UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMA CRITICO DE PERFORADORA ROC L8 (30), TRICOMIN, LOS BRONCES.

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero en Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
Mauricio Colipi Cofre

Profesor Guía
Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2018

Dedicado a mi familia, gracias por el apoyo en especial a mi pequeña hija Mülfen Colipi, este logro es para ustedes.

RESUMEN

Keywords: RCM II - RHS - Servicios Mineros - Tricomin SA.- Plan de mantenimiento – criticidad – Confiabilidad.

Debido a la situación económica que pasa la minería en chile, se ha debido buscar modos de ser más austero en cuanto a recursos y minimizar los costos, tanto para empresas mandantes como empresas colaboradoras. Por lo que nace la necesidad de aportar con un plan de mantenimiento en un sistema critico de la maquina Roc l8 (30), activo físico de la empresa Servicios Mineros Tricomin SA. Por lo cual se desarrollará 3 capítulos en este trabajo, en los que se propondrá un plan de mantenimiento y sus fundamentos.

Se busca lograr un plan de mantenimiento para un sistema critico de la perforada, el cual se basará en la metodología del RCM II, para esto se aplicarán múltiples técnicas para poder ir desarrollando las 7 preguntas que se sugieren para llevar a cabo este proceso.

Para esto se buscará los elementos críticos desglosando el quipo en sus sistemas principales, de los cuales se elegirá uno mediante la matriz cualitativa de riesgo, a continuación, se realizará un análisis de modos de fallo, efectos y criticidad. En cuanto a los modos de fallo, se jerarquizarán mediante el uso de la herramienta de numero de prioridad de riesgo el cual nos darán los modos de fallo que necesitan acción correctiva y se someterán por el diagrama de decisiones de RCM en cual nos dará las medidas a tomar para cada modo de fallo y así realzar la confiabilidad de los sistemas del equipo perforadora Roc L8 (30) de la marca Atlas Copco mediante un plan de mantenimiento.

ÍNDICE

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMA CRITICO DE PERFORADORA ROC L8 (30), TRICOMIN, LOS BRONCES……1
RESUMEN……3
ÍNDICE……5
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA……6
INTRODUCCION 1
OBJETIVOS 3
OBJETIVO GENERAL 3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES 5
1 ANTECEDENTES GENERALES 7
1.1 PROCESO PRODUCTIVO 7
1.1.1 Ciclo de vida de una mina 7
1.1.2 Etapas del proceso productivo de una mina 8
1.1.3 Proceso de extracción 9
1.1.4 Perforación y tronadura a rajo abierto 9
1.1.4.1 Tronadura 9
1.1.4.2 Tipos de tronadura 10
1.1.4.2.1 Tronadura de precorte 10
1.1.4.2.2 Tronadura de amortiguada 11
1.1.4.2.3 Tronadura de producción 12
1.1.4.3 Perforación a rajo abierto 12
1.1.4.3.1 Perforación con Roto percusión 13
1.1.4.3.1.1 Tipo drifter 13
1.1.4.3.1.2 Tipo DTH 13
1.1.4.3.2 Perforación con rotación y peso 14
1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y CLIENTE 15
1.3 MARCO GENERAL 17
1.3.1 Organigrama Servicios Mineros Tricomin SA. Los bronces 17
1.3.2 KPI actual de flota de pre-corte. 18
1.3.3 Problemática 19
1.3.3.1 Perdidas por indisponibilidad 19
1.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD A SISTEMAS DE ROC L8 (30) 20
1.4.1 Subdivisión se sistemas Roc l8 (30) 21
1.4.2 Modelo de matriz cualitativa de riesgo 21
1.4.3 Fundamento de selección de sistema critico 25

CAPITULO II: SISTEMA SELECCIONADO, DESCRIPCION DE FUNCIONES, FALLAS Y CRITICIDAD 26

2. SISTEMA CRITICO SELECCIONADO Y DESCRIPCION DE FUNCIONES Y FALLAS 28

2.1 DESCRIPCION DE EQUIPO ROC L8 (30) 28

2.2 FUNCIONES DEL RHS (ROD HANDLING STÅNGHANTERING) 28

2.1.1 Análisis funcional SIPOC 29

2.1.2 Definición de funciones. 30

2.1.2.1 Proceso de empalme de tubos de perforación 31

2.1.3 Análisis funcional de sistema critico rhs. 33

2.1.4 Fallas funcionales, modos de fallas, efectos y consecuencias 33

2.2 SUBSISTEMAS DE COMPONENTE CRITICO RHS 42

2.2.1 Jerarquización de modos de fallos. 43

2.2.2 Designación de NPR 43

2.2.3 Numero prioridad riesgo 46

2.2.4 Matriz de riesgo de modos de fallos 60

CAPITULO III: DECISIONES Y ACCIONES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO 63

3. DECISIONES Y ACCIONES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO 65

3.1 APLICACIÓN DE DECISIONES RCM 65

3.1.1 Hoja de decisión RCM II 67

3.2 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO SISTEMA RHS (ROD HANDLING STANGHANTERING) 70

3.2.1 Instructivo de 250 horas de motor 70

3.2.2 Instructivo de 500 horas de motor 72

3.2.3 Instructivo de 3000 horas de motor 76

3.3 PAUTAS DE TRABAJO 78

3.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO 82

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 84

BIBLIOGRAFIA 85

ANEXOS 87

ANEXO 1: INTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO 88

ANEXO 2: PAUTAS DE MANTENCION 109

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1, ciclo de vida de una mina. 7

Figura 1-2, Proceso productivo de una mina. 8

Figura 1-3, esquema de un banco de tronadura a rajo abierto. 10

Figura 1-4, Perforación de tronadura pre-corte rajo abierto. 11

Figura 1-5, Mallas perforación de tronadura rajo abierto. 12
Figura 1-6, Rotomartillo, top hammer 13
Figura 1-7, martillo en fondo, DTH. 14
Figura 1-8, sistema Pulldown. 15
Figura 1-9, minera Los Bronces, Anglo American 16
Figura 1-10, Organigrama Tricomin los bronces. 18
Figura 1-11, Sistema con elegido con mayor criticidad, Rod Handling Stånghantering 25
Figura 2-1, perforadora de roca, Roc L8 (30) 28
Figura 2-2, Alimentación de barra a centro de perforación. 31
Figura 2-3, Palanca de perforación 32
Figura 2-4, Panel de manejo de barras. 33
Figura 2-5, Sistema RHS 34
Figura 3-1, Diagrama de decisión RMC II, primeras dos etapas..... 66
Figura 3-2, Diagrama de decisión RMC II, segundas dos etapas..... 67
Figura 3-3, paso a paso 250 horas, inspección posición de pasadores..... 70
Figura 3-4, Paso a paso 250 horas, inspección de desgaste de pletinas. 71
Figura 3-5, Repuestos utilizados 250 horas motor. 71
Figura 3-6, Herramientas utilizadas 250 horas motor. 72
Figura 3-7, Tiempos utilizados 250 horas motor. 72
Figura 3-8, Paso a paso 500 horas, control de torque de pernos de pasador de pivotes. 73
Figura 3-9, Paso a paso 500 horas, Controlar torque de pernos de pasador de cilindros 73
Figura 3-10, Repuestos utilizados 500 horas motor. 74
Figura 3-11, Herramientas utilizadas 500 horas motor..... 75
Figura 3-12, Tiempos utilizados 500 horas motor..... 75
Figura 3-13, Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS. 76
Figura 3-14, Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel..... 77
Figura 3-15, Repuestos utilizados 3000 horas motor. 77
Figura 3-16, Herramientas utilizadas 3000 horas motor. 78
Figura 3-17, Tiempos utilizados 3000 horas motor. 78
Figura 3-18, Pauta de mantención 250 horas, sistema RHS..... 80
Figura 3-19, Pauta de mantención 250 horas, sistema RHS (continuación)..... 81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1, disponibilidad actual de flota. 18
Tabla 1-2, perdidas por indisponibilidad. 20
Tabla 1-3, subdivisión de sistemas Roc L8 (30) 21
Tabla 1-4, Factor de frecuencia de falla 22

Tabla 1-5, Factor de impacto operacional..... 22
Tabla 1-6, Factor de flexibilidad operacional..... 23
Tabla 1-7, costos del mantenimiento..... 23
Tabla 1-8, Factor de impacto a la seguridad, higiene y medio ambiente..... 23
Tabla 1-9, Resumen de ponderaciones jerarquización sistemas 24
Tabla 1-10, matriz cualitativa de riesgo resultante jerarquización de sistemas..... 24
Tabla 2-1, SIPOC análisis funcional RHS 30
Tabla 2-2, FMECA sistema critico RHS. 35
Tabla 2-3, Subsistemas de RHS..... 42
Tabla 2-4, Criterios sugeridos para la evaluación de la severidad, SAE J1739. 44
Tabla 2-5, Criterios sugeridos para la evaluación de la Ocurrencia, SAE J1739..... 45
Tabla 2-6, Criterios sugeridos para la evaluación de la detección, SAE J1739. 45
Tabla 2-7, Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas..... 47
Tabla 2-8, Matriz de riesgo de modos de fallo..... 60
Tabla 2-9, Modos de fallo críticos..... 61
Tabla 3-1, Hoja de decisión RCM II, sistema RHS..... 68

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

RHS	: Rod Handling Stånghantering.
FMECA	: Análisis de modo, efecto de fallo y criticidad.
NPR	: número de prioridad de riesgo.
RCM	: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
SA.	: Sociedad anónima.
DTH	: Down the hole.
ISO	: Organización internacional de estandarización.
OHSAS	: Sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional.
PT	: Perforación y Tronadura.
KPI	: Indicador clave o medidor de desempeño.
MTTR	: Tiempo medio de reparación.
MTBF	: Tiempo medio entre falla.
SAE	: Sociedad de ingenieros automotrices.

SIMBOLOGIA

mm	: Milimetro
m	: Metro
cm	: Centímetro
rpm	: Revoluciones por minuto
etc.	: Etcétera
%	: Porcentaje

INTRODUCCION

Una de las industrias más importantes para la humanidad y para Chile después de la agricultura es la minería, es una actividad primordial para el desarrollo del hombre en la tierra, recordando que la naturaleza solo nos provee de limitadas fuentes o maneras de generar bienes.

Todo proceso de operación minera comienza con la perforación del macizo rocoso, con la intención de generar un material más pequeño que permita el transporte del material a su siguiente proceso de extracción. En la minería moderna el proceso de perforación y tronadura nos permite obtener un mineral o estéril de un tamaño adecuado para el proceso de carguío que lo sigue, y nos permite minimizar la utilización de explosivos para romper la roca maciza.

En este proceso minero moderno entran en juego las máquinas perforadoras de rocas que tienen por objetivo abrir agujeros cilíndricos destinados a alojar material explosivo y sus distintos accesorios de detonación. El proceso de perforación se logra mediante una combinación de rotación y percusión que se logra a través de energías hidráulicas, eléctricas y térmicas. Que en conjunto forman una máquina de perforación.

