros y motores hidráulicos.	4	3.39
		Fallas en las válvulas de control.	Implementos lentos.	4	3.39
TOTAL				118	100.00

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 13, muestra las fallas dentro del sistema hidráulico por sus consecuencias, donde se observa que existe una falla considerada como las más crítica dentro de este sistema, por presentar el más alto índice de ocurrencia. Por lo tanto, se requiere la atención oportuna en esta falla para mejorar la disponibilidad mecánica de las excavadoras.



**Figura 10** Gráfico de ocurrencias de fallas del sistema hidráulico de las excavadoras.

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura N° 10 permite visualizar que existe una falla crítica con el porcentaje de ocurrencias más alto en el sistema, siendo la falla fuga de aceite de las líneas del hidráulico con 88 ocurrencias y representando el 74.58%, del total de fallas reportadas en este sistema.

Por lo tanto, y debido a la alta criticidad de la maquinaria en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de disponibilidad de la empresa, se ve en la necesidad de realizar en las excavadoras Hitachi 2500 un tipo de mantenimiento que permita la detección de las fallas antes de que estas ocurran, con la finalidad de tomar todas las medidas pertinentes para corregir estas en el menor tiempo posible. Se mejorará la estrategia de mantenimiento elaborando un Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) con el objetivo de aumentar la disponibilidad mecánica a la flota de excavadoras Hitachi 2500.

Las demás fallas diagnosticadas no son tan representativas ya que en el primer semestre del año 2018 llegaron solamente a alcanzar de un 3% a 9% de ocurrencias, las cuales pueden ser programados junto con las paradas de mantenimientos preventivos.

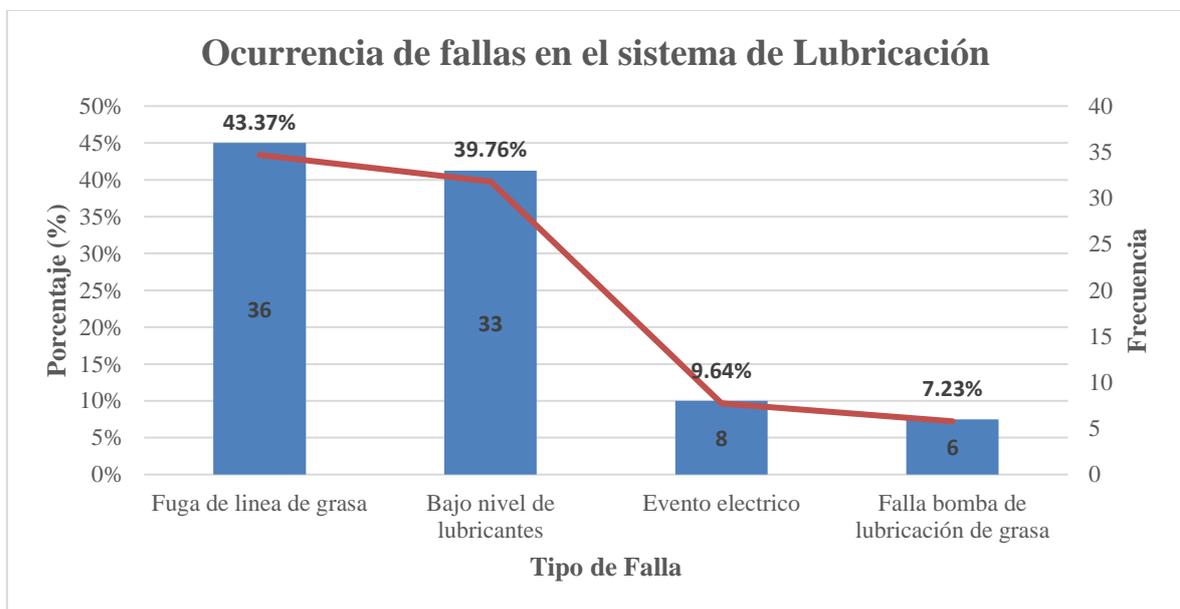
### 3.2.1.2. Análisis del sistema de Lubricación de las excavadoras Hitachi 2500

**Tabla 14** *Análisis de falla del sistema de Lubricación por su consecuencia*

CODIGO DE FALLA	SISTEMA	FALLA	CONSECUENCIA DE LAS FALLAS	FRECUENCIA	%
94001	LUBRICACIÓN	Fuga en línea de grasa	Recalentamiento de pines y bocinas	36	43.37
		Bajo nivel de lubricantes	Activación de alarma de auto lubricación el equipo se apaga	33	39.76
		Evento eléctrico	No acciona el sistema de auto lubricación del equipo	8	9.64
		Falla bomba de lubricación de grasa	No acciona el sistema de auto lubricación del equipo	6	7.23
TOTAL				83	100.00

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 14, se muestra los modos de falla del sistema de Lubricación y sus consecuencias, donde se observa que existe dos modos de fallas reportadas consideradas las más críticas por presentar el más alto índice de ocurrencia, por lo tanto, estas requieren la atención oportuna para mejorar la disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500.



**Figura 11** Gráfico de ocurrencias de fallas del sistema de Lubricación de las excavadoras

**Fuente:** elaboración propia

La figura N° 11, permite corroborar que existe dos fallas críticas y que representan los porcentajes de ocurrencias más altos dentro de este sistema. Siendo la fuga en línea de grasa con 36 ocurrencias las cuales representan el 43.37% de total de fallas reportadas en este sistema y el bajo nivel de lubricante con 33 ocurrencias que representan al 39.76% del total de fallas reportadas en este sistema.

Por lo tanto, a dichas fallas se les dará mayor importancia y mejorará la estrategia de mantenimiento elaborando un Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) con el objetivo de aumentar considerablemente la disponibilidad mecánica de la flota excavadoras Hitachi 2500. (Ver Anexo N° 19 al 20) procedimiento del sistema de lubricación. Las demás fallas diagnosticadas no son tan representativas ya que en el periodo del año 2018 llegaron a alcanzar del 7% al 9%, las cuales pueden ser programados junto con las paradas de mantenimientos preventivos.

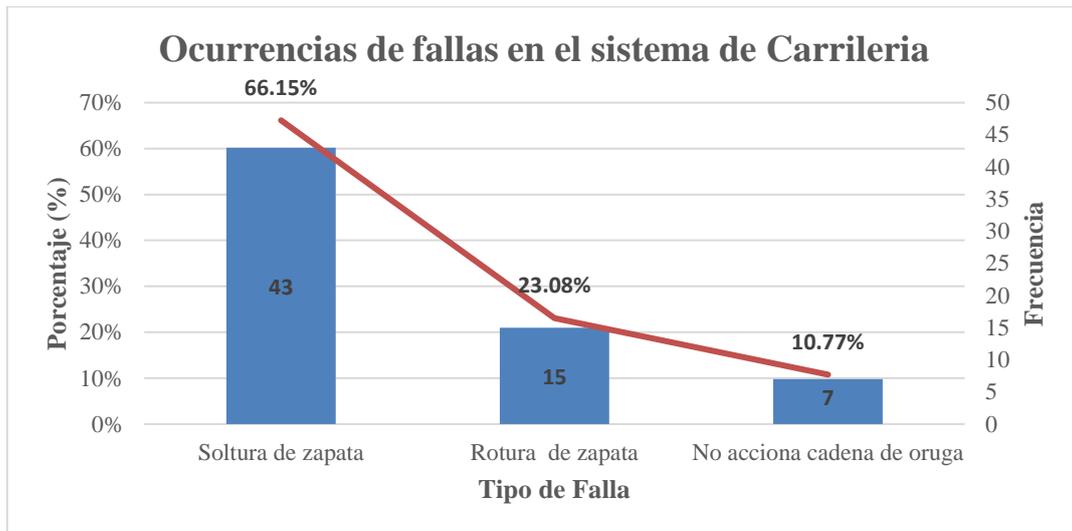
### 3.2.1.3. Análisis del sistema de Carrilería de las excavadoras Hitachi 2500

**Tabla 15** Análisis de falla del sistema de carrilería por su consecuencia

CODIGO DE FALLA	SISTEMA	FALLA	CONSECUENCIA DE LAS FALLAS	FRECUENCIA	%
41501	CARRILERIA	Soltura de zapata	Dificultad con el avance del equipo	43	66.15
		Rotura de zapata	Descarrilamiento de cadena	15	23.08
		No acciona cadena de oruga	Movimiento Restringido del Equipo	7	10.77
		TOTAL		65	100.00

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 15, se muestra los modos de falla del sistema de Carrilería y sus consecuencias, donde podemos observar que existen dos modos de fallas reportadas que se considera las más críticas por presentar el más alto índice de ocurrencia, por lo tanto, estas requieren la atención oportuna para mejorar la disponibilidad Mecánica de las excavadoras Hitachi 2500.



**Figura 12** Ocurrencias de fallas del sistema de Carrilería de las excavadoras.

**Fuente:** Elaboración propia

La figura N° 12, permite corroborar que la soltura de zapata es la falla más crítica y representa el 66.15% del total de fallas reportadas en este sistema. Por lo tanto, a dicha falla se le dará la mayor importancia y mejorará la estrategia de mantenimiento elaborando un Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) con el objetivo de aumentar considerablemente la disponibilidad mecánica de la flota de excavadoras Hitachi 2500. (Ver Anexo N° 19 al 20) procedimiento del sistema de carrilería. Las demás fallas diagnosticadas no son tan representativas ya que en el primer periodo del año 2018 llegaron a alcanzar del 10% al 23%, las cuales pueden ser programadas junto con las paradas de mantenimientos preventivos.

