



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROPUESTA PARA MEJORAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO EN  
EQUIPOS SCOOPTRAM DE MINERA CAROLA.**

Proyecto de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniería en Ejecución en Mantenimiento Industrial.

Profesor guía: Osvaldo Durán Artigas

Waldo Arce Araya

Víctor Castro Paz

Copiapó, Chile 2022

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de título está dedicado a mis hijos Samantha Arce y Cristóbal Arce quienes fueron los motivos y pilares principales en el transcurso de mi carrera profesional.

A mi madre Inés Araya y mi padre Waldo Arce por darme el impulso y apoyo a lo largo de toda mi vida, más cuando decidí recorrer el camino para lograr alcanzar la meta de ser un profesional.

Además, también va dedicado una persona muy especial Carla Cortés, que estuvo apoyándome en todo momento, llegando a convertirse en un pilar fundamental no solo en mi vida profesional, si no que en mi vida como padre, trabajador y estudiante.

**Waldo Arce.**

El presente proyecto de titulación va dedicado a mis padres quienes han sido un pilar fundamental y que desde un principio me estuvieron apoyaron en mi carrera profesional.

A mi madre Maritza Paz por la confianza e impulso que tuvo en que lograría cumplir mi meta en ser un profesional.

A mi padre Patricio Castro quien se dedicó apoyarme en mis estudios y ser un ejemplo que seguir en el trabajo y esfuerzo para cumplir sus metas.

También dedico este proyecto de titulación a una persona muy especial Makarena Muñoz, desde que llegó a mi vida siempre estuvo apoyándome y nos propusimos a cumplir nuestras metas juntos a lo largo de nuestras vidas.

**Víctor Castro.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero quiero dar gracias a Dios por habernos dado Salud y fortaleza para seguir adelante y poder cumplir con nuestras metas.

Agradecer a Minera Carola con facilitar la información con la cual hoy podemos realizar nuestro proyecto de título.

Agradecer mi amigo Víctor Castro por decidir formar un equipo de trabajo para lograr juntos el objetivo de ser jóvenes profesionales.

Agradecer al profesor Osvaldo Durán A. por todo lo que nos brindó a lo largo de nuestra formación en la Universidad de Atacama.

Agradecer a todas las personas que de alguna u otra forma nos brindaron su apoyo.

**Waldo Arce Araya.**

Agradecer a Dios por darnos salud y fortalezas para seguir adelante con nuestro objetivo y cumplir nuestras metas.

Agradecer a Minera Carola por toda la información que no brindaron para hacer posible la realización de este proyecto.

Agradecer a los compañeros de trabajo, y la jefatura por brindarnos todo el apoyo y facilitarnos toda la información que nos brindaron para poder realizar el proyecto.

Agradecer a mi amigo Waldo Arce por la motivación y la dedicación que tuvo para realizar juntos nuestro trabajo de proyecto de titulación.

Agradecer al profesor guía Osvaldo Durán A. por todo que nos brindó a lo largo de nuestra formación profesional en la Universidad de Atacama.

Agradecer a todas las personas que algún momento de nuestras vidas nos brindaron su apoyo incondicional.

**Víctor Castro Paz.**

## INDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.- Objetivo general .....	1
1.2 - Objetivos específicos .....	1
1.3.- Planteamiento del problema.....	1
1.4.- Metodología a seguir.....	2
CAPÍTULO II ANTECEDENTES DE EMPRESA Y EQUIPOS .....	2
2.1.- Antecedentes generales de la empresa .....	3
2.2.- Ubicación Minera Carola .....	4
2.3.- Organigrama general de Minera Carola.....	4
2.4.- Organigrama de mantención electrohidráulico .....	5
2.5.- Objetivos de Mantención Minera Carola .....	6
2.6.- Misión .....	6
2.7.- Visión.....	6
2.8.- Las 3E como pilar fundamental de calidad .....	6
2.9.- Breve descripción de la situación actual del mantenimiento .....	6
2.9.1.- Mantenimiento preventivo realizado en Minera Carola .....	6
2.9.2.- Mantenimiento correctivo realizado en Minera Carola .....	7
2.9.3.- Mantenimiento predictivo realizado en Minera Carola .....	7
2.9.4.- Mantenimiento o reparación mayor realizada en minera Carola .....	7
2.9.5.- Reporte de notificaciones, planificación y programación de actividades de acuerdo con orden de trabajo (OT) .....	7
2.10.- Descripción general del equipo Scooptram .....	8
2.10.1.- Uso provisto del producto Load Haul Dump (LHD) .....	8
2.10.2.- Proveedor fabricante Epiroc.....	8

2.10.3.- Modelos Scooptram .....	9
2.10.4.- Componentes principales .....	12
2.10.5.- Placa de datos .....	13
2.11.- Funcionamiento de los sistemas.....	14
2.11.1.- Sistema cabina.....	14
2.11.2.- Equipo contra incendios.....	16
2.11.3.- Sistema hidráulico.....	16
2.11.4.- Motor Diesel .....	19
2.11.5.- Sistema eléctrico .....	20
2.11.6.- Tren de fuerza .....	23
2.11.7.- Sistema auto lubricación .....	28
2.12.- Condiciones de operación .....	29
2.13.- Ritmo de trabajo.....	29
<b>CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>30</b>
3.1.- Mantenimiento .....	30
3.2.- Tipos de mantenimiento.....	30
3.2.1.- Mantenimiento Correctivo .....	31
3.2.2.- Mantenimiento Preventivo.....	32
3.2.3.- Mantenimiento Predictivo.....	32
3.3.- Plan de mantenimiento.....	32
3.3.1.- Clasificación e Identificación de Equipos.....	32
3.3.2.- Recopilar información.....	33
3.3.3.- Selección de la Política de Mantenimiento .....	33
3.3.4.- Programa de Mantenimiento Preventivo.....	33
3.3.5.- Guía de Mantenimiento Correctivo.....	33

3.3.6.- Organización del Mantenimiento.....	33
3.4.- Disponibilidad.....	34
3.5.- Diagrama de Pareto.....	34
3.6.- Diagrama Jack Knife.....	35
3.7.- Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC). ....	38
3.7.1.- Severidad:.....	38
3.7.2.- Frecuencia. ....	40
3.7.3.- Detectabilidad. ....	40
3.7.4.- Análisis del NPR.....	41
3.7.5.- Análisis de Criticidad.....	41
CAPÍTULO IV DESARROLLO Y DESCRIPCION DE LA SOLUCION.....	42
4.1.- Disponibilidades de equipos Scooptram. ....	42
4.2.- Desarrollo de diagrama de Pareto. ....	43
4.3.- Desarrollo de diagrama de Jack Knife.....	44
4.4.- Diagrama de Pareto para las fallas obtenidas en Jack Knife.....	46
4.5.- Evaluación utilizando AMFEC de las fallas críticas. ....	46
4.6.- Análisis de AMFEC y las acciones recomendadas:.....	54
CAPÍTULO V ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	55
5.1.- Análisis del plan de mantenimiento.....	55
5.2.- Análisis de costos y disponibilidad.....	57
5.2.1.-Costos presupuestos para repuestos. ....	57
5.2.2.- Costos asociados a mantenimiento y producción. ....	58
5.3.- Análisis de disponibilidad.....	62
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	64



ANEXO A CALCULO PARA DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS. ....	65
A.1. - Tablas de datos para disponibilidad de los equipos Scooptram. ....	65
A.2.- Tabla de datos para cálculo de Jack Knife. ....	66
A.3.- Tabla de datos para cálculos de gráficos de valores de acuerdo con los modos de fallas. ....	68
ANEXO B PAUTAS DE MANTENCIÓN.....	69
B.1 Actualización de pauta de inspección con acciones recomendadas. ....	69
B.2.- Actualización de pauta de Mantenimiento preventivo. ....	72

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1 Entrada a socavón principal Minera Carola. ....	3
Figura N° 2.2 Mapa de ubicación Minera Carola. ....	4
Figura N° 2.3 Organigrama general Minera Carola.....	4
Figura N° 2.4 Organigrama de mantenimiento electrohidráulico Minera Carola.....	5
Figura N° 2.5 Oficinas Epiroc.....	8
Figura N° 2.6 Scooptram ST1030.....	9
Figura N° 2.7 Scooptram ST14.....	10
Figura N° 2.8 Scooptram ST18.....	11
Figura N° 2.9 Componentes de Scooptram lado izquierdo.....	12
Figura N° 2.10 Componentes de Scooptram lado derecho.....	12
Figura N° 2.11: Ubicación de placa de datos.....	13
Figura N° 2.12 Cabina operador.....	14
Figura N° 2.13 Pantalla RCS.....	15
Figura N° 2.14 Control remoto RRC.....	15
Figura N° 2.15 Sistema ANSUL.....	16
Figura N° 2.16 Bomba de engranaje hidráulico.....	17
Figura N° 2.17 Cilindros hidráulicos.....	17
Figura N° 2.18 Acumulador hidráulico.....	18
Figura N° 2.19 Válvulas de control hidráulico.....	19
Figura N° 2.20 Motor diesel equipo Scooptram.....	19
Figura N° 2.21 Baterías.....	20
Figura N° 2.22 Ubicación alternador.....	21
Figura N° 2.23 Ubicación motor de arranque.....	21
Figura N° 2.24 Ubicación interruptor aislamiento batería.....	22

Figura N° 2.25 Ubicación módulo de control electrónico (ECM). .....	22
Figura N° 2.26 Sistema tren de fuerza .....	23
Figura N° 2.27 Transmisión. ....	24
Figura N° 2.28 Eje diferencial delantero.....	25
Figura N° 2.29 Eje diferencial trasero.....	25
Figura N° 2.30 Ejes cardán.....	26
Figura N° 2.31 Cojinete junta universal.....	26
Figura N° 2.32 Pillow block.....	27
Figura N° 2.33 Neumático.....	27
Figura N° 2.34 Upbox .....	28
Figura N° 2.35 Sistema de auto lubricación de engrase.....	28
Figura N° 3.1 Tipos de mantenimientos.....	31
Figura N° 3.2 Ejemplo del ordenamiento de los datos.....	35
Figura N° 3.3 Diagrama de Jack knife .....	37
Figura N° 4.1 Disponibilidad 2019. ....	42
Figura N° 4.2 Disponibilidad 2020. ....	42
Figura N° 4.3 Resultado de diagrama de Pareto realizado en periodo 2020.....	43
Figura N° 4.4 Resultado de diagrama de Pareto realizado en periodo 2019.....	44
Figura N° 4.5 Resultado de diagrama de Jack Knife realizado en periodo 2020.....	45
Figura N° 4.6 Resultado de diagrama Pareto de las fallas del sistema de fuerza.....	46
Figura N° 5.1 Gráficos de valores de acuerdo con los modos de fallas ley baja. ....	60
Figura N° 5.2 Gráficos de valores de acuerdo con los modos de fallas ley alta. ....	60
Figura N° 5.3 Grafico comparativo de disponibilidad. ....	62

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla N° 2.1 Datos técnicos Scooptram ST1030. ....	9
Tabla N° 2.2 Datos técnicos Scooptram ST14. ....	10
Tabla N° 2.3 Datos técnicos Scooptram ST18. ....	11
Tabla N° 2.4 Identificación de componentes lado izquierdo Scooptram. ....	12
Tabla N° 2.5 Identificación de componentes lado derecho Scooptram. ....	13
Tabla N° 2.6 Identificación de componentes motor Diesel. ....	20
Tabla N° 2.7 Identificación componentes tren de fuerza. ....	24
Tabla N° 3.1 Ejemplo del ordenamiento de los datos. ....	35
Tabla N° 3.2 Tabla de datos para Jack Knife. ....	36
Tabla N° 3.3 Tabla de coordenadas. ....	37
Tabla N° 3.4: Tablas para análisis de severidad. ....	39
Tabla N° 3.5 Frecuencia. ....	40
Tabla N° 3.6 Detectabilidad. ....	41
Tabla N° 3.7 FMCA o AMFEC. ....	41
Tabla N° 4.1 Datos para diagrama de Pareto año 2020. ....	43
Tabla N° 4.2: Datos para diagrama de Pareto año 2019. ....	44
Tabla N° 4.3 Datos de coordenadas para Jack Knife. ....	45
Tabla N° 4.4 Desarrollo del AMFEC de las fallas obtenidas en Jack Knife. ....	47
Tabla N° 4.5 Acciones recomendadas para modos de fallas. ....	48
Tabla N° 5.1 Presupuesto para los componentes entregados en AMFEC. ....	57
Tabla N° 5.2 Valores de componentes del presupuesto en AMFEC. ....	58
Tabla N° 5.3 Valores horas detenidas del equipo periodo 7 meses año 2020. ....	59
Tabla N°5.4 Beneficios obtenidos de los gráficos anteriores. ....	61

## RESUMEN

Este proyecto presenta una mejora al plan de mantención que actualmente Minera Carola aplica a la flota de 6 equipos Scooptram, al calcular la disponibilidad de cada equipo Scooptram se observa que el ST-14 N°15 en el año 2019 tuvo una disponibilidad de un 60% y en el año 2020 una disponibilidad de un 40 % aproximado lo cual muestra que el equipo ha ido disminuyendo su disponibilidad, por lo que realizan un diagrama Pareto para determinar el Scooptram que estuvo más tiempo fuera de servicio en el periodo de 1 año y otro en el periodo de 7 meses llegando de forma efectiva al equipo ST-14 N°15 el cual es el más crítico y por lo tanto requirió mayor importancia de análisis con un diagrama Jack nife que les permite identificar que el sistema de tren de potencia es sistema más crítico. Una vez seleccionado el sistema con las fallas más críticas se procede a realizar, otro Pareto con los componentes del sistema más crítico, obtenidos a través del diagrama Jack Knife siendo estos, falla en la bomba de transmisión, pernos cortados cardanes, flexibles dañados y baja presión de transmisión dado que representan más del 80% de las horas detenidas del equipo, sabiendo esto analizan de mejor manera todas las fallas ocurridas en sistema de tren de potencia con un AMFEC en el que describen las acciones recomendadas para cada modo de falla del sistema crítico y además se establece un rango de prioridad para cada modo de falla. los resultados de los rangos de prioridad determina que los modos de fallas de la bomba de transmisión, pernos cortados de cardan, baja presión de transmisión y transmisión quebrada tienen un NPR superior a 5 los cuales se consideran como alta prioridad, además con las posibles causas y recomendaciones que tienen los diferentes modos de fallas, se incorporan algunas inspecciones como revisar nivel de aceite de transmisión y rellenar si corresponde, revisar la presión y temperatura de bomba de presión entre otros a las pautas ya utilizadas por la compañía. Con todo lo anterior los cambios de componentes o stock de repuestos como crucetas, aceite de transmisión y la misma transmisión se determinan con los rangos de priorización y las recomendaciones del AMFEC. El presupuesto anual estimado para el stock de repuesto anual es de \$85.322.410 y se considera \$26.451.252 para este año 2020 restante lo cual nos proporciona un aumento de disponibilidad de un 21% más o sea el equipo estará produciendo aproximadamente 146.580 toneladas de mineral dependiendo de su ley evaluadas entre \$83.370.099 y \$166.740.198.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día existen grandes empresas industriales, las cuales en la actualidad están apuntando a mejorar la seguridad, salud ocupacional y el medio ambiente, pero también para grandes empresas a niveles mundiales están enfocadas a mejorar y optimizar los tiempos muertos que se producen en su organización, procesos y sus distintas áreas, aumentando la disponibilidad de sus equipos, por lo tanto, las mejoras están apuntando al mantenimiento ya que de igual forma pueden influir en reducir daños al medio ambiente y la seguridad en las personas.

El mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo en la actualidad han tomado mucha importancia y han ido siendo mejorado con el tiempo para desarrollar un mantenimiento a los equipos o sistemas de mejor calidad.

Es por ello, que en este proyecto se realizara un estudio en Minera Carola, en la cual analizara uno de los equipos más utilizado en interior mina de esta minera, para lograr ayudar a mejorar la condición del equipo para que esté disponible en el momento que se le requiera. Para ello, se realizarán una serie de análisis tanto al equipo y sus componentes para poder realizar una propuesta que permita mejorar el mantenimiento realizado en estos equipos.

### **1.1.- Objetivo general**

Proponer un mejor plan de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad del equipo Scooptram, en busca de lograr un mejor desempeño en la línea de producción o desarrollo.

### **1.2 - Objetivos específicos**

- Fundamentar la forma de seleccionar el equipo y los componentes más críticos a evaluar.
- Definir plan de mantenimiento para equipo o sistema con mayor criticidad.
- Evaluar disponibilidad de los equipos Scooptram de minera Carola.

### **1.3.- Planteamiento del problema**

Este presente proyecto surge con la necesidad de mejorar la disponibilidad de los equipos Scooptram, porque son los equipos más utilizados en mina subterránea de minera

Carola ya que son los encargados de retirar el material tanto de producción como de desarrollo.

Debido a la importancia de estos equipos se necesita reducir tiempos en mantenciones, reducir los costos producidos por las pérdidas generadas por detenciones del equipo y estar preparados para posibles fallas críticas.

#### **1.4.- Metodología a seguir**

Dado que se quiere mejorar la disponibilidad de los equipos Scooptram en Minera Carola, se plantean los objetivos que guiarán y se enfocarán en la visión para cumplir con la mejora, es por esto que la metodología a seguir se realiza para mejorar la disponibilidad y cumplir el objetivo, se comienza recolectando información del periodo año 2020 y año 2019, donde se seleccionan las horas totales de detención del equipo los cuales se procede a calcular las disponibilidades que tuvieron durante los periodos seleccionados, ya que Minera Carola utiliza ese indicador y es el que se desea mejorar, para esto se requiere seleccionar el equipo más crítico o sea el que ha estado menos tiempo disponible, usando el diagrama de Pareto se selecciona este equipo crítico, dado que se realiza con los datos de registros de horas totales de detenciones. Además, una vez conocido el equipo crítico, en la recolección de información se buscan cuáles fueron las fallas y cuantas fallas tuvo el equipo en el periodo determinado y con estas fallas se realiza un Diagrama de Jack Knife que representa indicadores de mantenimiento los cuales separan a las fallas en diferentes cuadrantes, siendo el cuadrante más crítico el superior derecho como agudas y crónicas, por ende conociendo las falla críticas, se ordena con otro diagrama de Pareto para priorizarlas en el análisis de AMFEC que se realiza con cada una de las fallas o más bien igual llamadas modos de fallas, con este AMFEC se puede realizar un análisis profundo de cada uno de los modos de fallas, saber las consecuencia, y evaluar con severidad, detectabilidad y por su frecuencia dando como resultado un número de prioridad de riesgo (NPR), además se realiza recomendaciones para evitar o disminuir cada modo de falla, y así lograr aportar acciones ayuden a mejorar la disponibilidad del equipo que ha estado más detenido.

## CAPÍTULO II

### ANTECEDENTES DE EMPRESA Y EQUIPOS

#### 2.1.- Antecedentes generales de la empresa

El Grupo CAROLA-COEMIN está conformado por capitales 100% chilenos, y se dedica a la extracción de mineral y producción de concentrados de cobre, oro y plata. El mineral se extrae en Planta Cerrillos, en la que se produce el concentrado que luego es maquilado en la Fundición Hernán Videla Lira de ENAMI.

En la actualidad, Mina Carola tiene una producción de 150.000 Ton/mes de mineral de cobre que son procesados íntegramente en planta Cerrillos, distante 11 kilómetros del socavón principal [Minera Carola, 2020].

**Figura N° 2.1 Entrada a socavón principal Minera Carola.**



Fuente: Minera Carola.



## 2.2.- Ubicación Minera Carola

Minera Carola, de propiedad de la Sociedad Contractual Minera Carola, corresponde a una faena subterránea, ubicada en el Distrito Minero Punto del Cobre, al Sur de la comuna de Tierra Amarilla, a unos 21 kilómetros al Sureste de Copiapó, capital de la Región de Atacama [Minera Carola, 2020].

**Figura N° 2.2 Mapa de ubicación Minera Carola.**

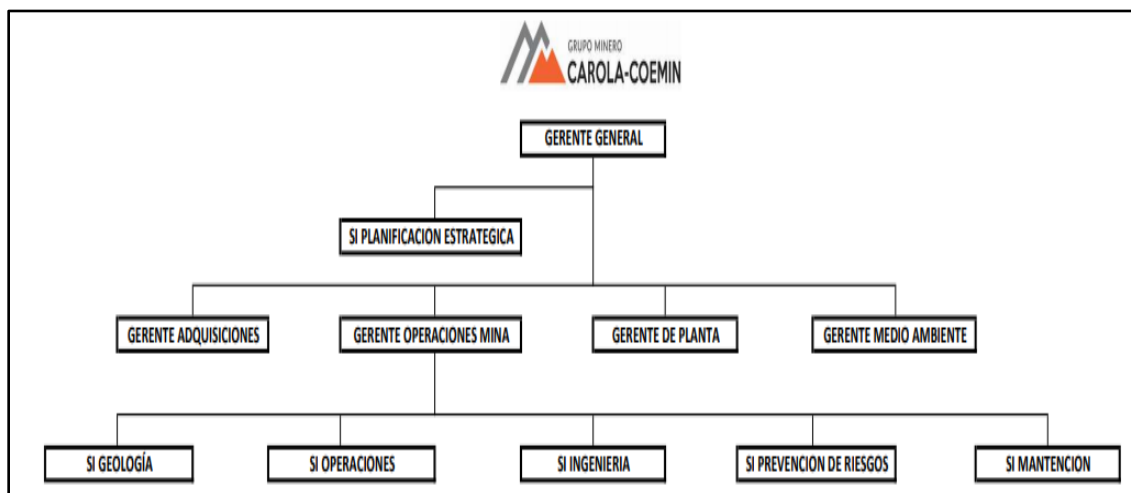


Fuente: Minera Carola.