Estas máquinas son importantísimas en la minería moderna pues logran incrementar la producción y eficiencia de sus procesos. Y para que las maquinas continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan, es de vital importancia tener un proceso de mantenimiento que asegure que logren el objetivo por el cual se pusieron en marcha.

El activo del cual se hablará en este trabajo es la perforado Roc L8 (30) del fabricante Atlas Copco, la cual está encargada de la perforación de precorte en la minera de Anglo American, bajo el contrato con la empresa Servicios mineros Tricomin SA. La cual se encarga de la operación y mantención de este equipo perforador, se analizará cual es el subsistema con mayor criticidad y se utilizara el proceso de mantención basado en la confiabilidad para generar un plan de mantenimiento que cubra dichas necesidades de criticidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Generar un plan de mantenimiento utilizando herramientas de RCM II (mantenimiento centrado en la confiabilidad) para un subsistema con alta criticidad de una perforadora Roc L8 (30), Tricomin SA.

Objetivos específicos

- Recopilar información técnica para la selección de un subsistema crítico, en la perforadora ROC l8 (30), mediante una matriz cualitativa de riesgo
- Realizar un análisis funcional a un subsistema critico mediante el análisis de modos efectos y criticidad de fallos, para la jerarquización de los modos de fallo más críticos.
- Seleccionar tareas de mantenimiento asociados a modos de fallo a través de diagrama de decisión del RCM para la creación de planificaciones , pautas y procedimientos de mantenimiento de estas tareas.

CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES

1 ANTECEDENTES GENERALES

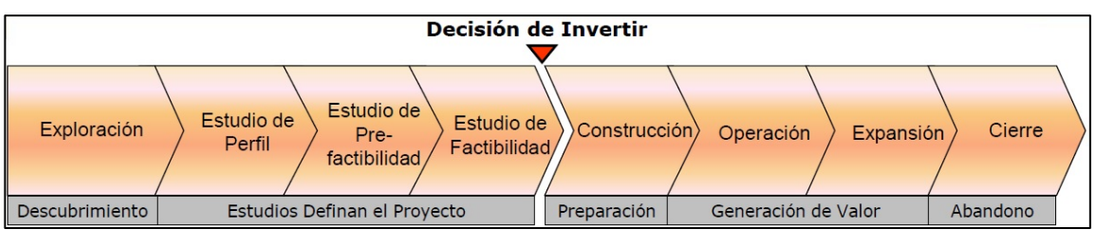
1.1 PROCESO PRODUCTIVO

Para contextualizar el objetivo general de este trabajo, primero hay que conocer el ciclo de vida de una mina de explotación de mineral, posteriormente se debe conocer el proceso de operación en el cual el equipo de perforación de desenvuelve.

1.1.1 Ciclo de vida de una mina

Dentro del ciclo de vida de una mina se puede observar en rasgos generales los siguientes pasos, lo que además se puede corroborar con la figura 1-1.

- **Exploración**: Esta es la etapa de descubrimiento de un yacimiento.
- **Estudio de perfil**: Se define el tipo de recurso minero a explotar.
- **Estudio de prefactibilidad**: Se estudian las reservas mineras.
- **Estudio de factibilidad**: se evalúan los costos generales de proyecto.
- **Construcción**: Es la etapa de preparación para la extracción de mineral, después de la decisión de invertir y la obtención del financiamiento.
- **Operación**: Es la etapa donde se genera valor gracias a la extracción y venta del mineral.
- **Expansión**: Incrementación de reservas o se aumentan las capacidades de la mina.
- **Cierre**: Luego del agotamiento de las reservas mineras, se procede al desmantelamiento y abandono de las instalaciones mineras.



Fuente: proceso productivo, Antofagasta minerals.

Figura 1-1, ciclo de vida de una mina.

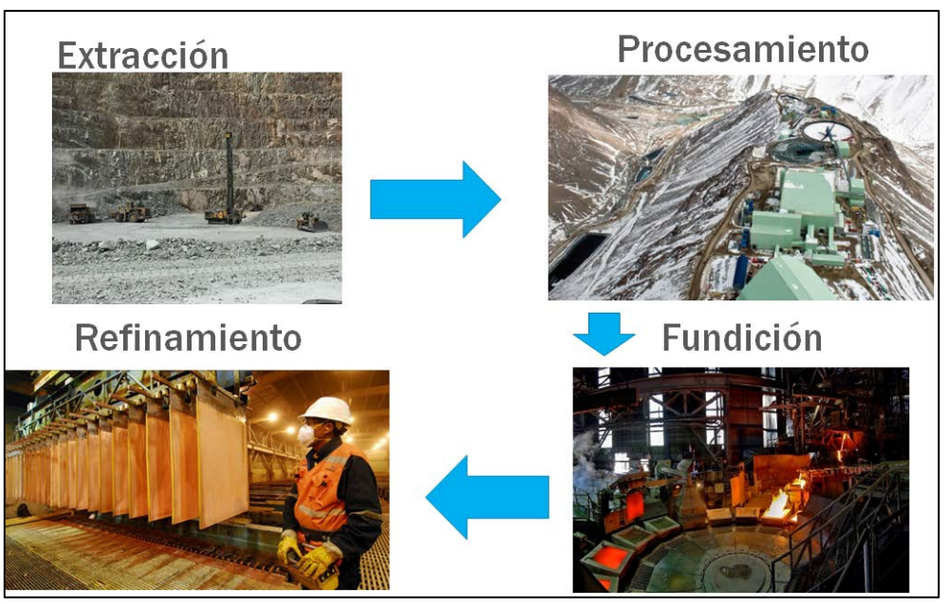
Las etapas dentro del tiempo de vida de una mina son enormes entre el primer descubrimiento y la puesta en marcha de la operación pueden pasar bastantes años,

hasta décadas. Además, las inversiones son enormes, la inversión de exploración y estudios puede ascender a los millones de dólares y la inversión totales pueden llegar a los miles de millones de dólares.

1.1.2 Etapas del proceso productivo de una mina

Para poder llegar a obtener el mineral, se pasa por un extenso proceso, el cual luego de variados estudios de costos, precios, medio ambiente, etc. y de una construcción e inversión millonaria en la mina, se llega al proceso productivo u operación minera. En donde se logra obtener el recurso, para posteriormente venderlo. Las principales etapas que conforman este proceso de describe a continuación apoyado de la figura 1-2.

- **Extracción:** En esta primera etapa se logra extraer el mineral para poder ser transportado hasta una planta de procesos.
- **Procesamiento:** Esta fase del proceso se encarga de reducir el tamaño del material extraído por métodos físicos para poder dar liberación a las partículas metálicas desde la roca.
- **Fundición:** En este periodo se logra separar los metales contenidos en los concentrados
- **Refinación:** Con este tratamiento, se obtiene una purificación de los metales producto de la fundición en hornos, para lograr un producto de uso industrial.



Fuente: imágenes de Google, proceso productivo de una mina.

Figura 1-2, Proceso productivo de una mina.

1.1.3 Proceso de extracción

La importancia de esta fase del proceso productivo u el objetivo es poder extraer la roca desde el macizo rocoso para poder llevarla hasta la siguiente etapa ya mencionada.

El proceso de extracción de puede llevar a cabo de dos formas:

- Extracción a rajo abierto.
- Extracción subterránea.
- Dentro de este proceso existen subdivisiones que se agrupan en dos, que son:
- Perforación y tronadura de la roca.
- Carguío y transporte del mineral hacia planta de proceso.

1.1.4 Perforación y tronadura a rajo abierto

La perforación y la tronadura están estrechamente ligadas en el primer eslabón de la cadena productiva de la extracción y del resto de la operación minera. Para tener perforación, primero se debe planificar la tronadura y para detonar los explosivos de la tronadura es necesario la perforación.

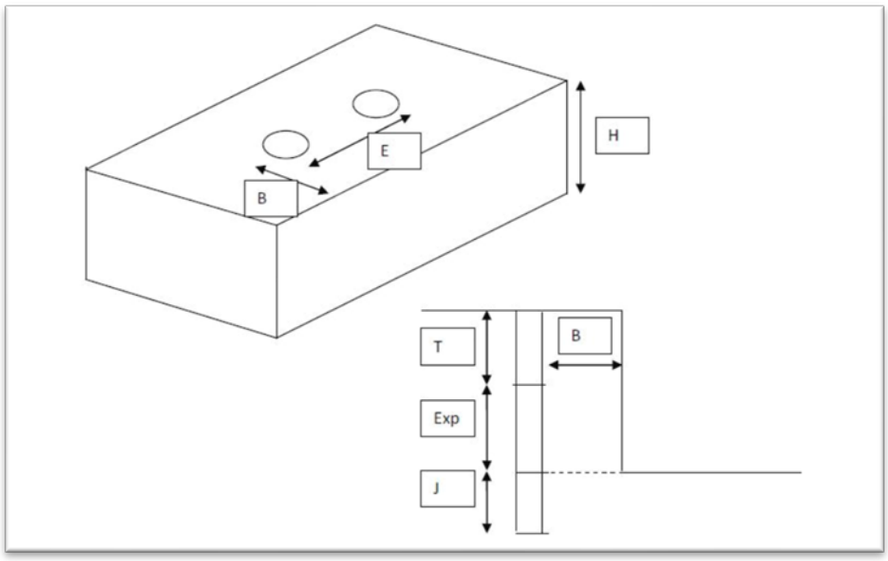
1.1.4.1 Tronadura

El proceso de tronadura es la operación que tiene como principal objetivo arrancar el mineral del macizo rocoso, para lograr este objetivo se utilizan explosivos que con su detonación se libera energía violentamente, lo que produce una fracturación de la roca o su desplazamiento. Para lograr que una tronadura sea exitosa y sin contratiempos, se debe estudiar la secuencia y se utilizan 4 pasos que se definen a continuación:

- **Iniciación**: efecto que inicia la detonación de la columna explosiva.
- **Conexión:** conectar todos los tiros entre sí para lograr una propagación de la energía liberada
- **Secuencia:** se refiere al orden de salida que tendrán los tiros en el diseño de la tronadura.
- **Activación:** primera fuente de energía que activa todo el conjunto de tiros de una tronadura de roca.

En el diseño de la tronadura, se debe considerar como factor importante, el tipo de roca, la geometría de esta, la dureza de la roca para poder elegir el explosivo que más se adecue a estas características.

Para el diseño de la tronadura se deben calcular los siguientes aspectos como se puede ver en la figura 1-3.



Fuente: Minería MI3130, Departamento Ingeniería Civil de Minas, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

Figura 1-3, esquema de un banco de tronadura a rajo abierto.

- T = Taco.
- B = Burden.
- H = Altura del banco.
- J = Pasadura.
- E = Espaciamiento.
- EXP= Explosivo.