### 3.2.2. Programa de mantenimiento de la flota de las excavadoras Hitachi 2500

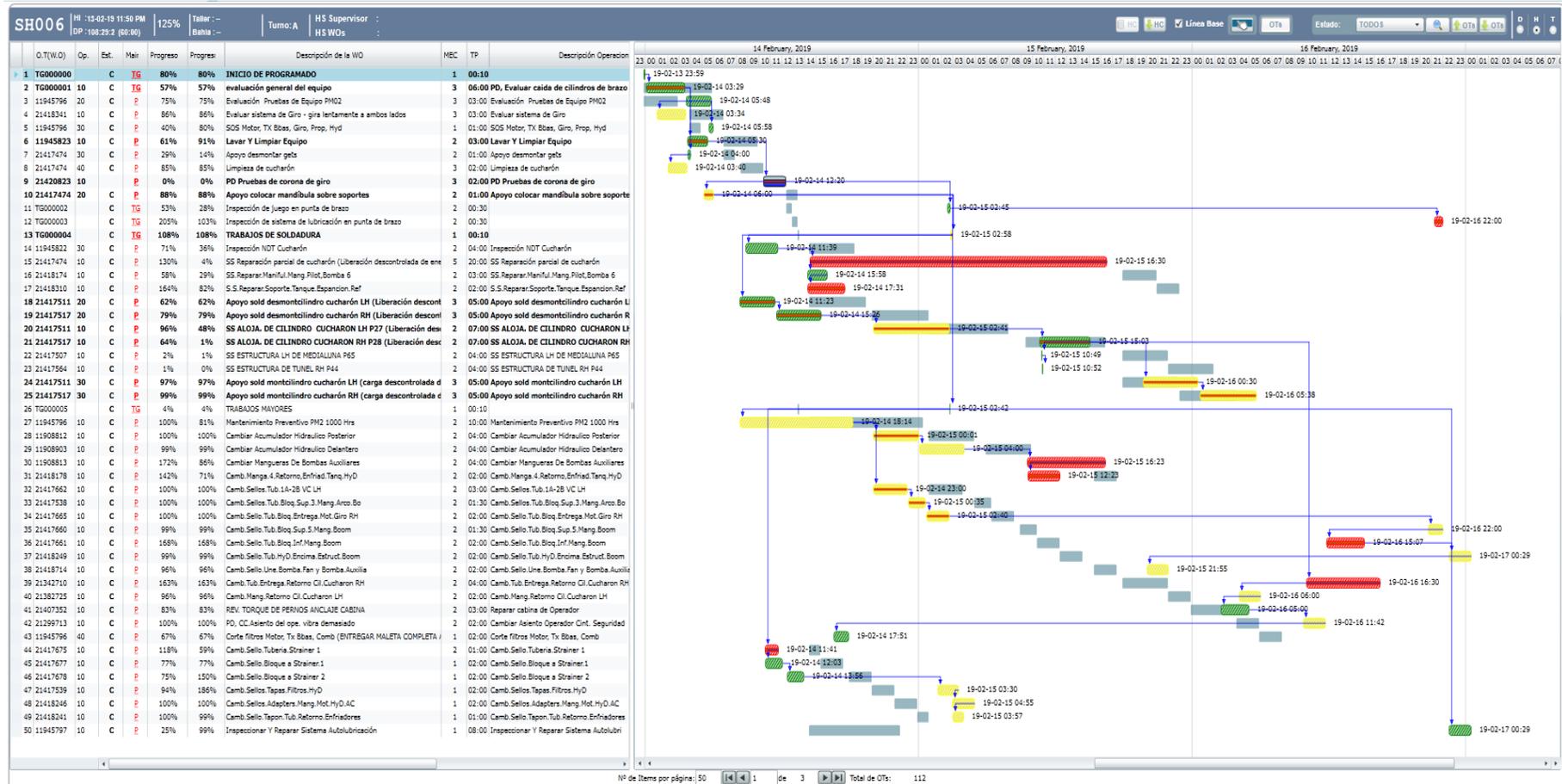


Figura 13 Gantt – Programa de mantenimiento de las excavadoras Hitachi 2500.

En la figura N° 13 mostrada líneas, arriba se observa el tiempo que se tomará según el nuevo diseño del plan de gestión para darle mantenimiento a las excavadoras Hitachi 2500; cada “sistema de la maquinaria” detalla actividades específicas y la duración en días de cada una de ellas; iniciando en el mes de Octubre 2018 y culminando el 30 de Marzo 2019, cabe resaltar que esta programación deberá ser revisada mensualmente, y evaluada constantemente.

### **3.2.3. Nuevos valores de indicadores obtenidos con el diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la flota de las excavadoras Hitachi 2500**

#### **3.2.3.1. Nuevos indicadores de mantenimiento**

A continuación, se detalla los indicadores de mantenimiento simulados con los que se contarían en el área, estos datos son simulados durante el segundo semestre del año 2018.

##### **3.3.3.2.1. Nueva disponibilidad mecánica de la flota de excavadoras (D)**

$$D = \frac{15840 \text{ horas} - (1584 \text{ horas})}{15840 \text{ horas}} * 100\%$$

$$D = 90.0\%$$

Al realizar la ecuación se encuentra una disponibilidad mecánica de 90.0% para la flota de excavadoras Hitachi 2500 en la operación minera, lo que representa un mejor valor comparado con la disponibilidad antes que se diseñe el sistema de gestión de mantenimiento para la flota de excavadoras Hitachi 2500.

##### **3.3.3.2.2. Nuevo índice MTBFS (Tiempo medio entre fallas)**

$$MTBFS = \frac{14256 \text{ horas}}{238 \text{ intervenciones}}$$

$$MTBFS = 59.89 \text{ horas/intervenciones}$$

Este resultado indica que las excavadoras Hitachi 2500 presentan fallas en la operación por paradas no programadas cada 59.89 horas, este resultado mejora el MTBFS en 19.89 horas comparado con el índice antes del diseño.

### 3.3.3.2.3. Nuevo índice MTTR (Tiempo medio para reparar)

$$MTTR = \frac{1584 \text{ horas}}{238 \text{ intervenciones}}$$

$$MTTR = 6.65 \text{ horas / intervenciones}$$

Este resultado indica que las excavadoras Hitachi 2500 son reparadas cada 6.65 horas después de presentadas las fallas en la operación por paradas no programadas. Este resultado mejora el MTTR en 1.08 horas comparado con el índice antes del diseño.

### 3.3.3.2.4. Nuevo índice MTBS (Tiempo entre paradas)

$$MTBS = \frac{14256 \text{ horas}}{286 \text{ intervenciones}}$$

$$MTBS = 49.84 \text{ horas / intervenciones}$$

Este resultado indica que las excavadoras Hitachi 2500 presentan paradas en la operación ya sean programadas o no programadas cada 49.84 horas, este resultado mejora el MTBFS en 15.14 horas comparado con el índice antes del diseño.

### 3.2.4. Operacionalización de las variables después del diseño

**Tabla 16** Operacionalización de las variables después del diseño

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR
Sistema de gestión de mantenimiento predictivo	Diseñar un plan de gestión de mantenimiento es utilizar de manera efectiva y eficiente los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento de la maquinaria utilizando herramientas de confiabilidad. (Rodríguez, 2012)	Utilización de la máquina	% Utilización	<b>90.00</b>
		Objetivos del mantenimiento de la maquinaria	% Reparaciones no programadas	<b>51.05</b>
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
Disponibilidad de las excavadoras Hitachi 2500	Disponibilidad Mecánica es una manera de cuantificar cuanto tiempo está funcionando su equipo desempeñando funciones planificadas. La meta es minimizar el tiempo muerto por paradas no programadas, mediante el mejoramiento de la fiabilidad del proceso y del equipo. (García, 2017)	Disponibilidad mecánica	% Disponibilidad	<b>90.00</b>
		Tiempo medio entre paradas por fallas (MTBFS)	Horas	<b>59.89</b>
		Tiempo medio para reparar (MTTR)	Horas	<b>6.65</b>
		Tiempo medio entre paradas (MTBS)	Horas	<b>49.84</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 17** *Resumen operacional de las excavadoras antes y después del diseño*

<b>Descripción</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>Equipo</b>	Hitachi	
<b>Modelo</b>	Ex2500	
<b>N° Equipos</b>	4	
<b>Horas Programadas</b>	15840	
<b>Disponibilidad Mecánica</b>	<b>83.7%</b>	<b>90%</b>
<b>Horas Trabajadas</b>	13258	14256
<b>N° Paradas MP</b>	48	48
<b>N° Paradas NP</b>	334	238
<b>N° Paradas Totales</b>	382	286
<b>Horas de paradas MP</b>	322	266
<b>Horas de paradas NP</b>	2260	1318
<b>Horas totales por Paradas</b>	2582	1584
<b>MTBFS (horas)</b>	<b>40</b>	<b>59.89</b>
<b>MTTR (horas)</b>	<b>7.93</b>	<b>6.65</b>
<b>MTBS (horas)</b>	<b>35</b>	<b>49.84</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 17, se detalla el resumen de operación de la flota de las excavadoras Hitachi 2500 durante el segundo semestre del año alcanzando una disponibilidad mecánica del 90%, se aprecia un número menor de horas por paradas comparadas con el semestre anterior, haciendo una diferencia de 998 horas a favor de la disponibilidad mecánica del equipo.

### **3.4. Evaluación financiera del diseño de gestión de mantenimiento predictivo en las excavadoras Hitachi 2500**

A continuación, se analiza la evaluación económica del Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento Predictivo para las excavadoras Hitachi 2500 basado en la metodología PDCA o ciclo de Deming aplicado a la gran minería, para esto se realizará un análisis económico Costo-Beneficio de nuestro diseño.

Para poder realizar una evaluación de Costo-Beneficio, se tendrá que aclarar los siguientes puntos:

- Solo se tiene información referencial del costo fijo mensual y costo único de la implementación del sistema.
- Los cálculos del costo de la excavadora parada en dólares (hora sin trabajar por mantenimiento) han sido declaradas por el supervisor de guardia (Guardia A).
- Se realizó el cálculo con las horas restadas del primer semestre vs el segundo semestre 2018.
- Los montos solo son aproximaciones al costo real, ya que la empresa maneja sus cifras de algunos montos en confidencialidad.