## 2.3.- Organigrama general de Minera Carola.

La empresa Minera Carola para lograr su objetivo de producción está organizada de la siguiente forma:

**Figura N° 2.3 Organigrama general Minera Carola.**

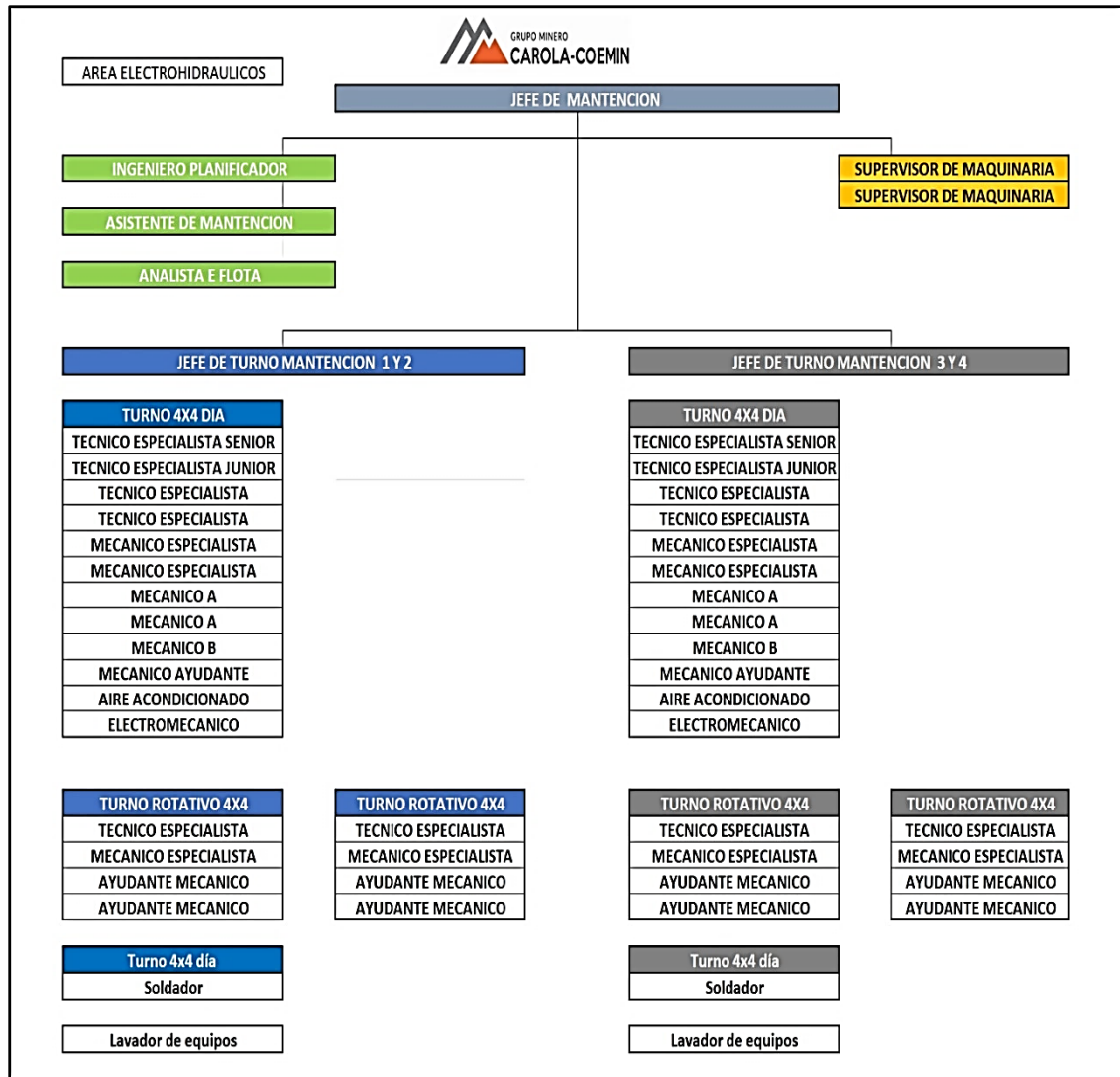


Fuente: Minera Carola.

## 2.4.- Organigrama de mantención electrohidráulico

El organigrama del departamento de mantención se organiza de la siguiente forma:

**Figura N° 2.4 Organigrama de mantenimiento electrohidráulico Minera Carola.**



Fuente: Minera Carola.

## **2.5.- Objetivos de Mantenimiento Minera Carola**

Ejecutar los trabajos de mantenimiento programado y reparaciones de forma efectiva, eficiente y eficaz (3E) según la programación a toda nuestra flota de equipos, utilizando los recursos necesarios para la ejecución correcta de las intervenciones, de manera segura y con calidad, todo esto para lograr la mayor durabilidad y confiabilidad de nuestros equipos.

## **2.6.- Misión**

Mantener nuestros equipos en óptimas condiciones de operación, realizando trabajos de manera eficiente y eficaz resguardando la seguridad y calidad de nuestros equipos, logrando la confiabilidad operacional de la flota.

## **2.7.- Visión**

Realizar todas las intervenciones en los tiempos de mantenimiento preventivo, reduciendo al mínimo los imprevistos, con una planificación y organización adecuada, que asegure la confiabilidad de nuestros procesos.

## **2.8.- Las 3E como pilar fundamental de calidad**

- **Eficiencia:** Capacidad para realizar adecuadamente una función, es la capacidad de lograr el trabajo con los recursos justos posibles (Hacer bien un trabajo con los recursos al mínimo).
- **Eficacia:** Capacidad de lograr un resultado (Cumplir el objetivo planificado).
- **Efectividad:** Es el equilibrio entre eficiencia y eficacia en un tiempo establecido (Hacer el trabajo en el tiempo adecuado).

## **2.9.- Breve descripción de la situación actual del mantenimiento**

El departamento de mantenimiento debe encargarse de que los activos que están presentes en la mina para que los equipos se encuentren en óptimas condiciones para su correcta operación.

### **2.9.1.- Mantenimiento preventivo realizado en Minera Carola**

El mantenimiento preventivo busca a través de distintas acciones planificadas, evitar las fallas de los equipos, estas se realizan independientemente de la condición del activo al momento de la intervención. Estos trabajos consisten en inspecciones, lubricación, revisión de niveles de líquidos, limpieza y cuando se cumple ciertas horas de

funcionamiento de los equipos se procede a realizar un mantenimiento basado en indicaciones del manual del equipo.

#### **2.9.2.- Mantenimiento correctivo realizado en Minera Carola**

Busca corregir las fallas en los equipos mediante diferentes acciones que dependen del tipo de falla presentado, siendo el más común cambio de componentes.

#### **2.9.3.- Mantenimiento predictivo realizado en Minera Carola**

Busca a través de distintas acciones planificadas, evitar las fallas de los equipos, estas se realizan de acuerdo con los resultados obtenidos en mediciones de parámetros tomados en las muestras de aceites y cuyos resultados son entregados en el resultado del análisis de este, además, de realizar inspecciones con equipo Pirómetro para ver condiciones de temperaturas a la que trabajan los diferentes componentes.

#### **2.9.4.- Mantenimiento o reparación mayor realizada en minera Carola**

Busca a través de una planificación a mediano y largo plazo, intervenir equipos o realizar trabajos críticos, que no se puedan realizar durante el tiempo de operación normal de la Mina y/o que requieran de un periodo de mantención prolongado.

#### **2.9.5.- Reporte de notificaciones, planificación y programación de actividades de acuerdo con orden de trabajo (OT)**

La notificación es el paso inicial de la actividad de mantenimiento, las notificaciones pueden ser realizadas por los operadores y/o mantenedores, la notificación debe contener una descripción detallada del motivo de esta, hodómetro del equipo, identificación del equipo involucrado y dejar registro del número de OT (orden de trabajo) de la guía en sistema.

El proceso continúa con la planificación de tareas, en donde el planificador de turno debe recepcionar toda la información, dejando registros de componentes, insumos, herramientas requeridas necesarias para poder concretar las tareas que se ejecutaran de manera óptima.

La programación de actividades consiste en la asignación de una franja de tiempo para que se ejecute la actividad mediante una orden de trabajo (OT) de acuerdo con prioridades de la mina o eventos pendientes que hayan quedado.

## **2.10.- Descripción general del equipo Scooptram**

Es una cargadora frontal que se utiliza en la minería subterránea, ya que es parte integral del proceso productivo de una mina, porque se encarga de transportar el material recién dinamitado a los buzones de vaciado.

Estas maquinarias existen en modalidades diésel y eléctricas. También es posible encontrarlas en modalidades de operación manual (con operador en el equipo) y telecomandada (con operador a distancia). Es posible encontrar un amplio rango de capacidades de carga entre las 3,6 y 20 toneladas.

### **2.10.1.- Uso provisto del producto Load Haul Dump (LHD)**

La máquina está diseñada solo para carga, transporte y descarga. Está diseñada exclusivamente para este propósito.

### **2.10.2.- Proveedor fabricante Epiroc**

La empresa Epiroc es el proveedor de los equipos Scooptram y otros equipos de Minera Carola, lo cual es el encargado de ver el tema de costos, solicitudes de repuestos y datos técnicos.

**Figura N° 2.5 Oficinas Epiroc**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST1030 Manual del operador.

### 2.10.3.- Modelos Scooptram

En Minera Carola existen 3 modelos del equipo Scooptram, lo que dependerá exclusivamente de su capacidad de tonelaje de carga de material

#### A.- Scooptram ST1030

El equipo Scooptram ST1030 en Minera Carola, se encarga de retirar el material ya dinamitado dentro de la mina subterránea para el desarrollo de la mina subterránea. (AtlasCopco, Scooptram ST1030 Manual del operador, 2012)

**Figura N° 2.6 Scooptram ST1030.**



Fuente: Equipo Minera Carola.

**Tabla N° 2.1 Datos técnicos Scooptram ST1030**

<b>Dimensiones</b>		
	<b>[m]</b>	<b>[pies]</b>
<b>Longitud</b>	<b>9.75</b>	<b>32</b>
<b>Altura, balde posición baja</b>	<b>2.36</b>	<b>7.74</b>
<b>Altura, balde en posición alta</b>	<b>4.91</b>	<b>16.11</b>
<b>Ancho</b>	<b>2.55</b>	<b>8.37</b>
<b>Peso</b>		
<b>Varía por opciones</b>	<b>[kg]</b>	<b>[lbs]</b>
<b>Vacío</b>	<b>27,200</b>	<b>60,000</b>
<b>Carga de eje, extreme delantero</b>	<b>13,700</b>	<b>30,200</b>
<b>Carga de eje, extreme trasero</b>	<b>13,500</b>	<b>29,800</b>

Fuente: Atlas Copco Scooptram ST1030 Manual del operador.

## B.- Scooptram ST14

El equipo Scooptram ST14 en Minera Carola, se encarga de retirar el material ya dinamitado y realizar carguío dentro de la mina subterránea para el desarrollo y producción de la mina subterránea. (AtlasCopco, Scooptramp ST 14 Manual del operador, 2012)

**Figura N° 2.7 Scooptram ST14.**



Fuente: Equipo Minera Carola.

**Tabla N° 2.2 Datos técnicos Scooptram ST14.**

<b>Dimensiones</b>		
	<b>[m]</b>	<b>[pies]</b>
<b>Longitud</b>	<b>10.83</b>	<b>35.53</b>
<b>Altura, balde posición baja</b>	<b>2.55</b>	<b>8.37</b>
<b>Altura, balde en posición alta</b>	<b>5.93</b>	<b>19.46</b>
<b>Ancho</b>	<b>2.80</b>	<b>9.19</b>
<b>Peso</b>		
<b>Varía por opciones</b>	<b>[kg]</b>	<b>[lbs]</b>
<b>Vacío</b>	<b>38,000</b>	<b>83,800</b>
<b>Carga de eje, extreme delantero</b>	<b>19,100</b>	<b>42,100</b>
<b>Carga de eje, extreme trasero</b>	<b>18,900</b>	<b>41,700</b>

Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### C.- Scooptram ST18

El equipo Scooptram ST18 en Minera Carola, se encarga de realizar carguío para la producción de la mina subterránea. (Epiroc, 2018)

**Figura N° 2.8 Scooptram ST18.**



Fuente: Equipo Minera Carola

**Tabla N° 2.3 Datos técnicos Scooptram ST18.**

<b>Peso</b>		
Varía según opciones	<b>[kg]</b>	<b>[lbs]</b>
Maquina completa vacía	50,700	111,800
Carga del eje, extremo delantero	23,900	52,700
Carga del eje, extremo trasero	26,800	26,800
<b>Peso Cargado</b>		
Varía según las opciones	<b>[kg]</b>	<b>[lbs]</b>
Vacío	68,300	150,600
Carga de eje, extreme delantero	51,300	113,100
Carga de eje, extreme trasero	17,000	37,500

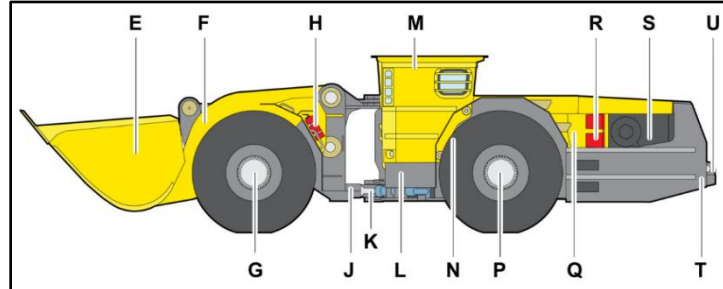
Fuente: Atlas Copco Scooptram ST18 Manual del operador



## 2.10.4.- Componentes principales

### A.- Lado izquierdo

**Figura N° 2.9 Componentes de Scooptram lado izquierdo.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

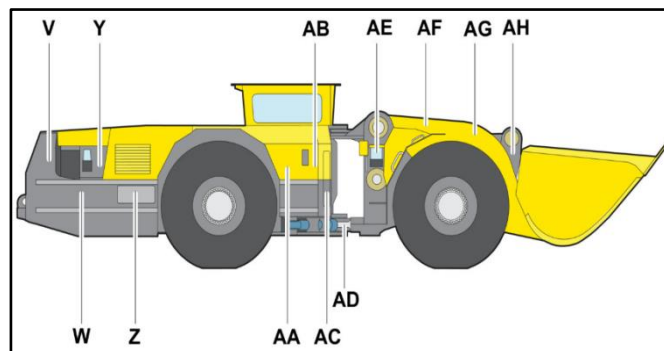
**Tabla N° 2.4 Identificación de componentes lado izquierdo Scooptram.**

E= Cucharón	M =Cabina
F =Brazo	N =Transmisión
G =Eje delantero	P =Eje trasero
H =Extintores de incendios	Q =Upbox
J =Articulación	R = Cuñas para rueda
K =Cilindro de dirección, lado izquierdo	S =Motor
L =Depósito de líquido lavaparabrisas	T =Sistema de escape

Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### B.- Lado derecho

**Figura N° 2.10 Componentes de Scooptram lado derecho.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

**Tabla N° 2.5 Identificación de componentes lado derecho Scooptram.**

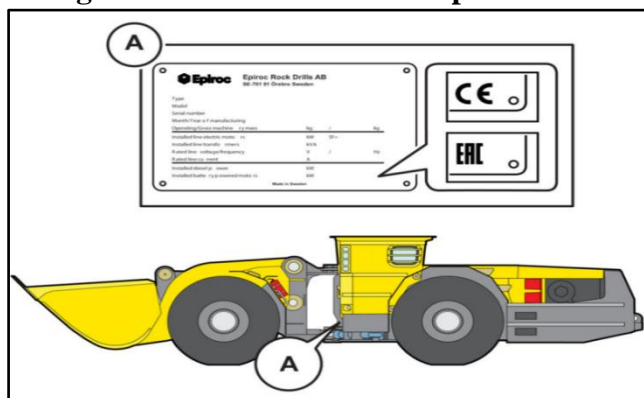
U =Gancho de remolque (opcional)	AC =Puerta para el área hidráulica
V =Ventilador de enfriamiento	AD =Cilindro de dirección, lado derecho
W =Tanque de combustible	AE =Contenedor de grasa lubricante
Y =Compartimiento de servicio (interruptor de aislamiento de batería, filtro de aire, filtro de combustible, y sucesivamente)	AF =Cilindro del brazo
Z =Batería	AG =Cilindro de descarga
AA =Depósito de aceite hidráulico	AH =Barra Z
AB =Tanque de aceite de enfriamiento del freno	

Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### 2.10.5.- Placa de datos

La placa de datos que está instalada en la máquina varía dependiendo del tipo, especificación y territorio en el que se opera la máquina. La placa de identificación también indica si la máquina está certificada como CE (Conformité Européenne) EAC (Conformidad de Eurasia). Si no hay marcas CE o EAC en la placa de datos, la máquina no está certificada ni CE ni EAC. [Atlas Copco Scooptram ST18 Operación].

**Figura N° 2.11: Ubicación de placa de datos.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

## **2.11.- Funcionamiento de los sistemas**

El equipo Scooptram está conformado por diversos componentes como sistemas mecánico, hidráulico y eléctrico.

### **2.11.1.- Sistema cabina**

La cabina es donde el operador realiza la operación del equipo Scooptram, lo cual está diseñada para adaptarse a las condiciones de la mina y situaciones particulares de ruido, incorporando ventanas, sistema de iluminación, aire acondicionado e incluso coordinarse la instalación de comandos remotos. Uno de los componentes más esenciales son el RCS (Rig Control System) y RRC (Radio Resource Control) (AtlasCopco, Scooptramp ST 14 Manual del operador, 2012) (Epiroc, 2018)

**Figura N° 2.12 Cabina operador.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### A.- RCS

El RCS (Rig Control System) permite al operador monitorear y controlar más fácilmente todas las funciones del equipo, como habilitar el control local o control remoto (RCC), ver registro de eventos, ver información de errores para verificar fallas y análisis futuros. (AtlasCopco, Scooptram ST 14 Manual del operador, 2012) (Epiroc, 2018)

**Figura N° 2.13 Pantalla RCS.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### B.- RRC

El RRC (Radio Resource Control) del Scooptram es un sistema de radiotelemando que permite operar el equipo Scooptram a través de la señal bluetooth para que el operador pueda desempeñar su labor de un modo más seguro y eficaz en entornos de riesgo. (AtlasCopco, Radio Remote Control Scooptram RRC RCS User Manual, 2011)

**Figura N° 2.14 Control remoto RRC.**

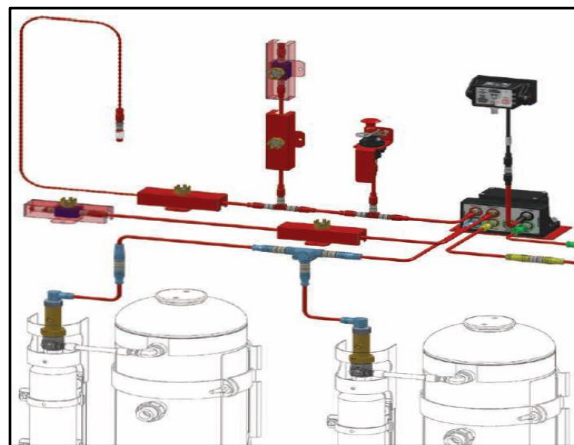


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### 2.11.2.- Equipo contra incendios

El sistema de extinción de incendios ANSUL (Anhydrous Sulfur), es un sistema de boquilla fija prediseñado para la protección de vehículos todos terrenos. El sistema ANSUL consta de tres componentes principales: un contenedor para almacenar el agente extintor químico seco; un sistema de actuación operado manual o automáticamente, y un sistema de distribución de agente que entrega el agente desde el tanque a través de una manguera hidráulica y boquillas fijas a las áreas de peligro. (ANSUL, 2005)

**Figura N° 2.15 Sistema ANSUL.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### 2.11.3.- Sistema hidráulico

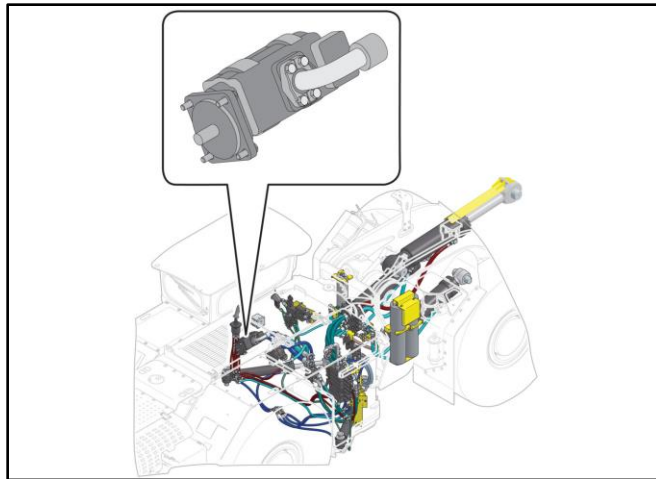
El principal propósito del sistema hidráulico es transmitir energía del motor a los diversos sistemas de trabajo y control en el equipo Scooptram. La vida de servicio y confiabilidad de los sistemas hidráulicos y sus componentes depende de un mantenimiento correcto. El sistema hidráulico se conforma de diversos componentes del equipo Scooptram.

#### A.- Bomba de engranajes hidráulico

Las bombas convierten la energía mecánica en energía hidráulica. Una bomba suministra flujo de fluido hidráulico a los cilindros en funcionamiento. La mayoría de los equipos Scooptram tienen tres sistemas que requieren una bomba hidráulica:

- Dirección y frenar
- Descarga y elevación

**Figura N° 2.16 Bomba de engranaje hidráulico.**

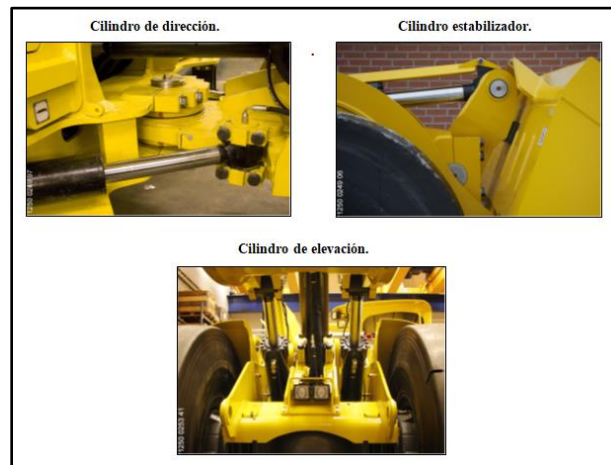


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### **B.- Cilindros hidráulicos**

Los cilindros son la parte principal del circuito hidráulico, el cilindro realiza la función del sistema hidráulico y convierte la energía del fluido de la bomba en energía mecánica, y los cilindros de doble acción proporcionan fuerza en ambas direcciones. El fluido hidráulico entra en un extremo del cilindro para extenderlo, y en el otro extremo para replegarlo. El aceite desde el extremo no presurizado del cilindro regresa al tanque hidráulico.