1.1.4.2 Tipos de tronadura

Las tronaduras de la mina, no solo se utilizan con el fin de extraer el mineral del macizo rocoso, sino que además para otros propósitos, utilizando nuevas tecnologías se pueden obtener tronaduras controladas. Se dividen en tres tipos que son pre-corte, amortiguadas (buffer), y producción.

1.1.4.2.1 Tronadura de precorte

Es la encargada de generar una línea de debilidad tras la tronadura, esto se produce por una sola línea de perforaciones con la idea de producir una discontinuidad o plano de fractura de la roca, los tiros son generalmente del mismo diámetro y no tienen pasadura.

El fin de este tipo de tronadura es formar una pared de banco más estable, lo que ayuda a la seguridad y previene caídas de rocas indeseadas. Genera un límite de

penetración del equipo de extracción, dejando saneada la pared y además beneficia otorgando bermas programas en el diseño de banco.

El pre-corte debe permitir fracturar un plano para así disminuir las vibraciones en la tronadura de producción. Las vibraciones serán menores mientras estas tengan que cruzar fracturas más abiertas y limpias. Se obtienen mejores resultados en precorte utilizando diámetros de herramientas pequeños, teniendo en consideración la longitud del banco y el desvío de los pozos. En cuanto al espaciamiento de cada tiro, este debe ser reducido para poder lograr una interacción entre estos pozos, tomando en cuenta que al buscar la separación del macizo rocoso se utilizan bajas cargas explosivas. Un ejemplo de trabajo de una máquina de precorte se puede observar en la figura 1-4, realizando el trabajo antes mencionado.

Fuente propia, capturada en minera los Bronces.

Figura 1-4, Perforación de tronadura pre-corte rajo abierto.

1.1.4.2.2 Tronadura de amortiguada

Se encarga de proveer un control sobre la fragmentación y la dirección donde estos son proyectados. Esto permite que los equipos de carguíos y perforación se ubiquen en radios más cercanos de la detonación sin mayores riesgos de impacto de rocas proyectadas por la tronadura, permite reducir los tiempos de traslados, elevando la producción.

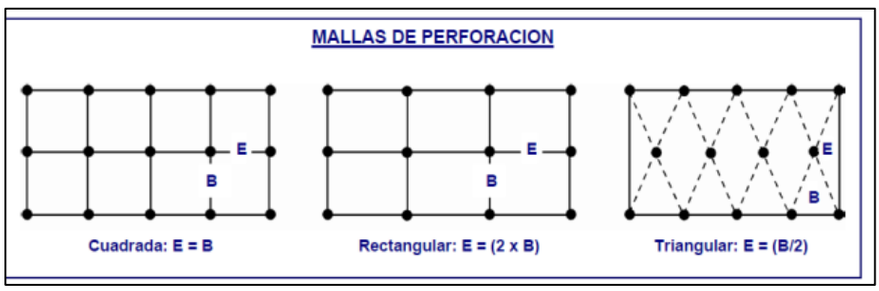
Usualmente se utilizan herramientas de perforación de menor diámetro y también el espaciamiento entre pozos es menor, en comparación con los utilizados en pozos de producción.

1.1.4.2.3 Tronadura de producción

Esta se encarga de separar el mineral del macizo rocoso y de esta manera obtener el preciado recurso. El objetivo de la tronadura de producción es reducir el tamaño de la roca para poder ser transportada y luego procesada en los siguientes pasos de proceso productivo. En la minera actual se utiliza la tronadura de producción de la mano de la de pre-corte y amortiguada. De esta manera se controlan las vibraciones producidas por la detonación y se puede minimizar el daño estructural de las paredes de los bancos, mejorando la seguridad del rajo.

El espaciamiento se puede encontrar en tres formas de mallas, que son:

- Cuadrada.
- Rectangular.
- Triangular.



Fuente: Minería MI3130, Departamento Ingeniería Civil de Minas, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

Figura 1-5, Mallas perforación de tronadura rajo abierto.

El diámetro de perforación de producción siempre es mayor y puede alcanzar las 17¨ de diámetro y perforaciones de 21 metros de un solo paso.

1.1.4.3 Perforación a rajo abierto

La perforación de roca ha ido evolucionando a medida avanza el tiempo gracias a la aparición de nuevas tecnologías. Las más utilizadas en la minería moderna son de tipo mecánico y basan su funcionamiento en cuatro principios básicos; rotación, percusión, empuje y barrido.

Bajo estos principios, tenemos dos tipos de perforación mayormente utilizados que son:

- Roto percusión.
- Rotación y peso.

1.1.4.3.1 Perforación con Roto percusión

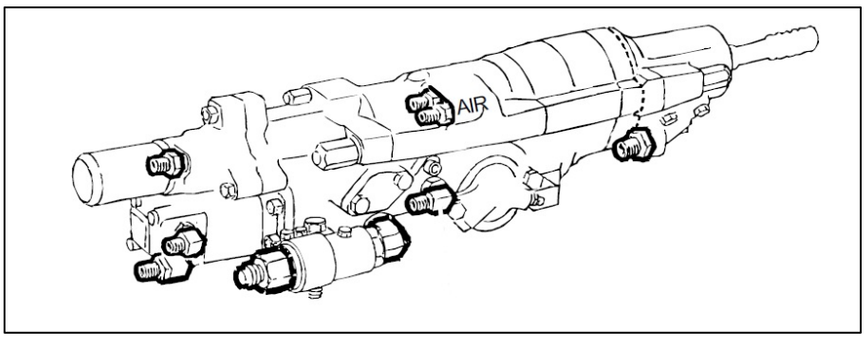
Rotopercusión es un sistema de perforación que bien su nombre lo dice, utiliza en su principio de funcionamiento la rotación y percusión que se genera con un martillo neumático, y la rotación se genera con fuerza hidráulica o mecánica.

Existen dos tipos de perforadoras con roto percusión

- Tipo drifter (top hammer)
- Tipo DTH (Down the hole).

1.1.4.3.1.1 Tipo drifter

Martillo en cabeza o top hammer, es cuando el martillo de percusión se encuentra en la cabeza de la sarta de perforación, emitiendo la pulsación de manera neumática para poder romper la roca, ayudándose de la rotación hidráulica, la cual está incluida en el martillo. Este método es comúnmente utilizado en perforación de bordes de canteras y construcción. El diámetro de perforación es pequeño, y sus brocas fluctúan en el rango de 2 ¾ a 5¨ de diámetro. En la figura 1-6 se puede observar la cabeza del tipo top hammer.



Fuente, Atlas Copco Maintenance Instruction Hydraulic Rock drills COP 1840HE, 1840HEX

Figura 1-6, Rotomartillo, top hammer

1.1.4.3.1.2 Tipo DTH

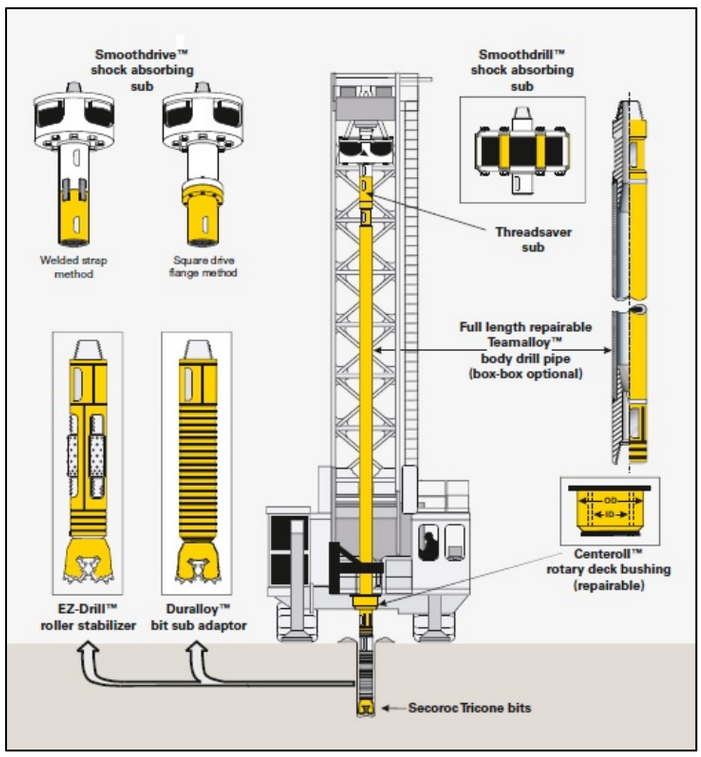
Esta perforación DTH (Down the hole) o martillo en fondo, funciona con un martillo neumático que brinda la percusión en el fondo de la sarta, en él va incluido la herramienta de perforación o Bit. En este caso la rotación se genera por energía hidráulica, la cual hace rotar motores que dan el movimiento de la sarta, este componente está ubicado en la parte superior del subsistema de perforación. Se puede observar un corte transversal de la herramienta en la figura 1-7 mostrando el mecanismo de percusión con aire a compresión.

Fuente, Atlas Copco perforación con martillo en fondo DTH

Figura 1-7, martillo en fondo, DTH.

1.1.4.3.2 Perforación con rotación y peso

Este tipo de perforación por Pull-Down, es la más utilizada para la tronadura de producción en la gran minería. Basa su funcionamiento en rotación, la que es producida por un cabezal de rotación ubicada en la parte superior de la sarta y el pull-down o peso que genera los aceros utilizados en la sarta, la herramienta que se ocupa para este tipo de perforación comúnmente es el tricono, una broca con insertos de tungsteno. Este tipo de perforación utiliza herramientas de mayor diámetro, llegando hasta los 17¨ de diámetro. En la figura 1-8 se puede observar los componentes del sistema de perforación por Pull-Down



Fuente, Atlas Copco Blast Hole Drilling in Open Pit Mining

Figura 1-8, sistema Pulldown.

1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y CLIENTE

Servicios Mineros Tricomin SA., esta empresa se funda el año 1996 por el señor Bernardo Zúñiga R. el cual ingreso a su sociedad a sus dos hijos Rodrigo y Francisca Zúñiga.

En sus inicios se buscó generar un grupo de personas altamente calificadas, que junto con tecnologías y productos innovadores se abrieran paso en el área de la perforación y tronadura en la minería a rajo abierto, de la misma manera generar propuestas transversales para las operaciones mineras.

Al principio Tricomin contaba en su dotación de personal a cuatro personas. En estos momentos cuenta con más de 130 personas. Una flota de 19 perforadoras entre pre-corte y producción.

Tricomin en estos momentos logra ser reconocida entre las empresas que ofrecen perforación y tronadura. Se mantiene comprometida con la calidad en sus procesos, en la seguridad al personal y sus activos y el medio ambiente. Enfocada a estar en la vanguardia de los servicios para la minera en Chile.

La empresa cuenta tres certificaciones para el área de la perforación. La ISO 9001, ISO 14001 Y OHSAS 18001, estas certificaciones fueron obtenidas ante Bureau Veritas, en el año 2012.

