

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado	Pág.		
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>	<b>i(97)</b>		

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTOR</b>	<b>DANIELA FERNANDA MIRANDA SANTIAGO</b>
<b>FACULTAD</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIAS</b>
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERIA MECANICA</b>
<b>DIRECTOR</b>	<b>Esp. JHON AREVALO TOSCANO</b>
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO MECANIZADO DE LA MINA PROVIDENCIA DE GRAN COLOMBIA GOLD</b>

### RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EL SIGUIENTE TRABAJO TIENE COMO OBJETIVO DISEÑAR UNA PROPUESTA QUE AYUDE A MEJORAR EL PROCESO DE GESTION DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS MECANIZADOS DE LA MINA PROVIDENCIA DE LA EMPRESA GRAN COLOMBIA GOLD, PARA LOGRAR ESTO SE COMENZÓ CON UN DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS EQUIPOS Y EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO QUE PERMITIO IDENTIFICAR ALGUNOS ASPECTOS DE MEJORA, TAMBIEN SE REALIZO SEGUIMIENTO A LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO QUE SE EJECUTARON DURANTE EL TIEMPO DE LA PASANTIA IMPLEMENTANDO VARIOS DE LOS FORMATOS CON LOS QUE CONTABA LA EMPRESA PARA LLEVAR A CABO ESTE PROCESO.

### CARACTERÍSTICAS

<b>PÁGINAS: 97</b>	<b>PLANOS:</b>	<b>ILUSTRACIONES: 26</b>	<b>CD-ROM:</b>
--------------------	----------------	--------------------------	----------------



SC-CER102673

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MECANIZADO  
DE LA MINA PROVIDENCIA DE GRAN COLOMBIA GOLD**

**Autor**

**DANIELA FERNANDA MIRANDA SANTIAGO**

**Trabajo de grado en modalidad pasantía, presentado como requisito para optar el título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director**

**Esp. JHON ARÉVALO TOSCANO**

**Ingeniero mecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

## Contenido

1.	Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mecanizados de la mina Providencia de Gran Colombia Gold .....	1
1.1.	Descripción de la empresa .....	1
1.1.1.	Misión.....	2
1.1.2.	Visión. ....	2
1.1.3.	Propósitos .....	2
1.1.4.	Estructura organizacional de la empresa .....	3
1.1.5.	Descripción de la dependencia asignada.....	4
1.2.	Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.....	4
1.2.1.	Planteamiento del problema .....	5
1.3.	Objetivos de la pasantía .....	6
1.3.1.	Objetivo general .....	6
1.3.2.	Objetivos específicos.....	6
1.4.	Descripción de las actividades .....	7
2.	Enfoque referencial .....	8
2.1.	Enfoque conceptual.....	8
2.1.1.	Mantenimiento .....	8
2.1.2.	Tipos de mantenimiento .....	8
2.1.3.	Gestión de mantenimiento.....	9
2.1.4.	Planeación .....	10
2.1.5.	Programación .....	11
2.1.6.	Indicadores de gestión.....	11
2.1.7.	Modo de falla .....	13
2.1.8.	Mecanismo de falla .....	13

2.2.	Enfoque legal .....	14
2.2.1.	Norma ISO 14224 .....	14
3.	Informe de cumplimiento de trabajo.....	16
3.1.	Presentación de resultados .....	16
3.1.1.	Diagnosticar la situación actual de los equipos mecanizados y la gestión de mantenimiento de la mina Providencia.....	16
3.1.2.	Realizar seguimiento a las actividades planeadas por el área de mantenimiento mecanizado. ....	45
3.1.3.	Elaborar una propuesta de mejoramiento a la gestión de mantenimiento.....	57
4.	Conclusiones .....	66
5.	Recomendaciones .....	68
	Referencias.....	69
	Apéndices.....	71

## Lista de figuras

Figura 1. Organigrama general de la empresa .....	3
Figura 2. Jumbo SANDVIK DD210.....	18
Figura 3. Dimensiones Jumbo SANDVIK DD210.....	19
Figura 4. Cargador SANDVIK LH203.....	20
Figura 5. Dimensiones cargador SANDVIK LH203.....	21
Figura 6. Cargador MTI LT210.....	22
Figura 7. Dimensiones cargador MTI LT210.....	23
Figura 8. Cargador ST2G.....	24
Figura 9. Dimensiones cargador ST2G.....	25
Figura 10. Volqueta JOY .....	26
Figura 11. Volqueta YMC 470 T7 .....	28
Figura 12. Dimensiones volqueta YMC 470T7.....	29
Figura 13. Disponibilidad cargadores 2020 .....	31
Figura 14. Disponibilidad volquetas 2020 .....	32
Figura 15. Disponibilidad jumbo 2020.....	33
Figura 16. Formato planeación y programación de mantenimiento .....	47
Figura 17. Formato seguimiento actividades plan de mantenimiento .....	48
Figura 18. Seguimiento avance overhaul volqueta 3 T7.....	49
Figura 19. Formato planeación y programación mantenimiento overhaul .....	50
Figura 20. Formato seguimiento actividades plan de mantenimiento overhaul .....	50
Figura 21. Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos.....	52
Figura 22. Mecanismos de falla Jumbo .....	54

Figura 23. Mecanismos de falla Volquetas.....	54
Figura 24. Mecanismos de falla Cargadores.....	55
Figura 25. Tipo de mantenimiento.....	56
Figura 26. Formato de seguimiento de actividades programadas.....	62

**Lista de tablas**

Tabla 1 Matriz DOFA.....	4
Tabla 2 Cronograma de actividades.....	7
Tabla 3 Listado de equipos mecanizados.....	16
Tabla 4 Datos técnicos Jumbo SANDVIK DD210.....	18
Tabla 5 Datos técnicos cargador SANDVIK LH203.....	20
Tabla 6 Datos técnicos cargador MTI LT210.....	22
Tabla 7 Datos técnicos cargador ST2G .....	24
Tabla 8 Datos técnicos volqueta JOY .....	27
Tabla 9 Datos técnicos volqueta YMC 470T7.....	28
Tabla 10 Indicadores cargadores 2020 .....	30
Tabla 11 Indicadores volquetas 2020 .....	31
Tabla 12 Indicadores jumbo 2020.....	33
Tabla 13 Estado de equipos recibidos.....	34
Tabla 14 Estado de equipos semana 27 .....	39
Tabla 15 Taxonomía equipos.....	52
Tabla 16 Indicadores de gestión propuestos .....	63

**Lista de apéndices**

Apéndice A. Plan de overhaul volqueta 3 470T7 YMC .....	72
Apéndice B. Programación personal mina Providencia .....	86

## **Introducción**

Cuando hablamos de mantenimiento nos referimos a todas las acciones necesarias para conservar o mantener un activo en un estado que asegure su funcionamiento, por lo que, dentro de las industrias, es de vital importancia para garantizar la continuidad de los procesos de producción, evitando y disminuyendo las paradas por pérdida operacional de los equipos involucrados.

Para que el mantenimiento sea eficaz es necesario que se organicen las actividades de mantenimiento, esto se logra gracias a una buena gestión, proceso donde se planean y programan dichos trabajos coordinando recursos materiales, mano de obra y estimación de tiempos.

En este proyecto se desarrollará una propuesta que mejore el proceso de gestión de mantenimiento de los equipos mecanizados de la mina Providencia de la empresa Gran Colombia Gold, realizando un diagnóstico de los equipos y del proceso que se ejecuta en la mina, que permita encontrar posibles aspectos de mejora, además de realizar un trabajo de implementación de formatos que mejoren el proceso de documentación del departamento.

# **1. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mecanizados de la mina Providencia de Gran Colombia Gold**

## **1.1. Descripción de la empresa**

Gran Colombia Gold es una empresa canadiense de exploración, desarrollo y producción de oro y plata con su enfoque principal en Colombia. Gran Colombia Gold es actualmente el mayor productor subterráneo de oro y plata en Colombia con varias minas subterráneas en sus operaciones de Segovia y Marmato y dos plantas de procesamiento en operación.

Comprometidos en gestionar su modelo de negocio al mismo tiempo que enfrentan el reto de la sostenibilidad: Equilibrar el crecimiento económico, el desarrollo social y la protección ambiental, de forma que el bienestar de las generaciones futuras no se vea afectado por las acciones que se realizan hoy. Desde su punto de vista, las compañías exitosas son aquellas que consideran los objetivos comerciales y de sostenibilidad como interrelacionados.

Creen en una operación minera con altos estándares de seguridad, ética empresarial y buen gobierno, donde el centro de toda operación es el bienestar del ser humano y la protección del medio ambiente. Creen en una gestión minera responsable y a largo plazo, basada en fuertes vínculos de respeto y constante participación con las comunidades radicadas en sus zonas de influencia y los representantes de los gobiernos municipales, departamentales y de la Nación.

### **1.1.1. Misión.**

Gran Colombia Gold es una empresa minera productora de metales preciosos, que crea valor para sus accionistas y grupos de interés mediante la adopción de prácticas eficientes, seguras y responsables bajo estándares de nivel internacional.

### **1.1.2. Visión.**

**Gran Colombia Gold** será una empresa consolidada en explotación subterránea de oro y plata en Colombia, reconocida por altos estándares en sus prácticas mineras, desarrollo sostenible e integridad empresarial.

### **1.1.3. Propósitos**

- Adoptar un conjunto de soluciones integradas para enfrentar los retos de la minería actual, haciendo énfasis en el poder de la tecnología para aumentar la eficiencia y reducir los impactos.
- Mayor compromiso con prácticas éticas y transparentes de respeto a los derechos humanos para ser una fuerza positiva en el desarrollo económico de las comunidades donde operamos.
- Expandir los límites de la innovación en formas que le permitan a la sociedad enfrentar el desafío de la superación de la pobreza, la ilegalidad, la eliminación del trabajo infantil, la contaminación por el uso de mercurio, el trabajo informal, la falta de acceso a los sistemas generales de seguridad social, pensiones y riesgos profesionales.
- Mas compromiso con operaciones seguras, privilegiando la protección del medio ambiente en cada aspecto de lo que hacemos, todos los días.

### 1.1.4. Estructura organizacional de la empresa

La estructura organizacional de Gran Colombia Gold está definida en primer lugar por un director ejecutivo o CEO, seguido de trece (13) dependencias dentro de las cuales están un (1) vicepresidente de exploración, un (1) gerente general de mina, un (1) gerente técnico, un (1) gerente de OH&S, un (1) gerente jurídico, un (1) gerente administrativo, un (1) vicepresidente de recursos humanos, un (1) analista de presidencia, un (1) vicepresidente de asuntos corporativos, un (1) gerente de control de perdidas, un (1) vicepresidente financiero, un (1) gerente ambiental y un (1) auxiliar de presidencia.

En la figura 1 se muestra el departamento de mantenimiento mecanizado dentro de la estructura organizacional de la empresa.

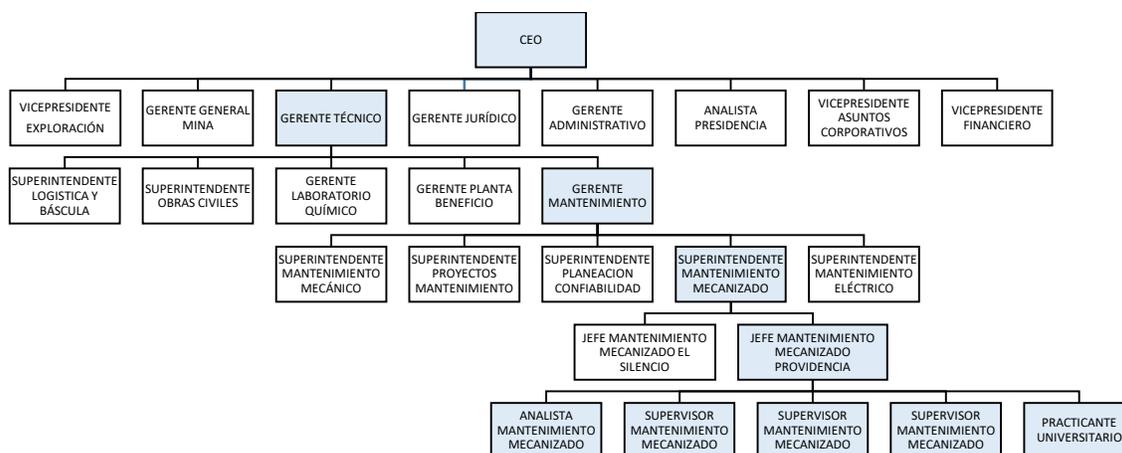


Figura 1. Organigrama general de la empresa. Fuente. GRAN COLOMBIA GOLD

### 1.1.5. Descripción de la dependencia asignada

La pasantía será desarrollada en el departamento de mantenimiento mecanizado de la mina Providencia, desde donde se hace la gestión para asegurar la disponibilidad de los equipos mecanizados dentro del socavón tanto de la mina Providencia, como los de la mina Sandra K.

Sin embargo la pasantía se centrará únicamente en los equipos que están directamente relacionados con la producción, como lo son volquetas de bajo perfil, equipo de perforación Jumbo y cargadores de bajo perfil.

Dentro de esta dependencia se cuenta con tres (3) cuadrillas de mecánicos, cada una de ellas conformadas por un supervisor de mantenimiento y tres técnicos mecánicos encargados de llevar a cabo la ejecución de los mantenimientos.

## 1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada

Tabla 1  
Matriz DOFA

		FORTALEZAS	DEBILIDADES
<b>INTERNOS</b>		- Personal capacitado para la ejecución del mantenimiento.	- Deficiente retroalimentación del software Mántum CMMS por parte del personal.
<b>EXTERNOS</b>		- Interés y apoyo del departamento de mantenimiento para mejorar.	- Repetición de procesos de mantenimiento.
OPORTUNIDADES		ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS DO
- Mejora de la gestión de mantenimiento. - Aumento de la disponibilidad de los equipos.		Establecer condiciones de mejora basados en un estudio de modos y causas de falla que ayude a aumentar la disponibilidad de los equipos.	Realizar pequeñas capacitaciones al personal para la correcta retroalimentación del software, con el fin de obtener información más detallada que ayude a mejorar el área de mantenimiento mecanizado.

Tabla 1  
Continuación

		FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<b>INTERNOS</b>	- Personal capacitado para la ejecución del mantenimiento. - Interés y apoyo del departamento de mantenimiento para mejorar.	- Deficiente retroalimentación del software Mántum CMMS por parte del personal. - Repetición de procesos de mantenimiento.
<b>EXTERNOS</b>			
AMENAZAS	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA	
- Elevados tiempos de parada por falta de repuestos.	Asegurar que el taller mecánico dentro del socavón cuente con el Stock de repuestos necesarios.	Elaborar una planificación de mantenimiento teniendo en cuenta los procesos más repetitivos garantizando la existencia de repuestos.	

*Nota:* Matriz DOFA de la empresa. Fuente. GRAN COLOMBIA GOLD.

### 1.2.1. Planteamiento del problema

Gran Colombia Gold es una empresa dedicada a la exploración y exportación de oro y plata en Colombia, con varios títulos mineros en el país. En su operación en Remedios cuenta con tres minas muy importantes, dentro de las cuales se encuentra la mina Providencia.

La dependencia de mantenimiento mecanizado en la mina Providencia, debe asegurar una disponibilidad de sus activos de un 85%, indicador que muchas veces no se alcanza debido a las fallas inesperadas que día a día presentan dichos equipos. Además, este departamento no cuenta con un proceso de gestión bien estructurado que permita llevar una correcta documentación de las actividades de mantenimiento que se ejecutan a los equipos mecanizados con los que cuenta el departamento.

Debido a la situación actual se desea realizar un análisis del departamento, que muestre posibles condiciones de mejora en su gestión de mantenimiento que ayude a crear una propuesta que pueda ser implementada en la dependencia, logrando fortalecer las debilidades encontradas en el proceso de ejecución de los mantenimientos.

### **1.3. Objetivos de la pasantía**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar una propuesta de mejora a la gestión de mantenimiento mecanizado de la mina providencia de Gran Colombia Gold

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de los equipos mecanizados y la gestión de mantenimiento de la mina Providencia.
- Realizar seguimiento a las actividades planeadas por el área de mantenimiento mecanizado.
- Elaborar una propuesta de mejoramiento a la gestión de mantenimiento.