**Figura N° 2.17 Cilindros hidráulicos.**



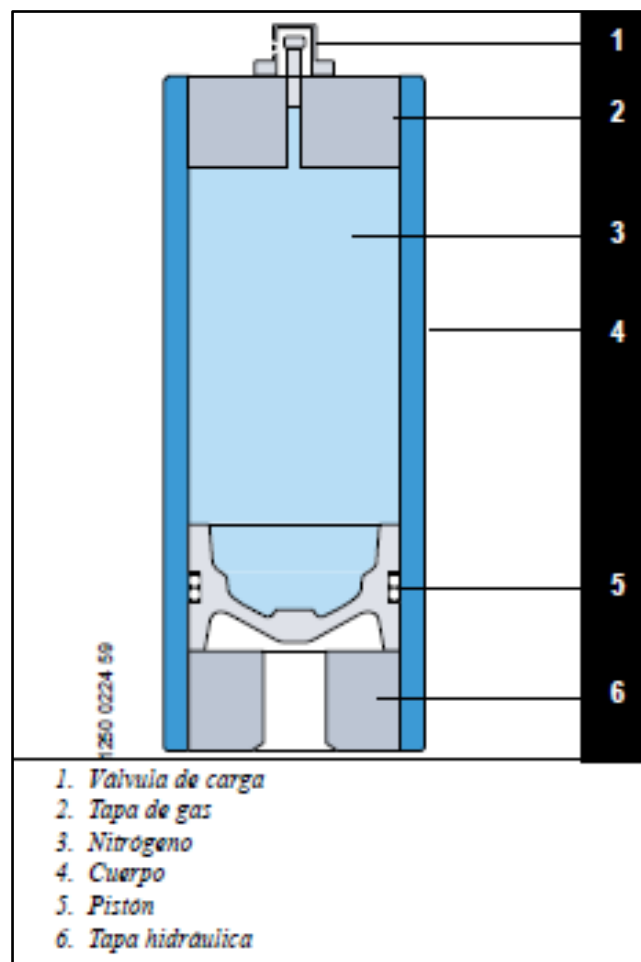
Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### C.- Acumuladores

Los acumuladores hidráulicos se utilizan para almacenar energía y mantienen un flujo uniforme de aceite hacia los siguientes sistemas durante la operación de la máquina:

- Frenos
- Accionamiento de emergencia
- Suspensión del brazo
- Control de conducción
- Liberación de freno

**Figura N° 2.18 Acumulador hidráulico.**

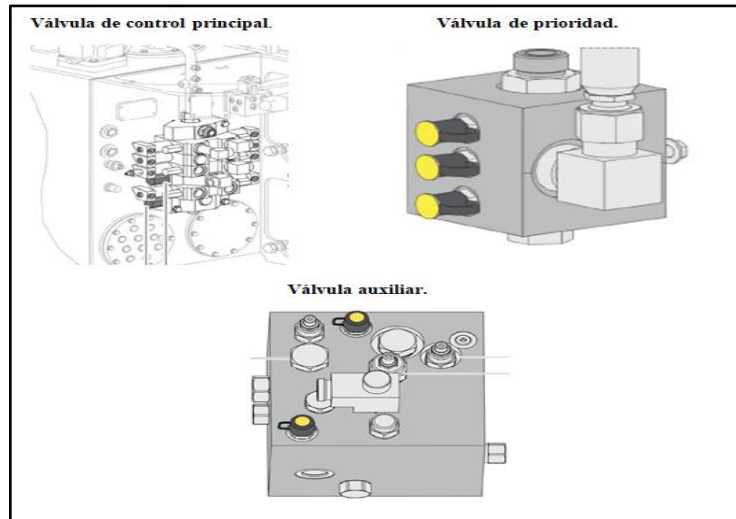


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

#### D.- Válvulas de control

El equipo usa una serie de válvulas que son integrales para la operación del sistema hidráulico de Scooptram.

**Figura N° 2.19 Válvulas de control hidráulico.**

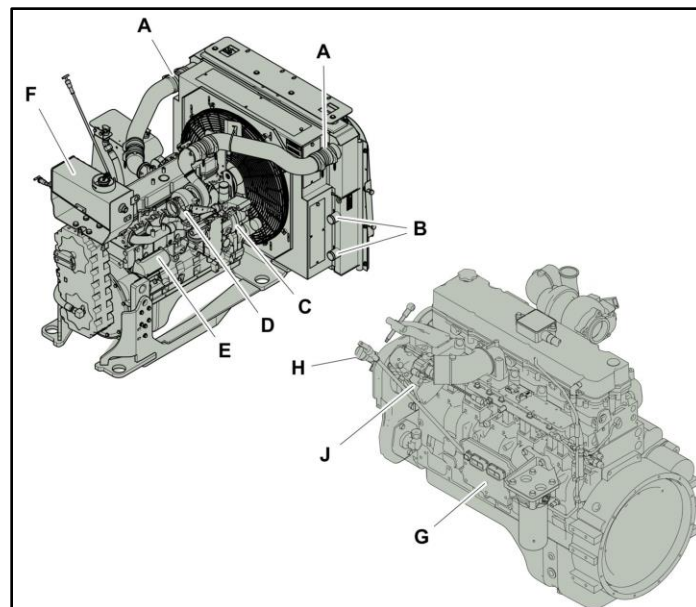


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

#### 2.11.4.- Motor Diesel

El motor diesel del equipo Scooptram es el que libera energía mecánica para que el equipo realice sus movimientos.

**Figura N° 2.20 Motor diesel equipo Scooptram.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.



**Tabla N° 2.6 Identificación de componentes motor Diesel.**

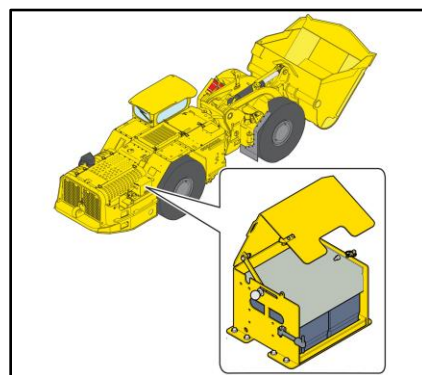
<b>A</b>	Inter enfriador
<b>B</b>	Radiador
<b>C</b>	Alternador
<b>D</b>	Turbocargador
<b>E</b>	Motor de arranque
<b>F</b>	Tanque de expansión de refrigerante de motor
<b>G</b>	ECM (Módulo de Control de Motor)
<b>H</b>	Llenado de aceite del motor
<b>J</b>	Bomba de combustible de alta presión

Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

#### **2.11.5.- Sistema eléctrico**

Dos baterías de 12 V que están conectadas en serie suministran energía de 24 V al sistema eléctrico. Un convertidor reduce el voltaje a 12 V para los manómetros. Cuando la llave de ignición está en ON, la batería suministra energía al ECM del motor. El ECM monitorea y regula el desempeño del motor. Cuando se arranca el equipo, el ECM realiza rutinas de diagnóstico y reporta desviaciones al operador a través de alarmas y luces. Las rutinas de diagnóstico del ECM están basadas en señales de entrada desde diversos sensores. Las luces Check engine (Revisar motor) y Stop engine (Detener motor) se encienden durante 3 segundos después de arrancar la máquina. Las luces permanecen encendidas cuando hay algún problema con el sistema. [Atlas Copco Scooptram, 2012].

**Figura N° 2.21 Baterías.**



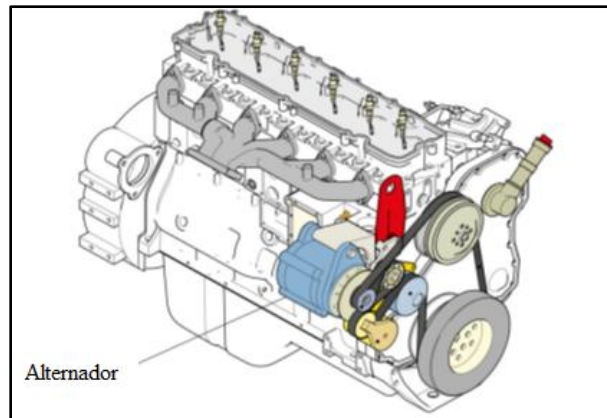
Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### **A.- Alternador**

El alternador tiene dos funciones:

- Proporciona corriente eléctrica para el funcionamiento del equipo
- Carga la batería mientras el vehículo está en funcionamiento. La carga de la batería requiere cerca del 20% de la capacidad de carga completa del alternador.

**Figura N° 2.22 Ubicación alternador.**

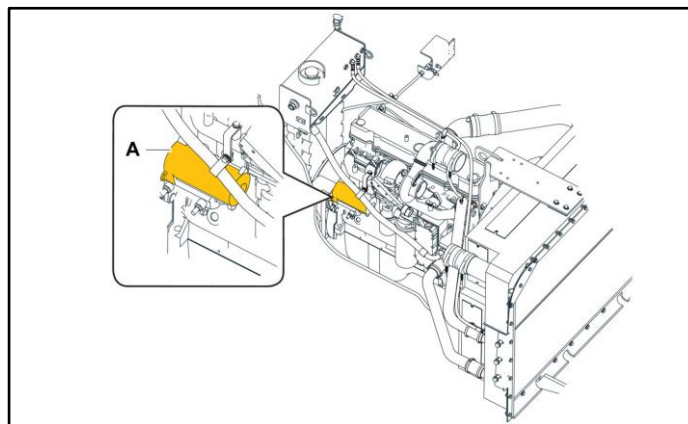


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### **B.- Motor de arranque**

El motor de arranque consiste básicamente en ser un motor eléctrico auxiliar alimentado por corriente continua con imanes de tamaño reducido, empleado para facilitar el encendido del motor de combustión interna, es decir, facilita las explosiones de la cámara de combustión en el interior de los cilindros.

**Figura N° 2.23 Ubicación motor de arranque.**

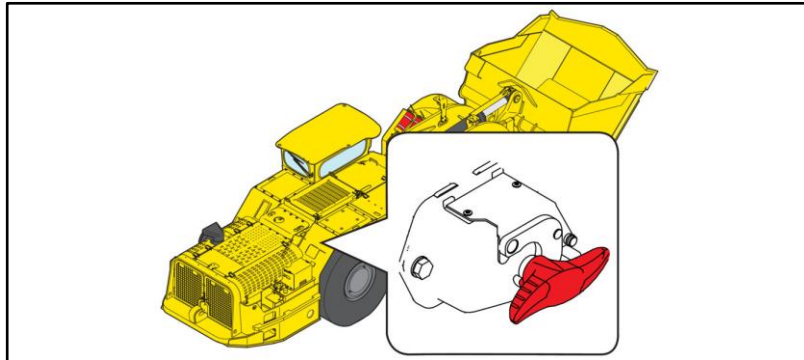


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### C.- Interruptor aislamiento de batería

El interruptor de aislamiento de la batería está ubicado cerca de las baterías. Cuando se gira el interruptor a la posición OFF (APAGADO), desconecta el sistema eléctrico de la batería. El interruptor está protegido contra el ambiente por su alojamiento sellado.

**Figura N° 2.24 Ubicación interruptor aislamiento batería.**

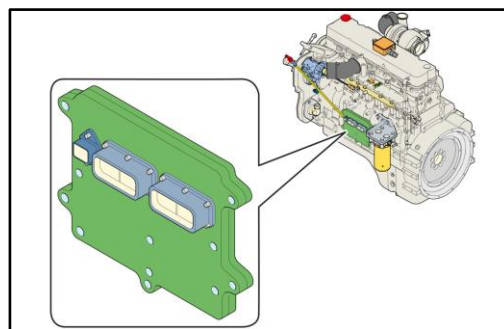


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### D.- Módulo de control electrónico (ECM)

El Módulo de control del motor (ECM) administra el desempeño, eficiencia del motor, proporciona datos de diagnóstico, e implementa rutinas de protección cuando se necesita. Con base en la entrada de los sensores, el módulo de control del motor (ECM) usa una memoria de sólo lectura borrable y programable (EEPROM) para controlar la velocidad y potencia del motor, tiempo de inyección, regulación, moldeo de torsión, lógica de arranque en frío y suministro de combustible. El módulo de control del motor (ECM) compara la entrada de los sensores del tren motriz y la entrada del operador para controlar el equipo.

**Figura N° 2.25 Ubicación módulo de control electrónico (ECM).**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### E.- Sensores del sistema

El sistema de sensor del módulo de control del motor (ECM) monitorea las referencias de relación específica, presiones y temperaturas. El ECM usa los datos para:

- Regular la eficiencia del motor
- Auxiliar en el diagnóstico
- Activar los dispositivos de seguridad del motor

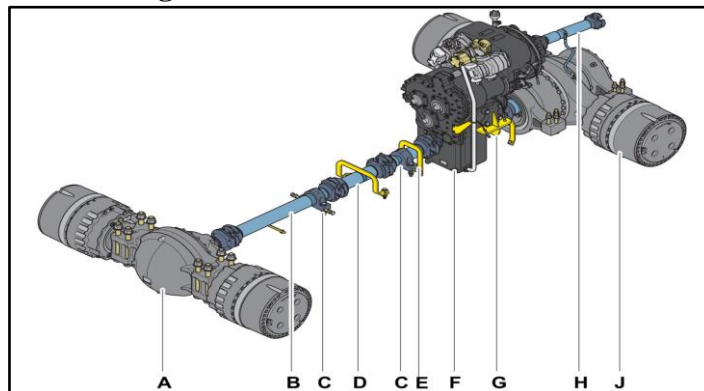
El motor incluye los siguientes sensores:

- Cigüeñal
- Posición de árbol de levas
- Refuerzo de turbo
- Temperatura de aire
- Presión de combustible
- Temperatura de combustible
- Temperatura del aceite
- Presión de aceite
- Temperatura de refrigerante
- Nivel de refrigerante
- Posición de acelerado

### 2.11.6.- Tren de fuerza

El tren de fuerza es una de las partes más importantes del equipo y es el encargado de convertir la energía del combustible en movimiento de los neumáticos para impulsarlo.

**Figura N° 2.26 Sistema tren de fuerza.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

**Tabla N° 2.7 Identificación componentes tren de fuerza.**

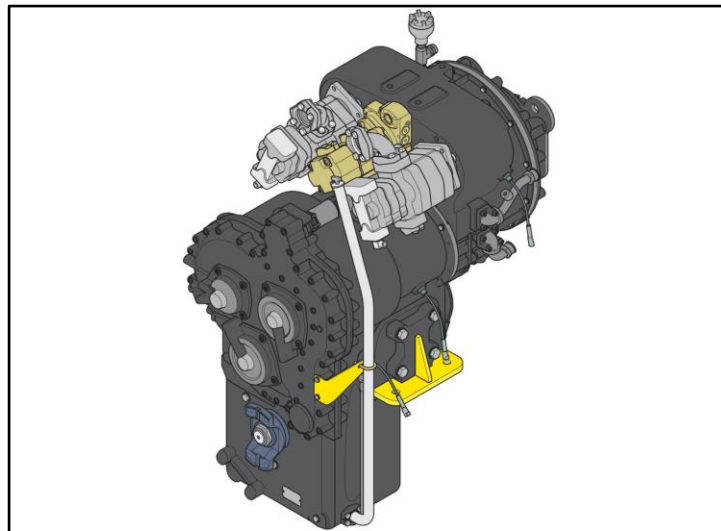
<b>A</b>	Eje diferencial delantero
<b>B</b>	Eje propulsor delantero
<b>C</b>	Cojinete de apoyo del eje cardan
<b>D</b>	Eje cardan intermedio
<b>E</b>	Flecha cardán de la transmisión al centro
<b>F</b>	Transmisión
<b>G</b>	Flecha cardán trasera
<b>H</b>	Upbox al eje cardan de la transmisión
<b>J</b>	Eje diferencial trasero

Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### **A.- Transmisión**

La transmisión es una transmisión automática y convertidor de par controlados electrónicamente que se opera con botones pulsadores o el interruptor selector que está ubicado en la cabina del operador. La energía del motor Diesel se transmite directamente desde el volante del motor pasando por el Upbox hasta la transmisión. Los ejes de salida de la transmisión transmiten potencia a través de los ejes cardán a los diferenciales delantero y trasero. [Atlas Copco Scooptram, 2012].

**Figura N° 2.27 Transmisión.**

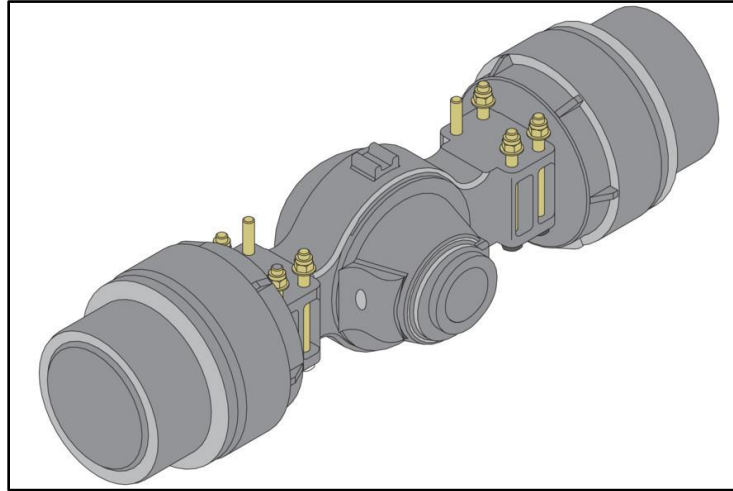


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

## B.- Ejes diferenciales

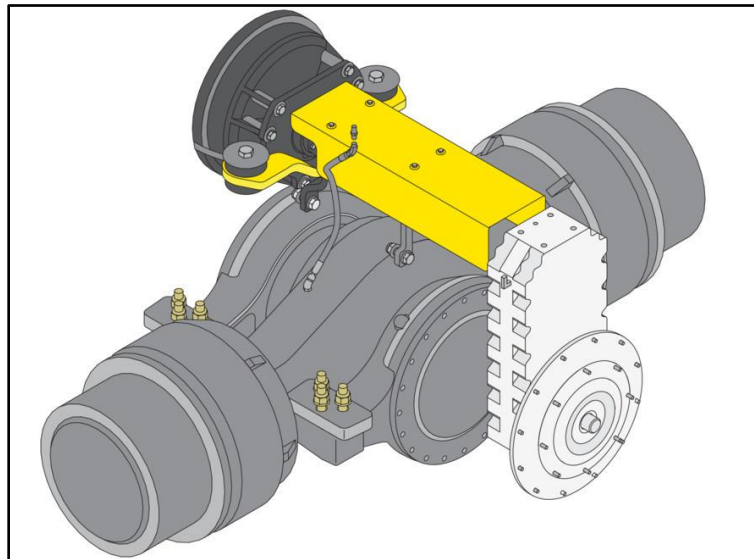
Los ejes delantero y trasero tienen engranaje y piñón de anillo tipo bisel en espiral, en donde se provee una reducción adicional mediante un conjunto de engranajes planetarios dentro del cubo. [Atlas Copco Scooptram, 2012].

**Figura N° 2.28 Eje diferencial delantero.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

**Figura N° 2.29 Eje diferencial trasero.**

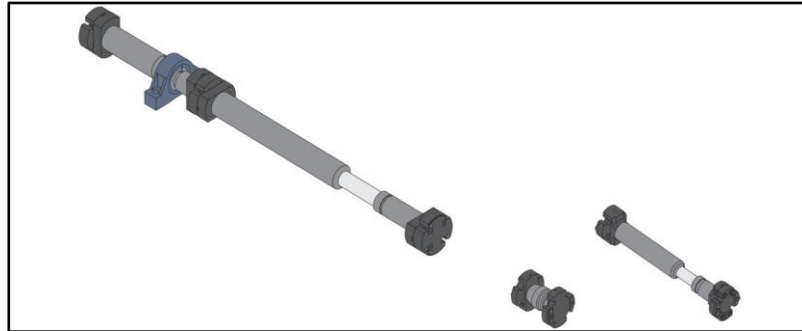


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### C.- Ejes propulsores cardan

Los cardanes transmiten el esfuerzo de rotación del motor a las ruedas motrices del equipo, permitiendo a la vez el movimiento de suspensión y de giro de las ruedas delanteras. [Atlas Copco Scooptram, 2012]

**Figura N° 2.30 Ejes cardán.**

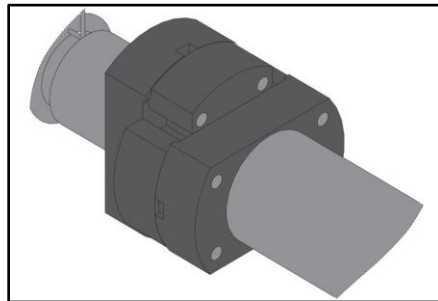


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### D.- Cojinetes de junta universal

Las juntas universales tienen varios tipos de ensambles de tapas de cojinetes. Las juntas universales están especificadas en la máquina particular y se basan en sus capacidades de carga de par de las juntas universales.