En estos momentos Servicios Mineros Tricomin tiene sus oficinas centrales en la calle Nueva de Lyon 145, oficina 502, providencia, Santiago de chile y cuenta con dos contratos de perforación de pre-corte. La primera en la faena el soldado y la segunda ubicada en la faena de los bronces, ambas del Grupo de explotación minera Anglo American.

este trabajo se referirá a los activos ubicados en la faena los bronces de Anglo American.

Anglo American es una empresa minera a nivel global y diversificada que utilizan las últimas tecnologías para encontrar nuevos recursos, planificar y construir nuevas minas para luego extraer, procesar, mover y comercializar los productos a todo el mundo.

A sus 100 años desde su fundación, Anglo American cuenta con distintas minas de extracción de minerales, en las cuales se extraen los minerales de hierro, manganeso, carbón, cobre, níquel, platino y diamantes.

Una de sus minas en chile se conoce como Los Bronces se encuentra ubicada a 65 kilómetros de Santiago en la región metropolitana a 3500 metros sobre el nivel del mar, sus oficinas en chile están ubicadas en Pedro de Valdivia 291, providencia, Santiago, Chile.

Los bronces es una mina de cobre y molibdeno que se explota a rajo abierto. El mineral se comercializa en cátodos y en concentrado de cobre y molibdeno. En la figura 1-9 se observa una fotografía tomada desde una de las zonas más altas de la mina lográndose ver en casi tu totalidad el rajo.

Fuente, Google maps.

Figura 1-9, minera Los Bronces, Anglo American

1.3 MARCO GENERAL

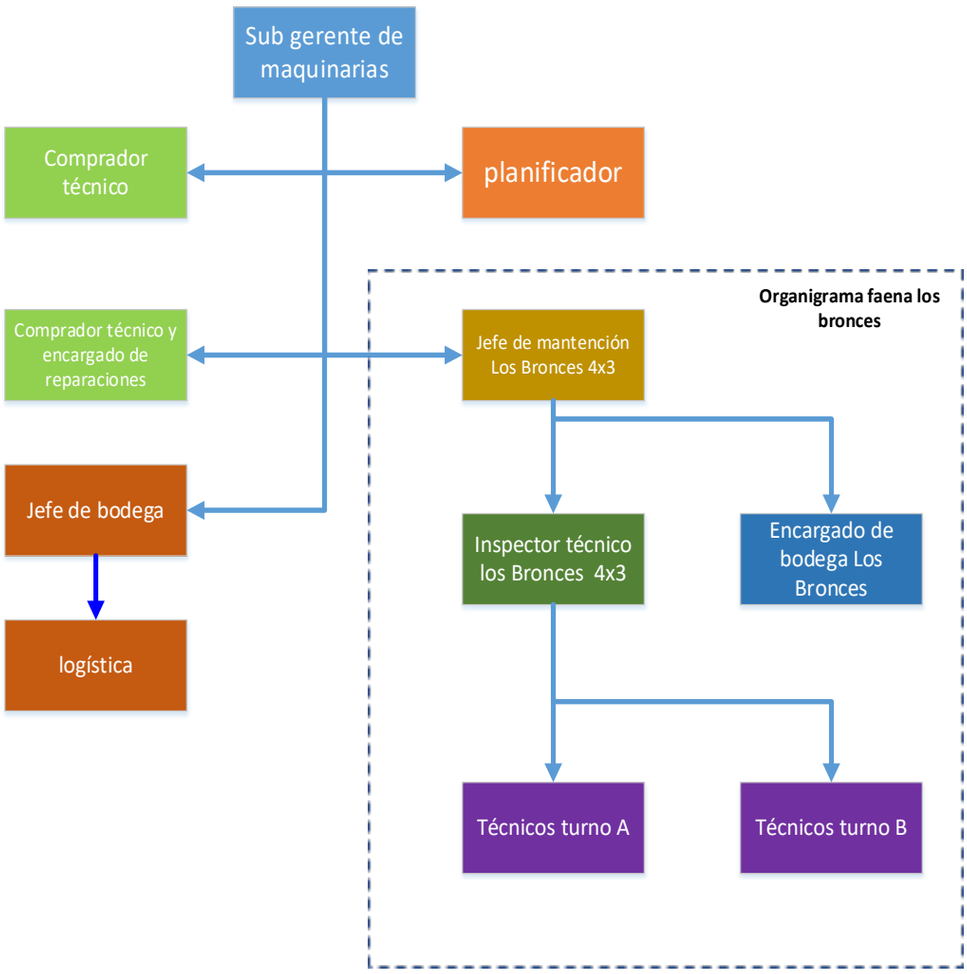
Servicios mineros Tricomin, en su contrato los bronces prestan servicios de perforación de precorte estando directamente relacionado con la gerencia mina, específicamente con subgerencia de Perforación Y Tronadura. Dentro de sus activos para la faena los Bronces, cuenta con 4 máquinas de perforación modelo Roc l8 (30) de la empresa Atlas Copco y una maquina modelo D75ks de la empresa Sandvik.

El sistema de trabajo es de 24 / 7, conformado por 4 turnos que desempeñan jornadas laborales de 12 horas por siete días y noches ininterrumpidos. Los grupos se constituyen de operadores y mantenedores. Además de estos 4 grupos se añade el grupo de administrativos que trabaja en una jornada H, de lunes a viernes desde las 8:00 hasta las 17:00.

Las mallas de perforación las otorga la subgerencia de PT y Tricomin debe realizar los pozos a la profundidad indicada y la disposición requerida para poder realizar la tronadura necesaria para poder continuar con el proceso minero.

1.3.1 Organigrama Servicios Mineros Tricomin SA. Los bronces

En el siguiente organigrama figura 1-10 se puede ver la jerarquía organizacional de Tricomin, distribuida entre oficina central, bodega y faena Los Bronces.



Fuente, Servicios Mineros Tricomin.

Figura 1-10, Organigrama Tricomin los bronces.

1.3.2 KPI actual de flota de pre-corte.

En la siguiente tabla 1-1, se puede ver la información recopilada teniendo en cuenta el Budget y la disponibilidad real lograda en los años 2015, 2016 y 2017. Se puede observar el incumplimiento de estos Budget

Tabla 1-1, disponibilidad actual de flota.

PRECORTE TRICOMIN	Promedio 2015	Promedio 2016	Promedio 2017	Promedio
Disponibilidad Plan de precorte	80,00%	78,30%	81,84%	80,05%
Disponibilidad real de precorte	73,30%	75,00%	77,02%	75,11%
MTTR precorte	10,60	5,21	5,31	7,04
MTBF precorte	12,90	19,28	21,07	17,75

Fuente, Servicios Mineros Tricomin.

1.3.3 Problemática

Es suponible que las perforadoras de Tricomin deberían estar disponibles para poder lograr las metas propuestas en metros de perforación manteniéndose en una disponibilidad superior al 80,05%

Se puede evidenciar en la tabla 1-1 que no se han logrado cumplir las disponibilidades planeadas por Tricomin con una flota de 4 perforadoras para cubrir de manera correcta las necesidades de precorte del cliente.

Esto se debe a que actualmente la empresa pasa por un mal momento económico estando al borde de la quiebra, sumado al deficiente plan de mantenimiento que se basa en la mantención preventiva que recomienda el fabricante de los equipos. Se trabaja de manera reactiva a las fallas imprevistas, y el departamento de mantenimiento está en plena formación y trabajando con escasos recursos económicos.

Esto pasa la cuenta a manera de imagen empresarial, deja mucho que desear por la baja disponibilidad al momento de disponer de los equipos, sumando que próximamente se licitara el contrato de perforación de precorte, se debe tener un plan de mantenimiento que sea adecuado a la necesidad de los equipos, teniendo en cuenta que no todas la maquinas se comportan de la misma manera.

Si bien los tiempos medios de reparación es baja, el tiempo medio entre falla es menor a un día, no superando las 24 horas en ninguno de los 3 años. Es por esto que se vuelve necesario un plan de mantenimiento que se enfoque en la confiabilidad de los equipos.

1.3.3.1 Perdidas por indisponibilidad

Dentro del contrato de precorte se pactó un pago por metro perforado, el cual asciende a $22,00 US dólar, por lo tanto, se puede calcular la indisponibilidad, teniendo en cuenta un promedio de velocidad de perforación en roca blanda, media dura y dura. Los valores se pueden observar en la siguiente tabla 1-2.

Siendo un promedio de velocidad de perforación de 30,8 metros por hora, a un valor de $22,00 US dólar, nos da un valor promedio de perdida por hora detenido de $676,63 US dólar, es por esta razón que es importantísimo la confiabilidad de los equipos Roc l8 (30), porque, si no se perfora, no se tienen ganancias, y se pierde la reputación frente al cliente.

Tabla 1-2, perdidas por indisponibilidad.

EQUIPOS :	METROS PERFORADOS		VELOCIDAD EFECTIVA (m/hr)	VALOR METRO PERFORADO	PERDIDA POR HORA DE INDISPONIBILIDAD
	Perforación diaria promedio	promedio a la fecha	Mes a la Fecha	US DOLLAR	
	Budget	Budget			
ROC15	200	4.009	23,0		
ROC21	200	4.009	29,2		
ROC19	200	4.009	25,7		
ROC18	200	4.009	33,8		
ROC43	200	4.009	29,6		
ROC44	200	4.009	43,2		
Totales Contrato	1.203	24.054	30,8	$22,00	**676,6377385**

Fuente, Servicios Mineros Tricomin¡, operaciones

1.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD A SISTEMAS DE ROC L8 (30)

Para poder identificar el sistema del equipo con mayor criticidad, ya que servicios mineros Tricomin no cuenta con registro de fallas detalladas para poder generar graficas minuciosas de repetividad o criticidad de fallas, por lo tanto, se pretende jerarquizarlos, utilizando el método de matriz cualitativa de riesgo, en el cual básicamente se evalúa el riesgo de ciertos factores y genera un modelo de factores ponderados. Se utiliza el valor del producto de dos ítems, que son Frecuencia de Falla (FF) por consecuencia (C).

$$CRITICIDAD = FF \times C \qquad \text{(Ec. 1.1)}$$

La consecuencia se conforma a través de los factores: Impacto Operacional (IO), Flexibilidad Operacional (FO), Costo de mantenimiento (CM) e impacto en Salud – higiene – medio ambiente (SHA). Estos factores se pueden resumir en la siguiente ecuación:

$$CRITICIDAD = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA) \qquad \text{(Ec. 1.2)}$$

Obteniendo estos resultados se disponen en la matriz, conociendo los elementos críticos para poder tomar decisiones y acciones planificando las mejoras. Pudiendo atacar de manera más eficaz al problema.