## 1.4. Descripción de las actividades

Tabla 2  
*Cronograma de actividades*

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	MESES			
	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b>				
Identificar los equipos que están involucrados directamente con producción dentro del socavón.	■			
Documentar los indicadores de gestión actuales de los equipos.		■		
Evaluar el proceso actual de planeación y programación de mantenimiento de los equipos.			■	
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</b>				
Implementar los formatos establecidos para la planeación, programación y seguimiento de las actividades de mantenimiento.	■		■	■
Recopilar la información de todas las intervenciones realizadas en los equipos y clasificarlas según el sistema, la parte y el mecanismo que condujo a la falla.		■	■	■
Presentar mensualmente un informe donde se evidencie el seguimiento de las actividades anteriores.			■	■
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 3</b>				
Establecer recomendaciones para el área de mantenimiento mecanizado basadas en el diagnóstico que ayude a aumentar la disponibilidad de sus equipos.			■	■
Proponer una estrategia que ayude al mejoramiento de la gestión de mantenimiento.				■

## **2. Enfoque referencial**

### **2.1. Enfoque conceptual**

#### **2.1.1. Mantenimiento**

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.(Duffuaa, Raouf, & Campbell, 2008)

#### **2.1.2. Tipos de mantenimiento**

Existen tres tipos básicos de mantenimiento:

##### **2.1.2.1. *Mantenimiento correctivo***

Este tipo de mantenimiento solo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No hay elemento de planeación para este tipo de mantenimiento. Este es el caso que se presenta cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse.

(Duffuaa et al., 2008)

### ***2.1.2.2. Mantenimiento preventivo***

El mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales. Puede realizarse con base en el uso o las condiciones del equipo. (Duffuaa et al., 2008)

**Mantenimiento preventivo basado en el uso:** Este mantenimiento se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o un calendario establecido. Requiere un alto nivel de planeación. Las rutinas que se realizan son conocidas, así como sus frecuencias.

**Mantenimiento preventivo basado en las condiciones:** Este mantenimiento se lleva a cabo con base en las condiciones conocidas del equipo. La condición del equipo se determina vigilando los parámetros clave del equipo cuyos valores se ven afectados por la condición de este.

### ***2.1.2.3. Mantenimiento predictivo***

Este tipo de mantenimiento se basa en el monitoreo periódico de parámetros medibles en la maquinaria en funcionamiento a través de instrumentación especializada. Además, contrasta los valores de dichos parámetros con estándares permisibles; de esta manera diagnosticar o pronosticar cuándo es necesario realizar una intervención de mantenimiento.(Chávez, 2018)

### **2.1.3. Gestión de mantenimiento**

Consiste en coordinar, dirigir y organizar los recursos materiales, humanos y flujos de información destinados al correcto funcionamiento, reparación y prolongación de la vida de los

equipos disponibles (mantenimiento), para que además de lograr el buen funcionamiento en las labores propias de mantenimiento se consiga una contención del gasto y la optimización de costes.

Para que los trabajos de mantenimiento sean eficientes es necesaria la planificación, el control, la planeación del trabajo y la distribución correcta de la fuerza humana.

El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos. También el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, etc. Es parte del mantenimiento preventivo de los sitios de trabajo.

Por lo tanto la Gestión del Mantenimiento se orienta a la búsqueda de metas comunes que deben ser desarrolladas y entendidas con el fin de reducir las restricciones, cuya esencial que establece el logro de la Excelencia en la organización y sirve para enfocar el prestigio de la empresa.

#### **2.1.4. Planeación**

La planeación es el proceso mediante el cual se determinan los elementos necesarios para realizar una tarea, antes del momento en que se inicie el trabajo. (Duffuaa et al., 2008)

En la etapa de planificación hay algunos aspectos que se deben tener en cuenta como:

- Preparación de la orden de trabajo
- Lista de repuestos y herramientas necesarias

- Solicitudes de consumo
- Planos necesarios
- Estimación de tiempos por actividades
- Planeación de la mano de obra

### **2.1.5. Programación**

La programación tiene que ver con la hora o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las órdenes para efectuar el trabajo, su monitoreo, control y el reporte de su avance. (Duffuaa et al., 2008)

### **2.1.6. Indicadores de gestión**

#### ***2.1.6.1. Disponibilidad***

El factor de disponibilidad de un equipo o sistema es una medida que nos indica cuánto tiempo está funcionando ese equipo o sistema operativo respecto de la duración total durante el periodo en el que se desea que funcione. (Alavedra Flores et al., 2016)

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

Donde:

D(t): Disponibilidad.

TMEF: Tiempo medio entre fallas.

TMPR: Tiempo medio para reparar.

- **Tiempo medio entre fallas, TMEF:** Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado.
- **Tiempo medio para reparar (MTTR):** Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

### **2.1.6.2. Confiabilidad**

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. Otra definición importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas. (Mesa, Pinzón, & Ortiz, 2006)

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado.

e: Constante Neperiana (e=2,303..)

$\lambda$ : Tasa de fallas (número total de fallas por periodo de operación).

t: Tiempo.

La confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado.

### **2.1.6.3. Mantenibilidad**

La mantenibilidad se puede definir como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos. (Mesa et al., 2006)

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Donde:

M(t): es la función mantenibilidad, que representa la probabilidad de que la reparación comience en el tiempo t=0 y sea concluida satisfactoriamente en el tiempo t (probabilidad de duración de la reparación).

e: constante Neperiana (e=2.303..)

$\mu$ : Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

t: tiempo previsto de reparación TMPR

### **2.1.7. Modo de falla**

Forma en que la falla ocurre, como modo de falla se puede enunciar las deficiencias que se observan o se perciben en el sistema o la maquina en el momento de reportar la falla.

### **2.1.8. Mecanismo de falla**

Proceso que conduce a una falla, el proceso puede ser físico, químico, lógico o una combinación de los anteriores. (ISO 14224, 2000)

## 2.2. Enfoque legal

### 2.2.1. Norma ISO 14224

Esta norma internacional brinda una base para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación, transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias. Sus definiciones son tomadas del RCM. Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan cuantificar la confiabilidad de equipos y compararla con la de otros de características similares. Los parámetros sobre confiabilidad pueden determinarse para su uso en las fases de diseño, montaje, operación y mantenimiento. Los principales objetivos de esta norma internacional son:

- Especificar los datos que serán recolectados para el análisis de:
  - Diseño y configuración del sistema
  - Seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los sistemas y plantas. Costo del ciclo de vida.
  - Planeamiento, optimización y ejecución del mantenimiento.
- Especificar datos en un formato normalizado, a fin de permitir el intercambio de datos entre plantas. Asegurar que los datos sean de calidad suficiente para el análisis que se pretende realizar. Si bien la norma está orientada al registro de fallas, son de gran importancia las posibilidades de aplicación que presenta para definir los límites y jerarquía de los equipos de operación, como también la calificación de la jerarquía de las

fallas. Parte desde el modo de falla (pérdida de la función) hasta el detalle de la causa de falla y el componente (ítem mantenible para la norma), que provoca el evento. Esta calificación tiene como ventaja que limita la profundidad de detalle del análisis, acotando el nivel al que llega el técnico de mantenimiento (y las que quedan para un especialista como metalografía, fractomecánica, etc.).(Troffé, 2007)

### 3. Informe de cumplimiento de trabajo

#### 3.1. Presentación de resultados

**3.1.1. Diagnosticar la situación actual de los equipos mecanizados y la gestión de mantenimiento de la mina Providencia.**

**Identificar los equipos que están involucrados directamente con producción dentro del socavón.**

En la tabla 3 se muestra un listado de todos los equipos mecanizados que hay actualmente a cargo del área de mantenimiento mecanizado en la mina Providencia, donde vemos seis diferentes tipos de equipos, sin embargo, para este proyecto solo se tendrán en cuenta los cargadores, volquetas y jumbos hidráulicos que son los equipos críticos para la producción pues estos equipos son los que están relacionados con producción de forma directa, mientras que los equipos como los kubota y la camioneta son utilizados para transporte de personal y herramientas y los mini cargadores, para labores varias

Tabla 3  
*Listado de equipos mecanizados*

ÍTEM	TIPO DE EQUIPO	MARCA/MODELO	CÓDIGO	UBICACIÓN
1		SANDVIK LH203	CABP-Z0002	Providencia
2		MTI LT210	CABP-Z0003	Providencia
3		MTI ELT210	CABP-Z0004	Sandra K
4	CARGADOR	MTI ELT210	CABP-Z0005	Sandra K
5		MTI LT210	CABP-Z0006	Sandra K
6		SANDVIK LH203	CABP-Z0010	Providencia
7		ATLAS COPCO ST2G	CABP-Z0012	Providencia

Tabla 3  
Continuación

ÍTEM	TIPO DE EQUIPO	MARCA/MODELO	CÓDIGO	UBICACIÓN
8		YMC 470 T7	VOLQ-Z0001	Providencia
9	VOLQUETA	YMC 470 T7	VOLQ-Z0002	Providencia
10		YMC 470 T7	VOLQ-Z0003	Providencia
11		JOY 7TD	VOLQ-Z0008	Providencia
12	JUMBO	SANDVIK DD210	JUMB-Z0002	Providencia
13	HIDRÁULICO	SANDVIK DD210	JUMB-Z0004	Sandra K
14	MINICARGADOR	BOBCAT SD50	MICA-Z0004	Providencia
15		BOBCAT SD50	MICA-Z0005	Sandra K
16	KUBOTA	RTV X1100 C	VUUT-Z0008	Providencia
17		RTV X1100 C	VUUT-Z0009	Providencia
18	CAMIONETA	HILUX	VUUT-Z0006	Providencia

Fuente. Elaboración propia

### **Descripción de los equipos de estudio**

#### **Jumbo DD210 SANDVIK**

El equipo SANDVIK DD210 es un equipo electrohidráulico y de un solo brazo de perforación, que está diseñado para su uso en tareas de desarrollo de túneles y minas con secciones transversales de hasta 24 metros cuadrados. Este jumbo para minería, presenta un brazo universal resistente que ofrece cobertura de forma óptima, rotación de 360 grados y paralelismo automático, brinda un posicionamiento rápido y simple, además de precisión para la perforación frontal. (“Equipo de perforación de desarrollo DD210 — Sandvik Mining and Rock Technology,” 2020)



Figura 2. Jumbo SANDVIK DD210. Fuente. SANDVIK.

### Ventajas

- Diseño compacto para un buen nivel de visibilidad y estabilidad.
- Chasis articulado de servicio pesado que garantiza una maniobrabilidad estable y segura.
- Perforadora hidráulica potente y con controles sencillos para un alto rendimiento de perforación.
- Entorno de operación y funciones automáticas que permiten una perforación segura, rápida y precisa.
- Puntos de mantenimiento protegidos y de fácil acceso para un mantenimiento rápido.

### Datos técnicos

Tabla 4

*Datos técnicos Jumbo SANDVIK DD210*

DATOS TÉCNICOS	
Peso	9100 Kg
	Según las configuraciones
Longitud	9530 mm
Altura de traslado	2750 mm
Ancho de traslado	1340mm
Radio de giro	Interno 3400 mm
	Externo 5100 mm
Potencia del motor	53 KW
Módulo de alimentación	TF500-12 pies
Tipo de pluma / mástil	B14F
Sistema de control	IBCQF

Fuente. Manual de operaciones Jumbo hidráulico SANDVIK DD210

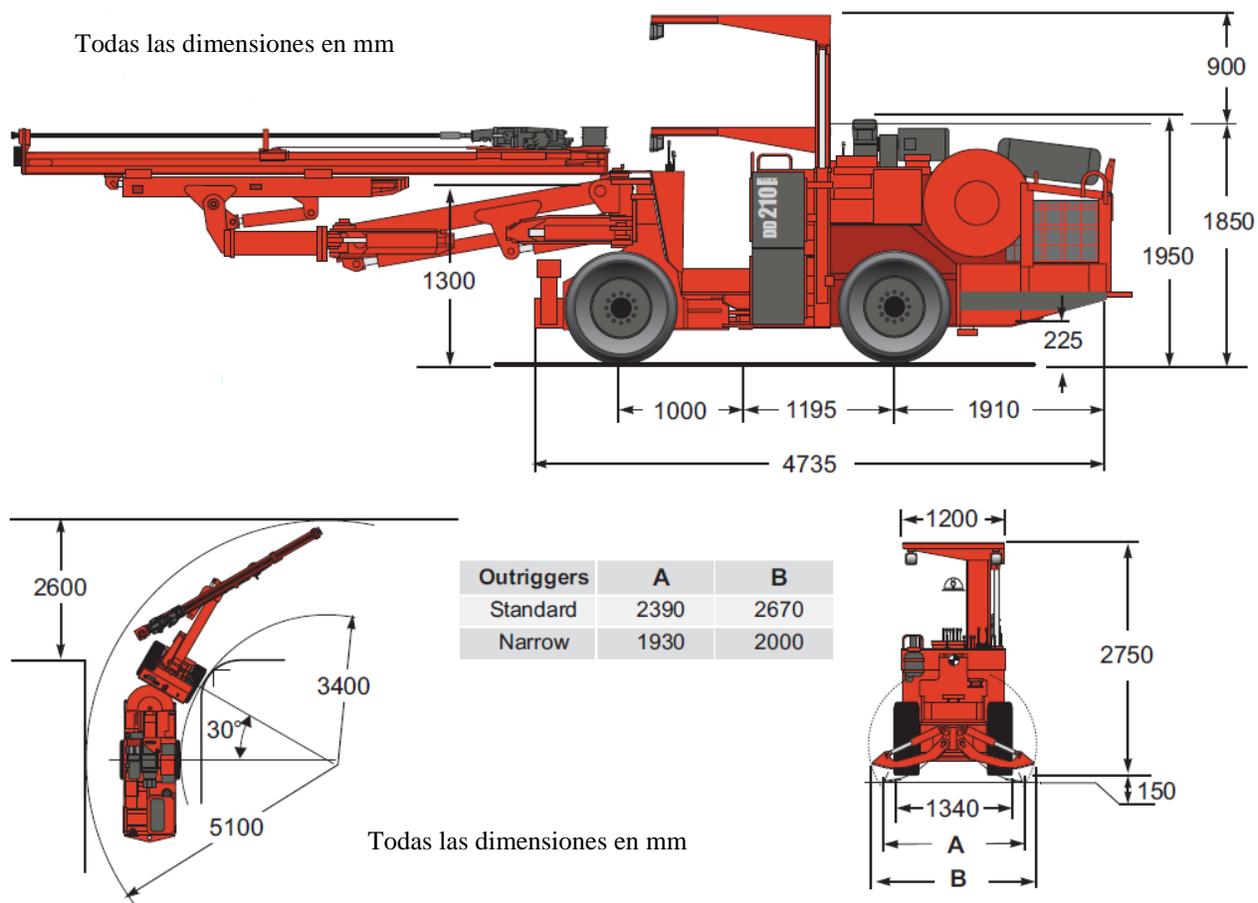


Figura 3. Dimensiones Jumbo SANDVIK DD210. Fuente. Manual de operaciones Jumbo hidráulico SANDVIK DD210

### Cargador SANDVIK LH203

El equipo SANDVIK LH203 es un cargador de vetas estrechas compacto y liviano diseñado para minería subterránea. Cuenta con una capacidad de transporte de 3,5 toneladas métricas y la mejor relación de carga útil / peso propio de su clase. (“LH203 Technical specification — Sandvik Mining and Rock Technology,” 2020)



Figura 4. Cargador SANDVIK LH203. Fuente. SANDVIK

### Ventajas

- Diseño probado para minería de vetas estrechas.
- El bajo peso operativo reduce el consumo de combustible y prolonga la vida útil de los neumáticos.
- El tamaño pequeño de la envolvente y el radio de giro permiten una fácil navegación en vetas estrechas.
- El mantenimiento diario a nivel del suelo permite un servicio más seguro.