**Figura N° 2.31 Cojinete junta universal.**

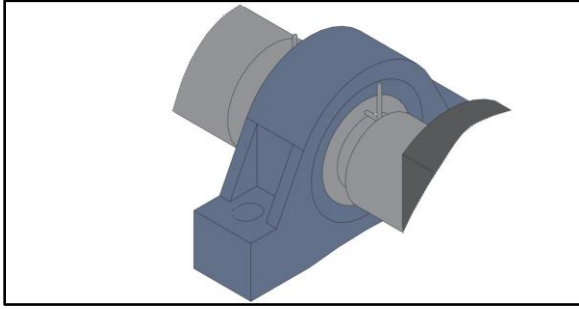


Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### E.- Pillow block

El pillow block son cojinetes de apoyo del eje cardán se usan en ubicaciones en donde un eje cardán pasa por una mampara de bastidor, por lo general en el área central o en medio de una gran extensión. El pillow block de apoyo del eje cardán están unidos a un miembro transversal del bastidor, requieren de lubricación frecuente, para lo cual incluyen boquillas de lubricación. [Atlas Copco Scooptram, 2012].

**Figura N° 2.32 Pillow block.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### **F.- Planetarios y neumáticos**

Un programa de mantenimiento de ruedas y neumáticos efectivos puede dar resultados significativos en mejora de productividad y mayor vida útil del neumático. Muchas áreas importantes para considerar al establecer un programa de mantenimiento para planetarios y neumáticos son:

- Inspección y mantenimiento
- Inflado correcto de neumáticos
- Radio de rodado y tamaño de llanta
- Prácticas de conducción

**Figura N° 2.33 Neumático.**



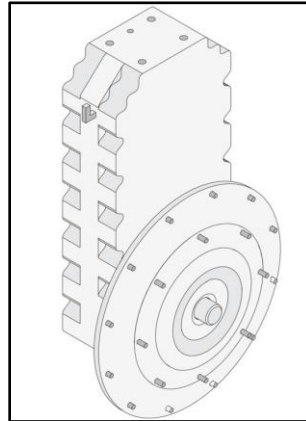
Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.



## **G.- Upbox**

El Upbox transfiere la salida del motor sobre el eje trasero, lo cual permite a la máquina mantener su altura libre baja. El upbox se compone de una placa de accionamiento y del acoplamiento del eje cardan. La placa de accionamiento está en el área de sujeción del motor y un eje, una placa flexible entre el motor y el upbox dispersa la vibración del motor. (Epiroc ST1030/ST1030 LP III A Manual de Mantenimiento)

**Figura N° 2.34 Upbox.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### **2.11.7.- Sistema auto lubricación**

El sistema de auto lubricación es el encargado de engrasar los componentes del equipo Scooptram. El sistema de auto lubricación utiliza una bomba compacta multilínea, que suministra hasta 300 puntos de lubricación dependiendo de las longitudes de las líneas, es importante mantener el nivel de grasa en el depósito para que vaya lubricando los sistemas de levante y otros componentes del equipo Scooptram (Lincoln Autolube Manual)

**Figura N° 2.35 Sistema de auto lubricación de engrase.**



Fuente: Atlas Copco Scooptram ST14 Manual del operador.

### **2.12.- Condiciones de operación**

Los equipos Scooptram realizan su trabajo bajo la mina subterránea, lo cual las condiciones de trabajo pueden ser extremas, ya que estos equipos por lo general recogen material ya dinamitado lo cual el área de trabajo puede generar caídas de rocas y suspensión de polvo lo que genera daños a los componentes del equipo.

### **2.13.- Ritmo de trabajo**

El equipo Scooptram por lo general trabaja las 20 horas del día durante todos los días del año para realizar labores de producción y desarrollo de la mina subterránea por lo cual su ritmo de trabajo es de 20hras x 365días= 7300hras al año.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1.- Mantenimiento**

Se denomina mantenimiento al procedimiento mediante el cual un determinado bien recibe tratamientos o un conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que le permita garantizar que, en el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias externas no le afecten y le permita funcionar a un coste mínimo.

Misiones de mantenimiento:

- la vigilancia permanente y/o periódica.
- las acciones preventivas.
- las acciones correctivas (reparaciones).
- el reemplazamiento de maquinaria.

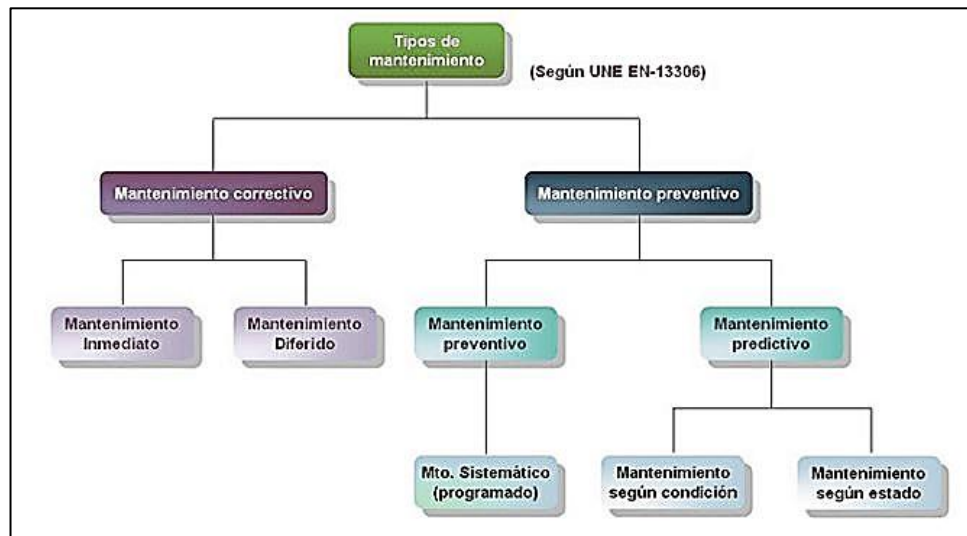
Los objetivos implícitos son:

- Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
- Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
- Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones [Navarro, 2004].

#### **3.2.- Tipos de mantenimiento**

La norma UNE EN 13306 especifica definiciones y términos genéricos de mantenimiento el cual dice que es un conjunto de acciones técnicas, administrativas y gerenciales durante el ciclo de vida del activo o ítem, dado estos los mantenimientos se pueden clasificar de la siguiente manera. [Holguín Londoño, 2013]

**Figura N° 3.1 Tipos de mantenimientos.**



Fuente: Norma UNE EN-13306.

### 3.2.1.- Mantenimiento Correctivo

Mantenimiento realizado luego del reconocimiento de una falla y con el fin de llevar el ítem a un estado en el cual pueda realizar una función requerida.

- Mantenimiento correctivo diferido: al producirse la avería o defecto, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.
- Mantenimiento inmediato: es el que se realiza inmediatamente de percibir la avería y defecto, con los medios disponibles, destinados a ese fin.

Aplicaciones:

- Cuando el coste total de las paradas ocasionadas sea menor que el coste total de las acciones preventivas.
- Esto sólo se da en sistemas secundarios cuya avería no afectan de forma importante a la producción.
- Estadísticamente resulta ser el aplicado en mayor proporción en la mayoría de las industrias.

### **3.2.2.- Mantenimiento Preventivo**

Mantenimiento realizado en intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios prescritos y con el fin de reducir la probabilidad de falla o la degradación de la funcionalidad del ítem.

Aplicaciones:

- Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro
- Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.

### **3.2.3.- Mantenimiento Predictivo**

Realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.

- Mantenimiento según condición o estado: basado en el monitoreo del desempeño y/o en parámetros y en las acciones subsecuentes, subordinado a un acontecimiento predeterminado [Holguín Londoño, 2013].

Aplicaciones:

- Maquinaria rotativa
- Motores eléctricos
- Equipos estáticos
- Instrumentación

### **3.3.- Plan de mantenimiento**

Conjunto estructurado de tareas que incluyen las actividades, procedimiento, recursos y la escala de tiempo requerida para llevar a cabo el mantenimiento. Con todo lo dicho hasta ahora podríamos resumir las distintas etapas que supone establecer un plan de mantenimiento (MONCHY, 1990)

#### **3.3.1.- Clasificación e Identificación de Equipos**

El primer paso sería disponer de un inventario donde estén claramente identificados y clasificados todos los equipos. Se recomienda un sistema arborescente y un código que identifique planta y unidad, además de los específicos del equipo.

### **3.3.2.- Recopilar información**

Se trata de tener toda la información que sea relevante para mantenimiento:

- Condiciones de Trabajo.
- Condiciones de Diseño.
- Recomendaciones del Fabricante.
- Condicionamientos legales.

### **3.3.3.- Selección de la Política de Mantenimiento**

Se trata de decidir qué tipo de mantenimiento aplicar a cada equipo. Se usan para ello tanto métodos cuantitativos como, fundamentalmente, cualitativos como el AMFEC (Análisis de Modos de Fallos, Efectos y Criticidad).

### **3.3.4.- Programa de Mantenimiento Preventivo**

Cuando el análisis individual se ha completado, se debe coordinar a nivel conjunto para agrupar por familias, tipos de equipos, períodos iguales, a fin de optimizar la mano de obra. El programa de mantenimiento preventivo proporcionará las rutinas de inspección y de lubricación.

### **3.3.5.- Guía de Mantenimiento Correctivo**

Incluso con la mejor información de fabricantes, es difícil, al principio, prever la carga de mantenimiento correctivo esperada. Obviamente, con la experiencia se debe prever la cantidad de esta carga de trabajo para su presupuestación. En cualquier caso, una tarea muy valiosa para facilitar la planificación de trabajos consiste en, tipificar los trabajos más repetitivos e incluso confeccionar procedimientos de reparación para cada uno de esos casos.

### **3.3.6.- Organización del Mantenimiento**

El plan de mantenimiento se completa definiendo la organización necesaria:

- La estructura de recursos humanos, tanto propia como ajena
- La estructura administrativa
- El sistema de planificación y programación de trabajos [Navarro, 2004].

### 3.4.- Disponibilidad

La disponibilidad es la probabilidad, en el tiempo, de asegurar un servicio y además la disponibilidad se puede obtener como el porcentaje de equipos o sistemas útiles en un determinado momento (MONCHY, 1990)

Dado a diversos tipos de disponibilidades usados por las empresas según áreas o necesidades en este caso se verá, la Disponibilidad Física (DF) ya que es la usada en los equipos móviles en operaciones Minera Carola.

Disponibilidad física: es una disponibilidad que no toma en cuenta si el equipo ha sido operado o no, las horas disponibles se toman en cuenta los 30 Días del mes por 24 Horas/Días. Para medir el nivel de satisfacción que tiene Operaciones Mina para utilizar los equipos en la mina se usa la siguiente ecuación:

$$DF = \text{Hras Disponibles} - \frac{\text{Hras Mantto programado} + \text{Hras Mantto no programado}}{\text{HrasDisponibles}} * 100$$

[Ec2.1]

### 3.5.- Diagrama de Pareto

Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar y seleccionar los aspectos prioritarios que hay que tratar. También se conoce como Diagrama ABC o Ley de las Prioridades 20-80, que dice: “El 80% de los problemas que ocurren en cualquier actividad son ocasionados por el 20% de los elementos que intervienen en producirlos”. Los pasos para seguir para su representación son:

1. Anotar, en orden progresivo decreciente, los fallos o averías a analizar. En definitiva, el problema a análisis.
2. Calcular y anotar, a su derecha, el peso relativo de cada uno (%).
3. Calcular y anotar, a su derecha, el valor acumulado (% acumulado).
4. Representar los elementos en porcentajes decrecientes de izquierda a derecha (histograma) y la curva de porcentaje acumulado (curva ABC).

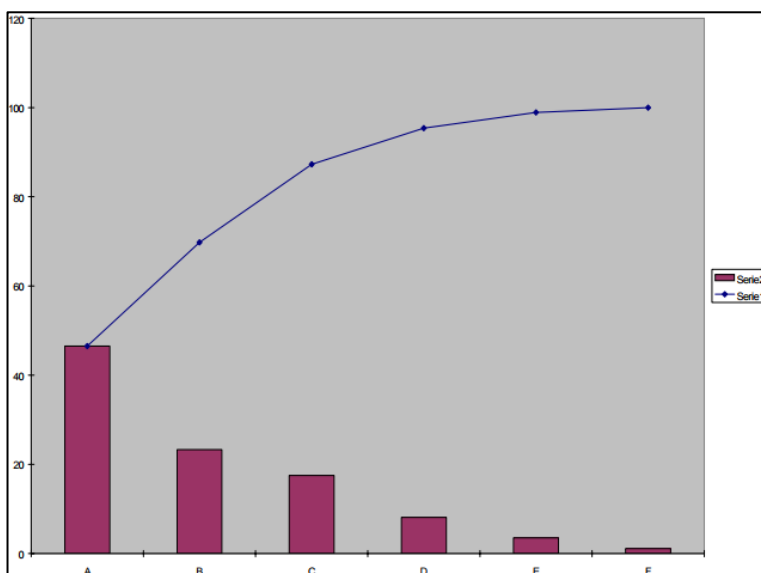
Ejemplo: Averías encontradas en un conjunto de bombas centrífugas. Se trata de seleccionar el problema o avería a analizar (Pascual, El arte de mantener, 2009) :

**Tabla N° 3.1 Ejemplo del ordenamiento de los datos.**

	CONCEPTO	IMPORTE ANUAL	%	% ACUMULADO
A	Fuga Cierre Mecánico	40	46,5	46,5
B	Fallo de Cojinetes	20	23,3	69,8
C	Desgaste Anillos de Impulsor	15	17,5	87,3
D	Daños en el Eje	7	8,1	95,4
E	Daños en Impulsor	3	3,5	98,9
F	Daños en Carcasa	1	1,1	100

Fuente: Rodrigo pascual.

**Figura N° 3.2 Ejemplo del ordenamiento de los datos.**



Fuente: Rodrigo pascual.

Se puede observar que Controlando los tipos de Fallos A, B y C (Cierre mecánico, Cojinetes y Anillos de Desgaste) se está controlando el 87,3% del importe anual de reparaciones de bombas centrífugas [Rodrigo pascual].

### **3.6.- Diagrama Jack Knife**

La herramienta Jack Knife será utilizada para clasificar las fallas causantes de detenciones en equipos y con ello analizar comparativamente la criticidad de las causas, determinando de forma adecuada como cada una de ellas inciden en la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad del equipo.

Es necesario contar con los siguientes datos para su realización:

1. Tipo de falla o componente dañado.
2. Tiempos de cada detención o falla.



3. Número de detenciones en de cada falla en un periodo determinado.
4. Definir el periodo a considerar.

Luego la información será recopilada y se conformará una tabla con la siguiente estructura:

**Tabla N° 3.2 Tabla de datos para Jack Knife.**

		Periodo de Operación		hras							
		Periodo Detenido		hras							
		Periodo Total Meses		hras							
N° Falla	Falla en funcionamiento	Inicio	Termino	Días	Hras (TTR)	ΣTTR	Intervenciones	MTTR	MTBF	Tasa de falla	Indisponibilidad (DI)

Fuente: Tabla propia.

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N^{\circ} DE INTERVENCIONES}$$

[Ec2.2]

$$INDISPONIBILIDAD = MTTR * \lambda$$

[Ec2.3]

$$MTBF = \frac{PERIODO DE OPERACION}{N^{\circ} DE INTERVENCIONES}$$

[Ec2.4]

$$TASA DE FALLA (\lambda) = \frac{1}{MTBF}$$

[Ec2.5]

- **MTTR:** Mean Time to Repair es el tiempo medio de reparar, representa el tiempo medio necesario para resolver fallos y reparar el activo que sufrió una avería, devolviéndole las condiciones normales de funcionamiento.
- **Inisponibilidad:** Es caundo un equipo o activo no puede ser utilizado libremente por una persona o empresa, a menos que se cumplan determinadas circunstancias.
- **MTBF:** Mean Time Between Failures es el Tiempo Medio Entre Fallas es literalmente el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente.
- **Tasa de falla:** Se trata de una frecuencia de fallos, un valor dimensional, expresado normalmente en fallos por hora.

Posteriormente se determinan las coordenadas para graficar:

**Tabla N° 3.3 Tabla de coordenadas.**

ISO Indisponibilidad		ISO MTTR		ISO Tasa de Falla	
Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y

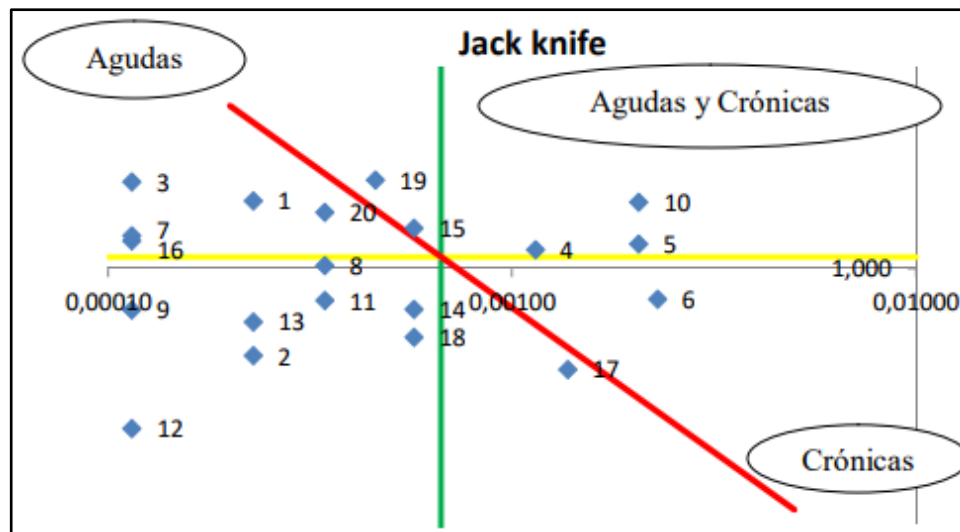
Fuente: Tabla propia.

De las tablas ya construidas se procede a graficar un diagrama de dispersión con el MTTR (Tiempo medio para reparar) en el eje de las ordenadas y la Tasa de falla en el eje de las abscisas, el grafico debe ser en escala logarítmica debido a la dispersión de los datos.

Construido el grafico se insertar las coordenadas de la Indisponibilidad de forma diagonal, el MTTR que representara la mantenibilidad de forma horizontal y la tasa de falla que representara la confiabilidad de forma vertical.

Los cuadrantes también ofrecen una caracterización de las fallas, siendo los que se encuentren en el primer cuadrante fallas crónica y agudas, el segundo cuadrante representa a las fallas agudas, y en el cuarto cuadrante quedarán determinadas las fallas crónicas por sí solas. (Pascual, El arte de mantener, 2009)

**Figura N° 3.3 Diagrama de Jack knife.**



Fuente: Fuente propia.

La interpretación del diagrama se basa en la ubicación en los cuadrantes de los puntos determinados por la dispersión entre los MTTR y su Tasa de fallo, aquellos puntos que se encuentren sobre el eje de la mantenibilidad indicaran las fallas que inciden sobre ella, aquellos puntos que se encuentren a la derecha del eje de confiabilidad serán las fallas que empeoren esta probabilidad, y los puntos que se encuentren por sobre la línea de la indisponibilidad serán los que afecten la disponibilidad de los equipos en mayor medida.

### **3.7.- Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC).**

Objeto de identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento, ya sea preventiva, predictiva, correctiva o en su caso acciones adicionales o complementarias. Se define un modo de falla, como la forma en la que un activo pierde su habilidad para desempeñar su función, entrando en el estado de falla, falla funcional.

El FMECA o AMFEC consiste en las siguientes etapas: Definición de la función del equipo, sistema o componente, identificación de modos de falla o fallas en funcionamiento, causas de la falla, métodos de control y acciones recomendadas.

Una vez se establecen todas las funciones, sus fallas funcionales y sus correspondientes modos de fallas, se procede a calificar la severidad, la posibilidad de ocurrencia y la probabilidad de detección temprana de las fallas.

#### **3.7.1.- Severidad:**

La calificación de la severidad se realiza mediante el concurso de cinco criterios:

FO: Fallas ocultas

SF: Impacto seguridad física

MA: Impacto medio ambiente

IC: Impacto en imagen corporativa

OR: Costos de reparaciones o mantenimientos

OC: Efectos en clientes.

Consecuencias de fallas ocultas: Normalmente no inciden directamente, pero pueden llegar a generar paradas serias y catastróficas. Generalmente están en los sistemas de protección sin seguridad inherente.

Consecuencias ambientales y seguridad física y humana: Normas, leyes, contaminación, violación, seguridad, muertes, accidentes fatales, etc.

Consecuencias operacionales: Pueden afectar calidad, seguridad, cantidad, atención al cliente, reproceso, desperdicios, etc.

Consecuencias no operacionales: Sólo implican el costo de la reparación.

Estimación de la severidad:

$$S = FO \times K_{FO} + SF \times K_{SF} + MA \times K_{MA} + IC \times K_{IC} + OR \times K_{OR} + OC \times K_{OC} \quad [\text{Ec2.6}]$$

Donde los coeficientes de los factores son constantes (su suma es de 1.0 o del 100%), así:

$$K_{FO} = 0,05 ; K_{SF} = 0,2 ; K_{MA} = 0,1 ; K_{IC} = 0,3 ; K_{OR} = 0,3 ; K_{OC} = 0,05 \quad [\text{Ec2.7}]$$

Los valores de los criterios de severidad se discuten entre los miembros, de acuerdo con el caso específico y con las circunstancias, mediante la obtención de los valores a partir de las siguientes opciones [Alberto Mora G. 2009]:

**Tabla N° 3.4: Tablas para análisis de severidad.**

FO - Fallos ocultos	
No existen fallas ocultas que puedan generar fallas múltiples posteriores - 0	0
Existe una baja posibilidad de que la falla NO sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores - 1	1
En condiciones normales la falla siempre será oculta y generará fallas múltiples posteriores - 2	2
Existe una baja posibilidad de que la falla SI sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores - 3	3
La falla siempre es oculta y ocasionará fallas múltiples graves en el sistema -4	4

OR- Costo de reparacion	
Entre 1 y 50 dolares	0
Entre 51 y 500 dolares	1
Entre 501 y 5.000 dolares	2
Entre 5.001 y 50.000 dolares	3
Mayor a 51.000 dolares	4

IC - Imagen Corporativa	
No es relevante - 0	0
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos - 1	1
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 dólares - 2	2
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión entre 1.000 y 10.000 dólares - 3	3
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión mayor de 10.000 dólares. Puede ser irreversible - 4	4

MA - Medio Ambiente	
No afecta el medio ambiente - 0	0
Afecta el MA pero se puede controlar. No daña el Ecosistema - 1	1
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de seis meses con un valor inferior a 5.000 dólares - 2	2
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de tres años con un valor inferior a 50.000 dólares - 3	3
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en más de tres años o es irreversible. Su impacto social y ecológico es superior a los 50.000 dólares - 4	4

SF - Seguridad Física	
No afecta a personas ni equipos -0	0
Afecta a una persona y es posible que genere incapacidad temporal - 1	1
Afecta de dos a cinco personas y puede generar incapacidad temporal - 2	2
Afecta a más de cinco personas y puede generar incapacidad temporal o permanente - 3	3
Genera incapacidad permanente o la muerte, a una o más personas - 4	4

OC- Efectos en Clientes	
Entre 1 y 50 dolares	0
Entre 51 y 500 dolares	1
Entre 501 y 5.000 dolares	2
Entre 5.001 y 50.000 dolares	3
Mayor a 51.000 dolares	4

Fuente: Alberto Mora G. 2009.