1.4.1 Subdivisión se sistemas Roc l8 (30)

El equipo Roc l8 (30), se podría dividir en sistemas independientes que trabajan en conjunto para poder realizar la perforación de la roca, a continuación, se desglosan para poder ser identificada su criticidad en la tabla 1-3 que ira con una identificación a modo de abreviarla para ser identificada más fácil dentro de la matriz.

Tabla 1-3, subdivisión de sistemas Roc L8 (30)

IDENTIFICADOR	SISTEMAS
A	CHASIS
B	COMPRESOR Y SISTEMA DE AIRE
C	MOTOR DIESEL
D	SISTEMA COLECTOR DE POLVO
E	SISTEMA CONTRA INCENDIO
F	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
G	SISTEMA DE LUBRICACIÓN
H	SISTEMA DE PERFORACION
I	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO
J	SISTEMA ELECTRICO Y CONTROL
K	SISTEMA GUIA DE BARRAS
L	SISTEMA HIDRAULICO
M	SISTEMA RHS
N	UNIDAD DE ROTACION

Fuente: Elaboración propia desglosando sistemas desde manual de partes del equipo.

1.4.2 Modelo de matriz cualitativa de riesgo

Para la utilización de este modelo será necesario aplicar las ecuaciones 1.1 y 1.2 anteriormente mencionadas, cuyos valores fueron ponderados según valores que se maneja en la compañía minera Los Bronces, tomando en consideración la opinión de mantenedores y personal de operaciones de Servicios Mineros Tricomin.

$$CRITICIDAD = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA) \qquad \text{(Ec. 1.2)}$$

La ecuación se define de la siguiente manera:

C: Consecuencias de los eventos de falla
FF: Factor de frecuencia de falla
IO: Impacto operacional
FO: Impacto por flexibilidad operacional en la producción
CM: Impacto en costos de mantenimiento
SHA: Impacto en Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

El desglose de los factores utilizados para las ecuaciones 1.1 y 1.2 se muestran a continuación en Tabla 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, según los parámetros obtenidos de la empresa

Tabla 1-4, Factor de frecuencia de falla

FACTOR	CRITICIDAD	FRECUENCIA DE FALLA
4	Alta	Mas de 5 fallas al año
3	Promedio	Entre 2 y 4 fallas al año
2	Baja	Entre 1 y 2 fallas al año
1	Excelente	Menos de 1 falla al año

Fuente, apuntes de ramo gestión de la mantención, Carlos Baldi

Tabla 1-5, Factor de impacto operacional

FACTOR	IMPACTO OPERACIONAL
5	Parada inmediata de toda la línea de producción
4	Parada inmediata de un sector de la línea de producción
3	Impacta los niveles de Producción o calidad
2	Repercute en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo
1	No genera ningún efecto significativo sobre la producción, las operaciones o la calidad

Fuente, apuntes de ramo gestión de la mantención, Carlos Baldi

Tabla 1-6, Factor de flexibilidad operacional

FACTOR	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL
4	No existe opción de producción o respaldo
2	Existe opción de respaldo compartido
1	Existe opción de respaldo

Fuente, apuntes de ramo gestión de la mantención, Carlos Baldi

Tabla 1-7, costos del mantenimiento

FACTOR	COSTOS DEL MANTENIMIENTO
1	De $ 0 a $ 3.000.000 de pesos
3	De $ 3.000.001 a $ 10.000.000 de pesos
5	De $ 10.000.001 a $ 20.000.000 de pesos
10	Sobre $ 20.000.001 de pesos

Fuente, apuntes de ramo gestión de la mantención, Carlos Baldi

Tabla 1-8, Factor de impacto a la seguridad, higiene y medio ambiente.

FACTOR	IMPACTO A LA SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE
20	Afecta a la seguridad humana interna o externa de la planta
10	Afecta al medioambiente produciendo daños severos
6	Afecta a las instalaciones produciendo daños severos
4	Provoca accidentes menores al personal interno
2	Produce un efecto ambiental pero no infringe las normas
1	No provoca ningún daño a las personas o medioambiente

Fuente, apuntes de ramo gestión de la mantención, Carlos Baldi

Luego de estar definidos los parámetros a utilizar y la ponderación, se procede a evaluar cada sistema introduciéndolos en la siguiente tabla jerarquizándolos en tres grupos:

NC: No Críticos

SC: Semi Críticos

C: Críticos

Tabla 1-9, Resumen de ponderaciones jerarquización sistemas

Ident.	SISTEMAS	FF	IO	FO	CM	SHA	C	TOTAL	Jerarquización
A	CHASIS	1	5	2	3	4	17	17	NO CRITICO
B	COMPRESOR Y SISTEMA DE AIRE	2	5	2	3	4	17	34	NO CRITICO
C	MOTOR DIESEL	1	5	4	5	2	27	27	NO CRITICO
D	SISTEMA COLECTOR DE POLVO	3	1	1	1	4	6	18	SEMI CRITICO
E	SISTEMA CONTRA INCENDIO	1	2	2	1	1	6	6	NO CRITICO
F	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	3	2	1	1	1	4	12	SEMI CRITICO
G	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	2	2	2	1	2	7	14	NO CRITICO
H	SISTEMA DE PERFORACION	3	5	2	3	2	15	45	SEMI CRITICO
I	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	1	5	4	3	6	29	29	NO CRITICO
J	SISTEMA ELECTRICO Y CONTROL	2	5	2	3	1	14	28	NO CRITICO
K	SISTEMA GUIA DE BARRAS	4	4	2	1	4	13	52	SEMI CRITICO
L	SISTEMA HIDRAULICO	4	5	2	3	10	23	92	CRITICO
M	SISTEMA RHS	4	5	4	3	2	25	100	CRITICO
N	UNIDAD DE ROTACION	4	5	4	3	2	25	100	CRITICO

Fuente, Servicios Mineros Tricomin.

Tabla 1-10, matriz cualitativa de riesgo resultante jerarquización de sistemas

MATRIZ CUALITATIVA DE RIESGO

FRECUENCIA	0 al 10	11 al 20	21 al 30	31 al 40	41 al 50
4		K	L - M – N		
3	D - F	H			
2	G	B - J			
1	E	A	C – I		

CONSECUENCIA

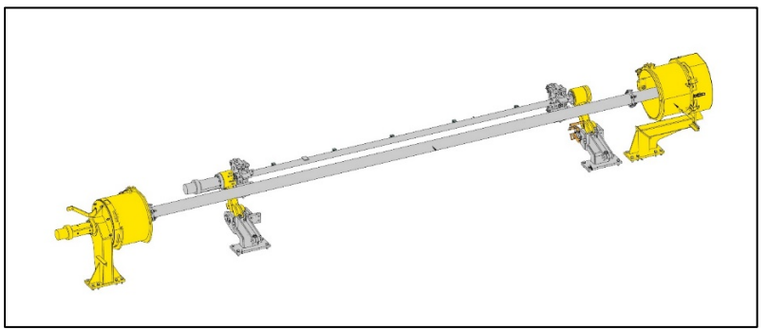
Fuente, Servicios Mineros Tricomin.

1.4.3 Fundamento de selección de sistema critico

Al momento de llevar las ponderaciones a la matriz cualitativa de riesgo, se puede observar de manera más grafica que los sistemas L (SISTEMA HIDRAULICO), M (SISTEMA RHS), N (UNIDAD DE ROTACION) quedan ubicados en la sección de sistemas críticos marcadas con el color rojo. De los 3 sistemas, se elegirá el de mayor ponderación, quedando seleccionado el M y N con ponderación 100, descartando el L por ser de ponderación 92.

Eligiendo entre los 2 restantes, se decide por el M al tener involucrados mayores movimientos y pasos a seguir en su algoritmo de funciones y poder desarrollar este trabajo con un desglose mayor de subsistemas involucrados en su diseño.

Por lo tanto, con la anterior justificación el sistema elegido para este trabajo es llamado RHS por sus siglas de Rod Handling Stånghantering (figura 1-10), para el cual se propondrá un plan de mantenimiento.



Fuente: Roc l8 (30) spare parts catalogue.

Figura 1-11, Sistema con elegido con mayor criticidad, Rod Handling Stånghantering

CAPITULO II: SISTEMA SELECCIONADO, DESCRIPCION DE FUNCIONES, FALLAS Y CRITICIDAD

2. SISTEMA CRITICO SELECCIONADO Y DESCRIPCION DE FUNCIONES Y FALLAS

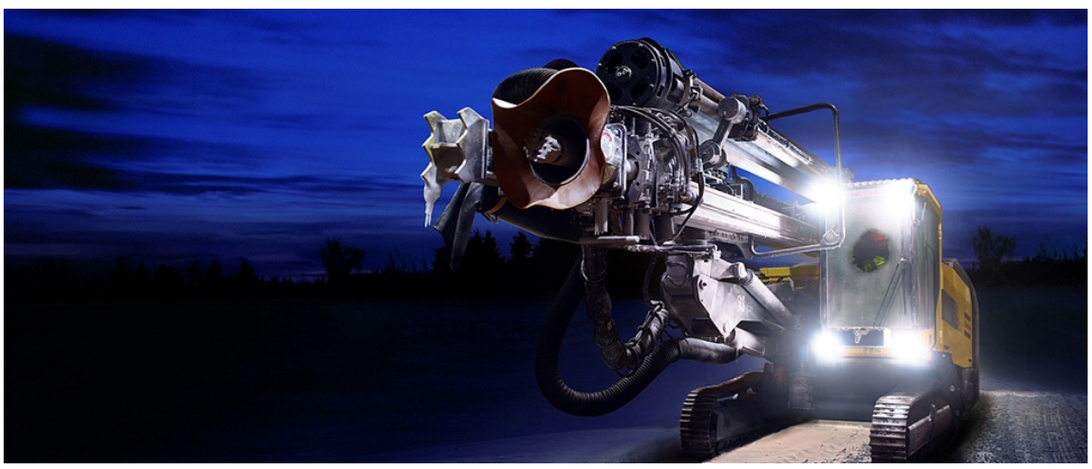
2.1 DESCRIPCION DE EQUIPO ROC L8 (30)

Este equipo de perforación ha sido concebido fundamentalmente para la perforación mediante explosivos de por ejemplo canteras y minas a cielo abierto.

El equipo perforador es de tipo 100% hidráulico propulsado por Diesel el cual genera además el movimiento del sistema de aire comprimido y eléctrico.

Cuenta con bastidores con oruga para su traslado, controlados desde la cabina ubicada al lado izquierdo de la máquina.

El equipo viene diseñado con un sistema de seguridad para las personas y el equipo que controla las emisiones de polvo generadas por la perforación de la roca. En la figura siguiente se puede observar el equipo de manera de propaganda de la empresa Sueca Atlas Copco.



Fuente: Roc l8 (30) spare parts catalogue.

Figura 2-1, perforadora de roca, Roc L8 (30)

2.2 FUNCIONES DEL RHS (ROD HANDLING STÅNGHANTERING)

En primera instancia se deben describir las funciones mencionando los estándares de funcionamiento, su contexto operacional dando hincapié a sus distintos tipos de funciones y se realizara una lista de estas.