### Datos técnicos

Tabla 5

*Datos técnicos cargador SANDVIK LH203*

DATOS TÉCNICOS	
Dimensión (LWH)	7,1 x 1,5 x 1,9 m
Capacidad	3,5 toneladas métricas
Rango de cuchara	1,5 – 2 m <sup>3</sup>
Peso (operativo)	8700 Kg
Fuerza de desprendimiento hidráulico: elevación	61 KN
Fuerza de desprendimiento hidráulico: inclinación	55KN
Potencia del motor	75,1 KW
Velocidad (cargada)	25,2 Km/h

Fuente. Manual de operaciones cargador SANDVIK LH203

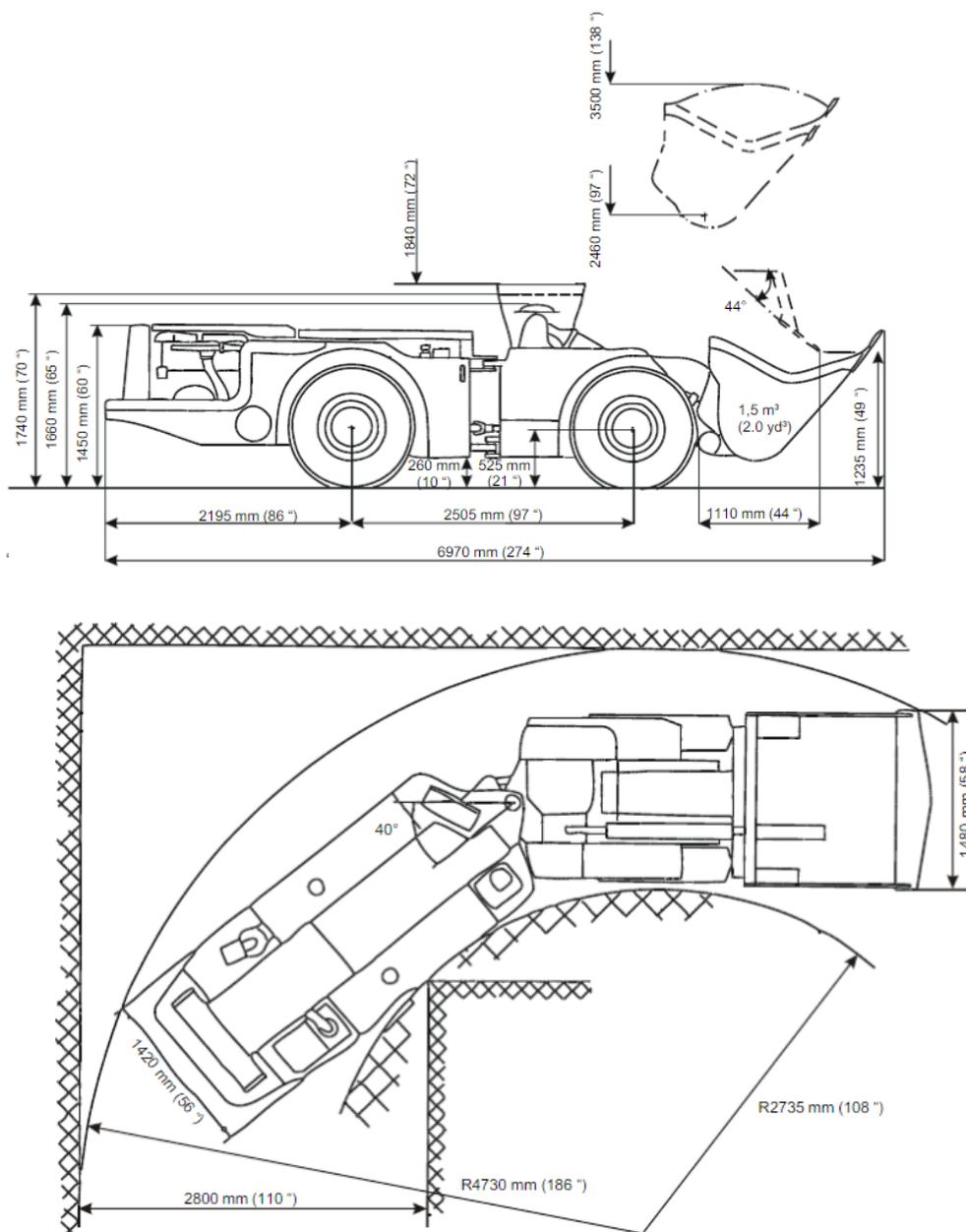


Figura 5. Dimensiones cargador SANDVIK LH203. Fuente. Manual de operaciones cargador SANDVIK LH203

### Cargador MTI LT210

El equipo MTI LT210 es un cargador subterráneo con capacidad de carga de 2041 Kg y un tren de potencia totalmente mecánico. (“LT 210 LHD,” 2012)



Figura 6. Cargador MTI LT210. Fuente. MINING TECHNOLOGIES INTERNATIONAL. INC

### Datos técnicos

Tabla 6

*Datos técnicos cargador MTI LT210*

DATOS TÉCNICOS	
Capacidad de transporte	2041 Kg
Capacidad del cucharón	0,76 – 0,96 m <sup>3</sup>
Peso de funcionamiento	6700 Kg
Ancho de la unidad	1306 mm
Motor	Serie Dana C270
Transmisión	Serie Dana T20000

Fuente. Manual de operaciones cargador MTI LT210

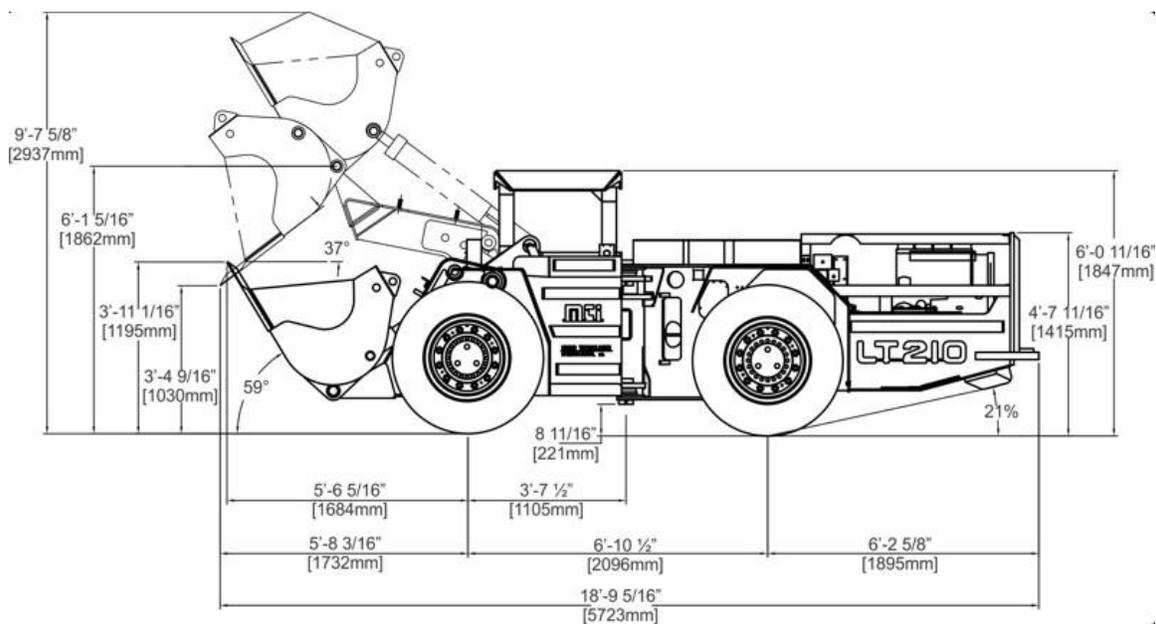


Figura 7. Dimensiones cargador MTI LT210. Fuente. Manual de operaciones cargador MTI LT210

### Cargador ATLAS COPCO ST2G

El Scooptram ST2G es un cargador diésel con una capacidad de desplazamiento de 4 toneladas métricas construido para operaciones de pequeño tamaño, especialmente sobresaliendo

en altitudes elevadas. La sólida pluma, el bastidor de carga, las luces LED y el nuevo grupo de indicadores del panel de instrumentos aumentan la seguridad, la producción y la comodidad del operador. Para maximizar el tiempo de actividad haciendo que el mantenimiento sea rápido y eficiente, el Scooptram ST2G está diseñado con fácil acceso a todos los puntos de servicio diario. Todo esto ayuda a que el Scooptram ST2G sea el cargador más confiable y productivo de su clase. (“Scooptram ST2G | Underground loader | Epiroc,” 2020)



Figura 8. Cargador ST2G. Fuente. Epiroc

### Datos técnicos

Tabla 7

*Datos técnicos cargador ST2G*

DATOS TÉCNICOS	
Capacidad de desplazamiento	4 Toneladas métricas
Altura de desplazamiento	2162 mm
Anchura	1690 mm
Potencia del motor	86 KW
Transmisión	Serie Dana 32000

Fuente. Epiroc

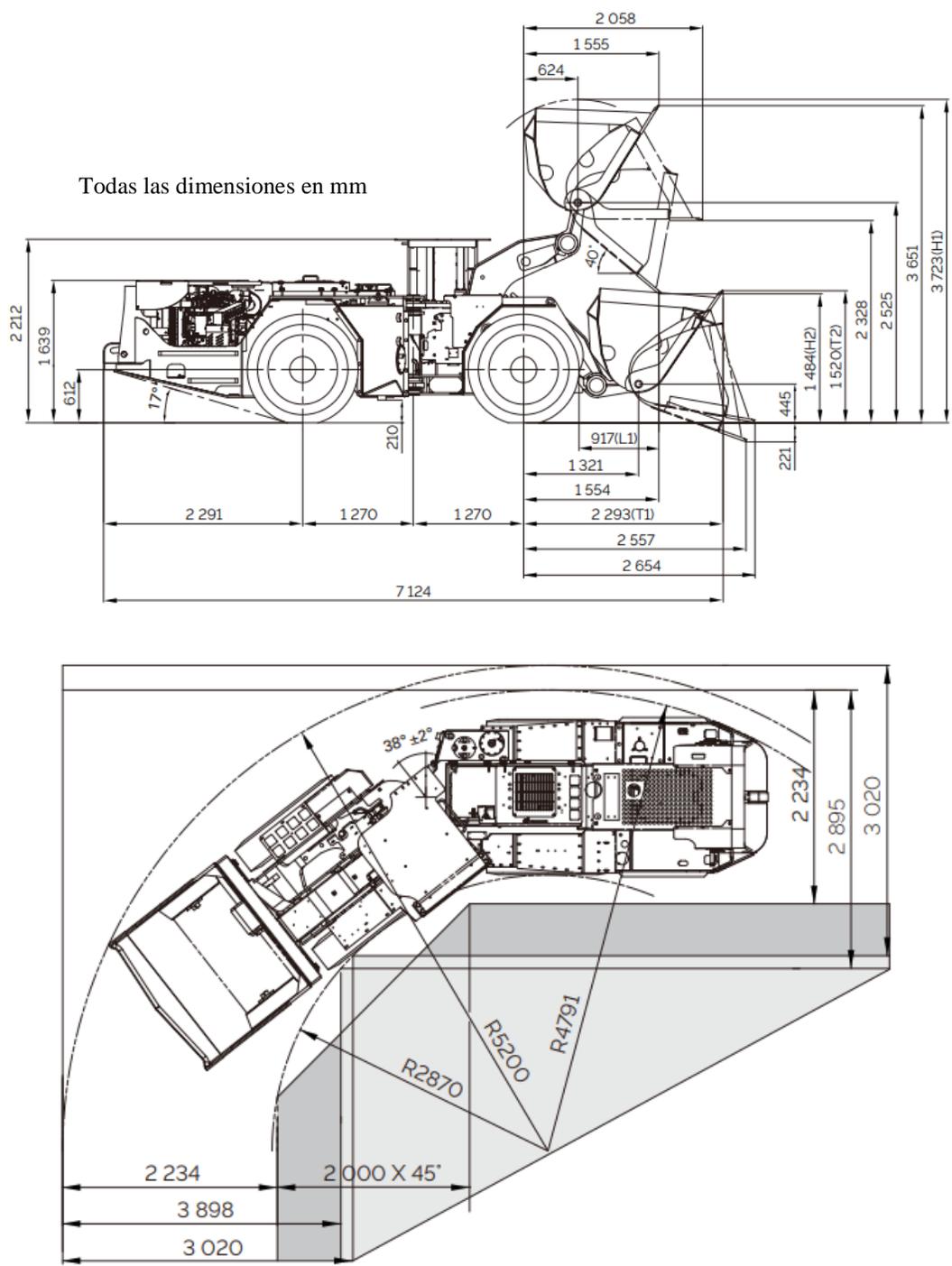


Figura 9. Dimensiones cargador ST2G. Fuente. Epiroc

## **Volqueta JOY 7TD**

Los camiones de tracción en las cuatro ruedas de Joy, están diseñados sobre la base de tres prioridades principales: seguridad, productividad y confiabilidad. El diseño simple facilita el uso y la mantención de la unidad, proporciona impresionantes funciones y opciones que ayudan a reducir los costos operativos. (“Joy 7TD Camiones - Minería Subterránea | Komatsu Mining Corp.,” 2020)



*Figura 10.* Volqueta JOY. Fuente. KOMATSU

### **Seguridad**

- Techos protectores y cabinas ROPS/FOPS para protección certificada de los operadores
- Frenos de seguridad con resortes - Sistema de seguridad que se activa cuando hay baja presión de aceite hidráulico o una falla eléctrica
- Sistema de sujeción de tres puntos y superficies antideslizantes ayudan a minimizar resbalones y caídas
- Aislación de componentes calientes
- Sistemas de interbloqueo y seguridad para proteger a las personas y el equipo
- Rutinas de mantenimiento desde el nivel del suelo

### **Confiabilidad**

- Sólidas estructuras de bastidores de acero construidas para ser resistentes y durar
- Pasadores tipo colector para facilitar la mantención y aumentar la durabilidad
- Tren de potencia mecánica para trabajo pesado – desempeño subterráneo comprobado
- Sistemas hidráulicos con bombas de pistón - operación a menor temperatura, mayor

vida útil

- Sistema eléctrico para trabajo riguroso - componentes de calidad de grado militar
- Lubricación centralizada que provee grasa a los lugares apropiados
- Facilidad en el mantenimiento que ayuda a garantizar una larga vida útil

### **Productividad**

- El tren de potencia totalmente mecánica para trabajo pesado incluye componentes Dana que transmiten una potencia eficiente al suelo y maximizan el esfuerzo de tracción

- El diseño robusto se traduce en menos fallas y mayor tiempo de producción
- Cabina amplia y de diseño ergonómico para el operador, con excelente visibilidad y

controles fáciles de operar

### **Datos técnicos**

Tabla 8

*Datos técnicos volqueta JOY*

DATOS TÉCNICOS	
Capacidad de carga nominal	6600 Kg
Volumen de la caja estándar	3,3 m <sup>3</sup>
Peso operativo	7600 Kg
Dimensiones (largo x ancho x alto)	6217 x 1549 x 2084 mm
Potencia del motor	72 KW
Fuente. KOMATSU	

### Volqueta YMC 470T7

El modelo T7 de la serie 470 es un modelo de alto rendimiento con tracción en las cuatro ruedas. Esta unidad es perfecta para proyectos de vetas pequeñas y angostas con alta capacidad de peso. (“YOUNGS MACHINE COMPANY | Manufactures of Specialized Mining Equipment,” 2019)



Figura 11. Volqueta YMC 470 T7. Fuente. YOUNGS MACHINE COMPANY

### Datos técnicos

Tabla 9

*Datos técnicos volqueta YMC 470T7*

DATOS TÉCNICOS	
Capacidad de carga	6363 Kg
Peso del vehículo (vacío)	9545,45 Kg
Sistema eléctrico	Baterías 12V
Dirección	Hidráulica de bastidor articulado con control de palanca
Suspensión	Marco rígido

Fuente. YOUNGS MACHINE COMPANY

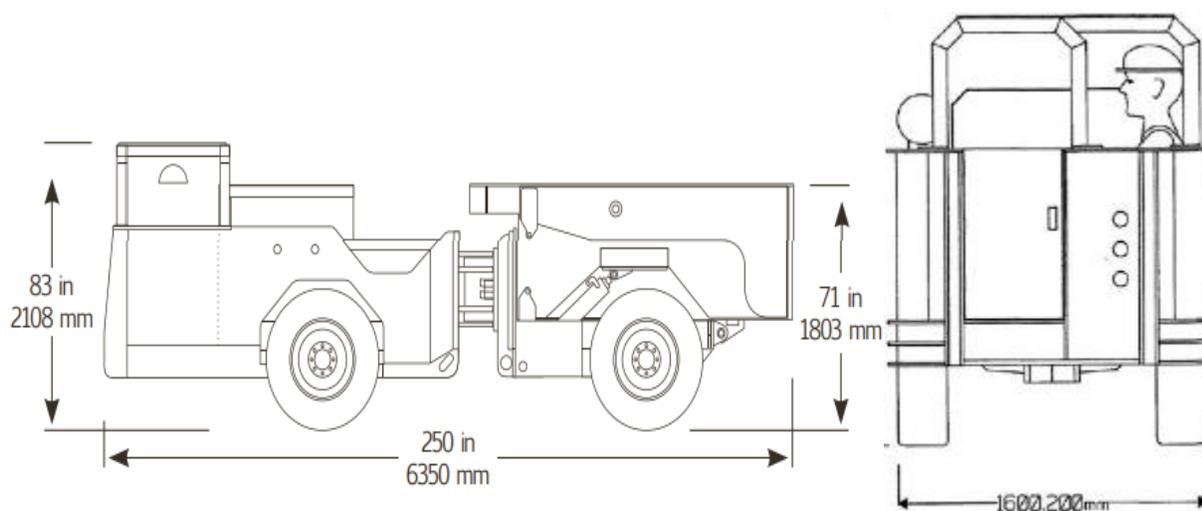


Figura 12. Dimensiones volqueta YMC 470T7. Fuente. YOUNGS MACHINE COMPANY

### **Documentar los indicadores de gestión actuales de los equipos.**

#### **Disponibilidad inicial de los equipos**

Una de las metas establecidas por el departamento de mantenimiento es que el área de mantenimiento mecanizado debe asegurar una disponibilidad del 85% de sus equipos, sin embargo, según el análisis de la situación actual de sus equipos, esta meta en muchas ocasiones no se cumple debido al gran número de paradas imprevistas por las fallas ocurridas en la operación.