### 3.7.2.- Frecuencia.

Número de sucesos ocurridos en un intervalo de tiempo.

**Tabla N° 3.5 Frecuencia**

Frecuencia	
Frecuente - 1 falla en 1 mes - 4	4
Ocasional - 1 falla en 1 año - 3	3
Remota - 1 falla en 5 años - 2	2
Poco probable - 1 falla en 20 años - 1	1

Fuente: Alberto Mora G. 2009.

### 3.7.3.- Detectabilidad.

Mayor o menor facilidad de detectar una causa de fallo según recursos humanos y técnicos Disponibles.

**Tabla N° 3.6: Detectabilidad**

Detectabilidad	
Nula - No se puede detectar una causa potencial / mecanismo y modo de falla subsecuente - 4	4
Baja - Baja probabilidad para detectar causas potenciales mecanimos y modos de fallas subsecuentes - 3	3
Media - Mediana probabilidad para detectar causas potenciales/ mecanismo y modos de fallas subsecuentes - 2	2
Seguro - Siempre se detectarán causas potenciales/mecanismos y modos de fallas subsecuentes - 1	1

Fuente: Alberto Mora G. 2009.

### 3.7.4.- Análisis del NPR

El NPR es el número de prioridad de riesgo y es el valor obtenido de la multiplicación de los datos de severidad, frecuencia y detectabilidad.

$$NPR = S * F * D$$

[Ec2.8]

Donde: S: severidad, F: frecuencia, D: detectabilidad.

### 3.7.5.- Análisis de Criticidad

Dado que los valores del NPR se pueden separar de la siguiente forma

- Criticidad Baja: Valor de NPR entre 0 y 3
- Criticidad Media: Valor de NPR entre 3 y 5
- Criticidad Alta: Valor de NPR sobre 5

**Tabla N° 3.7 FMCA o AMFEC**

PLANILLA FMECA									
Proceso: _____ Equipo de análisis: _____ Líder del equipo: _____			Número de FMECA: _____ Fecha realizada: _____ (Revisada): _____ Páginas: _____						
Función	Falla en funcionamiento	Causa de la falla (Modo de falla)	Consecuencia de la falla	Severidad	Frecuencia	Método de control	Detectabilidad	NPR	Acciones recomendadas

Fuente: Fuente propia.

Una vez sea realizada la primera etapa que es realizar el FMCA, se debe de reevaluar el NPR una vez realizados las actividades para, disminuir las fallas en los equipos o sistemas.

## CAPÍTULO IV

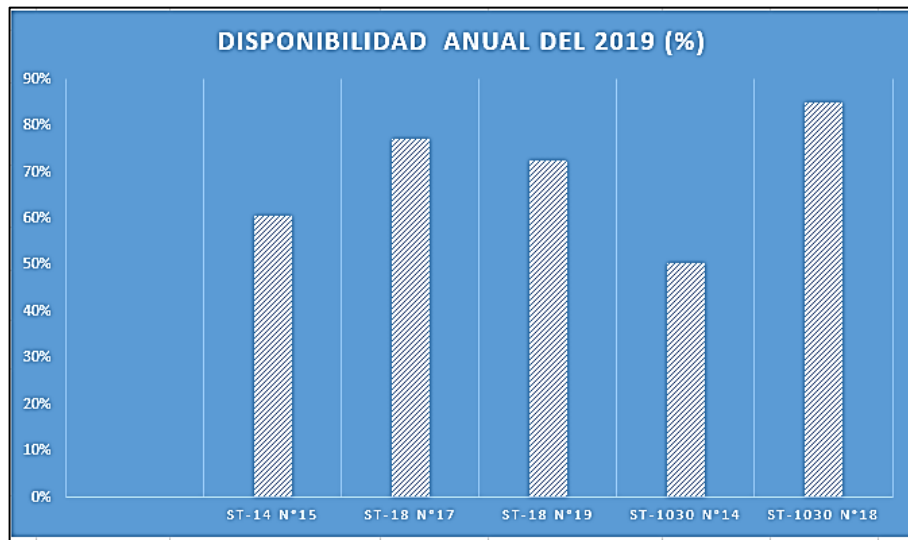
### DESARROLLO Y DESCRIPCION DE LA SOLUCION

#### 4.1.- Disponibilidades de equipos Scooptram.

Realizando la [EC.2.1; Pag 34] de disponibilidad física en diversos periodos de tiempos establecidos de 1 año y otro periodo de 7 meses, se pueden graficar los datos de disponibilidades obtenidas, ver tabla en Anexo A.1.

Disponibilidad Anual 2019.

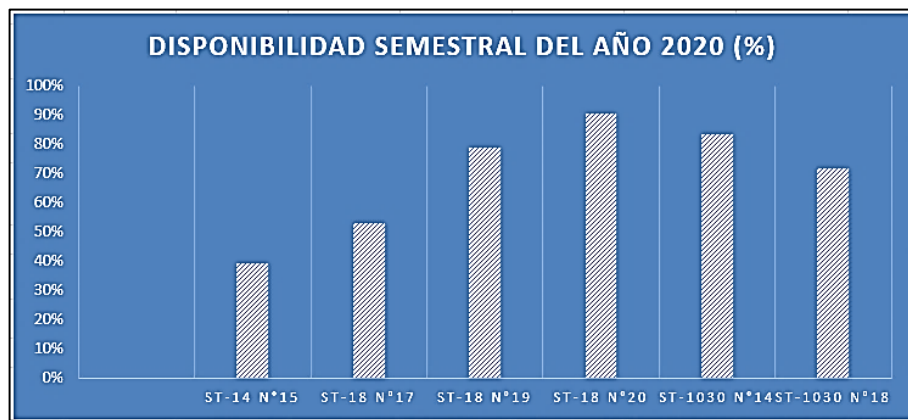
**Figura N° 4.1 Disponibilidad 2019.**



Fuente: registro histórico minera carola.

Disponibilidad 1° semestre 2020.

**Figura N°4.2 Disponibilidad 2020.**



Fuente: registro histórico minera carola.

Análisis de disponibilidades: Dado que la disponibilidad programada por la empresa en el periodo del 2019 y 2020 fue de un 73%, nos damos cuenta de que solo 3 equipos logran mantener el mínimo o más de la disponibilidad requerida de una flota de 6 Scooptram, los demás equipos tuvieron una menor disponibilidad debido a un mayor tiempo en espera de repuestos y personal para atender las fallas como se muestra en el anexo A.1.

#### 4.2.- Desarrollo de diagrama de Pareto.

Para realizar los diagramas de Pareto del año 2019 y en el periodo del 2020 se consideran las horas totales en que el equipo estuvo detenido ya sea por mantenimiento correctivo o preventivo.

Diagrama de Pareto periodo 1° semestre 2020:

**Tabla N° 4.1 Datos para diagrama de Pareto año 2020.**

Scooptram	Total horas en mantenimiento	% Acumulado	Total horas en mantenimiento Acumulado
ST-14 N°15	3107	35%	3107
ST-18 N°17	2415	62%	5522
ST-1030 N°18	1450	78%	6972
ST-18 N°19	1081	90%	8053
ST-1030 N°14	851	100%	8904
<b>Total</b>	<b>8904</b>		

Fuente: Datos histórico Minera Carola.

**Figura N° 4.3 Resultado de diagrama de Pareto realizado en periodo 2020.**



Fuente: Datos históricos Minera Carola

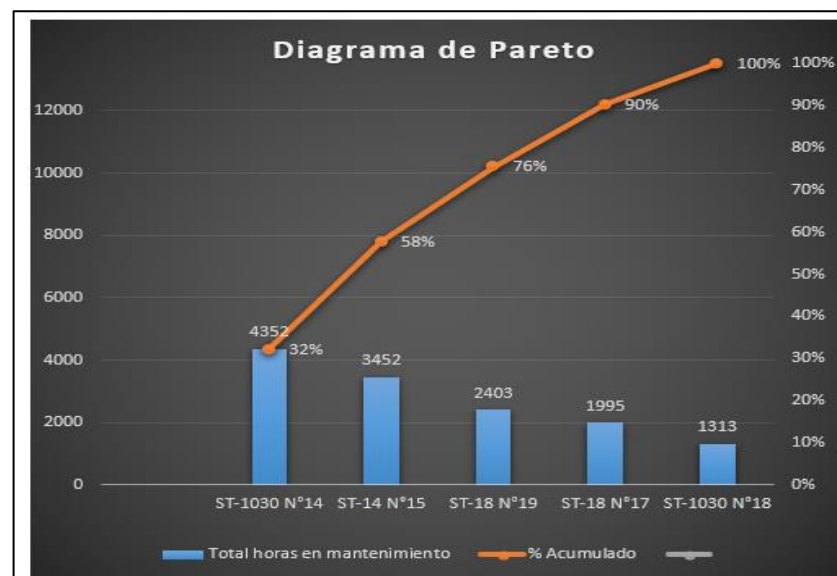


**Tabla N° 4.2: Datos para diagrama de Pareto año 2019.**

Scooptram	Total horas en mantenimiento	% Acumulado	Total horas en mantenimiento Acumulado
ST-1030 N°14	4352	32%	4352
ST-14 N°15	3452	58%	7804
ST-18 N°19	2403	76%	10208
ST-18 N°17	1995	90%	12203
ST-1030 N°18	1313	100%	13516
<b>Total</b>	<b>13516</b>		

Fuente: Datos histórico Minera Carola.

**Figura N° 4.4 Resultado de diagrama de Pareto realizado en periodo 2019.**



Fuente: Datos históricos Minera Carola

Análisis de diagrama de Pareto: En el gráfico del periodo 2020 podemos deducir que, si analizamos los primeros 3 equipos podemos controlar el 78% de las horas de detenciones de los equipos y lo mismo para el gráfico del periodo 2019 en el cual podemos controlar un 76%. Sabiendo esto en ambos gráficos podemos encontrar dentro de los 3 equipos al Scooptram ST-14 N°15, el cual analizaremos para poder controlar un 35% de las horas de detenciones en los equipos del periodo 2020.

#### **4.3.- Desarrollo de diagrama de Jack Knife**

Teniendo el equipo ST-14 N°15 como equipo crítico podemos analizar las fallas que le ocurrieron en el periodo 2020, entonces para obtener los datos de coordenadas y así

posteriormente realizar el diagrama de Jack Knife se debe de haber realizado la Tabla de datos para Jack Knife ver anexo A.2.

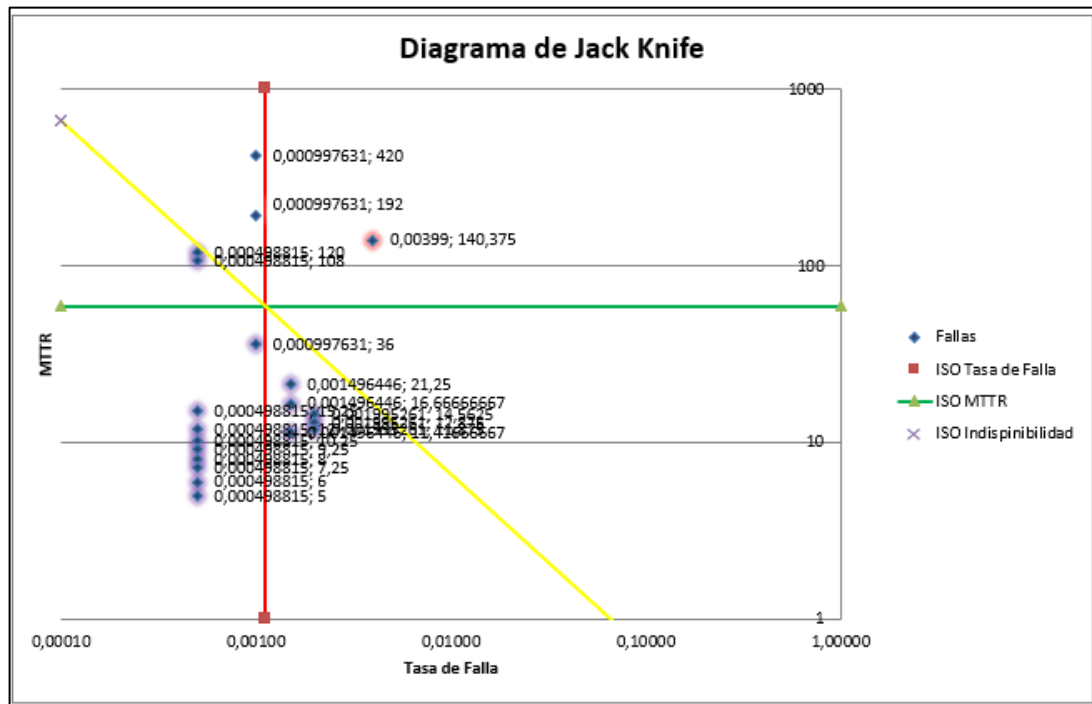
Teniendo como datos MTTR; MTBF; Tasa de falla; indisponibilidad:

**Tabla N° 4.3 Datos de coordenadas para Jack Knife.**

ISO Indisponibilidad		ISO MTTR		ISO Tasa de Falla	
Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y
0,0001	661,06669	0,0001	58,90104167	0,00112	1
1	0,0661067	1	58,90104167	0,00112	1000

Fuente: Tabla propia.

**Figura N° 4.5 Resultado de diagrama de Jack Knife realizado en periodo 2020.**



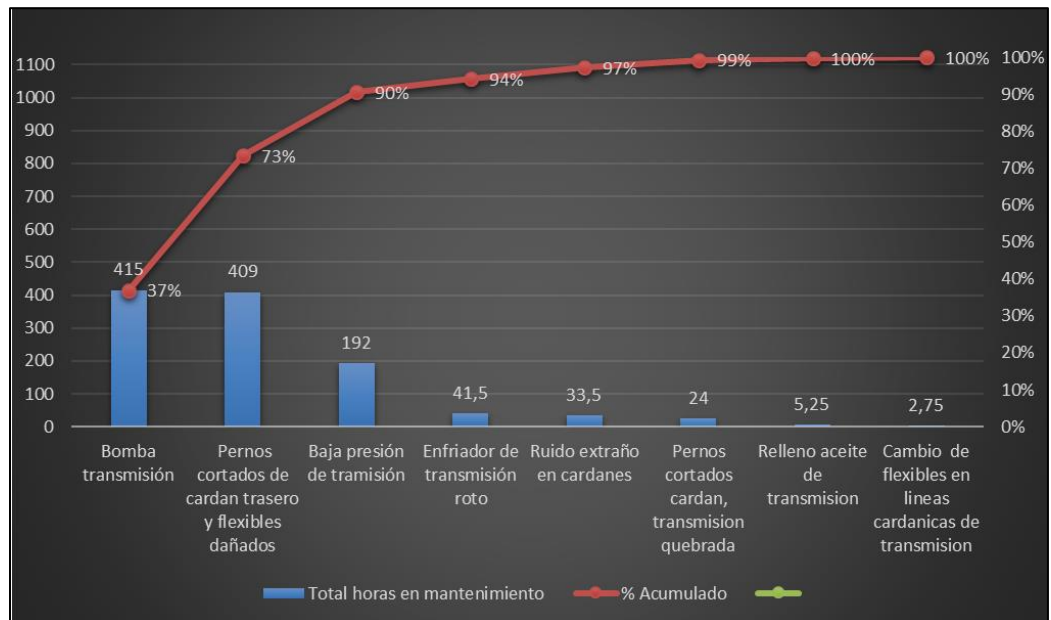
Fuente: Datos históricos Minera Carola

Análisis de diagrama de Jack Knife: La fallas similares destacadas se encuentran ubicadas en el punto de color rojo la cual presenta una alta tasa de falla o sea baja confiabilidad y además produce una indisponibilidad mayor en el equipo, estas fallas serian, baja presión de transmisión, pernos cortados de cardan, transmisión quebrada, bomba de pistón transmisión, pernos cortados cardan del diferencial, ruidos extraños en cardanes, nivel bajo de aceite de transmisión, enfriador de transmisión dañado y los flexibles de transmisión dañados, pertenecientes al equipo Scooptram 14 N°15.

#### 4.4.- Diagrama de Pareto para las fallas obtenidas en Jack Knife.

Conociendo las fallas en el sistema de Fuerza que producen más consecuencia en el equipo, analizaremos cada una de esas fallas con diagrama de Pareto en las cuales consideraremos el tiempo que estuvo detenido el equipo en cada una de las fallas.

**Figura N° 4.6 Resultado de diagrama Pareto de las fallas del sistema de fuerza.**



Fuente: Datos históricos Minera Carola

Análisis de diagrama Pareto de las fallas obtenidas en Jack Knife: considerando que este diagrama fue realizado con el tiempo fuera de servicio del equipo dado por fallas, podemos analizar que si controlamos las 3 primeras fallas podemos controlar un 90% de las horas de detenciones obtenidas por estos 8 modos de fallas.

#### 4.5.- Evaluación utilizando AMFEC de las fallas críticas.

Se ordenan de mayor a menos las fallas de acuerdo Diagrama de Pareto utilizado anteriormente, además a cada falla se le asignará un código a cada modo de falla para ser analizadas cada una de ellas de acuerdo con los parámetros de severidad, frecuencia y detectabilidad mencionados antes, posteriormente se describirán las acciones recomendadas para cada modo de falla utilizado en AMFEC.

**Tabla N° 4.4 Desarrollo del AMFEC de las fallas obtenidas en Jack Knife.**

Función tren de fuerza	Numero ID de falla	Falla en funcionamiento	Causa de la falla (Modo de falla)	Consecuencia de la falla	Severidad	Frecuencia	Detectibilidad	NPR
	ID 01	Bomba de piston de transmision	1.-Filtros de aceite saturados. 2.- Falta cambio de aceite. 3.- Exeso de aceite. 4.- Aceite inadecuado. 5.- Motor de bomba quemado por altas temperaturas.	1.- Baja potencia del equipo. 2.- Detencion de el equipo. 3.- Fallas en enbriague. 4.- Equipo no desparquea	1,1	3	2	6,6
El tren de fuerza es una de las partes mas importantes del automóvil y es el encargado de convertir la energía del combustible en movimiento de los neumáticos para impulsarlo.	ID 02	Pernos cortados cardan	1.- Vida útil pernos. 2.- Toque exesivo. 3.- Pernos sueltos. 4.- Pernos torqueados mas de una vez.	1.- Si se desacopla impide que el equipo se movilice. 2.- Si se desacopla puede dañar la sistema de transmision. 3.-Daños en perforaciones de susjecion de cardan impidiendo un correcto acoplamiento a la transmision. 4.- Dificultad de traslado de equipo al punto de reparación.	0,8	4	3	9
	ID 03	Baja presión de transmision	1.- Desgaste internos del sistema de tramision. 2.-Bajo nivel de aceite. 3.-Fuga aceite por rotura. 4.-Bomba hidraulica dañada.	1.-Baja potencia. 2.- Equipo parqueado, lo que detiene al equipo. 3.- Problema con los cambios.	1,1	3	3	9,5
	ID 04	Transmision quebrada	1.- Vida util. 2.-Impacto por cardan desacoplado. 3.-Pernos que unen transmision con cardan cortados. 4.-exeso de aceite probocando presion interna.	1.- Parqueo del equipo, lo que detiene el equipo. 2.-Fuga aceite de transmision. 3.- Desgaste o daños de componentes componentes internos de transmision. 4.- Dificultad de traslado de equipo al punto de reparación.	1,4	2	3	8,1
	ID 05	Pernos cortados diferencial	1.- Vida útil pernos. 2.- Toque exesivo. 3.- Pernos sueltos. 4.- Pernos torqueados mas de una vez.	1.- Si se desacopla impide que el equipo de movilice. 2.- Si se desacopla puede causar daño al diferencial. 3.- Daños en perforaciones de susjecion de cardan impidiendo un correcto acoplamiento al diferencial. 4.- Dificultad de traslado de equipo al punto de reparación.	0,8	2	3	4,5
	ID 06	Ruido extraño cardanes	1.- Desgaste crucetas. 2.- Pernos sueltos o faltantes de cardan. 3.- Falta de lubricación 4.- No cambio de pernos toquiados antes.	1.- Ruptura de crucetas 2.-Daños en cardan. 3.-Pernos cortados. 4.- si se desacopla cardan provoca daños en otros componentes dependiendo de ubicación del cardan.	0,8	3	1	2,3

	ID 07	Bajo nivel de aceite en transmisión	1.- Fuga en juntas de piezas o fisuras. 2.-Flexibles dañados. 3.-Empaquetaduras gastadas o mal instaladas.	1.-Baja potencia. 2.-Alta temperatura. 3.-Equipo parqueado, lo que detiene al equipo. 4.- falla en transmisión	0,5	4	1	1,8
	ID 08	Enfriador transmisión dañado	1.-Vida util. 2.-Golpes con estructuras externas al equipo. 3.-Fuga de liquido refrigerante.	1.-Fuga aceite hidraulico. 2.-Baja potencia del equipo. 3.-Altas temperaturas en el sistema de transmision. 4.-Equipo parqueado, lo que detiene el equipo. 5.- Falla en transmisión.	0,8	2	1	1,5
	ID 09	Flexibles de trasmisión dañado	1.-Desgaste. 2.- Mala in stalacion.	1.-Baja potencia. 2.-Fugas de aceite hidraulico 3.-Falla en enbriague. 4.- Equipo no se mueve	0,5	3	1	1,4

Fuente: Historial de fallas Minera Carola.