Para este fin se utilizará las siete preguntas que formula el proceso de RCM II Mantenimiento centrado en la confiabilidad de John Moubray, aplicándolo al subsistema RHS (Rod Handling Stånghantering) o manipulador de barras.

Las preguntas son las siguientes:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al subsistema en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

2.1.1 Análisis funcional SIPOC

Para lograr un análisis funcional se utilizará una herramienta llamada análisis SIPOC que es un acrónimo de las palabras en inglés que se relacionan de la siguiente manera:

- Supplier (proveedor)
- Input (entrada)
- Process (proceso)
- Output (salida)
- Customer (cliente)

De esta manera se tendrá una visión a grandes rasgos de la función que cumple el RHS dentro de la perforadora. Lo anterior mencionado se puede observar en la siguiente tabla 2-1.

En SIPOC se analiza funcionalmente el RHS, se realiza una síntesis del proceso total de manipulación de las barras de perforación.

En la zona proveedor se mencionan las variables previas necesarias para el proceso. Las entradas descritas son básicamente el recurso de H/H y las herramientas involucradas.

El proceso se inicia con tomar una barra desde el carrusel con las mordazas y llevarlas a la zona de perforación. La salida será la barra en posición enroscada entre unidad de rotación y martillo para lograr la profundidad deseada de los tiros de voladura

El cliente en este análisis será el sistema de perforación, que involucra la unidad de rotación y los aceros de perforación. Para rematar las mallas diseñadas de voladura de roca.

Tabla 2-1, SIPOC análisis funcional RHS

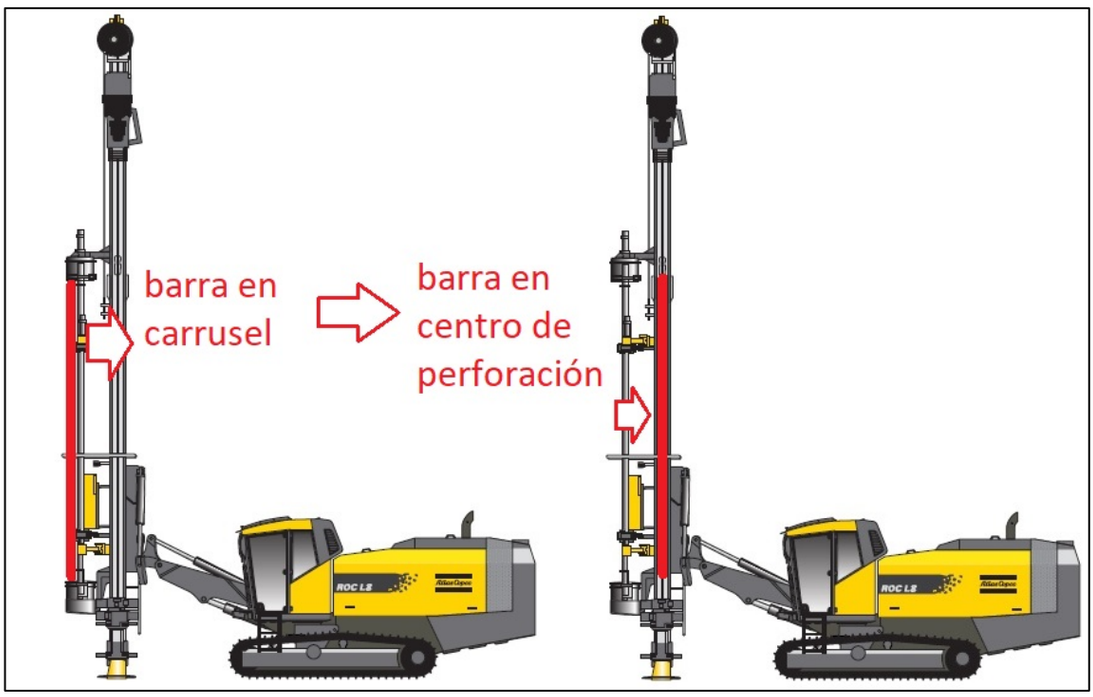
Análisis funcional (SIPOC)	
SUPPLIER (Proveedor)	Control eléctrico
	Fuerza hidráulica
	Lubricación de piezas móviles
	Atlas Copco ventas de repuestos
	Operario de perforadora
	Ventas Mincon
INPUT (Entrada)	Aceros de perforación diámetro cantidad
PROCESS (Proceso)	Posicionamiento de barras desde carrusel
	Posicionar manipular en barra y agarrarla
	Llevar manipulador a centro de perforación
	Soltar barra ya enroscada y volver el manipulador a carrusel
OUTPUT (Salida)	Barra en posición de perforación entre unidad de rotación y martillo de perforación enroscada.
CUSTOMER (Cliente)	Unidad de Rotación
	Sistema de perforación
	Sistema de guía de barras

Fuente: Propio análisis funcional de RHS.

2.1.2 Definición de funciones.

Con la definición de funciones se pretende responder a la primera pregunta del proceso RCM, ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al subcomponente en su actual contexto operacional?

A continuación, se dispone de un algoritmo de funcionamiento estándar del subsistema critico RHS teniendo en cuenta que la función principal es de alimentar de barras al subsistema de perforación para lograr la profundidad deseada del tiro de voladura como se muestra en la figura 2-2.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2-2, Alimentación de barra a centro de perforación.

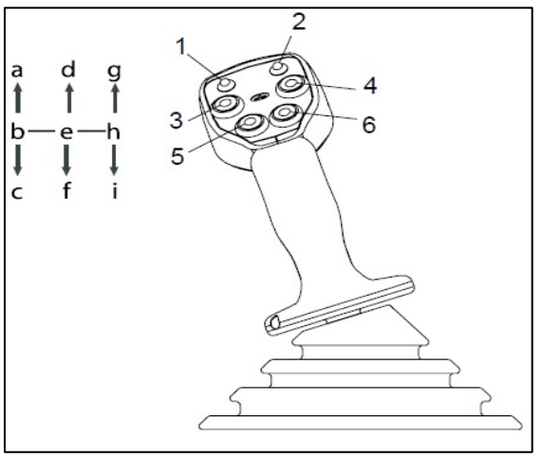
2.1.2.1 Proceso de empalme de tubos de perforación

Se detalla una secuencia en la que está involucrado el sistema RHS dentro del proceso de perforación del equipo, este proceso se llama empalme de tubos de perforación. Cabe mencionar el proceso completo en el cual se involucra el RHS y se menciona en los puntos 11, 12, 13, 14 y 15.

1. Perfore hasta que la unidad de rotación tope en punto inferior de la viga. El empalme entre tubos de perforación y el adaptador de la unidad de rotación se situará entre las dos mordazas de apriete.
2. Apagar la percusión, el avance de perforación y la rotación.
3. Cierre las mordazas de apriete de la mesa de quiebre aplicando los interruptores S259 y S260, posición (a).
4. Alterne la función de la palanca de perforación a empalme / avance rápido. Palanca de perforación, botón (3). La lampara indicadora (1) debe estar apagada.
5. Gire las mordazas de apriete de la mesa de quiebre para seccionar la perforadora del tubo utilizando el interruptor S258, posición (a)
6. Abra las mordazas de apriete superior accionando el interruptor S260, posición (c).
7. Gire de nuevo a la derecha la mesa quebrantadora, interruptor S258 posición (c).

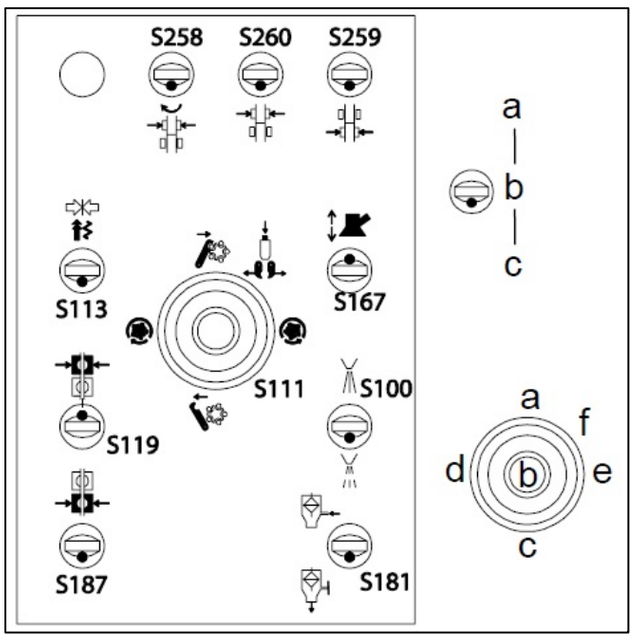
8. Desactive las posiciones de captación de los topes de avance rápido para que la perforadora se detenga encima del cartucho. Interruptor S113, posición (c).
9. Desenrosque la unidad de rotación del tubo. Palanca de perforación, posición (a).
10. Suba la unidad de rotación hasta que se detenga automáticamente sobre el cargador de tubos. Palanca de perforación, posición (f).
11. Sitúe un nuevo tubo en el centro de perforación. Palanca S111, posición (a).
12. Si no existe un tubo nuevo en las mordazas del tubo:
    a. Despliegue los brazos de manejo de barras al centro de la perforación. Palanca S111, posición (c).
    b. Rote el cartucho de tubos hasta que haya un tubo en posición de recogida palanca S111, posición (d) o (e).
    c. Introduzca los brazos de manejo de barras en el cartucho. Palanca S111, posición (a).
    d. Agarre un tubo del cartucho con ayuda de las mordazas del tubo. Palanca S111, contacto superior (b) y posición (f).
    e. Seguidamente, inserte el nuevo tubo en el centro de perforación. Palanca S111, posición (c).
13. Situé las mordazas de tubo en la posición guía para que la fuerza de agarre permita la rotación del tubo en las mordazas. Palanca S111, posición (f).
14. Enrosque la perforadora con el nuevo tubo y a continuación, atornille el nuevo tubo al que este situado en la porta barrenas. Palanca de perforación, posición (h).
15. Abra las mordazas de barra y devuélvelas al cartucho. Palanca S111, posición (a), al tiempo que se mantiene pulsado el botón superior (b).

Se describen las palancas e interruptores en las siguientes Figuras 2-3 y 2-4 respectivamente.



Fuente: Atlas Copco, instrucciones de funcionamiento Roc l8 (30)

Figura 2-3, Palanca de perforación



Fuente: Atlas Copco, instrucciones de funcionamiento Roc l8 (30)

Figura 2-4, Panel de manejo de barras.

2.1.3 Análisis funcional de sistema critico rhs.

A continuación de describe un análisis de funciones del sistema escogido RHS. Se analizan los movimientos predeterminados según el plano electrohidráulico del sistema y se contraponen con las dimensiones y diseño del equipo según fabricante.