Para calcular el % de disponibilidad es necesario obtener el cociente entre las horas que estuvo disponible el equipo y las horas hábiles. Para ello se restarán las horas hábiles y las horas que estuvo el equipo parado por mantenimiento y se dividirá entre las horas totales hábiles.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas hábiles} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas hábiles}}$$

La disponibilidad es calculada en base a 21 horas de trabajo diarias

Horas hábiles = Días del mes \* 21h

Horas parada por mantenimiento = Horas Mtto preventivo + Horas Mtto correctivo

## Cargadores

Tabla 10  
Indicadores cargadores 2020

Meses	Equipos	Días	Horas hábiles [h]	Horas de reparación [h]	Disponibilidad [%]	Promedio [%]
Enero	CABP-Z0002 LH 203	31	651	45,57	93%	85%
	CABP-Z0003 MTI LT 210			136,71	79%	
	CABP-Z0004 MTI ELT 210			97,65	85%	
	CABP-Z0005 MTI ELT 210			182,28	72%	
	CABP-Z0006 MTI LT 210					
	CABP-Z0010 LH 203			26,04	96%	
Febrero	CABP-Z0002 LH 203	29	609	79,17	87%	93%
	CABP-Z0003 MTI LT 210			60,9	90%	
	CABP-Z0004 MTI ELT 210			24,36	96%	
	CABP-Z0005 MTI ELT 210			12,18	98%	
	CABP-Z0006 MTI LT 210					
	CABP-Z0010 LH 203			24,36	96%	
Marzo	CABP-Z0002 LH 203	31	651	188,65	71%	84%
	CABP-Z0003 MTI LT 210			87,08	87%	
	CABP-Z0004 MTI ELT 210			24	96%	
	CABP-Z0005 MTI ELT 210			3,67	99%	
	CABP-Z0006 MTI LT 210			293,9	55%	
	CABP-Z0010 LH 203			26,04	96%	
Abril	CABP-Z0002 LH 203	30	630	197,85	69%	88%
	CABP-Z0003 MTI LT 210			74,25	88%	
	CABP-Z0004 MTI ELT 210			88,5	86%	
	CABP-Z0005 MTI ELT 210			1	100%	
	CABP-Z0006 MTI LT 210			39,42	94%	
	CABP-Z0010 LH 203			41,65	93%	
Mayo	CABP-Z0002 LH 203	31	651	413,07	37%	57%
	CABP-Z0003 MTI LT 210			510,58	22%	
	CABP-Z0004 MTI ELT 210			301,47	54%	
	CABP-Z0005 MTI ELT 210			29,25	96%	
	CABP-Z0006 MTI LT 210			1,33	100%	
	CABP-Z0010 LH 203			430,95	34%	

Fuente: Mántum CMMS

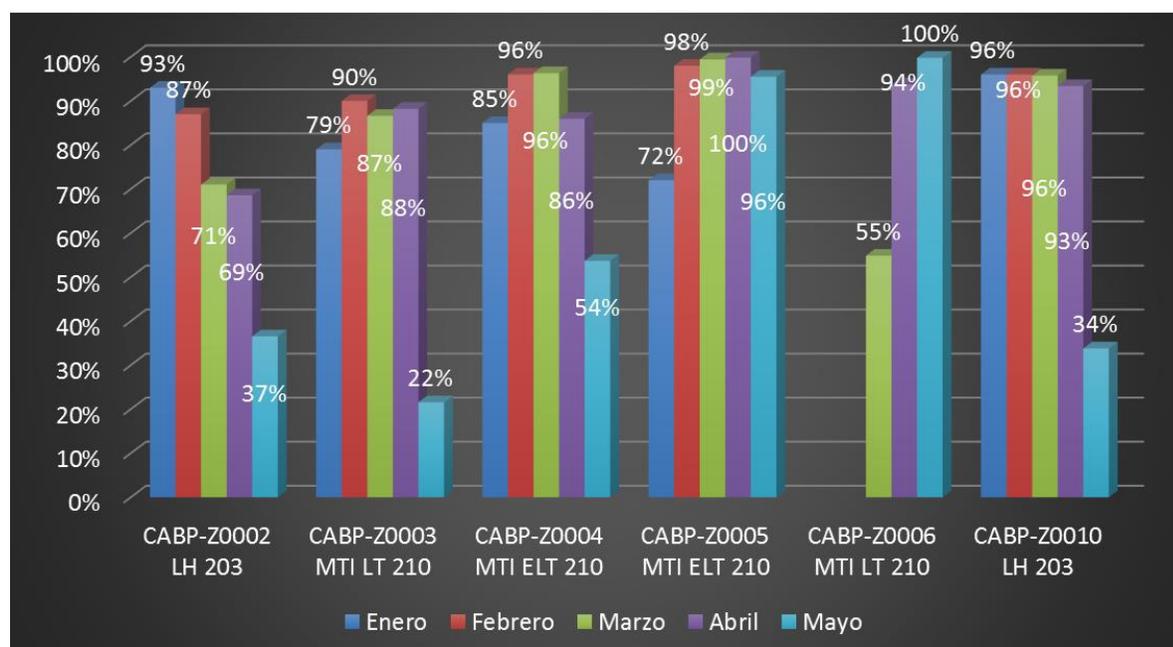


Figura 13. Disponibilidad cargadores 2020. Fuente: Autor

En la figura 13 y tabla 10 se puede observar la disponibilidad de todos los cargadores durante los primeros cinco meses del año 2020. De los cargadores 2, 3, 4 y 10 podemos destacar que su disponibilidad fue en declive en los primeros meses, sobre todo en el mes de mayo que se vio gravemente afectada. Mientras que los cargadores 5 y 6 muestran una excelente disponibilidad e incluso un aumento considerable.

## Volquetas

Tabla 11

Indicadores volquetas 2020

Meses	Equipo	Días	Horas hábiles [h]	Horas de reparación [h]	Disponibilidad [%]	Promedio [%]
Enero	VOLQ-Z0001 YMC 470 T7	31	651			87%
	VOLQ-Z0002 YMC 470 T7			52,08	92%	
	VOLQ-Z0003 YMC 470 T7			156,24	76%	
	VOLQ-Z0008 DIÉSEL JOY			39,06	94%	

Tabla 11  
Continuación

Meses	Equipo	Días	Horas hábiles [h]	Horas de reparación [h]	Disponibilidad [%]	Promedio [%]
Febrero	VOLQ-Z0001 YMC 470 T7			182,7	70%	
	VOLQ-Z0002 YMC 470 T7			54,81	91%	
	VOLQ-Z0003 YMC 470 T7			85,26	86%	
	VOLQ-Z0008 DIÉSEL JOY	29	609	225,33	63%	78%
Marzo	VOLQ-Z0001 YMC 470 T7			410,08	37%	
	VOLQ-Z0002 YMC 470 T7			111,83	83%	
	VOLQ-Z0003 YMC 470 T7			111,97	83%	
	VOLQ-Z0008 DIÉSEL JOY	31	651	44,75	93%	74%
Abril	VOLQ-Z0001 YMC 470 T7			172,267	73%	
	VOLQ-Z0002 YMC 470 T7			48,92	92%	
	VOLQ-Z0003 YMC 470 T7			114,92	82%	
	VOLQ-Z0008 DIÉSEL JOY	30	630	87,17	86%	83%
Mayo	VOLQ-Z0001 YMC 470 T7			152,67	77%	
	VOLQ-Z0002 YMC 470 T7			394,47	39%	
	VOLQ-Z0003 YMC 470 T7			407,82	37%	
	VOLQ-Z0008 DIÉSEL JOY	31	651	508,95	22%	44%

Fuente: Mántum CMMS

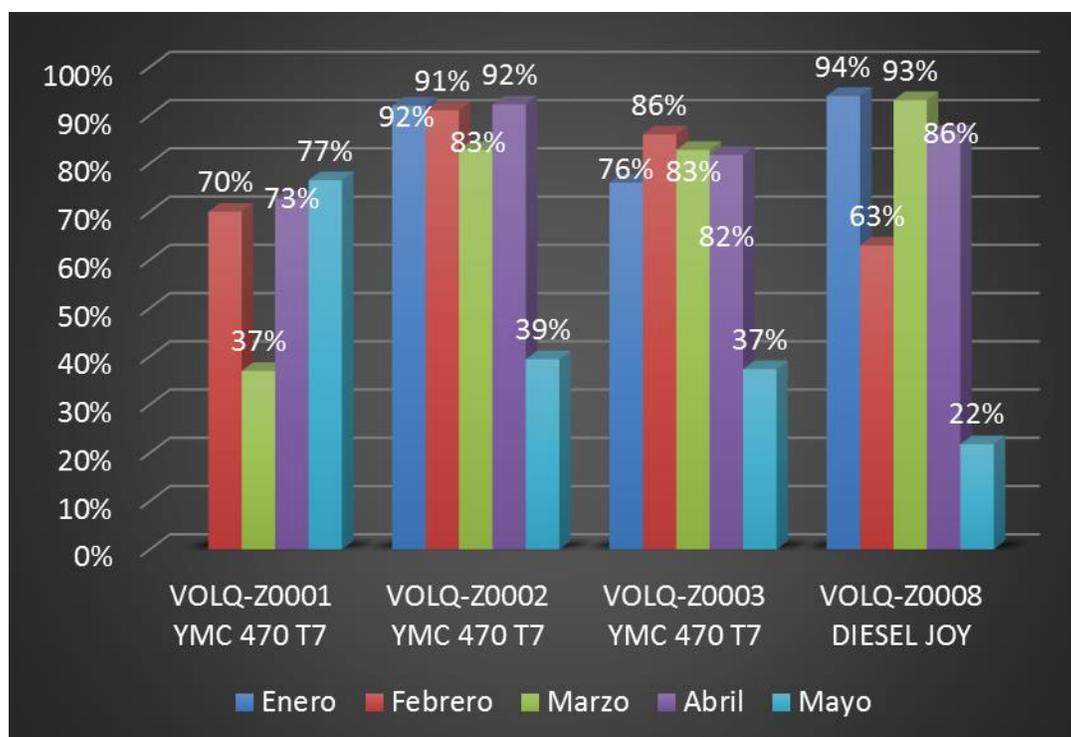


Figura 14. Disponibilidad volquetas 2020. Fuente. Autor

En la figura 14 y tabla 11 podemos apreciar que la disponibilidad de las volquetas en los primeros meses del año se ve gravemente afectada, muy pocos equipos cumplen con la meta del 85% planteada para el departamento de mantenimiento mecanizado.

### Jumbo

Tabla 12  
Indicadores jumbo 2020

Meses	Equipo	Días	Horas hábiles [h]	Horas de reparación [h]	Disponibilidad [%]	Promedio [%]
Enero		31	651	84,63	87%	
Febrero		29	609	535,92	12%	
Marzo	JUMB-Z0002 DD 210	31	651	178	73%	49%
Abril		30	630	324,18	49%	
Mayo		31	651	475,77	27%	

Fuente. Mántum CMMS



Figura 15. Disponibilidad jumbo 2020. Fuente: Autor

En la figura 15 y tabla 12 se puede ver que enero fue el único mes en el que la meta de disponibilidad en el jumbo se cumplió, sin embargo fue un valor muy cercano al 85%, luego,

para el mes de febrero se tenía programado un mantenimiento overhaul a este equipo por lo que en la gráfica se observa un valor demasiado bajo, no obstante en los meses siguientes se percibe un descenso considerable en este indicador.

### **Informe estado de equipos recibidos**

El día lunes 22/06/2020 se reciben y se detectan las siguientes anomalías en los equipos según la criticidad:

*Tabla 13*  
*Estado de equipos recibidos*

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Volqueta JOY #8	Problemas en las RPM de motor en mínimo y alto.	Fuera de servicio
Scoop MTI Eléctrico #5	Problema eléctrico. Falta de tornillo de pasador del boom superior, lado izquierdo. Falta de adaptadores en los 2 cilindros de lengüeta.	Fuera de servicio
Volqueta YMC #1	Trabajo de soldadura en el chasis. Cambio de alojamientos en pivote de volco.	Fuera de servicio
Volqueta YMC #2	Fisuras múltiples en el chasis delantero.	Fuera de servicio
Minicargador BOBCAT #4	Daño de alojamientos y pasadores.	Fuera de servicio
Scoop LH203 #10	Juego excesivo en articulación central inferior.	En servicio
Scoop LH203 #02	Fuga severa de aceite por cilindro de dirección.	En servicio
Scoop MTI #3	Balde con alto desgaste.	En servicio

Fuente. Autor

### Acciones semana del 22 al 28 de junio

Todos los procedimientos descritos a continuación se realizan de forma empírica, los pasos detallados de cada proceso ejecutado se basa en la respuesta de los técnicos gracias al conocimiento, experiencia y observación de todo el personal.

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Volqueta JOY #8	Problemas en las RPM de motor en mínimo y alto.	Fuera de servicio

Lunes 22/06/2020, se revisa con los mecánicos el sistema eléctrico de las bobinas de cambio y se encuentran bien conectadas



Se calibra presión del sistema de válvula de carga que estaba baja y se pone el equipo operativo en pruebas



El equipo responde bien, se deja laborando con paros intermitentes ocasionados por: fuga de aceite de motor, manguera de ACPM, tornillos de cardan partidos



Jueves 25/06/2020, se detecta una fuga de aceite por el convertidor de la servotransmisión que fue agravándose con el tiempo, se decide parar el equipo



Se reporta la novedad a la Superintendencia y se da la sugerencia de tratar de adaptar la servotransmisión de la volqueta 2 que es una servo modelo más vieja pero tiene características posiblemente similares, se consulta a proveedores representantes de la marca DANA para constatar su compatibilidad

**Respuesta proveedor MAESTRANZA DIÉSEL DANA:**

1. Equipo YMC tiene Convertidor de mayor capacidad 1204 mm, (Eq. JOY Convertidor. 1203 mm) tamaño del Impeller. Esto indica una mayor capacidad de empuje.
2. Equipo YMC tiene bomba con filtro remoto, (Eq. JOY bomba con filtro)
3. Equipo YMC tiene Flex plate con mayor diámetro 13.12, (Eq. JOY Flex 13.5) El Flex Plate es el que acopla la transmisión con la volante del motor.
4. Equipo YMC tiene los Hub con más dientes, (Eq. JOY menos)
5. Equipo YMC tiene Grupo de control con solenoide 12v, (Eq. JOY solenoide 24v)

Se procede al cambio de servo y adaptación luego de conocido los datos técnicos de ambas servos. Se inicia desmontaje el viernes 26/06/2020 en el turno de la tarde, **quedando operativo** y puesto a pruebas el día sábado 27/06/2020 en el turno de la tarde, se observa laborando bien.