### Tabla N° 4.5 Acciones recomendadas para modos de fallas.

Tabla AMFEC Parte 01

<u>ANALISIS DE MODO DE FALLAS, EFECTOS Y SU CRITICIDAD (AMFEC O FMCA)</u>			
ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID01	<b>Mantenimeinto preventivo:</b>		
	A1.- Cambio de filtros de Aceite.	A1.- Cambio cada 500 horas.	
	A2.-Cambio de bomba de transmision.	A2.-Cambio cada 4000 horas.	
	A3.-Cambio de aceite de transmision, MOBILTRANS HD 30, Cantidad 65LTS.	A3.-Cambio cada 500 horas.	
	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	B1.-Revisar nivel de aceite de la transmision.	B1.- Durante turno equipo en funcionamiento.	B1.-Programar rellenado de aceite si inspeccion lo determina
	B2.- Revisar presion de Bomba transmision (240 a 280 PSI).	B2.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	B3.- Revisar fijacion de Bomba de transmision.	B3. Cada 500 horas	B3.-Programar ajuste de fijaciones si inspeccion lo determina.
	<b>Mantenimiento predictivo:</b>		
	C1.-Revison de temperatura de Bomba hidraulica 80°C.	C1.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	C2.-Revisar temperatura de la transmision (80°C A 140°C MAX.)	C2.-Durante turno equipo en funcionamiento.	
	C3.- Revisar temperatura de el aceite (-37,8°C).	C3.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	C4.- Analisis de aceite MOBILTRANS HD 30.	C4.- Analisis de muestra cada 500hras.	
<b>Mantenimeinto Correctivo:</b>			
D1.- Cambio de bomba de transmision	D1.- Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	D1.-Programar mantenimiento, contar transmision y herramientas necesarias.	

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.

Tabla AMFEC Parte 02

ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID02	<b>Mantenimeinto preventivo:</b>		
	A2. Lubricar puntos de engrase de Cardanes.	A2. Lubricar cada 250 Horas.	
	A.3 Revisar toque de pernos de sujecion de cardanes (50 NM).	A3. Cada 500 horas.	
	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	B1.- Revision de estado de pernos de sujecion de cardanes.	B1. Cada 500 horas	
	B2.- Revisio de estado de cardan y cruzetas	B1. Cada 500 horas	
	B3.- Revisar puntos de engrase.	B3. Cada 250 Horas	
	<b>Mantenimiento correctivo:</b>		
	C1.- Cambio de cardan y cruztas	C1. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	C1.-Programar mantenimiento y contar con repuestos de cardan, cruzetas, respectivos pernos de sujecion y herramientas necesarias.
C2.- Cambio de pernos de sujecion de cardan.	C2. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	C2.-Programar mantenimiento y contar con repuestos de pernos de sujecion y herramientas necesarias.	

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.

Tabla AMFEC Parte 02

ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID03	<b>Mantenimiento preventivo:</b>		
	A1.- Cambio filtro aceite transmisión	A1.- Cambio cada 500 horas.	
	A2.- Cambio bomba de transmisión	A2.-Cambio cada 4000 horas.	
	A3.- Cambio de aceite de transmisión, MOBILTRANS HD 30, Cantidad 65LTS.	A3.-Cambio cada 500 horas.	
	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	B1.- Chequear nivel de aceite transmisión	B1.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	B2.- Revisa estado aceite transmisión	B2.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	B3.- Revisar la presión de la bomba de transmisión	B2.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	B.4.- Revisar fugas de aceite en junta de transmisión	B2.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	B5.- Revisar el estado de flexibles hidráulicos	B2.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	<b>Mantenimiento predictivo</b>		
	C1.-Revisión de temperatura de Bomba hidráulica 80°C.	C1.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	C2.-Revisar temperatura de la transmisión (80°C A 140°C MAX.)	C2.-Durante turno equipo en funcionamiento.	
	C3.- Revisar temperatura de el aceite (-37,8°C).	C3.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	C4.- Análisis de aceite MOBILTRANS HD 30.	C4.- Análisis de muestra cada 500hrs.	
	<b>Mantenimiento correctivo</b>		
	D1.- Cambio de bomba hidráulica.	D1. Una vez realizada la inspección se determinará el cambio.	D1.-Programar mantenimiento y contar con repuestos como, bomba de transmisión, flexibles, aceites y herramienta necesarias para hacer el trabajo.
D2.- Cambiar flexibles.	D2. Una vez realizada la inspección se determinará el cambio.	D2.-Programar mantenimiento y contar con repuestos como, bomba de transmisión, flexibles, aceites y herramienta necesarias para hacer el trabajo.	

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.

Tabla AMFEC Parte 03

ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID04	<b>Mantenimiento preventivo:</b>		
	A1.- Cambio de aceite de transmision, MOBILTRANS HD 30, Cantidad 65LTS.	A1.-Cambio cada 500 horas.	
	A2.- Cambio de transmision	A2.- Cambio a las 12000 Horas	
	A3.-Cambio de gomas de soporte transmisi3n y pernos	A3.- Cada 5000 horas	
	A4.- Revisar toque de pernos de sujecion de cardanes (50 NM).	A4.- Cada 500 horas.	
	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	B1.- Revision de estado de pernos de sujecion de cardanes.	B1. Cada 500 horas	
	B2.- Revisio de estado de cardan y cruzetas	B2. Cada 500 horas	
	B3.- Revisar puntos de engrase.	B3. Cada 250 Horas	
	B4.-Revisar nivel de aceite de la transmision.	B4.- Durante turno equipo en funcionamiento.	B3.-Programar rellenado de aceite si inspeccion lo determina.
	B5.- Revisar estado de transmision.	B5. Cada 500 Horas	
	<b>Mantenimiento predictivo:</b>		
	C1 .-Revisar temperatura de la transmision (80°C A 140°C MAX.)	C1.-Durante turno equipo en funcionamiento.	
	C2 .- Revisar temperatura de el aceite (-37,8°C).	C2.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	C3.- Analisis de aceite MOBILTRANS HD 30.	C3.- Analisis de muestra cada 500hras.	
	C4.- Analisis de tintas penetrantes	C4.- cada 500 horas.	
	<b>Mantenimiento correctivo:</b>		
C1.- Cambio de cardan y cruztas	C1. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	C1.-Programar mantenimiento y contar con repuestos de cardan, cruzetas, respectivos pernos de sujecion y herramientas necesarias.	
C2.- Cambio de pernos de sujecion de cardan.	C2. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	C2 .-Programar mantenimiento y contar con repuestos de pernos de sujecion y herramientas necesarias.	

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.



Tabla AMFEC Parte 04

ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID05	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	A1.-Chequear estado de los pernos sujeción	A1.- Revisión cada 500 horas	
	A2.- Chequear torque de los pernos sujeción (50 NM)	A2.- Revisión cada 500 horas	
	<b>Mantenimiento correctivo.</b>		
	B1.- Cambiar pernos de sujeción del diferencial	B1. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	B1.-Programar mantenimiento y contar con insumos de pernos, golillas y tuercas con seguro y con las herramientas necesarias

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.

Tabla AMFEC Parte 05

ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID06	<b>Mantenimiento preventivo:</b>		
	A1. Lubricar puntos de engrase de Cardanes.	A1. Lubricar cada 250 Horas.	
	A.2 Revisar toque de pernos de sujecion de cardanes (50 NM)	A2. Cada 500 horas.	
	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	B1.- Revision de estado de pernos de sujecion de cardanes.	B1. Cada 500 horas	
	B2.- Revisio de estado de cardan y cruzetas	B1. Cada 500 horas	
	B3.- Revisar puntos de engrase y lubricadores automaticos.	B3. Cada 250 Horas	
	<b>Mantenimiento correctivo:</b>		
	C1.- Cambio de cardan y cruztas	C1. Una vez realizada la inspeccion se dete	C1.-Programar mantenimiento y contar con repuestos de cardan, cruzetas, respectivos pernos de sujecion y herramientas necesarias.
	C2.- Cambio de pernos de sujecion de cardan.	C2. Una vez realizada la inspeccion se dete	C2.-Programar mantenimiento y contar con repuestos de pernos de sujecion y herramientas necesarias.

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.

Tabla AMFEC Parte 06

ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID07	<b>Mantenimiento preventivo:</b>		
	A1.- Cambio de aceite de transmision, MOBILTRANS HD 30, Cantidad 65LTS.	A1.- Cambio cada 500 horas.	
	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	B1.- Chequear nivel de aceite transmisión	B1.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	B2.- Revisión de fuga en transmisión y flexibles	B2.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	B3.- Chequeo filtros de transmisión	B3.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	<b>Mantenimiento correctivo</b>		
C1.- Rellenar con aceite transmisión	C1. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	C1.-Programar mantenimiento y contar con insumos de aceite	
C2.- Cambiar flexibles hidraulico	C2. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	C2.-Programar mantenimiento y contar con insumo de flexibles hidraulicos y con las herramientas necesarias	

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.

Tabla AMFEC Parte 07

ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID08	<b>Mantenimeinto preventivo:</b>		
	A1.- Limpie enfriador de aceite hidráulico	A1.- Cada 1000 horas	
	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	B1.- Revision de fugas de liquido refrigerante.	B1.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	B2.- Revision de daños estructurales de enfriador de aceite hidraulico	B1.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	<b>Mantenimiento correctivo:</b>		
	C1.- Relleno de liquido refrigerante	C2. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	C2 .-Programar mantenimiento y contar con insumo para rellenar.
C2.- Cambio de Enfriador de aceite hidraulico	C2. Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	C2 .-Programar mantenimiento y contar con Enfriador, liquido refrigerante y herramientas necesarias para el cambio.	

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.

Tabla AMFEC Parte 08

ID	Acciones recomendadas	Frecuencia de mantención	Consideraciones
ID09	<b>Mantenimiento preventivo inspecciones:</b>		
	A1.- Chequea estado de los flexibles	A1.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	A1.- Chequear fuga en los flexibles	A2.- Durante turno equipo en funcionamiento.	
	<b>Mantenimiento correctivo</b>		
	B1.- Cambiar flexibles dañados	B1.- Una vez realizada la inspeccion se determinara el cambio.	B1.-Programar mantenimiento y contar con insumo de flexibles hidraulicos y con las herramientas necesarias.

Fuente: Desarrollo de AMFEC propio.

#### 4.6.- Análisis de AMFEC y las acciones recomendadas:

Análisis de los resultados del AMFEC de acuerdo con el análisis de criticidad del AMFEC la clasificación de falla es la siguiente:

NPR 5+: ID01, ID02, ID04, ID03, son las fallas de mayor criticidad.

NPR 3-5: ID05 es la falla con media criticidad.

NPR 0-3: ID6, ID07, ID08, ID09, son las fallas de menor criticidad.

Conociendo estos NPR podemos mencionar que debemos darle mayor prioridad de cumplimiento a los que tengas sobre 5 puntos de NPR y realizar seguimiento a la ejecución de las acciones recomendadas.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1.- Análisis del plan de mantenimiento**

Viendo los resultados de los NPR y considerando los datos obtenidos en la Figura N° 4.6; Pag 46 relacionado al Diagrama de Pareto podemos destacar que las fallas más críticas coinciden con las que generan un mayor tiempo de reparación, estas fallas son la baja presión de transmisión, pernos cortados de cardan, transmisión quebrada y bomba de transmisión, es entonces que estos modos de falla se le tiene que realizar un seguimiento más riguroso y además de hacer cumplir las pautas mostradas más abajo y posteriormente volver a realizar un AMFEC para re evaluar los modos de fallas y ver si el plan de mantenimiento está dando resultados para un nuevo NPR o se requiere aplicar otras medidas.

De las recomendaciones entregadas en AMFEC se agregaron nuevos ítems en la pauta de inspección utilizada en los equipos.

Sector de articulación central

- Medir nivel de aceite de transmisión, rellenar de ser necesario
- revisar presión y T° de bomba de transmisión (240psi a 280psi) y (80°C)
- revisar temperatura de transmisión (80°C a 140°C)
- Revisar fugas de aceite en juntas y flexibles de transmisión
- Revisar estado visual de transmisión

Sector trasero

- revisar daños de enfriador de aceite hidráulico, pernos y soportes
- revisar fugas de líquido refrigerante de enfriador

Sector bajo del equipo

- revisar y lubricar cardanes y crucetas

Sector lubricación

- inspeccionar líneas de lubricación automáticas

Así también se agregaron nuevos ítems a la pauta de mantención preventiva utilizada en los equipos Scooptram.

Realizar antes del mantenimiento

- tomar muestra de aceite de transmisión

inspeccionar probar y controlar

- inspección de soportes de transmisión
- inspección de ejes cardan y crucetas
- revisión de fijaciones bomba de transmisión
- revisión estado cardanes y crucetas
- revisión de puntos de engrase y lubricantes automáticos

transmisión

- controlar nivel de aceite transmisión
- cambio de filtro transmisión
- cambio de aceite transmisión, moviltrans Hd30
- Revisar apriete de pernos de eje cardan 50 Nm
- inspeccionar y controlar fugas de aceite de transmisión
- lubricar y controlar fugas de aceite de transmisión
- lubricar ejes de cardanes
- cambio de transmisión
- cambio de goma de soporte transmisión
- análisis de tintas penetrantes a transmisión
- limpieza de enfriador aceite hidráulico

Analizando los aportes de las acciones recomendadas para los diferentes Modos de fallas entregados en el AFMCA podemos destacar, que realizando mantención o inspeccionando uno de los modos de fallas podemos ayudar a mejorar un modo de falla diferente por ejemplo si cambiamos uno de los filtros de aceite podemos evitar que la bomba de transmisión (ID03) falle y a su vez ayudamos a disminuir la falla de baja presión de transmisión (ID01). Además, si realizamos inspecciones, cambio de pernos y cardanes cuando corresponda podemos evitar otras fallas que pueden ser más grave como dañar un diferencial del equipo.

Analizando las mejoras implementadas en la nueva pauta de mantenimiento preventivo se refuerza el mantenimiento preventivo el cual aumenta la probabilidad de reducir fallas inesperadas, mejora el conocimiento dado que el fallo del componente crítico es conocido

en el análisis debido su vida útil, mejora la planificación al conocer la mantención y cambio de componentes no considerados antes y mejora el stock de bodega con componentes esenciales.

Además, considerando las mejoras implementadas en la nueva pauta de inspección podemos destacar que mejora la planificación ante una eventual falla o más bien un mantenimiento correctivo, dado esto es recomendable contar con personal de emergencia ya que se incorporaron nuevos componentes críticos a inspeccionar que pudieran requerir mantenimiento y así se evita una pérdida de tiempo por espera de repuesto o espera de personal, lo cual influye de manera significativa como se muestra en la espera de HH y espera de componentes registrados en el Anexo A.1

## 5.2.- Análisis de costos y disponibilidad.

### 5.2.1.-Costos presupuestados para repuestos.

Viendo las recomendaciones realizadas en el AMFEC de los cambios de componentes analizamos los valores de cada uno de ellos y los estimados para obtener un presupuesto anual, estas estimaciones se realizaron de acuerdo con las horas de vida útil de cada componente.

**Tabla N° 5.1 Presupuesto para los componentes entregados en AMFEC.**

Valores de cambio de componentes propuestos en AMFEC en un año.						
Sistema	Valor USd\$	Valor \$	Descripcion	Duracion estimada Horas	Cambios anual	Costo de repuestos \$
Tren de potencia	\$ 35.000	\$ 28.538.650	Transmision	12000	1	\$ 28.538.650
	\$ 5.968	\$ 4.866.248	Bomba de Transmision	4000	2	\$ 9.732.495
	\$ 640	\$ 521.850	Aceite para transmision 208 ltrs	500	17 Cambios x 65 litros	\$ 3.131.098
	\$ 120	\$ 97.847	Filtros de aceites	500	17	\$ 1.663.396
	\$ 3.790	\$ 3.090.328	Cardanes	4000	2 cambios x 4 cardanes	\$ 24.722.625
	\$ 1.346	\$ 1.097.515	Enfriador Hidraulico	4000	2	\$ 2.195.030
	\$ 901	\$ 734.666	Cruzetas	4000	2 cambios x 6 cruzetas	\$ 8.815.997
	\$ 125	\$ 101.924	Pernos de sujecion de cardanes	4000	32 pernos x 2 Cambios	\$ 6.523.120
					<b>Total presupuesto anual</b>	<b>\$ 85.322.410</b>

Sistema	Valor usd\$	Valor \$	Descripcion	Duracion estimada Horas	Cambios anual	Total presupuesto
Tren de potencia	\$ 104.091	\$ 84.875.078	Diferencial trasero	12000	1	\$ 84.875.078
	\$ 94.097	\$ 76.725.753	Diferencial delantero	12000	1	\$ 76.725.753

Fuente: Valores cotizados por Minera Carola

**Tabla N° 5.2 Valores de componentes del presupuesto en AMFEC.**

Valores de cambio de componentes propuestos en AMFEC en 6 meses	
Repuesto	Valor en \$
Bomba de Transmision	\$ 4.866.248
Aceite para transmision 208 ltrs	\$ 1.304.624
Filtros de aceites	\$ 782.774
Cardanes	\$ 12.361.312
Enfriador Hidraulico	\$ 1.097.515
Cruzetas	\$ 4.407.998
Pernos de sujeccion de cardanes	\$ 1.630.780
Total presupuesto 6 meses	\$ 26.451.252

Fuente: Valores cotizados por Minera Carola

El valor del presupuesto anual entregado para los cambios de componentes en el AMFEC es de \$85.322410 lo cual es un costo menor si lo comparamos con el costo de un diferencial, dado que realizando las acciones recomendadas del AMFEC podemos evitar las consecuencias mencionadas en el AMFEC en el cual se mencionan como daños posibles en los diferenciales.

#### **5.2.2.- Costos asociados a mantenimiento y producción.**

De acuerdo con los datos en la Tabla 4.1; Pág. 43. Datos para diagrama de Pareto 2020 se encuentran las horas totales de mantenimiento del equipo ST-14 N°15 las cuales fueron 3107,25 Horas, en las cuales tiene consideradas horas por esperas de repuestos, horas por mantenciones preventivas, horas por mantenimiento correctivo y horas por espera de HH, por lo que se realizó el análisis de costos de asociados a cada una de estas horas que son causales para que el equipo este detenido y por ende producen perdidas en su producción, estas pérdidas de igual manera dependerán de la ley del mineral que se esté extrayendo siendo 1,4% ley alta de Cu puro y 0,7% ley baja de Cu puro. Considerando que el equipo Scooptram ST-14 N°15 produce 140 Ton de mineral y las leyes de mineral comercializados en Minera Carona son 1,4% ley alta de Cu puro y 0,7% ley baja de Cu puro, podemos estimar cuanto Cobre puro (Cu) se obtendrían de las 140 Ton de mineral extraído. Con esto ahora podemos calcular el valor que tendrá el Kg de Cu puro obtenido anteriormente de acuerdo con cada ley, los valores del cobre y el valor del dólar se obtuvieron en la página oficial del Banco Central de Chile, precio del Cobre 4,52 dólares por libra, Valoración del dólar respecto al peso chileno, 1 USD equivale a \$815,39.

Valor del mineral según ley alta.

$$140 \text{ Ton} * \frac{1,4\%}{100} = 1,96 \text{ ton} = 1960 \text{ Kg Cu puro}$$

Valor del mineral según ley baja.

$$140 \text{ Ton} * \frac{0,7\%}{100} = 0,98 \text{ ton} = 980 \text{ Kg Cu puro}$$

Conversión de unidades utilizadas para cálculo de producción.

$$1 \text{ lb} = 2204,62 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Cu (Cobre)} = 4,52 \text{ usd/lb}$$

$$1 \text{ usd} = \$815,39$$

Valores de las 140 ton que produce un Scooptram en una hora según ley alta.

$$1,96 \text{ ton} * 2204,62 \text{ lb/ton} * 4,52 \text{ usd/lb} = 19531,17 \text{ usd} = \$15.925.520$$

Valores de las 140 ton que produce un Scooptram en una hora según ley baja.

$$0,98 \text{ ton} * 2204,62 \text{ lb/ton} * 4,52 \text{ usd/lb} = 9765,59 \text{ usd} = \$7.962.760$$

De esta forma queda representado lo que produce aproximadamente el Scooptram-14 N°15 en una hora, con esto además podemos estimar los costos en pérdida de producción debido al tiempo no programado que estuvo detenido el equipo mencionado anteriormente.