Los resultados obtenidos para realizar la evaluación de Costo-Beneficio se muestran a continuación:

### 3.4.1. Presupuesto del diseño de gestión de mantenimiento de las excavadoras

#### Hitachi 2500

**Tabla 18** *Presupuesto del diseño de gestión de mantenimiento*

II Semestre					
Sistema	Tarea	Repuestos y/o Insumos	Precio Unitario (\$)	Cantidad	Precio total (\$)
<b>Hidráulico</b>	Cambio de cilindro de cucharón	Cilindro de cucharón	7,200.0	5.0	36,000.0
		Pin de anclaje	700.0	10.0	7,000.0
		Kit de sellos	40.0	20.0	800.0
	Cambio de válvula de control	Válvula de control	17,000.0	2.0	34,000.0
		Pernos de anclaje	10.0	20.0	200.0
		Kit de sellos	16.0	32.0	512.0
<b>Lubricación</b>	Reparación de bomba de grasa	Kit de sellos	500.0	12.0	6,000.0
		Engranajes principales (2)	700.0	24.0	16,800.0
		Kit de conectores (4)	80.0	36.0	2,880.0
	Cambio de pines y bocinas	Pines de punta de brazo	1,200.0	6.0	7,200.0
		Bocinas de punta de brazo	750.0	12.0	9,000.0
<b>Carrilería</b>	Cambio de zapatas	Zapatas	2,200.0	30.0	66,000.0
		Pin de zapatas (2)	200.0	60.0	12,000.0
		Pernos de seguro (2)	30.0	60.0	1,800.0
	Cambio de rueda guía	Rueda guía	4,500.0	5.0	22,500.0
		Yoquey de anclaje	1,250.0	5.0	6,250.0
		Pernos de anclaje	20.0	20.0	400.0
<b>Personal</b>	Implementación de diseño				31,500.0
	Seguimiento de diseño				33,000.0
IMPREVISTOS 5%					11,467.0
<b>FLUJO DE CAJA DEL II SEMESTRE 2018</b>					<b>305,309.0</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla N° 18, mostrada líneas arriba se muestra los gastos incurridos para dar cumplimiento al nuevo plan de gestión de mantenimiento que ascienden a un total de \$ 305,309.0; donde se encuentra los costos para darle mantenimiento a las excavadoras Hitachi 2500, según sus actividades correspondientes, del mismo modo se muestran los gastos incurridos en capacitación al personal.

### 3.4.2. Presupuesto de las excavadoras Hitachi 2500

La inversión inicial para la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo para la flota de excavadoras Hitachi 2500 que opera en la empresa fue el siguiente:

**Tabla 19** *Costos totales por tipo de maquinaria y mano de obra*

<b>Tipo</b>	<b>Presupuesto (\$)</b>
Hidráulico	\$78,512.00
Lubricación	\$41,880.00
Carrilería	\$108,950.00
Personal	\$64,500.00
Imprevisto	\$11,467.00

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 14** *Presupuesto del diseño de gestión de mantenimiento.*

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura N° 14, mostrada líneas arriba indica las cantidades totales expresadas en dólares americanos, del presupuesto que incurrirá en el mantenimiento programado de las excavadoras Hitachi 2500.

### 3.4.3. Presupuesto de personal

La inversión inicial para la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo para la flota de excavadoras Hitachi 2500 que opera en la empresa fue el siguiente:

**Tabla 20** *Inversión inicial para la implementación del diseño.*

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACION</b>	
<b>FLUJO DE INVERSION</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costos (\$)</b>
Diplomado en análisis de falla	5,000.00
Diplomado en tribología	5,000.00
Gestión de la confiabilidad del equipo pesado	3,600.00
Gestión de Mantenimiento de flota pesada	3,600.00
Programa de lubricación	2,300.00
Programa Técnico en Servicio HITACHI	2,500.00
Sistemas Hidráulicos del Equipo Pesado	2,000.00
Operación Básica de EX 2500	1,500.00
Programa de Ingeniería del Mantenimiento	6,000.00
<b>COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>31,500.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 21** *Costo semestral para el seguimiento del sistema de gestión.*

<b>COSTO SEMESTRAL DE SEGUIMIENTO DEL SISTEMA</b>	
<b>FLUJO DE INVERSION</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costos (\$)</b>
Costos de personal	18,000.00
Costos administrativos	9,000.00
Costos operativos	6,000.00
<b>COSTO TOTAL DE SEGUIMIENTO</b>	<b>33,000.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

#### 3.4.4. Cantidad de horas de paradas no programadas

**Tabla 22** *Cantidad de horas No programadas.*

<b>SEMESTRE</b>	<b>TOTAL</b>
Primer	2260
Segundo	1318
<b>Diferencia</b>	<b>942</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4.5. Rentabilidad semestral de las excavadoras

**Tabla 23** Rentabilidad de las excavadoras

Rentabilidad de la flota				
	<b>Ganancia al 100%</b>	<b>Pérdida (Sin diseño)</b>	<b>Pérdida (Con diseño)</b>	
Capacidad de carga de material del equipo		48		Tonelada
Cargas por hora		20		Cargas (ciclos)
Carga útil por hora		960		Tonelada
Ley de mineral		0.5		Gramos/Tonelada
Gramos de mineral por hora		480		Gramos/hora
Perdida de producción (10%)		48		Gramos/hora
Total		432		Gramos/hora
1 oz		31.1		Gramos
Producción		13.9		Onzas/hora
Trabajo de la flota	<b>14256</b>	<b>2260</b>	<b>1318</b>	Horas
Producción Total	198025.5	31392.9	18307.9	Onzas
Precio onza		\$1,200.00		Dólares
Gastos operativos x onza		\$800.00		Dólares
Rentabilidad x onza		\$400.00		Dólares
<b>Rentabilidad (Semestral)</b>	<b>\$79,210,186.50</b>	<b>\$12,557,170.42</b>	<b>\$7,323,163.99</b>	<b>Dólares</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.6. Diagnóstico costo – beneficio del presupuesto de mantenimiento con el diseño del sistema

**Tabla 24** *Diagnóstico costo - beneficio del presupuesto*

<b>GANANCIA</b>	<b>PERDIDA</b>	<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>\$305,309.00</b>
		<b>PERDIDA SIN DISEÑO</b>	\$12,557,170.42
\$88,011,318.33	\$8,801,131.83	<b>GANANCIA POR PERIODO</b>	\$78,904,877.50
		<b>AHORRO CON DISEÑO</b>	\$7,323,163.99
		<b>BENEFICIO</b>	\$7,323,163.99
		<b>COSTO</b>	\$5,234,006.43
		<b>RELACION BENEFICIO / COSTO</b>	<b>1.399</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla N° 24 se puede evidenciar que en el año 2018 se ha tenido \$ 12,557,170.42 de pérdidas de dinero por paradas no programadas en la excavadora ya que no se contaba con un plan de gestión de mantenimiento bien definido; sin embargo, con su posible aplicación del nuevo diseño del plan de gestión de mantenimiento se obtendría un ahorro de \$7,323,163.99 para el primer año que se ejecute el programa de mantenimiento elaborado en la presente investigación, considerando que se tiene un presupuesto total para el primer año.

- Cálculo del beneficio costo:

$$B/C = \$7,323,163.99 / \$5,234,006.43 = 1.399$$

$B/C > 1$  Indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente, el diseño del plan debe ser considerado.

#### **3.4.7. Interpretación.**

Cuando la relación beneficio/costo es mayor que 1 (en este caso 1.399), el valor de los beneficios es mayor a los costos del proyecto, por lo que se acepta el proyecto debido a que existen beneficios, es decir q los ingresos son superiores a los egresos)

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Como parte del desarrollo del presente trabajo se han cubierto todos los objetivos principales descritos en la parte inicial, para ello dentro del análisis e interpretación de los resultados y mediante el análisis de las guías de observación se han identificado los 3 principales sistemas con mayor número de intervenciones por correctivos no programados en el primer semestre del 2018; Hidráulico con 118 intervenciones, Lubricación con 83 intervenciones y Carrilería con 65 intervenciones. Se identificó las causas que ocasionan las fallas de los equipos que generan paradas imprevistas que nos permiten evaluar y dimensionar las brechas entre lo real y el objetivo de cada una de sus causas. Por ejemplo, para el caso del proceso de evaluación y gestión de los equipos en falla, se ha determinado que existen oportunidades de mejora en cuanto al desarrollo y cumplimiento de los procesos de atención de los equipos, así mismo se identificó que el diagnóstico preliminar indicado por el dispatch presenta falencias por lo que existen demoras para prever los recursos necesarios para una reparación rápida con calidad.

En cuanto a la planificación de los equipos en falla, se determinó que el área de planificación no está soportando adecuadamente para facilitar la ejecución de los trabajos, del mismo modo la estimación indicada por el personal de ejecución no se ajusta a la realidad posiblemente por falta de capacitación y/o experiencia del personal.

En el caso de los repuestos y materiales, el mayor problema reside en que no existe un stock suficiente lo que genera retrasos en el proceso, y por último con respecto a los recursos humanos disponibles se ha determinado que se carecen de competencias necesarias para el diagnóstico de las fallas, así como la falta de competencias prácticas para la ejecución de las reparaciones.

El no tener registros de mantenimiento claramente definidos tiene relación con lo manifestado por (Pesántez, 2007) quien dice que es necesario mantener registros confiables de los diversos mantenimientos que se ejecutan a los equipos, y de este modo se puede aplicar de manera efectiva un plan de mantenimiento programado.

El no tener un plan, hizo que la empresa se dedicara a actuar resolviendo averías o desperfectos en todos los equipos de la planta realizando ciertas tareas de mantenimiento no programados, estos resultados guardan relación con nuestra investigación por lo que se ha diseñado, herramientas de gestión que nos permita tener un mejor control de las actividades de mantenimiento de las excavadoras Hitachi 2500.

En esta investigación se priorizo las fallas más críticas de cada equipo por lo que concordamos con el autor (Da Costa, M, 2010), quien manifiesta en su investigación que al definirse los modos y las causas de las fallas se pudo establecer la criticidad de cada una ellas y el impacto en las metas de producción, mantenimiento, salud y medio ambiente; así como su priorización. Este concepto se relaciona con nuestro proyecto por lo que también estamos enfocados en minimizar las fallas más recurrentes del equipo Hitachi 2500.

En cuanto al índice de porcentaje de la Disponibilidad mecánica tiene relación con el autor (Rodríguez Del Águila, 2012), quien manifiesta que estar por encima de un 90% de disponibilidad mecánica es estar dentro de lo óptimo. El cual tiene relación con nuestro estudio.

## 4.2. Conclusiones

- El diagnóstico al sistema de mantenimiento actual en las excavadoras Hitachi 2500 de la operación minera, permitió observar que existe un alto índice de paradas no programadas dentro del área de mantenimiento de la operación minera.
- El diseño de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo para la flota de excavadoras Hitachi 2500, permitió recuperar horas perdidas por paradas no programadas, mejorando la disponibilidad física de las excavadoras.
- Se evaluó la relación entre el diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo y la disponibilidad de la flota de equipos HITACHI 2500, logrando incrementar la disponibilidad física de las excavadoras de un 83.7% a un 90%.
- Se realizó una evaluación económica del diseño de gestión de mantenimiento de las excavadoras Hitachi 2500, obteniendo una relación Beneficio – Costo de 1.399.