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Scoop MTI Eléctrico #5	Problema eléctrico. Falta de tornillo de pasador del boom superior, lado izquierdo. Falta de adaptadores en los 2 cilindros de lengüeta.	Fuera de servicio

Se busca el repuesto el día lunes 22/06/2020, minas retrasa la pronta reparación por no tener operadores disponibles



**Equipo queda operativo**

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Volqueta YMC #1	Trabajo de soldadura en el chasis. Cambio de alojamientos en pivote de volco.	Fuera de servicio

El día lunes 22/06/2020 en turno día se inicia el montaje de diferencial trasera, se hace la observación al soldador para que le coloque topes al diferencial para mejor fijación del mismo e incide en una mejora al equipo



Se le manda a montar eje cardán flotante y chumaceras nuevas, las cuales presentaban mucho desgaste. Se le pide al soldador colocarle topes de fijación en las chumaceras para mejor fijación e incide en una mejora al equipo



Se instala volco con pivotes nuevos y pasadores nuevos



**Queda operativo el equipo 13:00 pm.**

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Volqueta YMC #2	Fisuras múltiples en el chasis delantero.	Fuera de servicio

El día Lunes 22/06/2020 turno tarde inicia desmontaje de motor, servo y diferencial delantera para proceder a cambio de láminas fisuradas



En proceso de soldadura



El día Domingo 28/06/2020 se inició desarme de servo transmisión de la Joy para intentar la reparación y ser instalada en la volqueta YMC 470T7#2 puesto que fue prestada a la volqueta

JOY



Se reparara en Pampa Verde cilindro de volco que fue tomado para otra volqueta por no tener repuesto en el momento. Se tiene kit de sellos disponibles



Equipo en proceso de reparación Fuera de servicio por soldadura, reparación de servo, reparación de cilindro de volco, en proceso

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Minicargador BOBCAT #4	Daño de alojamientos y pasadores.	Fuera de servicio

Por limitante de personal no se le da prioridad al equipo



Se realiza la compra de los pasadores y bujes



El domingo 28/06/2020 turno día se inicia proceso de soldadura y cambio de alojamiento

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Scoop LH203 #10	Juego excesivo en articulación central inferior.	En servicio

Se inicia intervención el lunes 29/06/2020 turno Serena como mantenimiento programado

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Scoop MTI #3	Balde con alto desgaste.	En servicio

El día Jueves 25/06/2020 hora de inicio 17:30 pm hasta el viernes 26/06/2020 serena hora final 01:30 am, se cambia bujes de punta de Boom por desgaste, se cambia cilindro de balde por fuga de aceite. Mantenimiento programado con Jefatura de Minas.



El equipo queda operativo. Hora 01:30 AM

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Estatus</b>
Scoop LH203 #02	Fuga severa de aceite por cilindro de dirección.	En servicio

El día Viernes 26/06/2020 luego de entregar el MTI3 a la 01:30AM por cambio de balde se inicia a las 03:30 am, la intervención del equipo LH203#2 por presentar alta fuga de aceite hidráulico por los sellos, representa un alto consumo de aceite, este equipo venía trabajando así, además podría presentar una parada imprevista por daño completo del cilindro, generando obstáculo en la vía de la rampa. Mantenimiento Programado con Minas



Se precisó sopletear los pasadores por presentarse dificultad para sacarlos, lo cual representó mayor tiempo en la intervención



Se montan bujes, pasadores nuevos y cilindro reparado. Este equipo tenía un consumo de aceite hidráulico de 5 galón/día en promedio y después del cambio solo se le ha agregado 1 galón en 7 turnos de trabajo



El equipo queda operativo el día Viernes hora 13:00 pm

### Estado de equipos 28/06/2020

Tabla 14

Estado de equipos semana 27

	<b>Estatus</b>	<b>Observación</b>
Volqueta JOY #8	En servicio	
Scoop MTI Eléctrico #5	En servicio	
Volqueta YMC #1	En servicio	
Volqueta YMC #2	Fuera de servicio	Equipo en proceso de reparación Fuera de servicio por soldadura, reparación de servo, reparación de cilindro de volco, en proceso

Tabla 14  
Continuación

	<b>Estatus</b>	<b>Observación</b>
Minicargador BOBCAT #4	Fuera de servicio	El domingo 28/06/2020 turno día se inicia proceso de soldadura y cambio de alojamiento.
Scoop LH203 #10	En servicio	
Scoop LH203 #02	En servicio	
Scoop MTI #3	En servicio	

Fuente. Autor

### **Actividades adicionales**

#### **Cilindros hidráulicos**

Se envía a reparación cilindros de dirección y una diferencial destacando la importancia de mantener cilindros de repuestos.

- ✓ Cilindros de dirección YMC Cant 1
- ✓ Cilindros de dirección YMC Cant 2 volqueta 4 quemada. Para recuperar
- ✓ Cilindros de volcó YMC Cant 2 volqueta 4 quemada. Para recuperar
- ✓ Cilindros de dirección LH203#2 Cant 1
- ✓ Cilindro de balde de MTI 3 Cant 1
- ✓ Cilindro de lengüeta MTI Cant 1
- ✓ Diferencial de MTI Dana 163 Cant 1

#### **Volqueta YMC #3**

Se traslada chasis fabricado de volqueta 3 (próxima a overhaul) al taller mecánico Pampa Verde para reforzar chasis.

### **Estrategia aplicada**

- ✓ Inicialmente atacar los equipos uno a uno según criticidad y reparaciones puntuales para evitar paradas imprevistas de magnitud considerable en los equipos que estaban laborando.
- ✓ La primera semana del mes de julio se retoma los mantenimientos preventivos tal como se venía realizado antes de la contingencia e ir recuperando la disponibilidad de los equipos paulatinamente.

### **Limitantes encontradas**

- ✓ Guaje ocupado con la volqueta 2.
- ✓ Espacio físico muy reducido para tantas intervenciones simultaneas.
- ✓ Poco personal para atacar simultáneamente todos los frentes de trabajo por lo que se ejecutó por prioridades.
- ✓ Se requiere adecuar otro sitio con guaje, iluminación y ventilación para realizar intervenciones a los equipos.
- ✓ Traslados de repuestos desde Medellín a Segovia muy limitadas lo que genera mayor tiempo para recibir un repuesto URGENTE.

### **Evaluar el proceso actual de planeación y programación de mantenimiento de los equipos.**

Para la evaluación del proceso de gestión de mantenimiento del área de mecanizado en la mina Providencia se definió una estrategia que permitiera conocer cada uno de los pasos que se realizan durante todo el proceso para lograr identificar aspectos de mejora. Se comenzó con una revisión bibliográfica de las etapas de la gestión de mantenimiento, luego se obtuvo información

de cómo se ejecutaban estas etapas en la mina a través de la observación y algunas entrevistas realizadas al jefe y al analista de mantenimiento.

Los siguientes son los aspectos que se tuvieron en cuenta para realizar la evaluación del proceso de planeación y programación de mantenimiento.

### **Personal**

El área de mantenimiento mecanizado mina Providencia cuenta con un analista de mantenimiento tres supervisores de mantenimiento y diez técnicos mecánicos, nueve de los cuales están distribuidos en equipos de trabajo al interior de la mina y uno de los técnicos realiza labores varias tanto al interior de la mina como en superficie.

Mina Sandra K, cuenta con dos técnicos mecánicos, los cuales realizan trabajos al interior de la mina.

La función del analista de mantenimiento es apoyar las actividades de planificación y programación de los mantenimientos preventivos, así como el seguimiento de las solicitudes de servicio para gestionar la programación de esas actividades y garantizar su pronta ejecución, otra de sus funciones es asegurar que el personal dentro de la mina cuente con las herramientas y repuestos necesarios.

La función de los supervisores de mantenimiento es ejecutar y supervisar las actividades de mantenimientos correctivos y preventivos.

La función principal de los técnicos de mantenimiento es ejecutar los mantenimientos correctivos y preventivos en los equipos mecanizados, también deben llevar un registro físico diario de cada intervención realizada en los equipos. Además de eso, otra de sus funciones es registrar esas intervenciones en el programa de Mántum CMMS donde crean una orden de trabajo por cada actividad de mantenimiento ejecutada.

Se identificaron algunos inconvenientes relacionados con el personal de mantenimiento:

- Debido al gran número de equipos mecanizados y la cantidad de intervenciones que normalmente se ejecutan, se cuenta con poco personal para realizar todas las actividades de mantenimiento, lo que aumenta los tiempos de respuesta de los mantenimientos.
- El personal no realiza un adecuado registro de las actividades en el software Mántum CMMS.
- Algunas responsabilidades están mal distribuidas, ocasionando que las funciones del personal se desplacen.

### **Planeación del mantenimiento**

El área de mantenimiento mecanizado recibe una cierta cantidad de solicitudes de servicio por parte del área de confiabilidad cada vez que los inspectores de mantenimiento realizan inspecciones a los equipos, luego de tener estas solicitudes de servicio y algunas otras actividades determinadas por la experiencia o por las observaciones de los técnicos y los operadores, se procede a planear la ejecución de dichas actividades, por lo que se verifican los repuestos que se necesitan, y si no los hay en el taller, se gestiona una solicitud de consumo

para pedir el repuesto a almacén, además se estima un tiempo general para realizar el mantenimiento.

Se identifican algunos inconvenientes relacionados con la planeación del mantenimiento:

- No se tiene una documentación de este proceso.
- La estimación de los tiempos se hacen en general y no por actividad.
- Los técnicos de mantenimiento a veces no especifican todas las actividades planeadas que se ejecutan, por lo que es difícil llevar un seguimiento adecuado de este proceso.

### **Programación del mantenimiento**

Luego de planear las actividades de mantenimiento, se debe concretar una fecha para ejecutarse estas actividades, para esto se tienen en cuenta los días destinados por parte del área de lubricación para realizar sus intervenciones, además se debe procurar que la disponibilidad del equipo no se vea mayormente afectada por la intervención, y para esto se intenta programar varias intervenciones que se puedan ejecutar en una misma parada, y se trata de aprovechar los tiempo en que los equipos no se encuentran laborando para dar respuesta a algunas solicitudes de servicio.

Para la programación del mantenimiento preventivo es necesario una gran experiencia por parte del responsable de este proceso, pues debe saber que equipos son más críticos o que actividades deben realizarse antes que otras debido a la criticidad de la intervención.

### **Control de mantenimiento**

Luego de ejecutado el mantenimiento preventivo, se debe realizar el control de los mantenimiento analizando todo lo que se lleve a cabo en las fases anteriores con ayuda de directrices estipuladas e indicadores de gestión definidos.

- El área de mantenimiento únicamente realiza el control del mantenimiento basados en la disponibilidad de los equipos, presentando un informe semanal donde se muestra el valor de este indicador.
- No se hace un seguimiento que ayude a verificar el grado de cumplimiento de ejecución de las actividades programadas.

#### **3.1.2. Realizar seguimiento a las actividades planeadas por el área de mantenimiento mecanizado.**

#### **Implementar los formatos establecidos para la planeación, programación y seguimiento de las actividades de mantenimiento.**

El departamento de mantenimiento mecanizado contaba con algunos formatos establecidos para la documentación de los planes de mantenimiento, sin embargo en la mina Providencia aún no se hacía uso de estos por lo que a partir del mes de julio se comienza a implementar dichos formatos para llevar una correcta documentación de la planeación, programación y seguimiento de los mantenimientos preventivos de los equipos de la mina.

Para la implementación de estos formatos se tiene en cuenta aspectos fundamentales en una buena planeación como lo son establecer la orden de trabajo o solicitud de servicio, estimar

los tiempos necesarios y la mano de obra, también se establece una programación de acuerdo a la criticidad de los equipos, definiendo prioridades.

### **Plan de mantenimiento**

Para la elaboración de los planes de mantenimiento mensuales se tienen en cuenta las solicitudes de servicio generadas por los inspectores de mantenimiento, y los mantenimientos preventivos por parte de los lubricadores, además se tienen en cuenta las observaciones que realizan los técnicos mecánicos y los operarios de los equipos para general ordenes de trabajo que luego se ejecutaran en un mantenimiento preventivo.

## Plan de mantenimiento 2020 providencia

*Todos los equipos*

ACTIVIDADES	Responsable	Otros encargados	OT / SS	Total H/ H	Total H/ H Real	INICIO DEL PLAN	DURACIÓN DEL PLAN [Días]	MITTO	Disponibilidad programada	INICIO REAL	DURACIÓN REAL [Días]	PORCENTAJE COMPLETADO
<b>Plan de Mantenimiento 2020</b>												
1	CABP-Z0002 LH203			0				0%	100%		0,00	0%
	SS											0%
	SS											0%
	MP											0%
2	CABP-Z0003 MTI DIESEL			0				0%	100%		0,00	0%
3	CABP-Z0005 MTI ELECTRICO			0				0%	100%		0,00	0%
4	CABP-Z0010 LH 203			0				0%	100%		0,00	0%
5	VOLQ-Z0001 YMC 470 T			0				0%	100%		0,00	0%
6	VOLQ-Z0002 YMC 470 T			0				0%	100%		0,00	0%
7	VOLQ-Z0003 YMC 470 T			0				0%	100%		0,00	0%
8	VOLQ-Z0008 JOY			0				0%	100%		0,00	0%
9	JUMB-Z0002 DD210			0				0%	100%		0,00	0%
10	MICA-Z0004 MINICARGADOR BOBCAT			0				0%	100%		0,00	0%
11	VUUT-Z0006 CAMIONETA HILUX TOYOTA			0				0%	100%		0,00	0%
12	VUUT-Z0008 KUBOTA			0				0%	100%		0,00	0%
13	VUUUT-Z0009 KUBOTA			0				0%	100%		0,00	0%

Figura 16. Formato planeación y programación de mantenimiento. Fuente. Departamento mantenimiento mecanizado Gran Colombia Gold

## Plan de mantenimiento 2020 providencia

Todos los equipos

Periodo Total [días]: 30   
 Duración del plan   
 Inicio real   
 % Completado   
 Real (fuera del plan)   
 % Completado (fuera del plan)

### ACTIVIDADES

Plan de Mantenimiento 2020	Semana 23							Semana 24							Semana 25							Semana 26							Semana 27	
	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.	Lun.	Mar.
	01-jun	02-jun	03-jun	04-jun	05-jun	06-jun	07-jun	08-jun	09-jun	10-jun	11-jun	12-jun	13-jun	14-jun	15-jun	16-jun	17-jun	18-jun	19-jun	20-jun	21-jun	22-jun	23-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	28-jun	29-jun	30-jun
1 CABP-Z0002 LH203																														
SS																														
SS																														
MP																														
2 CABP-Z0003 MTI DIESEL																														
3 CABP-Z0005 MTI ELECTRICO																														
4 CABP-Z0010 LH 203																														
5 VOLQ-Z0001 YMC 470 T																														
6 VOLQ-Z0002 YMC 470 T																														
7 VOLQ-Z0003 YMC 470 T																														
8 VOLQ-Z0008 JOY																														
9 JUMB-Z0002 DD210																														
10 MICA-Z0004 MINICARGADOR BOBCAT																														
11 VUUT-Z0006 CAMIONETA HILUX TOYOTA																														
12 VUUT-Z0008 KUBOTA																														
13 VUUUT-Z0009 KUBOTA																														

Figura 17. Formato seguimiento actividades plan de mantenimiento. Fuente. Departamento mantenimiento mecanizado Gran Colombia Gold

## Overhaul

Para el mes de septiembre se tenía programado un mantenimiento overhaul a la volqueta 3 que venía presentando múltiples fallas recurrentes en los meses anteriores y a principios del mes de agosto se comienza con la planeación del overhaul de la volqueta 3 YMC 470 T7 donde se tienen en cuenta aspectos fundamentales para la ejecución del mantenimiento como lo son el desarme del equipo y preparación, reparación de soldadura y mecanizado, reparación del sistema eléctrico, listado de repuestos y fabricación de mangueras, articulación de módulos y armado y, ajuste y pruebas del equipo. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

Este overhaul se comenzó el día 26 de agosto y tuvo una duración de 32 días, hasta el 26 de septiembre.