**Tabla N° 5.3 Valores horas detenidas del equipo periodo 7 meses año 2020.**

ST-14 N°15			ley alta 1,4%	ley baja 0,7%
Eventos	Horas	Perdida produccion (ton)	Valor según su ley (\$)	Valor según su ley (\$)
Mantencion preventiva	71	9940	\$ 11.307.119	\$ 5.653.560
Mantencione correctivas	384,25	53795	\$ 61.193.812	\$ 30.596.906
Espera de HH	996	139440	\$ 158.618.182	\$ 79.309.091
Horas espera de componentes	1656	231840	\$ 263.726.616	\$ 131.863.308
Horas torales de detencion no programadas	3036,25	425075	\$ 483.538.610	\$ 241.769.305
Horas totales de mantencion	3107,25	435015	\$ 494.845.730	\$ 247.422.865
Horas totales de detencion por los Modos de falla	1123	157220	\$ 178.843.593	\$ 89.421.796

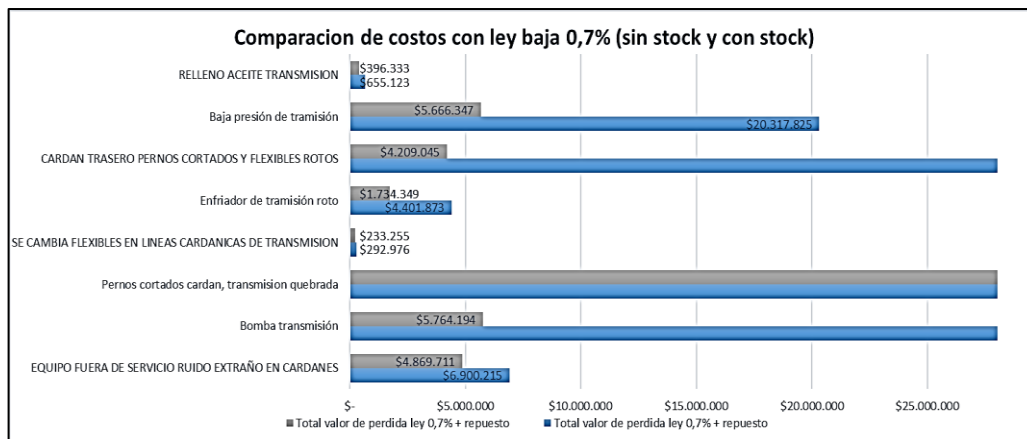
Fuente: Registro histórico de Minera Carola

Analizando los valores en esta tabla podemos ver las horas totales que estuvo detenido el equipo fueron de 3107.25 horas, lo que produjo una pérdida de producción de 43.5015



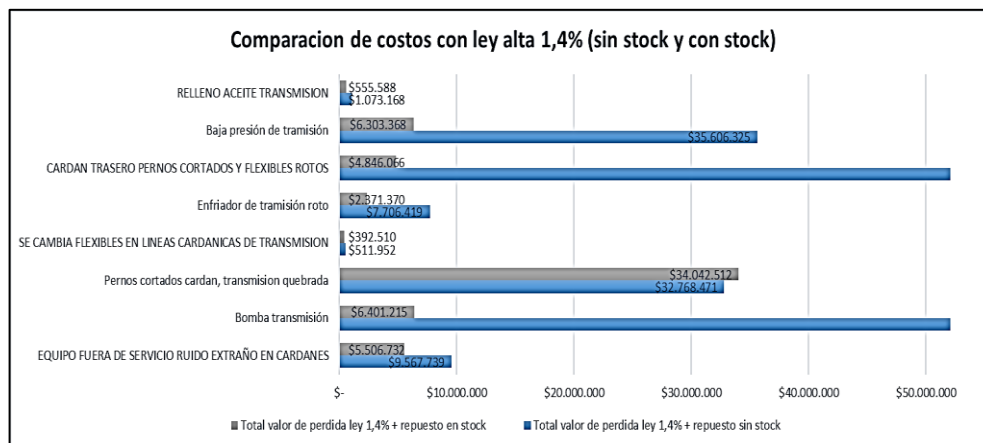
toneladas de mineral, lo que correspondería un 36,1% a los modos de fallas analizados en AMFEC los cuales producen una pérdida de producción de 157.220 toneladas de mineral, siendo así un costo de falla equivalente a \$89.421.796 si fuera ley baja y \$178.843.593 en ley alta en el periodo de enero a julio del año 2020.

**Figura N°5.1 Gráficos de valores de acuerdo con los modos de fallas ley baja.**



Fuente: Grafico propio.

**Figura N°5.2 Gráficos de valores de acuerdo con los modos de fallas ley alta.**



Fuente: Grafico propio.

Los gráficos realizados con Anexo A.3, (barra azul representa costos considerando juntos con pérdidas producidas por falta de stock de repuesto y la barra gris costos considerados juntos con pérdidas producidas con stock de repuestos críticos) muestran una comparación entre los costos y pérdidas de producción asociados a la reparación de los modos de fallas considerados en el registro histórico de minera carola y los que se debieron de haberse producidos contando con los stocks de repuestos entregados en el

plan de mantenimiento de los componentes críticos, mostrando así que se puede lograr una reducción de costos y perdidas en cada modo de falla si mantiene el stock de repuestos críticos presupuestados en la tabla 5.1; pág. 57, cuyos beneficios se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla N°5.4 Beneficios obtenidos de los gráficos anteriores.**

Modos de falla hallados en Jack knife	TTR (horas en modo de falla)	Tiempo para cambio e instalacion (horas)
EQUIPO FUERA DE SERVICIO RUIDO EXTRAÑO EN CARDANES	33,5	8
Bomba transmisión	415	8
Pernos cortados cardan, transmision quebrada	24	32
SE CAMBIA FLEXIBLES EN LINEAS CARDANICAS DE TRANSMISION	2,75	2
Enfriador de transmisión roto	41,5	8
CARDAN TRASERO PERNOS CORTADOS Y FLEXIBLES ROTOS	409	8
Baja presión de transmisión	192	8
RELLENO ACEITE TRANSMISION	5,25	2
	1123	76

	Beneficios con ley baja 0,7%		Beneficios con ley alta 1,4%	
	Produccion Ton	Beneficio en la produccion en \$	Produccion Ton	Beneficio en la produccion en \$
	3.570	\$ 2.030.504	3.570	\$ 4.061.008
	56.980	\$ 32.408.434	56.980	\$ 64.816.868
	-1.120	\$ -637.021	-1.120	\$ -1.274.042
	105	\$ 59.721	105	\$ 119.441
	4.690	\$ 2.667.525	4.690	\$ 5.335.049
	56.140	\$ 31.930.668	56.140	\$ 63.861.336
	25.760	\$ 14.651.479	25.760	\$ 29.302.957
	455	\$ 258.790	455	\$ 517.579
Totales	146.580	\$ 83.370.099	146.580	\$ 166.740.198

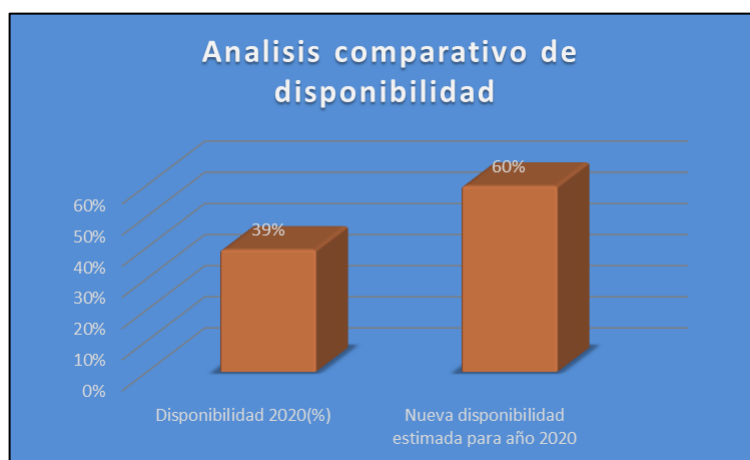
Fuente: Tablas propias

Los beneficios obtenidos en la mejora que se realizó en el plan de mantenimiento de minera carola son una reducción en el tiempo en que se realizara la mantención de cualquier modo de falla obtenido el diagrama de Jack Knife siendo esto 1047 horas menos, lo que conlleva a que el equipo pueda generar más toneladas de mineral, como se muestra en la tabla anterior en equipo producirá 146.580 toneladas de mineral más en el periodo evaluado de siete meses restantes del año, equivalentes a \$83.370.099 hasta \$166.740.198 dependiendo del valor del cobre y la ley en la que se encuentre el mineral. El coste de este veneficio es de \$85.322.410 anuales y se consideró \$ 26.451.252 para este año 2020 restante en el cual se considera solo los repuestos críticos ya que es el costo más significativo para poder reducir los tiempos de reparación y de mantención.

### 5.3.- Análisis de disponibilidad.

Sabiendo que la fórmula de disponibilidad utilizada anteriormente usa las horas de mantenimiento programado, no programado y las horas totales del periodo del equipo, podemos mejorar la disponibilidad reduciendo las horas de mantenimiento no programadas ya que son estas las que aumentan los costos de falla y generan pérdidas de producción por periodos más largos e implementar el mantenimiento preventivo que inciden con menor tiempo de detención del equipo.

**Figura N°5.3 Grafico comparativo de disponibilidad.**



Fuente: Grafico propio.

La disponibilidad del equipo Scooptram 14 N°15 en el periodo evaluado de siete meses fue de un 39% obteniendo un total de 3107.25 horas totales en mantención en las que el equipo estuvo detenido, las cuales podemos disminuir a 2060.25 horas totales de mantención, logrando así que el equipo este operativo un 21% más de lo que opero en ese periodo. Para medir este indicador nuevamente es necesario continuar con los registros de datos del equipo, ordenando y separando adecuadamente cada motivo de detención, además de implementar la pauta de inspección diaria actualizada y la pauta de mantención preventiva actualizada y hacer seguimiento del cumplimiento de esta.

Por otra parte, si se quiere seguir disminuyendo la indisponibilidad del equipo se puede seguir el mismo proceso de análisis con diagrama de Pareto, Jack Knife, AMFEC y posteriormente ir evaluando en periodos posteriores la disponibilidad ya que las nuevas medidas se van implementando y mejorando con el tiempo.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES**

- Las herramientas de mantenimiento utilizadas pueden ser útiles en diversos equipos y sistemas, ya que aclaran las ideas y facilitan a la persona el poder exponer o explicar con bases el análisis realizado.
- Se puede mejorar la disponibilidad de los equipos y sistemas realizando los análisis de diagrama de Pareto, Jack knife y el AMFEC.
- Si se cumple con la propuesta de plan de mantenimiento, se realizaría una buena inversión de componentes críticos que no son muy costosos para luego ser usado en los equipos Scooptram, ya que la mayor parte de las detenciones se extienden por falta stock de repuesto y esto provoca un gran tiempo de pérdida de producción del equipo para la minera.
- Invirtiendo en componentes críticos para equipos Scooptram de la minera, con la continuidad operacional que realizara el equipo se puede ir recuperando la inversión.
- Uno de los componentes más críticos y con mayor costo son los ejes diferenciales con un costo de \$84.875.078 Eje diferencial trasero y \$76.725.753 Eje diferencial delantero, tomando en cuenta un presupuesto anual para cambios de componentes sacados en el AMFEC es de \$85.322.410 lo cual es un costo menor, si se realizan las acciones recomendadas y una mantención adecuada en el AMFEC podríamos evitar grandes gastos en los ejes diferenciales.
- El equipo Scooptram ST-14 N°15 es el equipo más crítico actualmente en Minera Carola, debido a la mayor cantidad de horas que opera el equipo y su vida útil, lo que presenta un desgaste del componente más rápido por lo tanto la gravedad de las fallas en los componentes puede ser mayor.
- Además también al llegar un equipo nuevo a la minera se debería hacer ya un seguimiento a las pocas horas de operación del equipo y ya estar implementando el plan de mantención para que más a futuro no se generen fallas mayores con grandes costos en repuestos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANSUL. (2005). ANSUL A-101 Vehicle Fire Suppression System. Marinette: Ansul Incorporated.
- AtlasCopco. (2011). Radio Remote Control Scooptram RRC RCS User Manual. Örebro: Atlas Copco Rock Drills AB, Sweden.
- AtlasCopco. (2012). Scooptram ST1030 Manual del operador. Örebro: Atlas Copco Rock Drills AB.
- AtlasCopco. (2012). Scooptramp ST 14 Manual del operador. Örebro, Suecia: Atlas Copco Rock Drills AB.
- Carola, M. (s.f.). Minera Carola. Obtenido de carola-coemin.cl: <https://carola-coemin.cl/>
- Díaz Navarro, J. (5 de Agosto de 2004). Técnicas de mantenimiento industrial. Obtenido de academia.edu: <https://www.academia.edu/RegisterToDownload/UserTaggingSurvey>
- Epiroc. (2018). ST18 Operación. Örebro.
- Holguín Londoño, M. (Noviembre de 2013). Mantenimiento. Introducción, definiciones y principios. Obtenido de univirtual.utp.edu.com: <http://univirtual.utp.edu.co/pandora/recursos/1000/1041/1041.pdf>
- Lincoln. (s.f.). Quickclub. Lincoln autolube manual.
- MONCHY, F. (1990). Teoría y práctica del mantenimiento industrial. Barcelona, España: MASSON ITALIA EDITORY, S.p.A.
- Mora Gutiérrez, A. L. (2009). MANTENIMIENTO. Planeación, ejecución y control. Ciudad de México, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
- Pascual, R. (s.f.).
- Pascual, R. (2009). El arte de mantener. Santiago, Chile: Centro de Minería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Plan de mantenimiento. (s.f.). Obtenido de mantenimiento.win: <https://mantenimiento.win/plan-de-mantenimiento/>

**ANEXO A**

**CALCULO PARA DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS.**

**A.1. - Tablas de datos para disponibilidad de los equipos Scooptram.**

Índice Mantenimiento Semestre 2020: Disponibilidad (%)											
Equipo	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad 2020(%)	Tasa de falla	2020		
		Falla Operacional	Mantenimiento						Disponibilidad Programa (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad de la flota (%)
ST-14N*15	71,00	0,00	384,25	996,00	1656,00	3107,25	39%				
ST-18N*17	139,50	0,00	453,25	920,00	902,00	2414,75	53%				
ST-18N*19	201,50	5,00	390,25	487,25	2,75	1080,75	79%				74%
ST-18N*20	146,00	141,00	74,00	124,25	12,00	497,25	90%				
ST-1030N*14	55,50	24,00	194,00	565,50	12,00	851,00	83%				77%
ST-1030N*18	192,50	1,00	217,25	358,50	680,50	1449,75	72%				
Días semestrales 3650											
Índice Mantenimiento : Disponibilidad anual 2019 (%)											
Equipos	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad anual (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Indisponibilidad de la flota (%)	
		Falla Operacional	Mantenimiento								
ST-14N*15	282,00	1,25	873,75	1922,00	373,00	3452,00	61%	61%	73%	39%	
ST-18N*17	490,25	15,00	683,25	731,25	75,50	1995,25	77%	75%	77%	25%	
ST-18N*19	392,00	222,25	734,95	800,50	253,75	2403,45	73%	73%			
ST-1030N*14	205,85	0,00	705,75	1630,75	1810,00	4352,35	50%	68%	78%	32%	
ST-1030N*18	404,00	0,50	364,25	527,25	16,75	1312,75	85%				

## A.2.- Tabla de datos para cálculo de Jack Knife.

		Periodo de Operación		2004,75	hras
		Periodo Detenido		3107,25	hras
		Periodo Total 7 Meses		5112	hras
N° Falla	Falla en funcionamiento	Inicio	Termino	Días	Hras (TTR)
1	EQUIPO FUERA DE SERVICIO RUIDO EXTRAÑO EN CARDANES	28-01-2020	29-01-2020	1,5	33,5
	Bomba transmisión	01-02-2020	18-02-2020	18	415
	Pernos cortados cardan, transmisión quebrada	24-02-2020	25-02-2020	1	24
	SE CAMBIA FLEXIBLES EN LINEAS CARDANICAS DE TRANSMISION	03-03-2020	03-03-2020	0,5	2,75
	Enfriador de transmisión roto	26-04-2020	27-04-2020	2	41,5
	CARDAN TRASERO PERNOS CORTADOS Y FLEXIBLES ROTOS	14-05-2020	31-05-2020	17,5	409
	Baja presión de transmisión	01-06-2020	08-06-2020	8	192
	RELLENO ACEITE TRANSMISION	16-07-2020	16-07-2020	0,5	5,25
2	JUEGO EN ARTICULACION CENTRAL	10-05-2020	31-03-2020	22	528
	FUERA DE SERVICIO ARTICULACION CENTRAL	01-05-2020	13-05-2020	13	312
3	Diferencial trasero, pernos ejes cortados	25-02-2020	27-02-2020	2,5	60
	Desmontaje diferencial trasero	18-06-2020	30-06-2020	13,5	324
4	Estanque combustible	12-06-2020	17-06-2020	5	120
5	PROBLEMA DE LEVANTE//CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE	03-01-2020	07-01-2020	4,5	108
6	Comunicación Can	23-02-2020	24-02-2020	1	24
	Falla comunicación	28-02-2020	29-02-2020	2	48
7	VALVULA PRINC.FUGA ENTRE CUERPO DE DIRECCION///FUERA DE SERVICIO FUGA POR CILINDRO DIRECCION ///Problema dirección	20-01-2020	21-01-2020	2	38
		22-01-2020	22-01-2020	1	12,25
		23-04-2020	23-04-2020	1	13,5
8	FUGA HIDRAULICA	30-01-2020	30-01-2020	1	16,25
	CAMBIO FLEXIBLE VALVULA	17-07-2020	17-07-2020	0,5	4,25
	EQUIPO FUERA DE SERVICIO FUGA ACEITE	16-07-2020	16-07-2020	0,5	1,75
	FUGA ESTANQUE HIDRAULICO	23-07-2020	24-07-2020	1,5	36
9	FUERA DE SERVICIO. AIRE ACONDICIONADO  Aire acondicionado	02-03-2020	03-03-2020	1,5	25,5
		15-04-2020	15-04-2020	1	10,5
		17-04-2020	17-04-2020	1	7
		REPARACION DE A/C	14-07-2020	14-07-2020	0,5
10	INFLADO DE NEUMATICO Y CHEQUEAR FUGA DE ACEITE MANDO FINAL	02-07-2020	03-07-2020	1	14,5
	FUGA DE ACEITE POR MANDO FINAL POSICION 2	04-07-2020	06-07-2020	2	28,75
	SE ELIMINA FUGA DE ACEITE POR MANDO FINAL POSICION 2	07-07-2020	07-07-2020	0,5	6,75
11	SE CAMBIA NEUMATICOS	01-03-2020	01-03-2020	0,5	8
	Neumatico pinchado	11-04-2020	11-04-2020	1	18
	INFLADO NEUMATICO P1-2	17-07-2020	17-07-2020	0,5	1
	CAMBIO NEUMATICO P1-2	24-07-2020	25-07-2020	1	20,5
12	SE CAMBIA FLEXIBLE CILINDRO VOLTEO//Fuga flexible volteo//Problema movimiento volteo	14-01-2020	14-01-2020	0,5	3,75
		20-02-2020	20-02-2020	1	15
		29-04-2020	30-04-2020	1	15,5
13	PROBLEMA DE MARCHA	25-01-2020	26-01-2020	1,5	15,25
14	Corte eléctrico	10-06-2020	10-06-2020	1	12
15	CAMBIO DE FLEXIBLE DE FRENO	02-01-2020	03-01-2020	1	10,25
16	SE REPARA PROBLEMA SISTEMA CONTRA INCENDIO	01-07-2020	01-07-2020	0,5	9,25
17	Reparación fan motor diesel	01-04-2020	01-04-2020	1	8
19	PROBLEMA DE PARQUEO	01-07-2020	01-07-2020	0,5	7,25
6	CAMBIO DE ELECTROVALVULAS	26-01-2020	26-01-2020	0,5	6
16	Pernos bancada balde	05-04-2020	05-04-2020	1	5

		Eje Y		Eje X	
ΣTTR	Intervenciones	MTTR	MTBF	Tasa de falla	Indisponibilidad (Di)
1123	8	140,375	250,59375	0,00399	56%
840	2	420	1002,375	0,000997631	42%
384	2	192	1002,375	0,000997631	19%
120	1	120	2004,75	0,000498815	6%
108	1	108	2004,75	0,000498815	5%
72	2	36	1002,375	0,000997631	4%
63,75	3	21,25	668,25	0,001496446	3%
58,25	4	14,5625	501,1875	0,001995261	3%
51,5	4	12,875	501,1875	0,001995261	3%
50	3	16,6666667	668,25	0,001496446	2%
47,5	4	11,875	501,1875	0,001995261	2%
34,25	3	11,4166667	668,25	0,001496446	2%
15,25	1	15,25	2004,75	0,000498815	1%
12	1	12	2004,75	0,000498815	1%
10,25	1	10,25	2004,75	0,000498815	1%
9,25	1	9,25	2004,75	0,000498815	0%
8	1	8	2004,75	0,000498815	0%
7,25	1	7,25	2004,75	0,000498815	0%
6	1	6	2004,75	0,000498815	0%
5	1	5	2004,75	0,000498815	0%
		58,9010417	1340,67656	0,00112	7%