### 4.3. Recomendaciones

- En el presente trabajo de investigación se identifica y determina las causas de falla de problemas recurrentes para poder tener un mejor control sobre el mantenimiento predictivo de la operación minera, el stock de repuestos y manejar un proceso de mantenimiento predictivo más confiable permitiéndole, a las personas responsables de esta área cumplir con sus funciones, minimizar costos y conseguir una mayor confiabilidad del equipo.
- Trabajar en conjunto con el área de Operaciones Mina (operadores de los EQUIPOS Hitachi 2500) para poder tener mayor control en el mantenimiento de los equipos pues son personas clave que nos pueden ayudar en identificar las fallas más recurrentes en el equipo en operación.
- Mantener un análisis de fallas recurrentes ayudara a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras y poder ser resueltas las fallas principales.
- Identificar, analizar y dar prioridad de solución a las fallas recurrentes; asimismo registrar, compartir y difundir la información de las causas y correctivos realizados para generar un archivo de solución de problemas y procedimientos estándares para enfrentar los mismos que se presenten a futuro.
- Realizar un seguimiento continuo de las estrategias de mejora planteadas y medirlas, porque la medición es la única forma de evaluar el desempeño de una mejora de esta magnitud en un proceso tan complejo como el mantenimiento preventivo.

## REFERENCIAS

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Boero, C. (2010). Mantenimiento Industrial. Universidad Nacional de Córdoba.
- Campos, M. (2016). Optimización del proceso de mantenimiento de la flota de perforadoras de la empresa minera Yanacocha S.R.L. Cajamarca
- Da Costa, M. (2010). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción. Lima.
- Gallara, I. y Pontelli, D. (2010). Mantenimiento Industrial. Universidad Nacional de Córdoba.
- García, G. (2013). Ingeniería de Mantenimiento, manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial. España: Renovotec.
- García, O. (2012). Gestión moderna del mantenimiento industrial. Colombia: Ediciones de la U.
- Pesántez, H. E. (2007). Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función a la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón. Guayaquil-Ecuador.
- Noria. (2010). Manual de Lubricación de Maquinaria I. México.
- Oskar, O. (2012). Calculador de MTBF y MTTR. <https://world-class-manufacturing.com/es/KPI/mtbf.htm>
- Pilco, L. (2014). Propuesta de implementación de un sistema de control de calidad en el área de mantenimiento – Empresa Ferreyros SA –Operaciones Yanacocha. Cajamarca.
- Rey Sacristán, F. (2011). Mantenimiento total de la producción TPM. Proceso de implementación y desarrollo. Madrid España.

- Rodríguez, M. (2012). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera. Cajamarca.
- Ruiz, I. (2016). Propuesta de reducción del índice de mantenimientos correctivos no planificados para incrementar la disponibilidad en la flota CAT modelo 793d de la compañía minera Yanacocha S.R.L. Cajamarca.
- Sierra, M. (2015). Implementación de mejora en el área de mantenimiento, aplicando procesos de análisis estadísticos probabilísticos, para la reducción de las fallas catastróficas de los motores y ahorro de costos en la flota de camiones gigantes Caterpillar. Cajamarca.
- Torres, R. (2015). Optimización del proceso de mantenimiento de la flota de perforadoras de la empresa Minera Yanacocha. Cajamarca.
- Vicente Carot, A. (2011). Control estadístico de la calidad. Universidad Politécnica de Valencia.
- W Nievel, B. (2010). Métodos estándares y diseño del trabajo. Ingeniería Industrial. Pennsylvania State University.
- Zamine S.R.L. Lima – Perú. (2004). Manual del estudiante e instrucción técnica del curso: sistemas hidráulicos I, II y III.
- Zamine Lima – Perú. (2013). Temas técnicos de equipo de soporte HITACHI del 2012 al 2013.
- Zevallos, G (2015). Mejora del sistema de gestión de mantenimiento de la empresa Minera Yanacocha SRL mediante la aplicación de lean manufacturen. Cajamarca.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOI.

## ANEXOS

### Anexo 1 Reporte de paradas de excavadoras Hitachi 2500 periodo enero - junio 2018

shiftdate	eqmt	Demora	nameb (Reason)	Descripción del Trabajo (comment)
2-Ene	SH010	00:09:16	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. cañería
2-Ene	SH010	00:41:41	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
3-Ene	SH010	00:03:48	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. cañería
4-Ene	SH010	01:36:06	SISTEMA HIDRAULICO	,PM,Fuga,Sistema Hidraulico,
4-Ene	SH009	00:09:06	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Cilindro de Volteo,aceite
5-Ene	SH009	03:57:12	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Movimiento Restringido,Cilindro de Boom de Pala,
15-Ene	SH010	00:26:10	SISTEMA HIDRAULICO	305,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,Tuberia main Tk Hy
16-Ene	SH006	08:15:08	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
16-Ene	SH006	00:23:31	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
18-Ene	SH010	00:42:49	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
21-Ene	SH010	02:29:00	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
7-Feb	SH010	04:46:21	SISTEMA HIDRAULICO	305,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,aceite
9-Feb	SH010	01:43:58	SISTEMA HIDRAULICO	305,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
10-Feb	SH010	00:29:11	SISTEMA HIDRAULICO	305,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
13-Feb	SH009	00:29:13	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Movimiento Restringido,Motor de Mando de Giro,lento
13-Feb	SH009	00:08:25	SISTEMA HIDRAULICO	,PM,Fuga,Sistema Hidraulico,
14-Feb	SH006	01:08:21	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
14-Feb	SH009	01:31:21	SISTEMA HIDRAULICO	,PM,Fuga,Sistema Hidraulico,
16-Feb	SH008	06:33:19	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,fuga de aceite hidraulico
18-Feb	SH010	01:12:22	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
20-Feb	SH006	00:25:19	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
21-Feb	SH008	03:08:32	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
23-Feb	SH008	02:11:00	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
23-Feb	SH008	01:38:59	SISTEMA HIDRAULICO	311,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,
26-Feb	SH009	00:40:08	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Evento Electrico,Control de Implementos,Neutralizado
26-Feb	SH009	08:12:24	SISTEMA HIDRAULICO	,CC,Falla,Motor de Giro,CC motor de giro delantero
4-Mar	SH010	00:57:53	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
12-Mar	SH006	01:18:31	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,FUGA DE ACEITE HIDRAULICO
18-Mar	SH008	00:44:26	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,fuga de ACEITE HYDRAULICO
20-Mar	SH008	00:44:51	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Cilindro de Boom de Pala,
20-Mar	SH008	00:46:27	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Cilindro de Brazo de Pala,RH
21-Mar	SH008	09:52:34	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Cilindro de Boom de Pala,
22-Mar	SH008	00:57:28	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,
24-Mar	SH009	00:49:24	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,No Acciona,Valvula de Caída Rapida,se apago
25-Mar	SH009	03:13:40	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,No Acciona,Valvula de Caída Rapida,No arranca

25-Mar	SH009	01:08:29	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,No Acciona,Valvula de Caida Rapida,se apago
16-Abr	SH010	00:31:12	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,
17-Abr	SH009	01:38:42	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Cilindro de Boom de Pala,aceite
17-Abr	SH009	01:35:18	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,fuga HYD
17-Abr	SH008	03:57:05	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,fuga HYD
19-Abr	SH009	01:25:27	SISTEMA HIDRAULICO	310,GR,Falla,Motor de Giro,cc. motor giro post.
19-Abr	SH009	02:03:40	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Movimiento Restringido,Motor de Mando de Giro,no gira tornamrza RH
19-Abr	SH008	00:03:56	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Alta Temperatura,Sistema Hidraulico,lavado de radiador
19-Abr	SH010	04:04:44	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,fuga HYD
20-Abr	SH008	00:08:22	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Alta Temperatura,Sistema Hidraulico,alta temperatura
20-Abr	SH009	02:25:07	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Falla,Motor de Giro,CC Motor de Giro Post
20-Abr	SH009	01:12:58	SISTEMA HIDRAULICO	310,GR,Falla,Motor de Giro,cc. motor giro post.
23-Abr	SH010	01:37:41	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
26-Abr	SH008	00:19:02	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Falla,Sistema Hidraulico,CC Manga de Enfriador
26-Abr	SH008	02:49:41	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
27-Abr	SH008	03:36:24	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Alta Temperatura,Sistema Hidraulico,
27-Abr	SH008	00:54:12	SISTEMA HIDRAULICO	303,GR,Alta Temperatura,Sistema Hidraulico,alta temperatura+fuga HYD
28-Abr	SH008	04:57:51	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,cambio de enfriador HYD
29-Abr	SH008	00:07:25	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
29-Abr	SH010	08:25:15	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
29-Abr	SH010	00:34:31	SISTEMA HIDRAULICO	315,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
29-Abr	SH010	00:29:11	SISTEMA HIDRAULICO	307,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
29-Abr	SH010	00:45:44	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
29-Abr	SH008	22:10:56	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,cambio de enfriador HYD
30-Abr	SH008	08:07:21	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
30-Abr	SH008	02:28:58	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
30-Abr	SH008	00:35:54	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
30-Abr	SH008	01:34:20	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
4-May	SH006	01:08:14	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cañeria
4-May	SH008	02:35:19	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
6-May	SH006	00:30:52	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,Fuga HYD
8-May	SH008	03:07:37	SISTEMA HIDRAULICO	315,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
14-May	SH009	05:02:50	SISTEMA HIDRAULICO	305,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,Fuga HYD
15-May	SH009	02:23:10	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Evento Electrico,Control de Implementos,Jostick
15-May	SH006	06:43:31	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Sonido Extranio,Sistema Hidraulico,Motor de Giro Posterior
15-May	SH009	02:43:45	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Evento Electrico,Control de Implementos,Jostick
20-May	SH010	00:44:00	SISTEMA HIDRAULICO	306,GR,Sonido Extranio,Motor de Giro,Ruido extraño en motores de Giro
20-May	SH010	04:52:19	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,No Acciona,Motor de Giro,Motor de Giro POST No Acciona
20-May	SH008	00:19:17	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,x tuberia
20-May	SH010	07:57:11	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Falla,Motor de Giro,cc. motor
21-May	SH006	01:00:20	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera