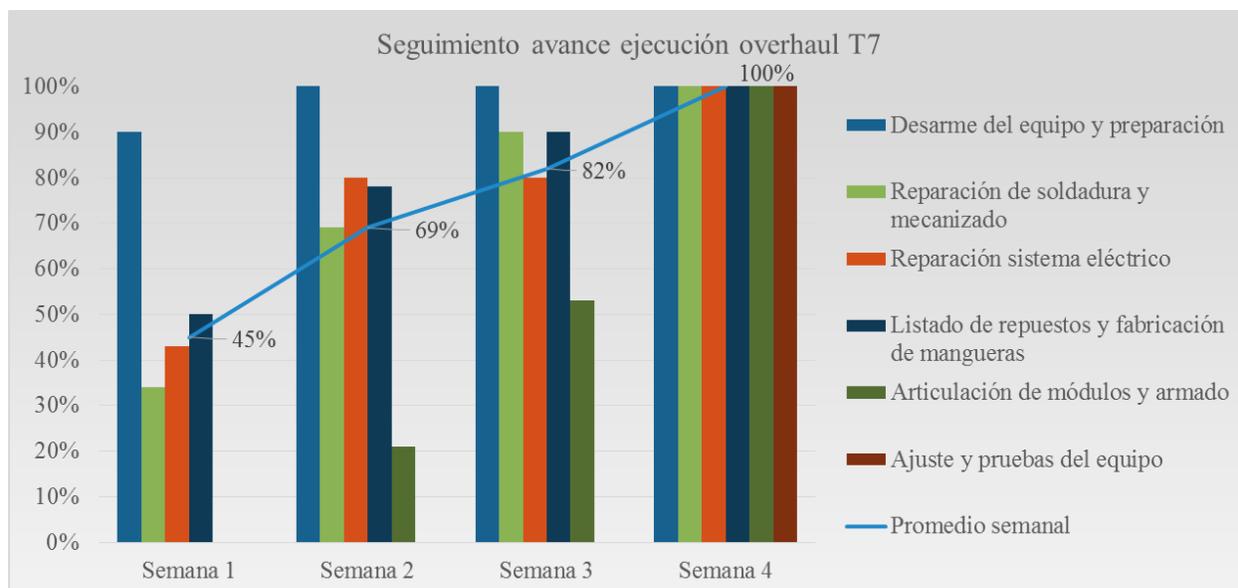


Figura 18. Seguimiento avance overhaul volqueta 3 T7. Fuente. Autor

# Plan de Overhaul Providencia

## EQUIPO

ACTIVIDADES	Analista	Sup. Mecánico	Mecánico	Eléctrico	Ing de Mtto	Contratista	Total H/H	Total H/H Real	INICIO DEL PLAN	DURACIÓN DEL PLAN [Días]	Prelar	INICIO REAL	DURACIÓN REAL [Días]	PORCENTAJE COMPLETADO
Plan de Mantenimiento							0	0						0%
1 Desarme del Equipo y Preparación							0	0						0%
2 Reparaciones de Soldaduras y Mecanizado							0	0						0%
3 Reparación de Sistema Eléctrico (Harnees)							0	0						0%
4 Listado de Repuestos y Fabricación de Manguera							0	0						0%
5 Articulación de Módulos y Armado							0	0						0%
6 Ajuste y Pruebas del Equipo							0	0						0%

Figura 19. Formato planeación y programación mantenimiento overhaul. Fuente. Departamento mantenimiento mecanizado Gran Colombia Gold

# Plan de Overhaul Providencia

## EQUIPO

Periodo Total [días]:
Duración del plan
Inicio real
% Completado
Real (fuera del plan)
% Completado (fuera del plan)

ACTIVIDADES	Semana 35					Semana 36					Semana 37					Semana 38					Semana 39										
	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	
	26-ago	27-ago	28-ago	29-ago	30-ago	31-ago	01-sep	02-sep	03-sep	04-sep	05-sep	06-sep	07-sep	08-sep	09-sep	10-sep	11-sep	12-sep	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	20-sep	21-sep	22-sep	23-sep	24-sep	
Plan de Mantenimiento																															
1 Desarme del Equipo y Preparación																															
2 Reparaciones de Soldaduras y Mecanizado																															
3 Reparación de Sistema Eléctrico (Harnees)																															
4 Listado de Repuestos y Fabricación de Manguera																															
5 Articulación de Módulos y Armado																															
6 Ajuste y Pruebas del Equipo																															

Figura 20. Formato seguimiento actividades plan de mantenimiento overhaul. Fuente. Departamento mantenimiento mecanizado Gran Colombia Gold

**Recopilar la información de todas las intervenciones realizadas en los equipos y clasificarlas según el sistema, la parte y el mecanismo que condujo a la falla.**

Cada mes se revisó todas las intervenciones que se ejecutaron a los equipos y se clasificaron según la taxonomía del equipo y el mecanismo de falla según la norma ISO 14224 con el fin de determinar cuáles partes y sistemas fueron los que más fallaron y cuáles fueron los mecanismos más recurrentes que condujeron a dichas fallas.

### **Taxonomía**

Según la norma ISO 14224 que brinda una base para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación, transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias, en este caso la minería. Acoge a la máquina con una estructura jerárquica desglosándola de mayor a menor grado de detalle.

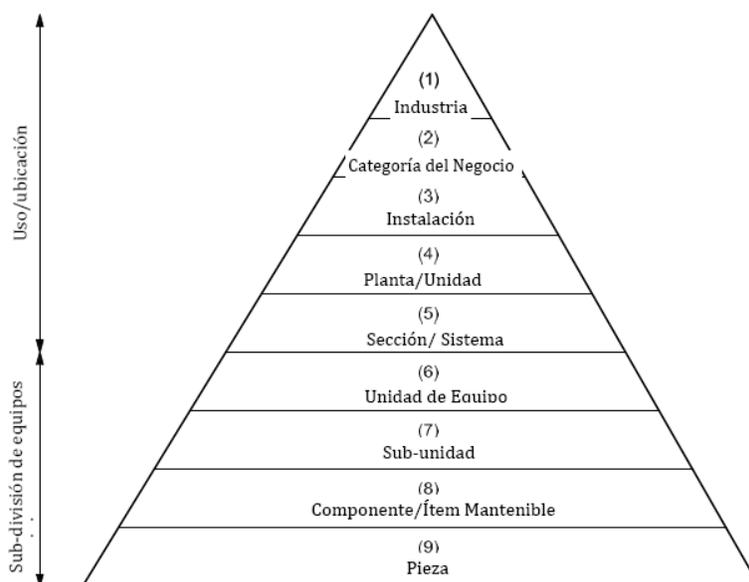


Figura 21. Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos. Fuente. ISO 14224

Sin embargo, para este proyecto desglosaremos los equipos en sistemas y partes o ítem mantenible.

Tabla 15  
*Taxonomía equipos*

Equipo	Clase	Sistema	Parte o ítem mantenible
Jumbo Cargador Volqueta	Equipo minero	1. Perforación (Jumbo)	1.1 Martillo o perforadora
			1.2 Centralizador
			1.3 Guías deslizantes
			1.4 Etc.
		2. Hidráulico	2.1 Bombas
			2.2 Mangueras
			2.3 Racores
		3. Llanta	2.4 Cilindros
			2.5 Válvulas, Banco de válvulas
2.6 Etc.			
3.1 Llantas			
3.2 Pernos			
3.3 Retenedores			
3.4 Etc.			

Tabla 15  
Continuación

Equipo	Clase	Sistema	Parte o ítem mantenible
Jumbo Cargador Volqueta	Equipo minero	4. Motor diésel	4.1 Culata
			4.2 Filtro
			4.3 Tapa válvula
			4.4 Turbo
			4.5 Etc.
		5. Estructural	5.1 Articulación
			5.2 Balde, Volco, Boom
			5.3 Tornillos, Tuercas
			5.4 Cilindro, Pasador
			5.5 Etc.
6. Eléctrico	6.1 Cableado		
	6.2 Apagador		
	6.3 Alternador		
	6.4 Fusible		
	6.5 Etc.		

Fuente. Autor

### Mecanismo de falla

Los mecanismos de falla se establecieron según la norma ISO 14224, que relaciona ciertos códigos para las diferentes categorías generales de tipos de falla como lo son:

1. Fallas mecánicas
2. Fallas de material
3. Fallas de instrumentación
4. Fallas eléctricas
5. Influencia externa
6. Varios

Durante los meses de la pasantía se realizó un análisis sobre los mecanismos de falla más comunes que se presentan en los equipos cargadores, volquetas y jumbos de acuerdo a las actividades descritas en las OT, logrando llegar a las estadísticas presentadas a continuación.



Figura 22. Mecanismos de falla Jumbo. Fuente. Autor

La figura 22 muestra los principales mecanismos de falla que se presentaron en los equipos jumbo durante los meses de la pasantía. Aquí se puede apreciar que un gran porcentaje de las fallas se produjeron debieron al desgaste y aflojamiento de algunos componentes.



Figura 23. Mecanismos de falla Volquetas. Fuente. Autor

En la figura 23 se puede notar que los mecanismos de falla más recurrentes en las volquetas son el desgaste, fugas hidráulicas y un porcentaje significativo de fallas mecánicas codificadas como general donde no se conoce detalles más específicos para clasificarlas en un mecanismo de falla más específico.



Figura 24. Mecanismos de falla Cargadores. Fuente. Autor

En la figura 24 se observa que los principales mecanismos de falla que se presentaron en los cargadores fueron fallas de material, debido al desgaste de varios componentes por su uso normal, y fallas mecánicas principalmente por fugas y aflojamiento de algunos componentes.

### **Tipo de mantenimiento**

Todas las intervenciones que se ejecutaron durante los meses de la pasantía, se clasificaron según el tipo de mantenimiento, lo que nos permitió conocer cuál era el tipo de mantenimiento que se ejecutaba mayormente cada mes.



Figura 25. Tipo de mantenimiento. Fuente. Autor

En la figura 25 podemos ver que durante estos meses se ejecutó principalmente mantenimiento por condición y correctivo, mientras que el mantenimiento programado tuvo una ejecución reducida pues se da prioridad a la gran cantidad de mantenimientos correctivos que se realizan, sin embargo, se pretende lograr aumentar los mantenimientos preventivos.

**Presentar mensualmente un informe donde se evidencie el seguimiento de las actividades anteriores.**

A final de cada mes se presenta un informe a la gerencia de mantenimiento donde se presenta el estado de los activos de las minas Providencia y Sandra K, en dichos informes se evidencia la cantidad de intervenciones que se ejecutan en los diferentes equipos, además al clasificarlas por tipo de mantenimiento, se muestra el porcentaje de mantenimiento correctivo y preventivo, con el objetivo de que cada mes el porcentaje de mantenimiento correctivo vaya disminuyendo y se aumente las intervenciones preventivas, también en estos informes mensuales se revela cuales sistemas y partes se intervienen más, lo que ayuda a que se plantee cuáles son las

posibles razones por las que están fallando dichos componentes, además se muestra los principales mecanismos de falla para cada tipo de equipo.

En los informes también se indica la disponibilidad que tuvieron los equipos en el mes, y si alguno presenta una disponibilidad demasiado baja, se justifica el por qué se vio afectada. Igualmente se puede observar el tiempo medio entre fallas (TMF) de cada equipo, que de acuerdo a los primeros 3 meses de funcionamiento de los equipos nuevos, se establecieron unas metas que idealmente deberían alcanzarse.

Otro punto importante que se empezó a tener en cuenta en los últimos meses fue el consumo de aceite mensual de los equipos de la mina Providencia, que se expone en los informes y se desea que sea un indicador que disminuya, sobre todo el consumo de aceite por siniestros, fugas y daños en mangueras.

### **3.1.3. Elaborar una propuesta de mejoramiento a la gestión de mantenimiento.**

A continuación se presenta algunas propuestas y recomendaciones al área de mantenimiento mecanizado en la mina Providencia basadas en el diagnóstico inicial con el fin de lograr un mejoramiento en la gestión de mantenimiento.

#### **Establecer recomendaciones para el área de mantenimiento mecanizado basadas en el diagnóstico que ayude a aumentar la disponibilidad de sus equipos.**

Basados en el diagnóstico realizado a la dependencia de mantenimiento mecanizado de la mina Providencia, donde se evaluaron aspectos como, el personal, la planeación y la

programación del mantenimiento, se identificaron algunos inconvenientes, por lo que se plantean las siguientes recomendaciones:

- Realizar la gestión para contratación de personal necesario, y de esta manera poder realizar todas las actividades requeridas en los equipos y, mejorar los tiempos de respuesta de los mantenimientos correctivos, disminuyendo de esta manera los costos por pérdida de producción y aumentando el tiempo disponible para utilizar los equipos.
- Capacitar al personal en la herramienta Mántum CMMS, con el fin de garantizar el correcto registro de las actividades, así mismo, poder unificar conceptos y garantizar el canal de comunicación común, brindando orden a la información registrada.
- Llevar una correcta documentación de todo el proceso de la gestión de mantenimiento, desde la planificación y programación, hasta el seguimiento de las actividades con el objetivo de llevar un mejor control de las acciones realizadas por el departamento, además de tener un respaldo donde se evidencie que tan seguido sucede alguna falla y así poder mejorar el proceso de planeación y programación de los mantenimientos preventivos.

### **Proponer una estrategia que ayude al mejoramiento de la gestión de mantenimiento.**

#### *Registro de la información*

Una de las desventajas encontradas en el proceso de gestión de mantenimiento, y uno de los puntos más importantes para lograr el mejoramiento, es la recolección y la organización de la información. Por ende se hace necesario crear una forma o método de redacción en los reportes diarios para poder brindar orden a la información registrada en el software, definiendo una estructura mínima que debe cumplirse a la hora de escribir dichos reportes, por consiguiente una

mejora planteada en este proyecto fue establecer las preguntas mínimas que deberían contestarse, las cuales se presentan a continuación:

- ¿Qué anomalía reporta el operario al equipo de técnicos de mantenimiento?
- ¿Cuál es la falla detectada?
- ¿Qué se hizo para corregirla?
- ¿En qué estado queda el equipo al finalizar el turno?

De igual manera se comenzó a llevar toda la información de los reportes diarios en físico de manera organizada en diferentes carpetas etiquetadas mes a mes, para poder lograr contrastar la información en físico con la que se registra en el software de manera mucho más fácil y eficiente.

#### *Planificación de los mantenimientos*

El área de mantenimiento mecanizado anteriormente no contaba con un formato establecido que permitiera llevar un registro claro y ordenado de los planes de mantenimiento, por lo que el departamento de mantenimiento mecanizado creó un formato en Excel (Figura 16) para poder llevar registro de todo este proceso y a partir del mes de julio se comenzó a implementar, sin embargo, a continuación se plantean algunas propuestas de mejora respecto a la planeación y programación de los mantenimientos.

- Se debe asignar un responsable de realizar la planificación de los mantenimientos, encargado de realizar la planeación, programación, seguimiento e informes de mantenimientos, el planificador debe ser una persona capacitada, que conozca los equipos

y alguien con experiencia. Esta persona deberá trabajar de la mano de los técnicos y del jefe de mantenimiento para lograr el mejoramiento en la planeación y ejecución de los mantenimientos.

- El primer paso para planear los mantenimientos será establecer que actividades se desarrollaran en el mes, teniendo en cuenta las solicitudes de servicio generadas por los inspectores y los mantenimientos por parte de los lubricadores.
- Luego, se planificarán los recursos necesarios para ejecutar estas actividades: repuestos, consumibles, horas hombre, mano de obra externa y tiempo de duración de los trabajos. Si todos los materiales no se encuentran disponibles no se deberá dar inicio a la parada del equipo, pues esto podría generar tiempos muertos.
- Para la programación de los mantenimiento se deberá tener en cuenta la prioridad de los trabajos a realizar, asegurando que las actividades más urgente se solucionen lo más pronto posible, también se debe tener en cuenta el tiempo estimado de duración de las actividades, logrando que en una misma parada se pueda ejecutar varias órdenes de trabajo dependiendo del tiempo programado de la parada del equipo.
- Se propone que como mínimo se programe un mantenimiento preventivo cada dos semanas para todos los equipo de producción.