9



### A.3.- Tabla de datos para cálculos de gráficos de valores de acuerdo con los modos de fallas.

Análisis de costo periodo 7 meses, año 2020

Tiempo para cambio e instalación (horas)	Modos de falla hallados en Jack-knife	TTR (horas)	Valor en \$ de la pérdida de producción por el tiempo detenido (Ley 1,4%)	Valor en \$ de la pérdida de producción por el tiempo detenido (Ley 0,7%)	Costo de los repuestos en \$	repuestos considerados
8	EQUIPO FUERA DE SERVICIO RUIDO EXTRAÑO EN CARDANES	33,5	\$ 5.335.049	\$ 2.667.525	\$ 4.232.690	Cararnes (1) + pernos de cardan 4 unidades + cueta 1
8	Bomba transmisión	415	\$ 66.090.909	\$ 33.045.455	\$ 5.127.173	Bomba de transmisión + filtro aceite + cabaio aceite
32	Pernos cortados cardan, transmisión quebrada	24	\$ 3.827.125	\$ 1.911.062	\$ 28.946.346	Pernos de cardan (4) + transmisión
2	SE CAMBIA FLEXIBLES EN LINEAS CARDANICAS DE TRANSMISION	2,75	\$ 437.952	\$ 218.976	\$ 74.000	Flexibles
8	Enfriador de transmisión roto	41,5	\$ 6.609.091	\$ 3.304.545	\$ 1.097.328	Enfriador
8	CARDAN TRASERO PERNOS CORTADOS Y FLEXIBLES ROTOS	409	\$ 65.135.378	\$ 32.567.689	\$ 3.572.024	Cardan trasero (1 pares) + flexibles + pernos cardan
8	Baja presión de transmisión	192	\$ 30.576.999	\$ 15.288.499	\$ 5.029.326	Relleno aceite 65 lts + bba transmisión
2	RELLENO ACEITE TRANSMISION	5,25	\$ 836.090	\$ 418.045	\$ 237.078	Trelleno aceite 65 lts + flexibles
<b>Total</b>		<b>76</b>				

sin stock		Con stock		Production Ton
Modo de falla	Total valor de perdida ley 0,7% + repuesto	Total valor de perdida ley 0,7% + repuesto	Beneficio en la producción \$	
EQUIPO FUERA DE SERVICIO RUIDO EXTRAÑO EN CARDANES	\$ 6.900.215	\$ 4.869.711	\$ 2.030.504	3.570
Bomba transmisión	\$ 38.172.628	\$ 5.764.194	\$ 32.408.434	56.980
Pernos cortados cardan, transmisión quebrada	\$ 30.857.408	\$ 31.494.429	\$ -637.021	-1.120
SE CAMBIA FLEXIBLES EN LINEAS CARDANICAS DE TRANSMISION	\$ 292.976	\$ 233.255	\$ 59.721	105
Enfriador de transmisión roto	\$ 4.401.873	\$ 1.734.349	\$ 2.667.525	4.690
CARDAN TRASERO PERNOS CORTADOS Y FLEXIBLES ROTOS	\$ 36.139.713	\$ 4.209.045	\$ 31.930.668	56.140
Baja presión de transmisión	\$ 20.317.825	\$ 5.666.347	\$ 14.651.479	25.760
RELLENO ACEITE TRANSMISION	\$ 655.123	\$ 396.333	\$ 258.790	455
		<b>Total en beneficio</b>	\$ 83.370.099	146.580



  

sin stock		con stock		Production Ton
Modo de falla	al valor de perdida ley 1,4% + repuesto sin st	Total valor de perdida ley 1,4% + repuesto en stock	Beneficio en la producción \$	
EQUIPO FUERA DE SERVICIO RUIDO EXTRAÑO EN CARDANES	\$ 9.567.739	\$ 5.506.732	\$ 4.061.008	3.570
Bomba transmisión	\$ 71.218.082	\$ 6.401.215	\$ 64.816.868	56.980
Pernos cortados cardan, transmisión quebrada	\$ 32.766.471	\$ 34.042.512	\$ -1.274.042	-1.120
SE CAMBIA FLEXIBLES EN LINEAS CARDANICAS DE TRANSMISION	\$ 511.952	\$ 392.510	\$ 119.441	105
Enfriador de transmisión roto	\$ 7.706.419	\$ 2.371.370	\$ 5.335.049	4.690
CARDAN TRASERO PERNOS CORTADOS Y FLEXIBLES ROTOS	\$ 68.707.402	\$ 4.846.066	\$ 63.861.336	56.140
Baja presión de transmisión	\$ 35.605.325	\$ 6.303.368	\$ 29.302.957	25.760
RELLENO ACEITE TRANSMISION	\$ 1.073.188	\$ 555.588	\$ 517.579	455
		<b>Total en beneficio</b>	\$ 166.740.198	146.580

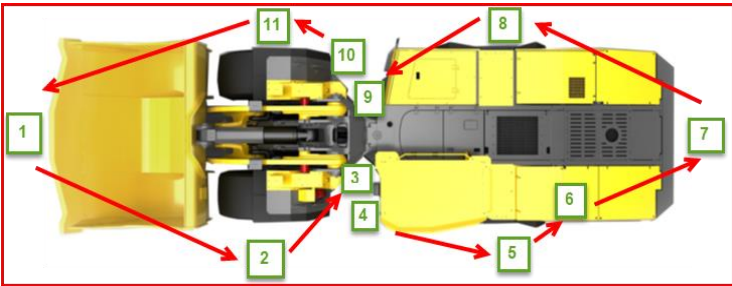
## ANEXO B

### PAUTAS DE MANTENCIÓN

#### B.1 Actualización de pauta de inspección con acciones recomendadas.

 <span style="margin-left: 100px;">PAUTA DE INSPECCION</span> 		
GRUPO MINERO <b>CAROLA-COEMIN</b>		CARGADORES BAJO PERFIL LHD SCOOP
Técnico que inspecciona:	Fecha y turno:	
Equipo:	Horometro:	
Pauta Diaria Obligatoria antes de entregar un equipo de taller		Fecha Ultima Modificacion: 30-07-2020
<b>1.- SECTOR BALDE</b>		
	<b>OK</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Revisar todo el balde, labio, placas y planchas de piso		
Revisar parabrizas, plumillas, focos de trabajo, marcos de espejo		
<b>2.- SECTOR RUEDA POSICION #1</b>		
	<b>OK</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Revisar y lubricacion de pasadores de balde y boom		
Revisar estado y lubricacion de cilindros de levante y basculamiento		
Revisar flexibles de cilindros de levante y basculamiento		
Revisar condicion de eje delantero y reductores de cubo		
Revisar presion y condicion de neumatico		
Revisar llanta, seguro de llanta, pernos y tuercas de rueda		
Revisar extintor manual		
Revisar estado y condicion de tapabarros		
<b>3.- SECTOR ARTICULACION CENTRAL</b>		
	<b>OK</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Revisar lineas flexibles de cilindros de levante		
Medir nivel de aceite de transmision, rellenar de ser necesario		
Revisar cilindros de direccion, alojamientos, bacadas y pernos de bancada.		
Revisar flexibles principales de articulacion central		
Revisar orbitrol de direccion		
Revisar pedalera de frenos		
Revisar soportes de cabina y pernos de fijacion de cabina		
Revisar cardan intermedio y soporte de cardan pillowblock		
Revisar bancadas, cilindro y pasadores de direccion		
Revisar estado de topes de direccion		
Revisar presion y T° de bomba de transmision (240 a 280 psi)(80°C)		
Revisar temperatura de transmision (T°=80° C a 140°C)		
Revisar fugas de aceite en juntas y flexibles de transmision		
Revisar estado visual de transmision		
Revisar electrovalvula de parqueo		
Revisar machon y crucetas de cardan lado transmision		
<b>4.- SECTOR DE ACCESO CABINA</b>		
	<b>OK</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Revisar peldaños de acceso a cabina		
Revisar estado de plumillas		
Revisar estado de asiento de operador		
Revisar instrumentos		
Revisar funcionamiento aire acondicionado		
Probar bocina		
Probar funcionamiento Joystick y Monostick		
Probar pedal de freno y acelerador.		
Probar RideControl		
Probar Flotacion de balde		
Revisar logo de gases y Ansul, Anotar proxima Fecha de vencimiento		
Revisar vidrios de cabina		
Revisar funcionamiento de puerta y chapa de cabina		

5.- SECTOR RUEDA POSICION #3	OK	OBSERVACIONES
Revisar tapa de reductor de cubo		
Revisar presion y condicion de neumatico		
Revisar eje trasero y reductor de cubo, pernos de sujecion y filtraciones		
6.-SECTOR MOTOR	OK	OBSERVACIONES
Revisar ductos de escape y admision de motor		
Revisar estado de filtros de aire de motor, cambiar de ser necesario		
Revisar estado y condicion de turbocompresor		
Revisar lineas de lubricacion y refrigeracion de turbocompresor		
Revisar ductos de admision de intercooler		
Revisar lineas flexibles de ventilador de refrigeracion		
Revisar aspa de ventilador, soporte de ventilador y linea de lubricacion		
Revisar lineas de refrigeracion de radiador		
Revisar nivel de refrigerante de motor		
7.-SECTOR TRASERO	OK	OBSERVACIONES
Revisar tubo de escape		
Revisar baliza y luces de cabina		
Revisar luces traseras		
Revisar radiador, pernos y soportes		
Revisar daños de enfriador de aceite hidraulico, pernos y soportes		
Revisar fugas de liquido refrigerante de enfriador		
Revisar alarma de retroceso		
Revisar intercooler, pernos y soportes de fijacion		
Revisar estado de condensador de aire acondicionado y lineas flexibles		
Revisar estado de tapa de combustible y ducto de entrada al estanque		
8.- SECTOR RUEDA POSICION #4	OK	OBSERVACIONES
Revisar escalera de acceso a motor		
Revisar soportes de ventilador de motor		
Medir nivel de aceite de motor, rellenar si es necesario		
Revisar estado de ductos de admision e intercooler		
Revisar lineas flexibles de ventilador de refrigeracion de radiador		
Revisar correas y tensores		
Revisar estado de alternador y compresor de aire acondicionado		
Revisar conectores de unidad de control de motor E-ECU		
Revisar filtros y portafiltros de combustible y de aceite de motor		
Revisar portafiltros de aire y ductos de admision		
Revisar presion y condicion de neumatico		
Revisar tapabarros		
9.- SECTOR ARTICULACION CENTRAL	OK	OBSERVACIONES
Revisar condicion de filtros de cabina, cambiar de ser necesario		
Revisar condicion de flexibles de cilindros de levante		
Revisar topes de direccion		
Revisar soportes de cabina		
Revisar cilindros, rodamientos, alojamientos, pernos y bancadas de direccion		
Revisar condicion de valvula principal de sistema hidraulico		
Revisar valvula de cambio de direccion		
Revisar condicion de orbitrol de direccion		
Revisar funcionamiento de bomba de llenado hidraulico		
Revisar articulacion central		

<b>10.-SECTOR BAJO DEL EQUIPO.</b>		<b>OK</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Revisar y lubricar cardanes y crucetas			
Revisar cañerías de freno			
<b>11.-SECTOR RUEDA POSICION #2</b>		<b>OK</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Revisar tapa de reductor de cubo			
Revisar presion y condicion de neumatico			
Revisar tapabarros			
Revisar posibles grietas en pantografo			
Revisar cilindro de levante y basculamiento y cañerías de cilindros			
Revisar flexibles de cilindros			
<b>12.- Lubricacion</b>		<b>OK</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Lubricacion de equipo completo según el orden numerico de inspeccion			
Inspeccionar líneas de lubricacion automatica			
Revisar deposito y Probar sistema de lubricacion automatica			
<b>Backlogs Generados</b>		<b>Numero de Backlog</b>	
<b>Backlogs Ejecutados</b>		<b>Numero de Backlog</b>	
<b>Hallazgos Encontrados y corregidos</b>		<b>Numero de Backlog</b>	
<b>V° B° Supervisor Taller:</b>		<b>Firma:</b>	
<b>Jefe de Turno:</b>		<b>Firma:</b>	
<b>Planificador:</b>		<b>Firma:</b>	
			

## B.2.- Actualización de pauta de Mantenimiento preventivo.

GRUPO MINERO CAROLA-COEMIN		PAUTA DE MANTENCIÓN						PALAS CARGADORAS LHD SCOOP
Técnico:	Inicio:	Ternimo:						
Técnico:	Inicio:	Ternimo:						
Electrico:	Inicio:	Ternimo:						
Equipo:	Hrs:	Fecha:						
Duración de la mantención en Horas	12	12	24	24	32	32	Fecha de Modificación: 26-02-2018	
<b>0.-Realizar antes del mantenimiento.</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1.000</b>	<b>2.000</b>	<b>4.000</b>	<b>12.000</b>	<b>Observaciones.</b>	
Lavado de equipo completo.	0	0	0	0	0	0		
Limpieza de radiador.	0	0	0	0	0	0		
Tomar muestra de aceite motor.	0	0	0	0	0	0		
Tomar muestra de aceite de transmisión	0	0	0	0	0	0		
Toma de muestra de aceite hidráulico.			0	0	0	0		
Toma de muestras de engranajes planetarios			0	0	0	0		
Toma de muestra de aceite de todos los ejes.			0	0	0	0		

<b>1.- Inspeccionar probar y controlar.</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1.000</b>	<b>2.000</b>	<b>4.000</b>	<b>12.000</b>	<b>Observaciones.</b>
Funciones de arranque y parada. (probar)	0	0	0	0	0	0	
Instrumentos de alumbrado, indicadores de emergencia, limpiaparabrisas, bocina, alarma de marcha atrás. (probar)	0	0	0	0	0	0	
Dirección. (prueba de lado a lado)	0	0	0	0	0	0	
Frenos de servicio.(prueba)	0	0	0	0	0	0	
Suspension del brazo de carga (Ride Control)	0	0	0	0	0	0	
Inspeccion de articulación central.	0	0	0	0	0	0	
Inspeccion de estado de balde y pasadores.	0	0	0	0	0	0	
Inspeccion de soportes de transmisión.	0	0	0	0	0	0	
Inspeccion de ejes cardan y crucetas.	0	0	0	0	0	0	
Revision de fijaciones bomba transmision.		0	0	0	0	0	
Revision estado cardan y cruzetas.		0	0	0	0	0	
Revision puntos de engrase y lubricantes automaticos.	0	0	0	0	0	0	
Inspeccion de fijación de motor.	0	0	0	0	0	0	
Inspeccion de mangueras y tubos hidraulicos.	0	0	0	0	0	0	
Inspeccion de soportes de cabina.	0	0	0	0	0	0	
Daños externos en la estructura y vidrios	0	0	0	0	0	0	
Revisar señáletica	0	0	0	0	0	0	
Revisar estado de extintores y sistema contraincendios	0	0	0	0	0	0	
Control fugas lubricantes, combustible y refrigerante.	0	0	0	0	0	0	
Lubricacion de equipo completo.	0	0	0	0	0	0	

<b>2.- MOTOR</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1.000</b>	<b>2.000</b>	<b>4.000</b>	<b>12.000</b>	<b>Observaciones.</b>
Cambio de aceite de motor.	0	0	0	0	0	0	
Cambio de filtros de aceite de motor.	0	0	0	0	0	0	
Revision de filtro respirador	0	0	0	0	0	0	
Cambio de filtros de combustible.	0	0	0	0	0	0	
Cambio de filtro separador de agua.	0	0	0	0	0	0	
Cambio de filtro de aire primario.	0	0	0	0	0	0	
Cambio de filtro de aire secundario.		0	0	0	0	0	
Cambiar correas			0	0	0	0	
Controlar fugas y nivel de refrigerante.	0	0	0	0	0	0	
Control de fugas por múltiple de escape.	0	0	0	0	0	0	
Control de fuga por turbocompresor.	0	0	0	0	0	0	
Revisar calibracion de pedal acelerador	0	0	0	0	0	0	
Comprobar regimen de motor minimo y maximo	0	0	0	0	0	0	
Controlar sistema de post-tratamiento de escape	0	0	0	0	0	0	
Comprobar regimen de calado (prueba de Stall)	0	0	0	0	0	0	
Cambiar filtro de refrigerante de motor		0	0	0	0	0	
Controlar presion de aceite de motor			0	0	0	0	
Revisar apriete de pernos de sujecion de radiador	0	0	0	0	0	0	
Revisar apriete pernos de suspension del motor		0	0	0	0	0	
Cambiar liquido refrigerante				0	0	0	
Control de ductos de admisión.	0	0	0	0	0	0	
Control correas de compresor, alternador, bomba de agua	0	0	0	0	0	0	
Cambio de filtro de ventilación de estanque combustible.	0	0	0	0	0	0	

<b>3.- SISTEMA ELECTRICO.</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1.000</b>	<b>2.000</b>	<b>4.000</b>	<b>12.000</b>	<b>Observaciones.</b>
Controlar estado de baterías y nivel de electrolito.	0	0	0	0	0	0	
Estado de bornes, cables y conexiones electricas.	0	0	0	0	0	0	
Revision de funcionamiento de cortacorrientes	0	0	0	0	0	0	
Estado de conexiones de computadores.	0	0	0	0	0	0	
Controlar estado y tensado de correas.	0	0	0	0	0	0	
Revisar modulos CAN, codigos de error	0	0	0	0	0	0	
Verificar códigos de error presentes.	0	0	0	0	0	0	
Inspección de instrumentos. (pantalla)	0	0	0	0	0	0	
Inspección de luces de trabajo, intermitentes y alarma de retroceso y camaras.	0	0	0	0	0	0	

4.- TRANSMISION.	250	500	1.000	2.000	4.000	12.000	Observaciones.
Controlar nivel de transmisión.	0	0	0	0	0	0	
Cambio de filtro de transmisión.		0	0	0	0	0	
Cambio de aceite de transmisión, moviltrans HD30, 65lts.		0	0	0	0	0	
Cambio filtro respiradero de transmisión.			0	0	0	0	
Revisar el apriete de las conexiones de pernos de la transmisión	0	0	0	0	0	0	
Revisar apriete de pernos de ejes cardan 50 NM	0	0	0	0	0	0	
Revisar apriete de pernos de montaje de Up Box	0	0	0	0	0	0	
Cambiar aceite de engranajes planetarios			0	0	0	0	
Cambiar aceite de Up Box y eje trasero			0	0	0	0	
Control de presiones de embrague de transmisión			0	0	0	0	
Inspeccionar y controlar fugas de aceite de transmisión.	0	0	0	0	0	0	
Compruebe el torque de apriete en juntas atornilladas en el eje delantero	0	0	0	0	0	0	
Compruebe el torque de apriete en juntas atornilladas en el eje trasero.	0	0	0	0	0	0	
Cambio de aceite y filtro respiradero de todos los ejes.			0	0	0	0	
Lubricar ejes cardanes.	0	0	0	0	0	0	
Revisar pernos de conexión de ejes delantero y trasero.	0	0	0	0	0	0	
Revisar filtros de respiradero de ambos ejes.	0	0	0	0	0	0	
Revisar pernos de conexión de ejes delantero y trasero.	0	0	0	0	0	0	
Cambio de transmisión.						0	
Cambio de goma soporte transmisión.						0	
Revisar daños en transmisión.		0	0	0	0	0	
Análisis de tintas penetrantes a transmisión.		0	0	0	0	0	
Limpieza enfriador aceite hidráulico.			0	0	0	0	
Controlar presión de pre-carga de en el acumulador de gancho de remolque	0	0	0	0	0	0	
Controlar nivel de engranes planetarios	0	0	0	0	0	0	
Controlar nivel de todos los ejes.	0	0	0	0	0	0	

5.- FRENOS.	250	500	1.000	2.000	4.000	12.000	Observaciones.
Control de funcionamiento del freno estacionamiento.	0	0	0	0	0	0	
Revisar filtro de respiradero de freno	0	0	0	0	0	0	
Control de presión de frenos			0	0	0	0	
Cambiar filtro de fluido de frenos			0	0	0	0	
Revisar la liberación del freno	0	0	0	0	0	0	
Revisar presión de precarga de acumuladores de freno.	0	0	0	0	0	0	
Control de desgaste de discos de freno de servicio.	0	0	0	0	0	0	

6.- DIRECCIÓN.	250	500	1.000	2.000	4.000	12.000	Observaciones.
Control holgura de conjinete cilindro dirección.			0	0	0	0	
Control de cilindros de dirección.	0	0	0	0	0	0	
Revisar apriete de pernos de cilindros de dirección		0	0	0	0	0	
Control de rodamientos de dirección.	0	0	0	0	0	0	

7.-BASTIDOR Y RUEDAS.	250	500	1.000	2.000	2.000	12.000	Observaciones.
Controlar estado temperatura y presión de los neumáticos	0	0	0	0	0	0	
Controlar estado y apriete de pernos y tuercas de ruedas.	0	0	0	0	0	0	
Revisar el apriete de fijación de articulación central	0	0	0	0	0	0	
controlar juego de eje basculante trasero.	0	0	0	0	0	0	
Revisar estado de bastidores delantero y trasero		0	0	0	0	0	
Controlar estado de articulación central.	0	0	0	0	0	0	

8.- CABINA.	250	500	1.000	2.000	2.000	12.000	Observaciones.
Cambiar filtro de aire acondicionado primario.	0	0	0	0	0	0	
Cambiar filtro de aire acondicionado secundario.		0	0	0	0	0	
Revisión de sistema de presurizado	0	0	0	0	0	0	
Revisar estado de escotillas y cerraduras			0	0	0	0	
Revisar estructura de cabina y vidrios		0	0	0	0	0	
Inspección, control y limpieza de condensador.	0	0	0	0	0	0	
Control del aire acondicionado, Presiones.	0	0	0	0	0	0	
Inspección y control de compresor de aire acondicionado.	0	0	0	0	0	0	
Control de soportes de cabina.	0	0	0	0	0	0	

9.- SISTEMA HIDRÁULICO.	250	500	1.000	2.000	2.000	12.000	Observaciones.
Controlar nivel de aceite hidráulico.	0	0	0	0	0	0	
Revisar filtro de respiradero de depósito hidráulico	0	0	0	0	0	0	
Cambio de aceite hidráulico.			0	0	0	0	
Cambio filtros de aceite de retorno hidráulico.			0	0	0	0	
Revisar presión de Pre-carga de acumulador de control de conducción del lado derecho (Ride Control)	0	0	0	0	0	0	
Revisar presión de Pre-carga de acumulador de control de conducción del lado izquierdo (Ride Control)	0	0	0	0	0	0	
Revisar acumuladores de flotación.		0	0	0	0	0	
Lubricación de sistema de bloqueo para brazo y cucharón	0	0	0	0	0	0	
Limpieza de varilla magnética de filtro.				0	0	0	
Cambio de filtro de respiradero de depósito hidráulico.			0	0	0	0	
Revisar apriete de tapas de todos los pasadores (ejes de expansión)	0	0	0	0	0	0	
Comprobar funcionamiento del sistema de suspensión	0	0	0	0	0	0	
Controlar estado de balde y pasadores.	0	0	0	0	0	0	
Controlar holgura de todos los pasadores.	0	0	0	0	0	0	
Inspeccionar y controlar fugas de aceite hidráulico.	0	0	0	0	0	0	
Inspeccionar fugas de aceite hidráulico por cilindros.	0	0	0	0	0	0	



10.- BACKLOGS	N/P	CRITICIDAD (5, 15 Y 30 DÍAS)

Jefe de Mantenimiento: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Jefe de turno: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Jefe de Patio/Capataz: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Planificador: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_