21-May	SH006	00:55:55	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
21-May	SH006	01:39:05	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
21-May	SH010	02:50:23	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,Fuga HYD
22-May	SH006	00:55:24	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. tuberia
22-May	SH008	02:31:03	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,Fuga Aceite HYD
23-May	SH008	01:26:22	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
23-May	SH009	02:07:47	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Movimiento Restringido,Control de Implementos,
24-May	SH006	00:52:09	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,
24-May	SH006	00:14:47	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,brazo de cucharon
28-May	SH008	01:06:51	SISTEMA HIDRAULICO	303,PM,Bajo Nivel,Sistema Hidraulico,Relleno de Aceite HYD
30-May	SH009	00:26:14	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
30-May	SH009	00:47:35	SISTEMA HIDRAULICO	306,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
30-May	SH010	00:29:55	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. manguera
4-Jun	SH009	00:34:38	SISTEMA HIDRAULICO	305,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
4-Jun	SH008	02:04:03	SISTEMA HIDRAULICO	,PM,Bajo Nivel,Sistema Hidraulico,
5-Jun	SH008	04:32:08	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. cañeria
5-Jun	SH008	01:07:50	SISTEMA HIDRAULICO	added for loading
5-Jun	SH008	00:48:44	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,cc. tuberia
5-Jun	SH009	02:03:36	SISTEMA HIDRAULICO	305,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
6-Jun	SH008	00:22:24	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,Fuga HYD
6-Jun	SH008	00:08:15	SISTEMA HIDRAULICO	,PM,Bajo Nivel,Sistema Hidraulico,relleno aceite HYD
6-Jun	SH008	01:23:54	SISTEMA HIDRAULICO	303,PM,Bajo Nivel,Sistema Hidraulico,espera camion lubricador
6-Jun	SH008	00:13:48	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Bajo Nivel,Sistema Hidraulico,bajo nivel aceite HYD
7-Jun	SH008	04:01:35	SISTEMA HIDRAULICO	,305,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,Fuga HYD
8-Jun	SH008	01:06:09	SISTEMA HIDRAULICO	305,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
8-Jun	SH010	01:51:29	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Movimiento Restringido,Control de Implementos,
10-Jun	SH010	00:36:33	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
12-Jun	SH010	01:22:58	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,Fuga HYD
13-Jun	SH010	02:09:12	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,fuga aceite HYD
13-Jun	SH010	00:26:18	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,inspecc fuga aceite
14-Jun	SH010	05:38:31	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,fuga aceite HYD
14-Jun	SH006	00:18:00	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,evaluacion fuga por cilindro cucharon
25-Jun	SH008	00:30:29	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Sistema Hidraulico,
27-Jun	SH008	02:09:59	SISTEMA HIDRAULICO	314,GR,Fisura,Cilindro de Boom de Pala,LH
29-Jun	SH006	00:36:24	SISTEMA HIDRAULICO	,GR,Fuga,Lineas Hidraulicas,Fuga HYD
5-Feb	SH010	02:19:51	MOTOR	,PX,Evento Electrico,Motor,stop motor error
12-Feb	SH006	01:07:41	MOTOR	,PM,Fuga,Motor,
24-Mar	SH010	03:12:54	MOTOR	,GR,Falla,Motor,stop de parada de motor
14-Abr	SH010	01:09:47	MOTOR	,GR,Baja Potencia,Motor,
14-Abr	SH010	06:35:39	MOTOR	,GR,Baja Potencia,Motor,se apaga equipo
24-Abr	SH006	00:48:20	MOTOR	,GR,Evento Electrico,Motor,

25-Abr	SH010	01:29:25	MOTOR	,GR,Baja Potencia,Motor,se baja las rpm al levantar el bum
26-Abr	SH010	13:20:16	MOTOR	,GR,Baja Potencia,Motor,bajan las RPM
26-Abr	SH010	10:31:49	MOTOR	,GR,Baja Potencia,Motor,se baja las rpm al levantar el bum
27-Abr	SH010	04:31:29	MOTOR	,GR,Baja Potencia,Motor,bajan las RPM
12-May	SH009	03:05:23	MOTOR	,GR,Falla,Motor,Stop de Motor se Acciona
12-Jun	SH006	00:08:50	MOTOR	,GR,Evento Electrico,Motor,evento advertencia motor
15-Jun	SH006	01:34:50	MOTOR	,GR,Falla,Motor,Luz de Stop Encendida
21-Jun	SH009	00:12:59	MOTOR	,GR,No Acciona,Motor,Motor no Arranca
13-Jun	SH010	00:25:15	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Baja Presion,Sistema de Lubricacion,sistema de autolubricacion
13-Jun	SH009	00:14:18	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Baja Presion,Sistema de Lubricacion,evaluacion sistema autolubricacion
14-Jun	SH008	00:28:53	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Falla,Sistema de Lubricacion,evaluacion
6-Ene	SH008	00:08:41	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Falla,Bomba de Lubricacion de Grasa,cc. bomba
10-Ene	SH009	00:23:33	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Fuga,Lineas de Grasa,
12-Ene	SH009	00:58:45	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Sonido Extranio,Lubricacion de Maquina,engrase corona
16-Ene	SH008	00:34:34	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Falla,Bomba de Lubricacion de Grasa,No bombea
17-Feb	SH006	00:31:54	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Fuga,Lineas de Grasa,
22-Feb	SH010	00:19:29	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Evento Electrico,Lubricacion de Maquina,auto lub.
24-Feb	SH008	00:56:10	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Sistema de Engrase Automatico,injector de linea de tornamesa
24-Feb	SH010	00:42:02	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Falla,Sistema de Engrase Automatico,SE ACTIVO LA AUTOLUBRICACION
24-Feb	SH010	00:23:53	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Fuga,Lineas de Grasa,MANGUERA DE TORNAMESA ROTA
26-Feb	SH006	00:13:44	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,ROTURA DE FITING DE MANGUERAS DE GRASA
7-Mar	SH009	00:26:48	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Fuga,Lineas de Grasa,mangueras de grasa rotas
13-Mar	SH006	00:25:30	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,,,Relleno y engrase en Gral
16-Mar	SH006	00:55:20	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Fuga,Lineas de Grasa,cc. manguera
16-Mar	SH008	00:22:04	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Sonido Extranio,Lubricacion de Maquina,lub. de pines de cucharon
17-Mar	SH008	00:24:44	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,relleno de fluidos
21-Mar	SH006	00:16:30	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Evento Electrico,Sistema de Engrase Automatico,
21-Mar	SH006	00:32:10	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Evento Electrico,Sistema de Engrase Automatico,Auto lube
24-Mar	SH008	01:25:23	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Roturas,Lineas de Grasa,linea de grasa rota
24-Mar	SH009	00:27:28	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricacion de Maquina,relleno de fluidos
27-Mar	SH009	00:08:43	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Faltante,Lubricacion de Maquina,lubricacion de pines
27-Mar	SH009	00:09:27	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Baja Presion,Lubricacion de Maquina,autolub
28-Mar	SH009	00:18:03	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,,,Lubricacion y engrase en gral
29-Mar	SH008	00:36:32	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Falla,Bomba de Lubricacion de Grasa,Alarma Autolube
30-Mar	SH006	00:06:09	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Roturas,Lineas de Grasa,

30-Mar	SH008	00:35:24	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,No Acciona,Sistema de Engrase Automatico,Falla de pump
31-Mar	SH006	00:09:26	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Roturas,Lineas de Grasa,
1-Abr	SH006	00:17:33	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,rota por impacto
1-Abr	SH006	00:12:01	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,roto por impacto
2-Abr	SH006	00:15:10	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Fuga,Lineas de Grasa,Auto lub activado
3-Abr	SH009	00:09:47	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Fuga,Lineas de Grasa,cambio de linea de grasa de cucharon
6-Abr	SH009	00:43:53	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,
7-Abr	SH008	00:54:49	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Evento Electrico,Sistema de Engrase Automatico,
8-Abr	SH009	00:46:57	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricacion de Maquina,
9-Abr	SH009	03:27:49	SISTEMA DE LUBRICACION	303,GR,Baja Presion,Lubricacion de Maquina,autolub
10-Abr	SH009	00:08:37	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,lubricacion y relleno de fluidos
10-Abr	SH006	01:48:09	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,cc. mangueras
11-Abr	SH009	00:35:00	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Baja Presion,Sistema de Engrase Automatico,autolub
12-Abr	SH008	00:18:34	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,relleno de fluidos
14-Abr	SH009	01:09:54	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Sonido Extranio,Sistema de Engrase Automatico,
18-Abr	SH008	00:23:53	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Baja Presion,Lubricacion de Maquina,autlubricacion
21-Abr	SH010	00:20:35	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Evento Electrico,Sistema de Engrase Automatico,Auto Lub
21-Abr	SH006	00:36:39	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,Cucharon
24-Abr	SH008	01:08:23	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,
25-Abr	SH008	00:12:31	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Falla,Bomba de Lubricacion de Grasa,evento de Autolub
3-May	SH006	01:35:26	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,AAC. cambio mangueras grasa
3-May	SH008	00:32:45	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Bajo Nivel,Sistema de Engrase Automatico,Sistema sde LUB + Relleno de fluidos
4-May	SH009	00:08:18	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Desgaste,Lineas de Grasa,Cambio de Linea De Grasa
4-May	SH008	00:02:35	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,Relleno de Fluidos
5-May	SH008	00:08:03	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,relleno de fluidos
11-May	SH006	00:28:53	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,Relleno de Fluidos
13-May	SH009	00:53:06	SISTEMA DE LUBRICACION	303,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,Relleno de Lubricantes
13-May	SH006	00:17:13	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,Relleno de Fluidos
15-May	SH010	00:50:38	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,
17-May	SH008	00:52:05	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,
18-May	SH008	01:00:13	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,
23-May	SH008	00:20:28	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,
25-May	SH008	00:30:32	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Fuga,Bomba de Lubricacion de Grasa,Autolube
26-May	SH010	00:13:19	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,