1. Rotación de carrusel en ambas direcciones, sosteniendo stock de hasta 8 barras.
2. Abertura y cierre de puertas de carrusel, arriba y abajo. Evitando caída de barras en giro de carrusel.
3. Movimiento de brazos de transferencia de barras, arriba y abajo. Desde carrusel hacia centro de perforación.
4. Movimiento de medio giro en punto medio de trasferencia, entre 2 y 10 segundos.
5. Abrir y cerrar mordazas de barra en presión reducida 10 BAR sosteniendo barras durante enrosque.
6. Abrir y cerrar mordazas de barra en presión alta 200 bar sosteniendo barras durante movimiento de trasferencia.

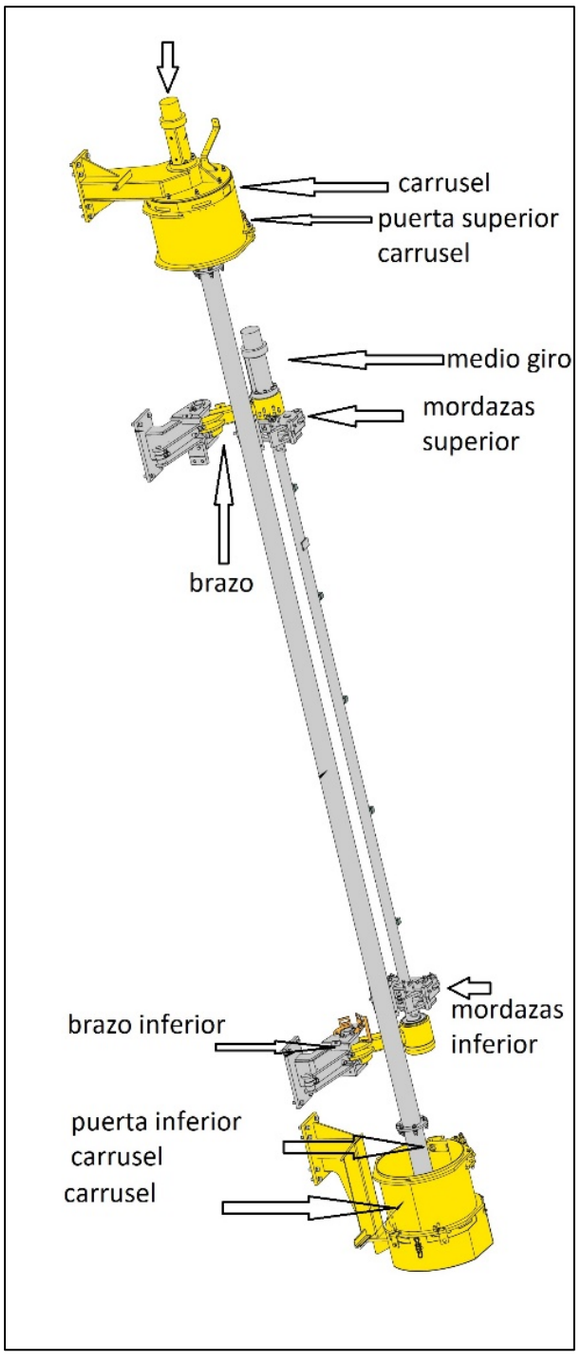
2.1.4 Fallas funcionales, modos de fallas, efectos y consecuencias

Con la identificación de las fallas funcionales se pretende dar respuesta a la segunda pregunta del proceso RCM, ¿de qué manera falla en satisfacer dichas funciones? Al momento de aclarar los modos de fallos y sus efectos, se logra dar

respuesta a la tercera pregunta mencionada, ¿cuál es la causa de cada falla funcional?

La cuarta pregunta ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?, se podrá responder identificando consecuencias.

Para lograr resumir y unificar todas estas respuestas se utilizará la herramienta del FMECA por sus siglas en inglés (Failure Mode and Effects and Criticality Analisys), que en español se entiende como AMFEC (Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad). Este análisis de genera en la tabla 2-2. A continuación de se identifican los componentes mencionados en la tabla 2-2, con la figura 2-5.



Fuente: Elaboración propia, basándose en manual de partes del equipo

Figura 2-5, Sistema RHS

Tabla 2-2, FMECA sistema critico RHS.

FUNCIONES	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA
1.- Rotación de carrusel en ambas direcciones, sosteniendo stock hasta de 8 barras	A	Carrusel no gira a la derecha	1A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y303A	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			1A2	Se obstruye spool de electroválvula Y303A	Se observa movimiento lento que se genera de manera inmediata, no gradualmente en un lapso
			1A3	Se quema bobina de electroválvula Y303A	Led indicador encendido permanente cuando equipo esta energizado y sin estar accionando el movimiento
			1A4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y303A	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite por bordes de spool
			1A5	Motor con traspaso de fluido	Se nota movimiento lento del motor, o por el peso de las barras no gira simplemente, comienza síntoma gradualmente en el tiempo
			1A6	Motor trabado mecánicamente	Se escucha sonido de impacto metálico en la zona de engrane de motor hidráulico
			1A7	Eje de carrusel trabado mecánicamente	Se escucha sonido de impacto metálico en la zona del eje de motor
			1A8	Eje de motor quebrado	Se escucha que motor gira, pero no se realiza movimiento. Sonido de roce entre metales en zona del eje
	B	Carrusel no gira a la izquierda	1B1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y303B	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			1B2	Se obstruye spool de electroválvula Y303B	Se observa movimiento lento que se genera de manera inmediata, no gradualmente en un lapso
			1B3	Se quema bobina de electroválvula Y303B	Led indicador encendido permanente cuando equipo esta energizado y sin estar accionando el movimiento
			1B4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y303B	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite por bordes de spool

Fuente: propia aplicando método RCM.

Tabla 2-2. FMECA sistema critico RHS (continuación).

FUNCIONES	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA
1.- Rotación de carrusel en ambas direcciones, sosteniendo stock hasta de 8 barras	B	Carrusel no gira a la izquierda	1B5	Motor con traspaso de fluido	Se nota movimiento lento del motor, o por el peso de las barras no gira simplemente, comienza síntoma gradualmente en el tiempo
			1B6	Motor trabado mecánicamente	Se escucha sonido de impacto metálico en la zona de engrane de motor hidráulico
			1B7	Eje de carrusel trabado mecánicamente	Se escucha sonido de impacto metálico en la zona del eje de motor
			1B8	Eje de motor quebrado	Se escucha que motor gira, pero no se realiza movimiento. Sonido de roce entre metales en zona del eje
1.- Rotación de carrusel en ambas direcciones, sosteniendo stock hasta de 8 barras	C	Carrusel no se detiene en la posición deseada para extracción de barra	1C1	Sensores B182 y B183 fuera de posición o rotos	No enciende led al paso de placa de sensado, sensor desplazado de su posición de sensado regulada., se nota impacto por roca
			1C2	Pletinas de marcación de sensores fuera de rango	Pletinas no provocan excitación de sensores, no enciende led de sensor al pasar por la zona de excitación. No se refleja cambio de estado en pantalla RCS, más de 8mm de distancia
			1C3	Suciedad excesiva entre sensor y pletina	Pletinas no provocan excitación de sensores, no enciende led de sensor al pasar por la zona de excitación.
	D	Movimiento de rotación demasiado Lenta	1D1	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Carrusel se gira a una velocidad demasiado lenta, mayor a 3 segundos
			1D2	Exceso de material entre base de carrusel	Se mueve con problemas el giro, se desborda detritus acumulado endurecido con aceite lubricación de martillo.
2.- Apertura y cierre de puertas de carrusel, arriba y abajo, evitando caídas de barras en giro de carrusel	A	Puertas no abren ni cierran	2A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y310	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			2A2	Se obstruye spool de electroválvula Y310	Se observa movimiento lento que se genera de manera inmediata, no gradualmente en un lapso
			2A3	Se quema bobina de electroválvula Y310	Led indicador encendido permanente cuando equipo esta energizado y sin estar accionando el movimiento

Fuente: Elaboración propia aplicando método RCM.

Tabla 2-2. FMECA sistema critico RHS (continuación).

FUNCIONES	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA
2.- Apertura y cierre de puertas de carrusel, arriba y abajo, evitando caídas de barras en giro de carrusel	A	Puertas no abren ni cierran	2A4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y310	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite en base de spool
			2A5	Cilindros con niples sueltos	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite en zona de niple
			2A6	Cilindros con traspaso de fluido	Movimiento lento, al poner carga se mueve involuntariamente.
	B	Puertas sueltas en su eje de giro	2B1	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Se mueve puerta, pero realiza movimiento no deseado. Sin pasador o pasador suelto
	C	Movimiento de puertas demasiado lento más de 3 segundos	2C1	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Filtración en sistema hidráulico y líneas rotas, baja presión de bombas.
3.- Movimiento de brazos de transferencia de barras, arriba y abajo. Desde carrusel hacia centro de perforación.	A	Brazos no giran hacia centro perforación	3A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y301B	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			3A2	Se obstruye spool de electroválvula Y301B	Se observa movimiento lento que se genera de manera inmediata, no gradualmente en un lapso
			3A3	Se quema bobina de electroválvula Y301B	Led indicador encendido permanente cuando equipo esta energizado y sin estar accionando el movimiento
			3A4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y301B	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite en base de spool
			3A5	Cilindros fuera de posición	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos.
	B	Brazos no giran hacia carrusel	3B1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y301A	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			3B2	Se obstruye spool de electroválvula Y303A	Se observa movimiento lento que se genera de manera inmediata, no gradualmente en un lapso

Fuente: Elaboración propia aplicando método RCM.

Tabla 2-2. FMECA sistema critico RHS (continuación).

FUNCIONES	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA
3.- Movimiento de brazos de transferencia de barras, arriba y abajo. Desde carrusel hacia centro de perforación.	B	Brazos no giran hacia carrusel	3B3	Se quema bobina de electroválvula Y303A	Led indicador encendido permanente cuando equipo esta energizado y sin estar accionando el movimiento
			3B4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y303A	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite en base de spool
			3B5	Cilindros fuera de posición	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos.
	C	Brazos giran de manera cruzada	3C1	Traspaso de aceite en interior cilindros	Movimiento lento, al poner carga se mueve involuntariamente.
			3C2	Expanding shaft fuera de posición	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos.
	D	Brazos no centran la barra en posición deseada de acople	3D1	Topes de regulación fuera de posición o dañados	Se observa desalineamiento en barra respecto a unidad de rotación.
			3D2	Cilindros fuera de posición	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos. Se cruza chasis de brazos.
			3D3	Cilindros con traspaso interior de fluido	Movimiento lento, al poner carga se mueve involuntariamente.
			3D4	Sensor B120 fuera de posición o dañado	No enciende led al paso de placa de sensado, sensor desplazado de su posición de sensado regulada.
			3D5	Bujes desgastados	Se genera un movimiento no deseado del chasis de los brazos o de los brazos, de nota espaciamiento
	E	Movimiento de brazos lento	3 E1	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Movimiento de brazos velocidad demasiado lenta, mayor a 3 segundos, fugas en sistema hidráulico y líneas rotas o baja presión de bombas.
			3 E2	Agripamiento de ejes por falta de bujes	Se genera un movimiento no deseado o se traban los brazos o el chasis de estos.