- El equipo de mantenimiento y el personal de producción deberán discutir la programación de las tareas planeadas para determinar los días en que se puedan ejecutar los mantenimientos y acordar la entrega de los equipos a los técnicos mecánicos.
- Una vez que el plan de mantenimiento se encuentre terminado se propone que este sea dado a conocer previamente a los técnicos con el objetivo de involucrar a todo el personal con el proceso de gestión.

#### *Seguimiento y control de mantenimiento*

El seguimiento y control de los planes de mantenimiento es una etapa muy importante en el proceso de gestión de mantenimiento, pues esta fase ayuda a detectar situación e inconvenientes que afectan la disponibilidad de los equipo y garantiza que se puedan tomar acciones que mejoren los planes futuros. A continuación se presentan algunas propuestas de mejora referentes a esta etapa:

- Implementar un método de seguimiento para las actividades planificadas por el departamento de mantenimiento que permita controlar el cumplimiento de ejecución de los trabajos planeados, por lo que se propone el uso de checklist, estableciendo un formato que facilite la recolección de la información de manera ordenada, además que posibilite la retroalimentación por medio de observaciones por parte de los involucrados en el proceso de mantenimiento.

	FECHA		PERSONAL	
	HORA INICIO			
	HORA FINAL			
<b>EQUIPO</b>				
<b>S.S / OT</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	

Figura 26. Formato de seguimiento de actividades programadas. Fuente. Autor

Este formato de seguimiento nos ayudará a verificar que se esté cumpliendo con lo planeado o determinar en qué medida se cumplió, logrando así encontrar diferencias entre lo planeado y lo ejecutado que permita poder reestructurar actividades y mejorar los planes de mantenimiento futuros.

- Hacer seguimiento de las labores en las que se están empleando las horas hombres con que cuenta el área, exigiendo el registro de las jornadas laborales en el sistema integrado de gestión con que cuenta la compañía, logrando minimizar el tiempo de ocio de los trabajadores y aumentar la productividad del personal y el área general de mantenimiento.
- Realizar seguimiento a los repuestos mayores de los equipos, con el fin de anticipar fallas y reducir costos del mantenimiento.

### *Informes de gestión*

Los informes de gestión permiten llevar un registro claro y conciso de las actividades de mantenimiento, además, evidencian la evolución del departamento, por lo que es un punto muy importante en el mejoramiento del proceso de gestión de mantenimiento.

Para la elaboración de los informes de gestión se tendrán en cuenta indicadores de mantenimiento que, ayudaran a evaluar de forma cuantitativa el rendimiento del departamento de mantenimiento mecanizado de la mina, estos indicadores se obtendrán del sistema integrado de gestión, Mántum CMMS.

A continuación, se presentan y se definen los objetivos de los indicadores que se proponen se tengan en cuenta en la elaboración de los informes:

Tabla 16

#### *Indicadores de gestión propuestos*

Indicador	Sigla	Definición	Fórmula	Objetivo
Tiempo medio entre fallas	TMF	Representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo equipo. [Horas]	$\frac{\Sigma \text{Tiempo Operación}}{N^{\circ} \text{ Trabajos correctivos}}$	> Periodo anterior
Tiempo medio para reparar	TMPR	Representa el promedio del tiempo necesario para reparar una avería hasta que la actividad del equipo se restablezca. [Horas]	$\frac{\Sigma \text{Tiempo Mtto Correctivo}}{N^{\circ} \text{ Trabajos correctivos}}$	< Periodo anterior

Tabla 16  
Continuación

Indicador	Sigla	Definición	Fórmula	Objetivo
Disponibilidad	D	Porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para producir.	$\frac{TMF}{TMF + TMPR}$	> 85%
Cumplimiento plan de mantenimiento	CPM	Porcentaje de realización de las actividades planificadas	$\frac{N^{\circ} OT Planificadas y ejecutada}{N^{\circ} OT Planificadas}$	> 65%

Fuente. Autor

Uno de los indicadores más importante en esta propuesta de mejora es el cumplimiento del plan de mantenimiento (CPM) pues si se logra aumentar las paradas preventivas traerá como consecuencia una disminución de las fallas imprevistas, lo que a su vez se traduce como reducción de costos. Por esto es tan importante que se realice una adecuada planeación y programación de los mantenimientos.

Un menor índice de fallas representa menos intervenciones correctivas en los equipos, lo que significa que el tiempo de operación sería mayor y se lograría aumentar el tiempo medio entre fallas (TMF).

Sin embargo, si los tiempos de respuesta de los trabajadores para corregir una falla es demasiado largo, el tiempo medio para reparar (TMPR) no disminuiría significativamente, por lo que se propone que además de disminuir los mantenimientos correctivos, se tomen en cuenta acciones como:

- Mantener en el taller un stock mínimo de repuestos que garantice que se puedan ejecutar mantenimientos correctivos en cualquier momento que se requiera.

- Capacitar al personal en conceptos de eléctrica, hidráulica, funcionamiento y operación de los equipos que ayude a disminuir los tiempos de respuesta.
- Una vez ocurrida la falla, el operario deberá reportar de inmediato a los técnicos de mantenimiento.

Se propone que estos informes se presenten de manera mensual y además de mostrar los indicadores de mantenimiento, también deberá contener de forma resumida información que el responsable de realizarlo considere importante, como principales incidentes ocurridos, mantenimientos programados ejecutados o justificación de por qué no se ejecutaron. Igualmente se deberá incluir la planificación de siguiente mes para darla a conocer a todo el departamento de mantenimiento y de igual forma observaciones de mejora que se planteen para meses futuros.

## 4. Conclusiones

Se realizó un diagnóstico a la situación actual del departamento de mantenimiento comenzando con la elaboración de un inventario de los equipos con los que cuenta el área de mantenimiento mecanizado en la mina Providencia, logrando definir los equipos críticos tenidos en cuenta para el desarrollo de este proyecto. También se recolectó información necesaria como la disponibilidad de los equipos para conocer el estado de los activos, permitiendo evaluar mes a mes el cumplimiento de la meta del 85% para este indicador.

La evaluación del proceso gestión de los mantenimientos se hizo con el fin de identificar oportunidades de mejora en ciertos aspectos importantes determinados en este proyecto como el personal, la planeación, la programación y el control de los mantenimientos.

Se implementaron formatos para la planificación y seguimiento de los mantenimientos logrando con esto establecer orden en la documentación de estos procesos. Además se recopiló información de todas las intervenciones realizadas, lo que nos permitió conocer el porcentaje de mantenimiento preventivo y correctivo ejecutado en la mina, así como los mecanismos de fallas más recurrentes en los equipos.

Todas las actividades antes mencionadas permitieron desarrollar las propuestas presentadas en este proyecto que brindarán al área de mantenimiento mecanizado una oportunidad para cambiar aspectos deficientes en cuanto al proceso de gestión de los

mantenimientos, mejorando a su vez los indicadores de gestión y aumentando la productividad de la mina y el departamento de mantenimiento.

## **5. Recomendaciones**

Para asegurar el éxito al momento de implementar las propuestas planteadas en este proyecto, es necesario contar con el apoyo de todo el departamento involucrado en la gestión y el desarrollo de las actividades de mantenimiento por lo que es imprescindible dar a conocer a todos este plan. Además se debe garantizar el uso continuo de este, pues algunas propuestas son procesos que se deben ejecutar de forma periódica y constante para lograr alcanzar la mejora en la gestión.

El personal encargado de la ejecución de los mantenimientos debe estar capacitado para realizar las actividades de forma integral, lo que significa que no solo debe poseer conocimientos técnicos si no que debe contar con un alto grado de responsabilidad, interés y compromiso.

## Referencias

- Alavedra Flores, C., Gastelu Pinedo, Y., Méndez Orellana, G., Minaya Luna, C., Pineda Ocas, B., Prieto Gilio, K., ... Moreno Rojo, C. (2016). *Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013* (Vol. 34).
- Chávez, J. (2018). Gestión de mantenimiento basado en el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) para incrementar la disponibilidad de los equipos jumbos en CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. *Ucv*, 0–157.
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Campbell, J. (2008). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*. Limusa Wiley S.A.
- Equipo de perforación de desarrollo DD210 — Sandvik Mining and Rock Technology. (2020). Retrieved September 22, 2020, from <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforación-subterránea-y-empenadores/equipos-de-perforación-de-desarrollo/equipo-de-perforación-para-desarrollodd210/>
- ISO 14224. (2000). ISO 14224: Industrias de petróleo y gas natural- Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos, 1999, 1–71.
- Joy 7TD Camiones - Minería Subterránea | Komatsu Mining Corp. (2020). Retrieved September 22, 2020, from <https://mining.komatsu/es/product-details/joy-7td#!specifications>
- LH203 Technical specification — Sandvik Mining and Rock Technology. (2020). Retrieved September 22, 2020, from <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/centro-de-descargas/especificaciones-técnicas/cargadores-y-camiones-subterráneos/lh203-technical-specification/>
- LT 210 LHD. (2012). Retrieved September 23, 2020, from <https://mininglifeonline.net/equipment/loaders/lt-210-lhd/1143>

- Mesa, D., Pinzón, M., & Ortiz, Y. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*, 1(30), 155–160. <https://doi.org/10.22517/23447214.6513>
- Scooptram ST2G | Underground loader | Epiroc. (2020). Retrieved September 23, 2020, from <https://www.epiroc.com/en-cd/products/loaders-and-trucks/diesel-loaders/scooptram-st2g.fr-cd>
- Troffé, M. (2007). *Base dinámica de datos de confiabilidad. Dirigida a la gestión del conocimiento, calidad de los datos y mitigación de riesgos Trabajos técnicos.*
- YOUNGS MACHINE COMPANY | Manufactures of Specialized Mining Equipment. (2019). Retrieved September 23, 2020, from <https://youngsmachine.com/>

# Apéndices

## Apéndice A. Plan de overhaul volqueta 3 470T7 YMC

## Plan de Overhaul de la 470 T7 YMC de Providencia

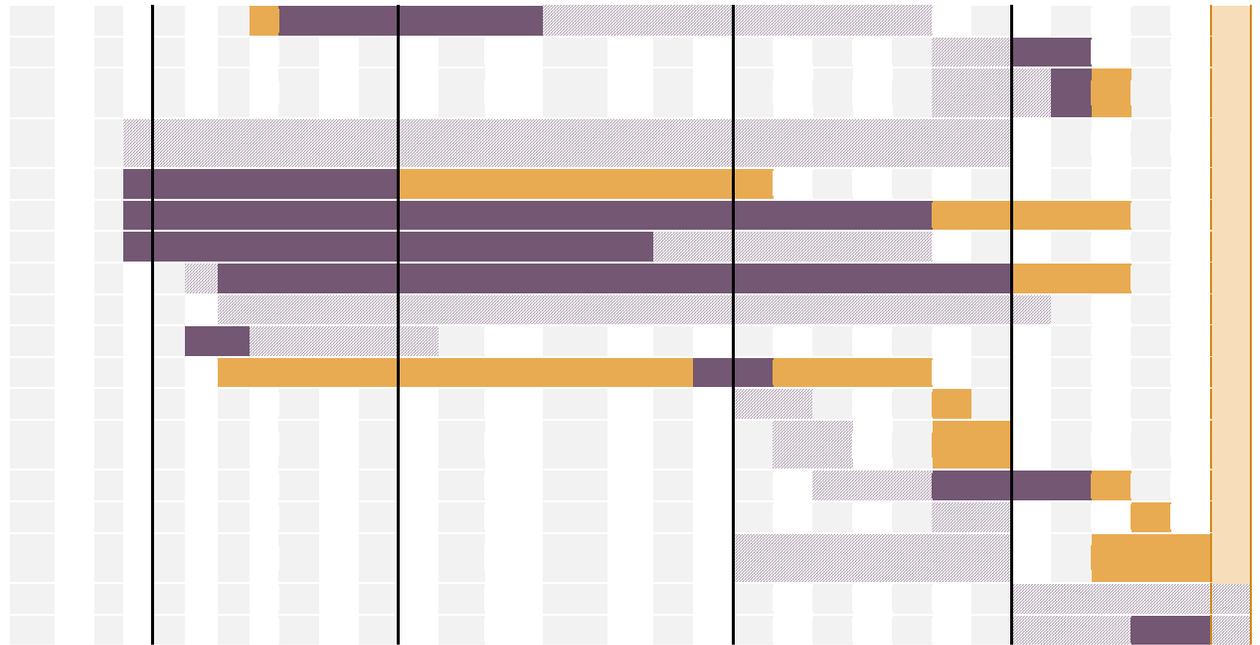
(VOLQ-Z0003 470 T7)

ACTIVIDADES		Analista	Sup. Mec.	Mec.	Eléc.	Ing de Mtto	Contratista	Total H/H	Total H/H Real	Inicio Del plan	Duración del plan [Días]	Pre.	Inicio real	Duración real [Días]	%
<b>Plan de Mantenimiento de la 470 T7 YMC</b>								<b>3940</b>		<b>1</b>	<b>32</b>				<b>100%</b>
<b>1</b>	<b>Desarme del Equipo y Preparación</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>1</b>	<b>560</b>	<b>512</b>	<b>1</b>	<b>13</b>				<b>100%</b>
1,1	Traslado del equipo de Providencia a Pampa Verde		2	2			X	48	48	1	1		1	1	100%
1,2	Desacople del Volco y Cilindros		2	2			2	96	48	2	2	1,1	0	1	100%
1,3	Desacople de Articulación Central		2	2			2	48	48	4	1	1,1	0	1	100%
1,4	Lavado del equipo		2	2			2	96	96	1	2	1,1	2	2	100%
1,5	Desmontaje de Transmisión		2	2			2	48	48	5	1	1,1	1	1	100%
1,6	Desmontaje de Diferenciales		2	2			2	48	48	6	1	1,1	2	1	100%
1,7	Desmontaje de Motor de combustión		2	2			2	48	48	7	1	1,5	1	1	100%
1,8	Desmontaje de Sistema Hidráulico		2	2			2	48	48	8	1	1,7	2	1	100%
1,9	Identificación de pieza a reemplazar	1						32	32	6	8	1,1	4	8	100%
1,10	Inspección de datos técnicos (Medición/Planos)					1		48	48	7	4	1,4	5	4	100%
<b>2</b>	<b>Reparaciones de Soldaduras y Mecanizado</b>		<b>2</b>	<b>2</b>			<b>X</b>	<b>1360</b>	<b>1588</b>	<b>4</b>	<b>23</b>				<b>100%</b>
2,1	Reparaciones de Alojamientos						X	0	0	5	15	1,3	2	23	100%
2,2	Instalación de chasis trasero /adecuación de modelo de diferencial						X	0	0	8	7	1,7	6	3	100%
2,3	Adecuación de soporte de diferencial delatara y transmisión						X	0	0	14	7	2,2	11	12	100%
2,4	Reparación de Soldaduras General						X	0	0	18	7	1,3	4	26	100%
2,5	Reparación de Soporte de Motor						X	0	0	25	1	1,5	15	11	100%
2,6	Latonería y Pintura						X	0	0	4	15	1,7	8	22	100%
2,7	Logística para el Contratista	1		2				560	756	4	20	1,8	3	27	100%
2,8	Inspecciones técnicas de medidas y acabados					1		240	48	7	20	1,1	4	4	100%
2,9	Supervisión de los Trabajos de Soldadura y Mecanizado	1	2					560	784	6	20	2,1	3	28	100%
<b>3</b>	<b>Reparación de Sistema Eléctrico (Harnees)</b>				<b>1</b>			<b>552</b>	<b>420</b>	<b>5</b>	<b>24</b>				<b>100%</b>
3,1	Desmontaje de los sistemas Eléctrico				1			36	12	5	3	1,3	2	1	100%
3,2	Desmontaje de Instrumento y Control				1			60	12	5	5	1,3	2	1	100%
3,3	Reparación o Fabricación de Harnees Eléctrico				1			180	264	9	15	3,1	7	22	100%