26-May	SH008	00:12:16	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Sistema de Engrase Automatico,
26-May	SH010	00:14:02	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,
26-May	SH010	00:29:26	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Fuga,Lineas de Grasa,Alarma Autolube
28-May	SH009	00:18:08	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Fuga,Lubricantes y Aceite,Linea Grasa de Cucharon Rota
28-May	SH010	00:18:50	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Fuga,Lineas de Grasa,autolub
29-May	SH010	00:34:52	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,Relleno de Grasa
31-May	SH010	00:56:48	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Fuga,Lineas de Grasa,alarma Autolube
31-May	SH008	00:16:03	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Fuga,Lineas de Grasa,Alarma Autolube-Main Hose
5-Jun	SH008	00:50:58	SISTEMA DE LUBRICACION	315,PM,Faltante,Lubricantes y Aceite,
5-Jun	SH009	00:09:17	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Sistema de Engrase Automatico,
15-Jun	SH010	00:34:01	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricacion de Maquina,relleno lubricantes
17-Jun	SH009	01:07:15	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,
17-Jun	SH010	00:35:56	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,
19-Jun	SH010	00:48:00	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Evento Electrico,Lineas de Grasa,Alarma Autolube-fuga-rotas
19-Jun	SH010	00:33:44	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,
25-Jun	SH006	01:40:32	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,No Acciona,Sistema de Engrase Automatico,
27-Jun	SH006	00:16:12	SISTEMA DE LUBRICACION	305,GR,Roturas,Lineas de Grasa,
27-Jun	SH008	00:49:50	SISTEMA DE LUBRICACION	,PM,Bajo Nivel,Lubricantes y Aceite,
30-Jun	SH010	01:00:35	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Exceso de Aceite,Sistema de Abastecimineto Rapido,Alarma Auto Lub
30-Jun	SH009	00:17:59	SISTEMA DE LUBRICACION	,GR,Fuga,Lineas de Grasa,autolub
8-Abr	SH010	00:39:26	TRANSMISION	,GR,Evento Electrico,Transmision y caja de transferencia,
8-Abr	SH010	01:11:20	TRANSMISION	,GR,Evento Electrico,Transmision,Bajo nivel de aceite
23-May	SH009	15:36:40	TRANSMISION	,CC,Falla,Transmision y caja de transferencia,Tx de giro posterior
24-May	SH009	02:52:14	TRANSMISION	,CC,Falla,Transmision y caja de transferencia,Tx de giro posterior
28-May	SH010	00:26:50	TRANSMISION	,PM,Bajo Nivel,Transmision,Relleno Aceite TX
17-Jun	SH008	01:54:34	TRANSMISION	,GR,Evento Electrico,Transmision,
17-Jun	SH008	00:43:35	TRANSMISION	311,GR,Baja Presion,Transmision,
20-Ene	SH010	03:26:39	CARRILERIA	,GR,Solturas,Zapata,Lado derecho
20-Ene	SH008	00:36:28	CARRILERIA	,GR,Solturas,Zapata,
20-Ene	SH008	00:33:55	CARRILERIA	,PM,Solturas,Carrileria,
31-Ene	SH006	00:07:11	CARRILERIA	,GR,Solturas,Zapata,
8-Feb	SH008	00:26:42	CARRILERIA	,PM,Desgaste,Zapata,
10-Feb	SH008	00:10:22	CARRILERIA	,PM,Inspeccion,Carrileria,
17-Feb	SH010	10:32:11	CARRILERIA	305,GR,Solturas,Carrileria,Descarrilamiento lado RH
25-Feb	SH008	00:52:50	CARRILERIA	,CC,Fisura,Zapata,cambio de zapata lh
28-Feb	SH010	01:31:27	CARRILERIA	,CC,Desgaste,Zapata,
10-Mar	SH010	00:03:51	CARRILERIA	,GR,Inspeccion,Cadena de Oruga,inspeccion

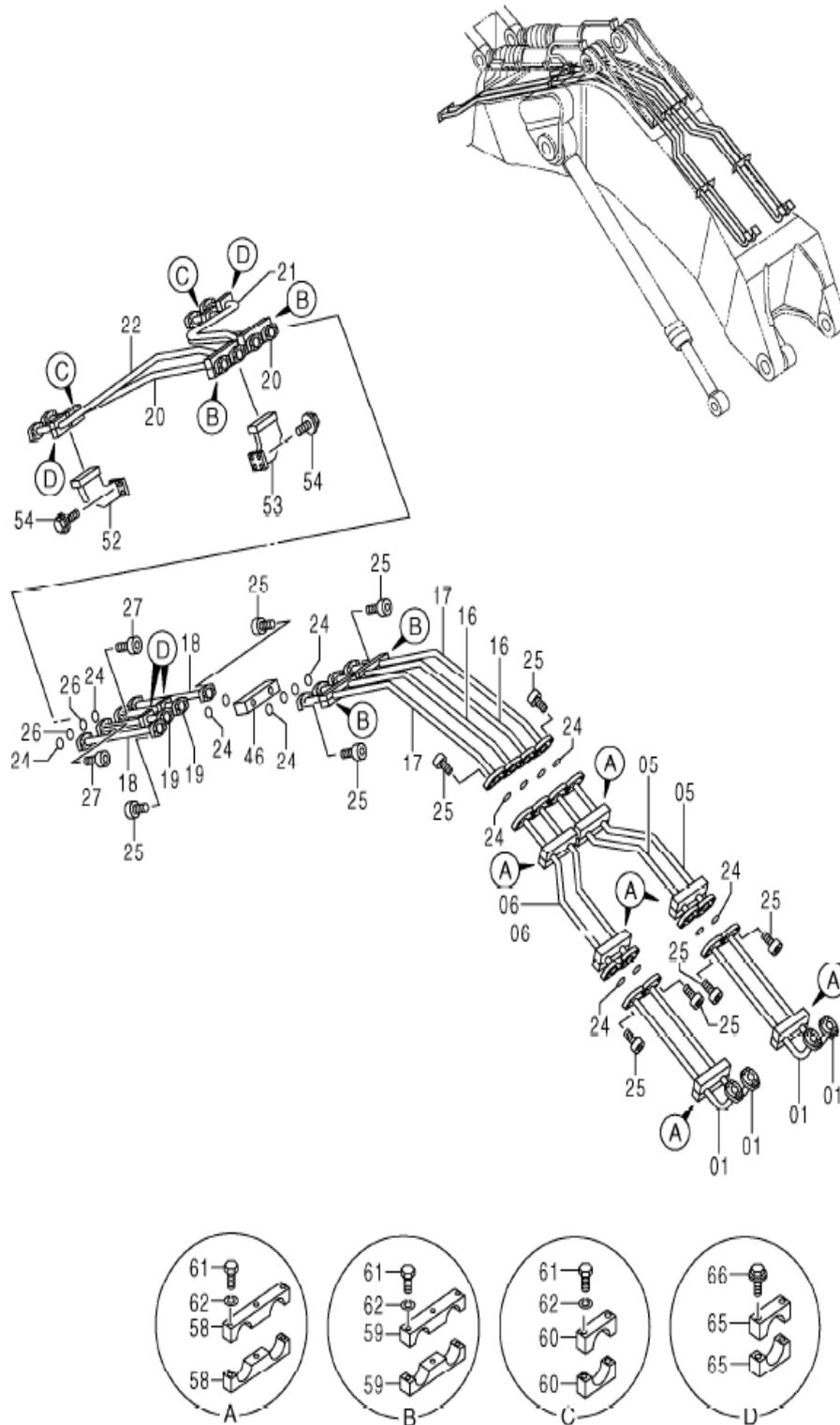
13-Mar	SH008	04:05:43	CARRILERIA	305,GR,Solturas,Carrileria,Descarrilamiento lado RH
14-Mar	SH010	04:16:36	CARRILERIA	,GR,Solturas,Carrileria,cadena rh se descarrilo
15-Mar	SH008	06:53:11	CARRILERIA	,GR,Roturas,Cadena de Oruga,2 zapatas de oruga lh rotas
16-Mar	SH010	06:02:56	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena Completa de Oruga,cadena RH descarrilada
16-Mar	SH010	02:50:50	CARRILERIA	306,GR,Solturas,Cadena Completa de Oruga,descarrilada cadena RH
16-Mar	SH010	00:27:41	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena Completa de Oruga,cadena RH descarrilada
18-Mar	SH008	04:42:32	CARRILERIA	,GR,Roturas,Zapata,lado izquierda
18-Mar	SH008	08:22:48	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,descarrilado
18-Mar	SH010	02:34:13	CARRILERIA	,GR,Desgaste,Zapata,cambio de Zapata RH , LH
19-Mar	SH008	09:10:10	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,descarrilada
19-Mar	SH008	01:10:35	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,CADENAS SUELTAS
20-Mar	SH008	04:50:57	CARRILERIA	,GR,Roturas,Zapata,
21-Mar	SH008	05:02:39	CARRILERIA	,GR,Roturas,Zapata,
22-Mar	SH008	02:50:22	CARRILERIA	,GR,Roturas,Zapata,
23-Mar	SH008	04:01:49	CARRILERIA	,GR,Roturas,Zapata,
24-Mar	SH008	01:59:23	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,templado cadena
24-Mar	SH008	00:33:56	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,RH,templar
24-Mar	SH008	01:18:33	CARRILERIA	306,GR,Solturas,Carrileria,
24-Mar	SH006	00:18:06	CARRILERIA	,GR,Solturas,Zapata,Derecha
2-Abr	SH010	03:46:13	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,descarrilado Izquierdo
3-Abr	SH010	08:26:49	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,descarrilado Izquierdo
4-Abr	SH010	00:17:42	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,templado de cadenas
6-Abr	SH010	04:29:20	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,
6-Abr	SH010	11:17:19	CARRILERIA	,GR,Roturas,Carrileria,Descarrilamiento Lado RH
7-Abr	SH010	09:42:16	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,
9-Abr	SH010	06:54:12	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Descarrilado cadena RH
10-Abr	SH010	01:56:34	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Descarrilado lado RH
10-Abr	SH010	03:13:29	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Descarrilado cadena RH
11-Abr	SH010	06:40:59	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,RH,descarrilado
11-Abr	SH010	03:56:47	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,cadena RH
11-Abr	SH010	01:52:51	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Descarrilado lado RH
1-May	SH006	00:43:32	CARRILERIA	314,GR,Movimiento Restringido,Zapata,Topes de pines de zapata
2-May	SH010	02:21:40	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,RH
3-May	SH010	03:03:04	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,RH
12-May	SH006	02:36:46	CARRILERIA	,CC,Solturas,Cadena de Oruga,descarrilado LH
12-May	SH006	00:03:59	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,descarrilamiento LH
13-May	SH006	01:45:38	CARRILERIA	305,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Cadena RH Descarrilada
14-May	SH006	09:29:09	CARRILERIA	305,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Cadena RH,descarrilado
14-May	SH006	00:19:45	CARRILERIA	305,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Cadena RH Descarrilada
28-May	SH006	01:57:31	CARRILERIA	,GR,Solturas,Rodillo Superior,Instalacion de rodillo superior
28-May	SH006	00:29:47	CARRILERIA	,GR,Solturas,Rodillo Superior,

29-May	SH006	00:55:36	CARRILERIA	,PM,Inspeccion,Rodillo Superior,inspeccion de rodillo superior
30-May	SH010	00:13:50	CARRILERIA	,GR,Alta Temperatura,Rodillo Inferior de Bogie,rodillo derecho
11-Jun	SH006	00:25:32	CARRILERIA	,GR,Desgaste,Carrileria,
17-Jun	SH006	00:14:16	CARRILERIA	,GR,No Acciona,Cadena de Oruga,
18-Jun	SH006	02:23:51	CARRILERIA	,GR,Roturas,Carrileria,Lado LH
19-Jun	SH006	02:49:10	CARRILERIA	,GR,Roturas,Carrileria,Lado LH
28-Jun	SH006	02:08:45	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Cadena LH Descarrilada
29-Jun	SH006	03:59:18	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Oruga Suelta
29-Jun	SH006	03:48:12	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Cadena LH Descarrilada
30-Jun	SH006	07:51:00	CARRILERIA	,GR,Solturas,Cadena de Oruga,Oruga Suelta
6-Ene	SH010	01:05:52	IMPLEMENTOS PALA	305,CC,Fuga,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,cbio lineas de grasa
7-Ene	SH009	00:23:42	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Roturas,Brazo de Pala Frontal y Pines de Bazo,Cambiar tapa de grasa Pin de biela Pos 8
8-Ene	SH009	01:11:32	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Roturas,Brazo de Pala Frontal y Pines de Bazo,Lineas de grasa rotas-3/roca incrustada
15-Ene	SH009	04:45:55	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,
15-Ene	SH009	09:44:21	IMPLEMENTOS PALA	302,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,
16-Ene	SH009	03:00:00	IMPLEMENTOS PALA	302,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,
12-Feb	SH006	00:22:18	IMPLEMENTOS PALA	,PM,Sonido Extranio,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,recinamiento pines
21-Feb	SH010	01:05:47	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Roturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,tapa pin abollado roca
22-Feb	SH010	05:03:36	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Roturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,tapa pin abollado roca
27-Feb	SH009	01:20:05	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Roturas,Boom de Pala y Pines de Boom,Pernos rotos-3/caida roca
5-Mar	SH008	00:39:34	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Solturas,Brazo de Pala Frontal y Pines de Bazo,Tapa de pta de Brazo LH
10-Mar	SH006	00:24:52	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Solturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,Tapa
11-Mar	SH006	00:39:57	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Solturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,Tapa
3-Abr	SH009	02:23:42	IMPLEMENTOS PALA	,PM,Sonido Extranio,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,recinamiento pines
10-Abr	SH006	02:29:23	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Solturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,tapa suelta de pin de cucharon
28-Abr	SH008	00:19:38	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Solturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,tapa pin boom
30-Abr	SH010	04:00:11	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Roturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,base de protector de labio
3-May	SH006	00:19:26	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Solturas,Implementos de Pala,rejilla delantera suelta
9-May	SH009	01:33:34	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Evento Electrico,Implementos de Pala,
9-May	SH009	00:58:46	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Evento Electrico,Implementos de Pala,
10-May	SH009	00:32:57	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Evento Electrico,Implementos de Pala,
11-May	SH009	01:13:24	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,Alarma automatico
11-May	SH009	00:16:12	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,Alarma automatico
4-Jun	SH009	01:59:39	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,
10-Jun	SH008	02:49:22	IMPLEMENTOS PALA	305,GR,Roturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,Pernos de Tapa pin de cucharon
14-Jun	SH006	07:11:22	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Fuga,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,CC Cilindro de Cucharon LH
18-Jun	SH008	01:02:04	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Desgaste,Brazo de Pala Frontal y Pines de Bazo,Cambio de Pin
21-Jun	SH010	03:00:08	IMPLEMENTOS PALA	,GR,No Acciona,Implementos de Pala,No Tiene Giro

22-Jun	SH008	02:23:39	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Solturas,Cucharon de Pala y Pines de Cucharon,Tapa de pin de Cucharon Suelto
24-Jun	SH010	15:01:27	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,
24-Jun	SH010	02:56:00	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,
25-Jun	SH010	11:34:58	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,
28-Jun	SH008	04:38:20	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Falla,Implementos de Pala,Escalera de acceso no Acciona
29-Jun	SH009	03:53:43	IMPLEMENTOS PALA	,GR,Movimiento Restringido,Implementos de Pala,
11-Mar	SH006	00:13:29	DISPOSITIVOS DE PROTECCION	,GR,No Acciona,Panel de Instrumentos,Camara Izquierda
1-Abr	SH010	00:31:36	DISPOSITIVOS DE PROTECCION	,GR,No Acciona,Indicadores y Manometros,Videocamara delantera
1-Abr	SH010	00:38:30	DISPOSITIVOS DE PROTECCION	307,GR,No Acciona,Indicadores y Manometros,Camaras delanteras no Accionan
1-Abr	SH010	03:34:02	DISPOSITIVOS DE PROTECCION	,GR,No Acciona,Indicadores y Manometros,camaras del apagadas
4-May	SH008	00:21:48	DISPOSITIVOS DE PROTECCION	,GR,Falla,Sistema de Supresion de Fuego,Alarma del Sistema Wesfire
19-May	SH009	01:00:07	DISPOSITIVOS DE PROTECCION	,GR,Falla,Indicadores y Manometros,wesFire activado
27-May	SH008	00:00:47	DISPOSITIVOS DE PROTECCION	,GR,Falla,Sistema de Supresion de Fuego,Sist. AFEX

**Fuente:** Departamento de mantenimiento de empresa minera

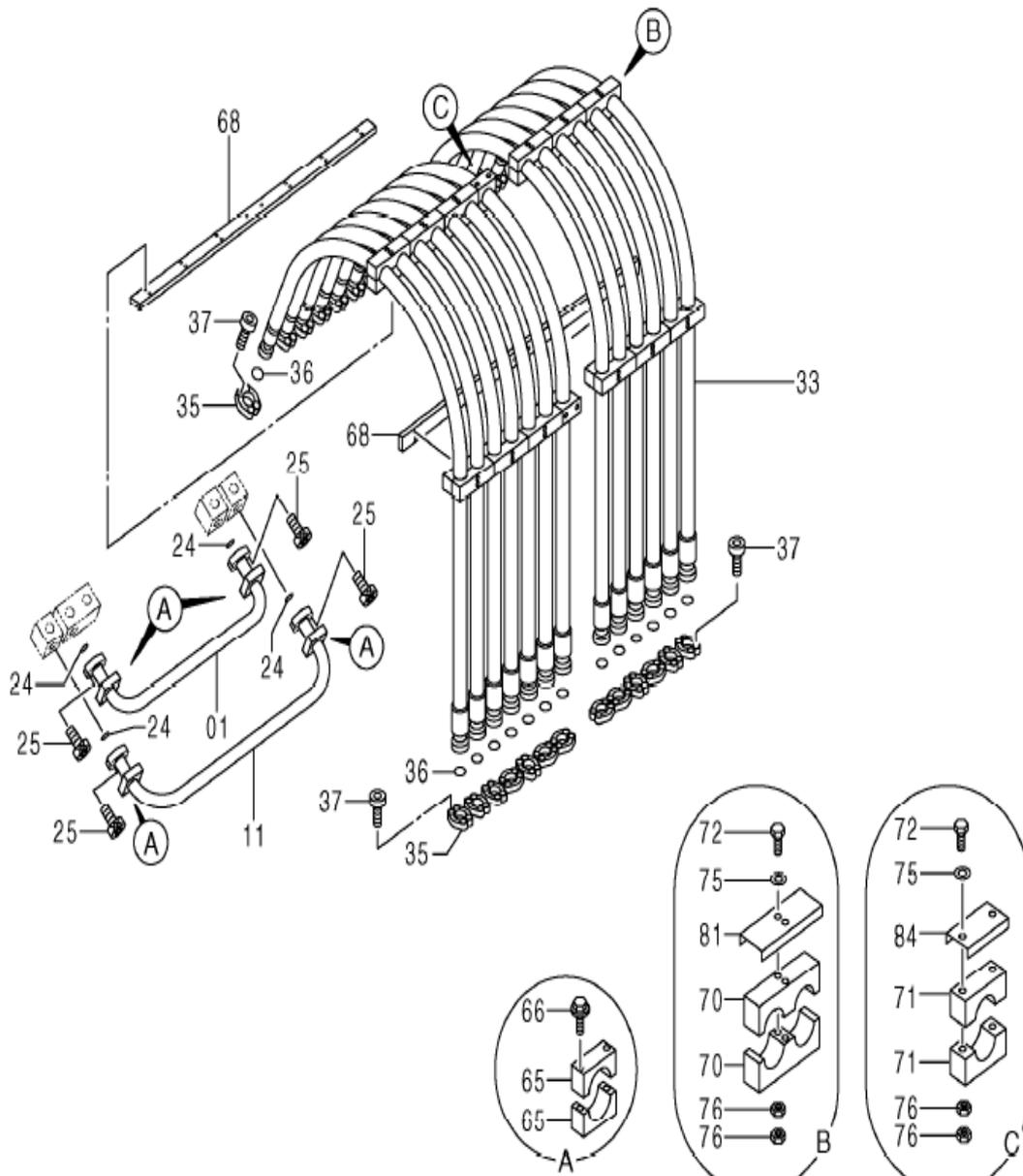
**Anexo 2** *Cartilla de inspección de mangueras y tuberías hidráulicas.*