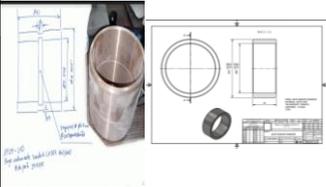
3,4	Reparación de Cajetín de Control				1			180	84	10	15	3,2	9	7	100%
3,5	Instalación de Harnes y Cajetín				1			48	24	25	4	3,4	27	2	100%
3,6	Revisión, Chequeo y ajustes del Sistema Eléctrico				1			48	24	25	4	3,5	28	2	100%
<b>4</b>	<b>Listado de Repuestos y Fabricación de Mangueras</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>				<b>1152</b>	<b>1704</b>	<b>5</b>	<b>22</b>				<b>100%</b>
4,1	Ajuste de Listado de Repuesto	1						32	192	5	8	1,2	5	16	100%
4,2	Solicitudes de Consumos	1						80	300	5	20	1,1	5	25	100%
4,3	Envíos de piezas a Reparar	1						80	156	5	20	1,4	5	13	100%
4,4	Fabricación y Montaje de Mangueras		2	2				960	1056	7	20	1,7	8	22	100%
<b>5</b>	<b>Articulación de Módulos y Armado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>				<b>1084</b>	<b>1380</b>	<b>8</b>	<b>20</b>				<b>100%</b>
5,1	Mantenimiento a Diferenciales		2	2				336	96	7	7	1,6	7	2	100%
5,2	Montaje de Diferenciales y Llantas		2	2		2		96	816	19	2	2,6	8	17	100%
5,3	Articular Módulos Trasero y Delantero		2	2		2		96	48	20	2	5,2	25	1	100%
5,4	Montaje de Motor de Combustión y Transmisión		2	2		2		96	96	21	2	5,3	25	2	100%
5,5	Montaje de Sistema Hidráulico		2	2		2		336	240	22	7	5,4	25	5	100%
5,6	Articulación del volco		2	2		2		96	48	25	2	5,7	30	1	100%
5,7	Coordinación de Montaje y Armado del Equipo	1						28	36	20	7	2,8	29	3	100%
<b>6</b>	<b>Ajuste y Pruebas del Equipo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>			<b>384</b>	<b>144</b>	<b>27</b>	<b>6</b>				<b>100%</b>
6,1	Encendido y Verificar Movimiento	1	2	2	1			384	144	27	6	5,7	30	2	100%



3,4	Reparación de Cajetín de Control
3,5	Instalación de Harnees y Cajetín
3,6	Revisión, Chequeo y ajustes del Sistema Eléctrico
<b>4</b>	<b>Listado de Repuestos y Fabricación de Mangueras</b>
4,1	Ajuste de Listado de Repuesto
4,2	Solicitudes de Consumos
4,3	Envíos de piezas a Reparar
4,4	Fabricación y Montaje de Mangueras
<b>5</b>	<b>Articulación de Módulos y Armado</b>
5,1	Mantenimiento a Diferenciales
5,2	Montaje de Diferenciales y Llantas
5,3	Articular Módulos Trasero y Delantero
5,4	Montaje de Motor de Combustión y Transmisión
5,5	Montaje de Sistema Hidráulico
5,6	Articulación del volcó
5,7	Coordinación de Montaje y Armado del Equipo
<b>6</b>	<b>Ajuste y Pruebas del Equipo</b>
6,1	Encendido y Verificar Movimiento



ACTIVIDADES		Evidencia Fotografica	Analista	Sup. Mecánico	Mecánico	Eléctrico	Ing de Mtto	Contratista	Total H/H Plan	Total H/H Real	PORCENTAJE COMPLETADO
<b>Plan de Mantenimiento de la 470 T7 YMC</b>											
<b>1</b>	<b>Desarme del Equipo y Preparación</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>1</b>	<b>560</b>	<b>512</b>	<b>100%</b>
	1.1 Traslado del equipo de Providencia a Pampa Verde			2	2			x			
Observaciones	1.1 *se procedió sin novedad		NO	2Sup X 12h	2Mec X 12h	NO	NO	NO	48	48	100%
	1.2 Desa- acope del Volco y Cilindros			2	2			2			
Observaciones	1.2 * Se desacopló volco en el socavón para trasladar equipo a superficie		NO	2Sup X 12h	2Mec X 12h	NO	NO	NO	96	48	100%
	1.3 Desa- acope de Articulación Central			2	2			2			
Observaciones	1.3 *Equipo se desarticuló días previos al comienzo del OVERHAUL en el socavón para trasladar el equipo a superficie			2Sup X 12h	2Mec X 12h	NO	NO	NO	48	48	100%
	1.4 Lavado del equipo			2	2			2			
Observaciones	1.4 *se procedió sin novedad *El equipo se encontraba muy sucio *Se cumplieron con las normas ambientales para la buena disposición de desechos inorganicos.		NO	2Sup X 12h	2Mec X 12h	NO	NO	1Mec X 12h	96	96	100%
	1.5 Desmontaje de Transmisión			2	2			2			
Observaciones	1.5 *se procedió sin novedad		NO	2Sup X 12h	2Mec X 12h	NO	NO	NO	48	48	100%

	1,6	Desmontaje de Diferenciales			2	2			2					
Observaciones		1,6 *se procedió sin novedad			NO	2Sup X 12h	2Mec X 12h	NO	NO			48	48	100%
	1,7	Desmontaje de Motor de combustión			2	2			2					
Observaciones		1,7 *se procedió sin novedad			NO	2Sup X 12h	2Mec X 12h	NO	NO			48	48	100%
	1,8	Desmontaje de Sistema Hidráulico			2	2			2					
Observaciones		1,8 *se procedió sin novedad			NO	2Sup X 12h	2Mec X 12h	NO	NO			48	48	100%
	1,9	Identificación de pieza a reemplazar			1									
Observaciones		1,9 *se procedió sin novedad			1 Analista x 4 h	NO	NO	NO	NO	NO		32	32	100%
	1,10	Inspección de datos técnicos (Medición/Planos)							1					
Observaciones		1,10 *se procedió sin novedad			NO	NO	NO	NO	1 Ing x 8 h	NO		48	48	100%

## ACTIVIDADES

Evidencia Fotografica

Analista

Sup.  
Mecánico

Mecánico

Eléctrico

Ing de  
Mtto

Contratista

Total  
H/H  
PlanTotal  
H/H  
RealPORCENTAJE  
COMPLETADO

Plan de Mantenimiento de la 470 T7 YMC			1	2	2			X	1360	1588	100%
<b>2</b>	<b>Reparaciones de Soldaduras y Mecanizado</b>							X			
	2.1	Reparaciones de Alojamiento						x			
<b>Observaciones</b>	2.1 *Se procedió sin novedad. *Se rellena con soldadura. *Se mecaniza con un torno vertical para dar dimensiones al alojamiento			NO	NO	NO	NO	NO	SI	0	0
	2.2	Instalación de chasis trasero /adecuación de modelo de diferencial						x			
<b>Observaciones</b>	2.2 *Se procedió sin novedad.			NO	NO	NO	NO	NO	SI	0	0
	2.3	Adecuación de soporte de diferencial delatara y transmisión						x			
<b>Observaciones</b>				NO	NO	NO	NO	NO	SI	0	0
	2.4	Reparación de Soldaduras General						x			
<b>Observaciones</b>	*Se procedió sin novedad. *Se encontraron fisura en la parte inferior del volco			NO	NO	NO	NO	NO	SI	0	0

Observaciones	<p>2.5 Reparación de Soporte de Motor</p> <p>*Se fabrican soportes nuevos con contratista basado en los soportes del cargador LH10</p>		NO	NO	NO	NO	NO	SI	x	0	0	100%
Observaciones	<p>2.6 Latonería y Pintura</p> <p>*Esta actividad requirió de mayor tiempo de lo estimado, sin embargo, se procedió sin novedad.</p>		NO	NO	NO	NO	NO	SI	x	0	0	100%
Observaciones	<p>2.7 Logística para el Contratista</p> <p>*Pase de entrada y salida del contratista *Gestión de lugar de trabajo para el contratista. *Coordinación para entrada de personal del contratista. *Envío de repuestos a taller.</p>		1	NO	2	NO	NO	NO	NO	560	756	100%
Observaciones	<p>2.8 Inspecciones técnicas de medidas y acabados</p> <p>*Se recomienda hacer ensayo de líquidos penetrantes a las superficies que se muestran. *Durante el procedimiento se vieron fisuras las cuales deben ser intervenidas aprovechando que el chasis está sin pintura. * Se concluye que los alojamientos presentan deformación (ovalados) y es necesario corregir esto para garantizar el correcto ensamble con el pasador.</p>		NO	NO	NO	NO	1 Ing x 8 h	NO	1	240	48	100%
Observaciones	<p>2.9 Supervisión de los Trabajos de Soldadura y Mecanizado</p> <p>*Se realiza seguimiento y control a soldadura y reparaciones al contratista</p>		1	2	NO	NO	NO	NO		560	784	100%

**ACTIVIDADES**

**Evidencia Fotografica**

Analista    Sup. Mecánico    Mecánico    Eléctrico    Ing de Mtto    Contratista    Total H/ H Plan    Total H/ H Real    PORCENTAJE COMPLETADO

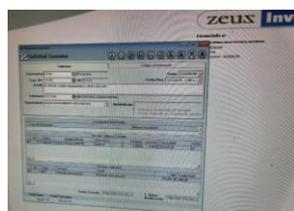
Plan de Mantenimiento de la 470 T7 YMC												
<b>3</b>	<b>Reparación de Sistema Eléctrico (Harnees)</b>					1				552	420	100%
	3,1 <b>Desmontaje de los sistemas Eléctrico</b>					1						
<b>Observaciones</b>	3,1 *Se procedió sin novedad		NO	NO	NO	1Elec X 12h	NO	NO		36	12	100%
	3,2 <b>Desmontaje de Instrumento y Control</b>					1						
<b>Observaciones</b>	3,2 *Se procedió sin novedad		NO	NO	NO	1Elec X 12h	NO	NO		60	12	100%
	3,3 <b>Reparación o Fabricación de Harnees Eléctrico</b>					1						
<b>Observaciones</b>	*Se fabricó harnes electrico con contratista, pero al momento de hacer pruebas al cableado para verificar si era cable ignifugo, no pasó prueba, por lo que se decide fabricar uno nuevo.		NO	NO	NO	1Elec X 12h	NO	NO		180	264	100%

3,4	Reparación de Cajetín de Control					1			180	84	100%
Observaciones	*Se procedió sin novedad		NO	NO	NO	1Elec X 12h	NO	NO			
3,5	Instalación de Harnes y Cajetín					1			48	24	100%
Observaciones	*Se procedió sin novedad		NO	NO	NO	1Elec X 12h	NO	NO			
3,6	Revisión, Chequeo y ajustes del Sistema Eléctrico					1			48	24	100%
Observaciones			NO	NO	NO	1Elec X 12h	NO	NO			

**ACTIVIDADES**

**Evidencia Fotografica**

Analista    Sup. Mecánico    Mecánico    Eléctrico    Ing de Mtto    Contratista    Total H/H Plan    Total H/H Real    PORCENTAJE COMPLETADO

Plan de Mantenimiento de la 470 T7 YMC			1	2	2				1152	1704	100%
<b>4</b>	<b>Listado de Repuestos y Fabricación de Mangueras</b>										
4.1	Ajuste de Listado de Repuesto		1								
Observaciones	*Se realiza el ajuste del listado de repuestos pre establecido, de acuerdo al estado de algunos componentes que sólo se observó al momento del desarme		1 Analista X 4h	NO	NO	NO	NO	NO	32	192	100%
4.2	Solicitudes de Consumos		1								
Observaciones	*Se procedió sin novedad		1 Analista X 4h	NO	NO	NO	NO	NO	80	300	100%
4.3	Envíos de piezas a Reparar		1								
Observaciones			1 Analista X 4h	NO	NO	NO	NO	NO	80	156	100%
4.4	Fabricación y Montaje de Mangueras			2	2						
Observaciones	*Se realiza el listado de las mangueras requeridas, y el proveedor suministra archivo con referencia de manguera, ubicación en el equipo y dimensiones.		NO	2 Sup x 12h	2 Mec X 12h	NO	NO	NO	960	1056	100%

**ACTIVIDADES**

**Evidencia Fotografica**

Analista    Sup. Mecánico    Mecánico    Eléctrico    Ing de Mtto    Contratista    Total H/H Plan    Total H/H Real    PORCENTAJE COMPLETADO

Plan de Mantenimiento de la 470 T7 YMC			1	2	2				1084	1380	100%
<b>5</b>	<b>Articulación de Módulos y Armado</b>			2	2						
5,1	Mantenimiento a Diferenciales			2	2				336	96	100%
<b>Observaciones</b>	* Se realizó mantenimiento a diferencial trasera.		NO	2Sup x 12h	2Mec X 12h	NO	NO	NO			
5,2	Montaje de Diferenciales y Llantas			2	2			2	96	816	100%
<b>Observaciones</b>	* Se instala diferencial trasera sin ninguna novedad *Se instala diferencial delantero		NO	2Sup x 12h	2Mec X 12h	NO	NO	2 Mec x 12 h			
5,3	Articular Módulos Trasero y Delantero			2	2			2	96	48	100%
<b>Observaciones</b>	*Se procedió sin novedad		NO	2Sup x 12h	2Mec X 12h	NO	NO				
5,4	Montaje de Motor de Combustión y Transmisión			2	2			2	96	96	100%
<b>Observaciones</b>	*Se intalan motor nuevo *Se instala servotransmisión nueva *Se fabrican soportes de motor y servo con contratista.		NO	2Sup x 12h	2Mec X 12h	NO	NO	2 Mec x 12 h			

5.5	Montaje de Sistema Hidráulico			2	2			2			
Observaciones	<p>*Se inicia el montaje del sistema hidráulico</p> <p>*Se instalan tuberías y bloques de válvulas</p> <p>*Se instala tubería de banco de válvulas de dirección.</p> <p>*Se instala banco de válvulas de levante del volco</p> <p>*Se conecta tubería el banco de levante del volco</p>		NO	2Sup x 12h	2Mec X 12h	NO	NO	2 Mec x 12 h	336	240	100%
5.6	Articulación del volco			2	2			2			
Observaciones	<p>*Se articula el volco sin novedades</p>		NO	2Sup x 12h	2Mec X 12h	NO	NO	2 Mec x 12 h	96	48	100%
5.7	Coordinación de Montaje y Armado del Equipo		1								
Observaciones	<p>*Se coordina armado del equipo</p>		1Analista X 4h	NO	NO	NO	NO	NO	28	36	100%

**ACTIVIDADES**

**Evidencia Fotografica**

Analista    Sup. Mecánico    Mecánico    Eléctrico    Ing de Mtto    Contratista    Total H/H Plan    Total H/H Real    PORCENTAJE COMPLETADO

Plan de Mantenimiento de la 470 T7 YMC											
6	Ajuste y Pruebas del Equipo		1	2	2	1			384	144	100%
6,1	Encendido y Verificar Movimiento		1	2	2	1					
Observaciones	*Se inicia con encendido del equipo, se realiza prueba de marchas y se entrega equipo a minas para realizar pruebas en campo.		1Analista X 4h	2Sup x 12h	2Mec X 12h	1 Etec x 12h	NO	NO	384	144	100%

Apéndice B. Programación personal mina Providencia

PROGRAMACIÓN MINA PROVIDENCIA			FECHA																																
	Mañana		<b>R</b>	Personal de Reposo														<b>V</b>	Personal en Vacaciones																
	Tarde		<b>D</b>	Personal de Descanso														<b>C</b>	Cambio de contrato																
	Serena		<b>V</b>	Personal de Vacaciones														<b>P</b>	Personal Programado																
TRABAJADOR	TIPO MITTO	ROTACIÓN	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	Progr (P)	Descan(D)	Total horas trabajadas
	Supervisor	CORRECTIVO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	0	0	0
1	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
2	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
3	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
<b>Total por Turno</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Supervisor	CORRECTIVO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	0	0	0
1	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
2	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
3	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
<b>Total por Turno</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Supervisor	CORRECTIVO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	0	0	0
1	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
2	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
3	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
<b>Total por Turno</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Supervisor	CORRECTIVO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	0	0	0
1	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
2	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
3	Técnico	CORRECTIVO																															0	0	0
<b>Total por Turno</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Labores Varias	CORRECTIVO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	0	0	0
<b>Total por Dia</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0