Horómetro inspección:				Fecha de inspección:				
Ítem	Numero de Parte	Nombre de la pieza	Cantidad	Check			Fecha de Instalación	Horómetro instalación
				Normal	Cambiar	Seguimiento		
0	8069807	PIPE	4					
5	8069808	PIPE	2					
2	8069809	PIPE	2					
16	8069195	PIPE	2					
17	8069196	PIPE	2					
18	9748691	PIPE	2					
19	9748692	PIPE	2					
20	8069812	PIPE	2					
21	8069813	PIPE	1					
22	8069814	PIPE	1					
23	8073094	Tubería	2					
24	4510170	O RING	16					
25	M342065	BOLT;SOCKET	64					
26	4510169	O-RING	2					
27	M341650	BOLT;SOCKET	8					
46	4226930	MANIFOLD	1					
52	8069147	BRACKET	1					
53	8069148	BRACKET	1					
54	J271245	BOLT;SEMS	8					
54A	J901245	BOLT	1					
54B	J222012	WASHER	1					
58	4362366	CLAMP;PIPE	12					
59	4362447	CLAMP;PIPE	8					
60	4357265	CLAMP;PIPE	4					
61	J901403	BOLT	34					
62	A590914	WASHER;SPRING	34					
65	4342723	CLAMP;PIPE	8					
66	J271200	BOLT;SEMS	8					
66A	J901200	BOLT	1					
67B	J222012	WASHER	1					
<b>OBSERVACIONES:</b>								
Nombre y Apellidos Mecánicos								
Nombre y Apellidos Supervisor de Guardia								

**Fuente:** Elaboración propia

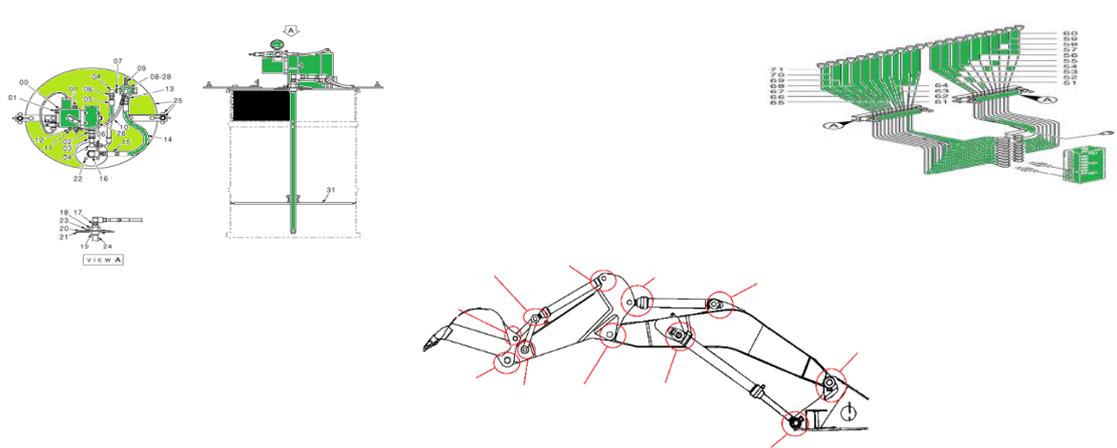
**Anexo 3** *Cartilla de inspección de rozamientos y solduras.*



Horómetro inspección:			Fecha de inspección:					
Ítem	Número de parte	Nombre de la pieza	Cantidad	Check			Fecha de Instalación	Horómetro instalación
				Normal	Cambiar	Seguimiento		
0	8069189	PIPE	1					
11	8069190	Tubería	1					
24	4510170	O RING	4					
25	M342065	BOLT;SOCKET	16					
33	4433056	HOSE	13					
35	4169565	FLANGE;SPLIT	52					
36	4510170	O RING	26					
37	M342065	BOLT;SOCKET	104					
65	4342723	CLAMP;PIPE	8					
66	J271200	BOLT;SEMS	8					
66A	J901200	BOLT	1					
66B	J222012	WASHER	1					
68	3098370	PLATE	2					
70	4473130	CLAMP	24					
71	4485333	CLAMP	4					
72	J901213	BOLT	28					
72	J901214	BOLT	28					
75	A590112	WASHER;PLANE	28					
76	J950012	NUT	56					
81	4410171	CLAMP	12					
84	4410170	CLAMP	2					
<b>OBSERVACIONES:</b>								
Nombre y Apellidos de Mecánicos:								
Nombre y Apellidos Supervisor de Guardia								

**Fuente:** Elaboración propia

**Anexo 4** Cartilla de lubricación de la máquina.

<b>INSPECCIÓN DE LUBRICACIÓN EN LA EX2500</b>			
<b>Nombre y Apellidos:</b>			
<b>Supervisor:</b>			
<b>Fecha de Inspección:</b>			
<b>Tipo de PM:</b>			
			
<b>INSPECCIÓN DE LUBRICACIÓN</b>	<b>CONDICIÓN</b>	<b>NO CONDICIÓN</b>	<b>PRESICIÓN PSI</b>
Inspección del tanque de centralizado			
Bomba de Grasa			
<b>INSPECCIÓN DE INYECTORES</b>	<b>CONDICIÓN</b>	<b>NO CONDICIÓN</b>	<b>REGULAR INYECTORES</b>
Inspección de Boom con Main Frame RH			
Inspección de Boom con Main Frame LH			
Inspección de pines de Boom inferior RH			
Inspección de pines de Boom inferior LH			
Inspección de Pines de Boom Superior RH			
Inspección de Pines de Boom Superior LH			
Inspección de Pines de cilindro brazo RH			
Inspección de Pines de cilindro brazo LH			
Inspección de Pines de unión de brazo con unión de boom RH			
Inspección de Pines de unión de brazo con unión de boom LH			
inspección de pines de cilindro cucharón RH			
Inspección de pines de cilindro cucharón LH			

Inspección de punta de brazo RH			
Inspección de Link RH			
Inspección de Link LH			
Inspección línea de lubricación Center Joint			
<b>INYECTORES DE MAIN FRAME</b>	<b>CONDICIÓN</b>	<b>NO CONDICIÓN</b>	<b>REGULAR INYECTORES</b>
Inyectores 1			
Inyectores 2			
Inyectores 3			
Inyectores 4			
Inyectores 5			
Inyectores 6			
Inyectores 7			
Inyectores 8			
Inyectores 9			
Inyectores 10			
Inyectores 11			
Inyectores 12			
Inyectores 13			
<b>INYECTORES DE CORONA DE GIRO</b>	<b>CONDICIÓN</b>	<b>NO CONDICIÓN</b>	<b>REGULAR INYECTORES</b>
Inspección de inyectores 1			
Inspección de inyectores 2			
Inspección de inyectores 3			
Inspección de inyectores 4			
Inspección de inyectores 5			
Inspección de inyectores 6			
Inspección de inyectores 7			
Inspección de inyectores 8			
Inspección de inyectores 9			
Inspección de inyectores 10			
Inspección de inyectores 11			
Inspección de inyectores 12			
<b>Leyenda</b>			
<b>Presenta Condición</b>	√	<b>No presenta Condición</b>	<b>X</b>
<b>Observación</b>			

**Fuente:** Elaboración propia

**Anexo 5** Cartilla de inspección de fisuras.

FORMATO DE INSPECCIÓN NDT DE PALA HITACHI EX2500				
TURNO-GUARDIA:		UBICACIÓN:		
EQUIPO:		INSPECTOR:		ID
FECHA:		SUPERVISOR		
ITEM	DESCRIPCIÓN			OBSERVACIONES
1	Modo de Falla:			Status SAP:
	Longitud:		mm	Criticidad:
	Técnica:			Severidad:
	Zona:			Área:
	Posición:			
	Característica:			
				
OBSERVACIONES:				

**Fuente:** Elaboración propia

**Anexo 6** *Foto del área de operaciones de la operación minera*



**Fuente:** Empresa minera

**Anexo 7** *Fuga de combustible detectada en inspección de los equipos*



**Fuente:** Empresa minera

**Anexo 8** *Módulo de control electrónico de los equipos sin protección adecuada.*



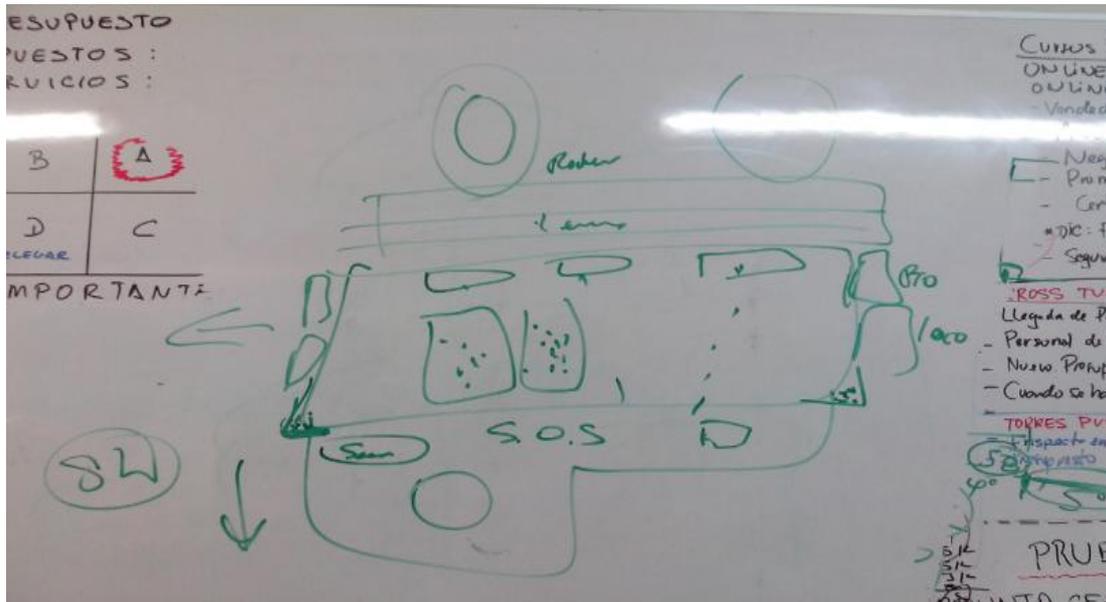
**Fuente:** Empresa minera

**Anexo 9** *Practica inadecuada por parte del personal de mantenimiento.*



**Fuente:** Empresa minera

**Anexo 10** *Análisis de fallas en motor con especialistas de la operación minera.*



**Fuente:** Empresa minera