Fuente: Elaboración propia aplicando método RCM.

Tabla 2-2. FMECA sistema critico RHS (continuación).

FUNCIONES	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA
4.- Movimiento de medio giro en punto medio de trasferencia, entre 3 y 10 segundos (según programación)	A	Medio giro no se realiza	4A1	Sensor B119 fuera de posición o dañado	No enciende led al paso de placa de sensado, sensor desplazado de su posición de sensado regulada. Mas de 8 mm
			4A2	Motor de medio giro con traspaso de fluido	Se nota movimiento lento del motor, o por el peso de las barras no gira simplemente
			4A3	Motor medio giro trabado mecánicamente	Se escucha sonido de impacto metálico en la zona de engrane de motor hidráulico
			4A4	Eje de motor medio giro quebrado	Se escucha que motor gira Sonido de roce entre metales en zona del eje, líneas se mueven por el flujo hidráulico.
			4A5	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y311A-Y311B	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			4A6	Se obstruye spool de electroválvula Y311A-Y311B	Se observa movimiento lento que se genera de manera inmediata, no gradualmente en un lapso
			4A7	Se quema bobina de electroválvula Y311A-Y311B	Led indicador encendido permanente cuando equipo esta energizado y sin estar accionando el movimiento
			4A8	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y311A-Y311B	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite en base de spool
	B	Movimiento demasiado lento	4B1	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Se gira a una velocidad demasiado lenta, mayor a 10 segundos, fugas en sistema hidráulico y líneas rotas, baja presión de bombas.
			4B2	Bujes agripados o gastados en eje de mordazas	Problemas en la mecánica del movimiento, falta lubricación o desgaste excesivo de bujes.
	C	Medio giro desplazado	4C1	Desplazamiento en engrane de motor de medio giro	No centra la barra en la posición deseada. Posición queda desplazada.
			4C2	Pernos de sujeción de medio giro sueltos	Se genera un movimiento no deseado en el chasis y motor con movimientos en su acople.
			4C3	Eje torcido de mordazas	Se observa que barra se traslada de forma cruzada o dispareja.

Fuente: Elaboración propia aplicando método RCM.

Tabla 2-2. FMECA sistema critico RHS (continuación).

FUNCIONES	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA
5.- Abrir y cerrar mordazas de barra en presión reducida 10 bar sosteniendo barras durante enrosque.	A	Mordazas no abren ni cierran	5A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y300	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			5A2	Se obstruye spool de electroválvula Y300	Se observa movimiento lento que se genera de manera inmediata, no gradualmente en un lapso
			5A3	Se quema bobina de electroválvula Y300	Led indicador encendido permanente cuando equipo esta energizado y sin estar accionando el movimiento
			5A4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y300	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite en base de spool
			5A5	Cilindros fuera de posición	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos. Suelta barra
			5A6	Cilindros con traspaso interior de fluido	Movimiento lento, al poner carga se mueve involuntariamente. Suelta barra, puede que se genere baipás hidráulico en cilindros pares, no generando movimiento
			5A7	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos, suelta barra
	B	Mordazas no liberan lo necesario para empalme de barra	5B1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y306	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			5B2	Se obstruye spool de electroválvula Y306	No se genera apriete deseado, movimiento lento de liberación de barra
			5B3	Se quema bobina de electroválvula Y306	No se genera apriete deseado, barra no mueve, led encendido permanente cuando equipo esta energizado
			5B4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y306	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite

Fuente: Elaboración propia aplicando método RCM.

Tabla 2-2. FMECA sistema critico RHS (continuación).

FUNCIONES	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA
6.- Abrir y cerrar mordazas de barra en presión 200 bar sosteniendo barras durante movimiento de trasferencia	A	Mordazas no abren ni cierran	6A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y300	Led indicador del conector enciende con intermitencia, se puede observar impacto por roca en caja A 40
			6A2	Se obstruye spool de electroválvula Y300	No se genera apriete deseado, barra se cae o movimiento lento de liberación de barra
			6A3	Se quema bobina de electroválvula Y300	No se genera apriete deseado, barra se cae, led encendido permanente cuando equipo esta energizado
			6A4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y300	Filtración de aceite hidráulico, manchas de aceite en base de spool
			6A5	Cilindros fuera de posición	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos. Se suelta barra
			6A6	Cilindros con traspaso interior de fluido	Movimiento lento, al poner carga se mueve involuntariamente. Suelta barra, puede que se genere baipás hidráulico en cilindros pares, no generando movimiento
			6A7	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos, suelta barra
			6A8	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Se realiza movimiento no deseado pasadores sueltos o fuera de posición
	B	Mordazas no retienen barra en transferencia de barra	6B1	Desgaste en pletinas de mordazas	Barra no se sostiene correctamente y tienden a caer, se observa curva excesiva en pletinas
			6B2	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Movimiento mordazas débil, fugas en sistema hidráulico y líneas rotas, baja presión de bomba, caída de barra

Fuente: Elaboración propia aplicando método RCM.

2.2 SUBSISTEMAS DE COMPONENTE CRITICO RHS

A continuación, se describen los subsistemas de RHS y sus componentes activos. Estas variables son trascendentales para el siguiente paso del proceso RCM que será la jerarquización de modos de fallo del siguiente capítulo, agregándole valores para poder medirlos y evaluar según diagrama de decisión RCM. Todos los subsistemas involucrados están descritos en la tabla 2-3. Se dejarán como adjuntos los despieces de los componentes mencionados y sus respectivos nombres indicando sus números de parte.

Tabla 2-3, Subsistemas de RHS.

Sistema RHS (rod handling - stanghantering)	
Sistema	Sub-sistema
Brazo superior	Brazo
	Base
	Cilindro hidráulico
	Motor de medio giro
	Portador de chasis
	Ejes expansores
	Pasador de pivoteo
	Engrase
	Perno tope regulable
Brazo inferior	Brazo
	Base
	Cilindro hidráulico
	Portador de chasis
	Ejes expansores
	Pasador de pivoteo
	Perno tope regulable
	Pletina de censado
	Base con sensores B118, B119, B120
	Unidad de giro
	Engrase
Mordazas	Chasis
	Cilindros hidráulicos
	Mandíbulas
	Pletinas
	Topes

Fuente: Elaboración propia en base a manual de partes de perforadora Roc l8 (30)

Tabla 2-3. Subsistemas de RHS, (continuación)

Sistema RHS (rod handling - stanghantering)	
Carrusel parte superior	Eje principal
	Tapa carrusel superior
	Motor de medio giro
	Cilindro superior de puerta
	Puerta superior
	Rueda estrella
	Base con rodamiento superior
	Engrase
Carrusel parte inferior	Protección
	Bracket
	Cilindro hidráulico puerta
	Puerta inferior con sensor B178
	Anillo con espaciadores
	Engrase
	Rueda estrella

Fuente: Elaboración propia en base a manual de partes de perforadora Roc l8 (30)

2.2.1 Jerarquización de modos de fallos.

Al realizar la jerarquización de modos de fallo, se espera dar respuesta a la pregunta número 5 del proceso RCM. *¿En qué sentido es importante cada falla?,* para poder responder esta pregunta se utilizará una herramienta llamada NPR por sus siglas Numero Prioridad de Riesgo, teniendo la información entregada por esta herramienta se identificará cual es el modo de fallo con más relevancia y poder tomar las decisiones correspondientes basándose en RCM.

2.2.2 Designación de NPR

Para designar un Numero Prioridad de Riesgo a los modos de fallo, es necesario utilizar un parámetro, en esta oportunidad en parámetro será obtenido de la norma SAE J1739. Aplicaremos el parámetro de Severidad, Ocurrencia y detectabilidad.

Una vez aplicados los criterios sugeridos por la norma, se obtendrá un valor cuantitativo, el cual dará la oportunidad de jerarquizar los modos de fallo para darle criticidad y poder tomar las decisiones necesarias para cada caso.

A continuación, se definirán los tres parámetros mencionados anteriormente.

Severidad: A continuación, se muestra la tabla 2-4 con los criterios involucrados y cada valor sugerido.

Tabla 2-4, Criterios sugeridos para la evaluación de la severidad, SAE J1739.

Efecto	**Severidad del efecto**	**Ranking**
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta a la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla no se advierte al ocurrir	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta a la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla se advierte al ocurrir	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las perdidas pueden alcanzar el 100% del producto. Equipo inoperable, perdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho	8
Alto	Perturbación menor en la línea productiva. La producción puede tener que ser ordenada y una parte desechada (menor al 100%). Equipo operable, pero con un nivel de calidad reducido. Cliente insatisfecho	7
Moderado	Perturbación Menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%). Puede tener que ser desechada. El equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperables. El cliente experimental insatisfacción.	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. 100% del producto tiene que ser adaptado. Equipo operable, pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción adaptado. Ajustes, terminaciones y sonido en el ítem no están en conformidad. Defecto notado por la mayoría de los clientes.	4
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte puede ser modificada en la línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y chirridos que no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte puede ser modificada en la línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no es están en conformidad. Defecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin Efectos	1

Fuente: norma SAE J1739.

Ocurrencia, a continuación, se muestra la tabla 2-5 con los criterios involucrados y el valor sugerido para evaluar la ocurrencia de la falla, que es la probabilidad de la ocurrencia.

Tabla 2-5, Criterios sugeridos para la evaluación de la Ocurrencia, SAE J1739.

Probabilidad de falla	**Posible tasa de falla**	**Ranking**
Muy alta: la falla es casi inevitable	≥ 1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, representan fallas con frecuencias.	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada: generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos que experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2.000	4
bajas: fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 15.000	3
Muy baja: solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 150.000	2
Remota: la falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos	≤ 1 en 1.500.000	1

Fuente: norma SAE J1739.

Detección: a continuación, se muestra la tabla 2-6 con los criterios involucrados y el valor sugerido para evaluar la detección de la falla.

Tabla 2-6, Criterios sugeridos para la evaluación de la detección, SAE J1739.

Detección	**Criterios: probabilidad de detección de un modo de falla**	**Ranking**
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	7
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi certeros para detectar el modo de falla. Detección confiable	1

Fuente: norma SAE J1739.

2.2.3 Numero prioridad riesgo

Numero de prioridad de riesgo o NPR, se ponderará de la siguiente manera y resulta del múltiplo. **NPR = SEVERIDAD X OCURRENCIA X DETECCION.** Lo anterior se muestra en la siguiente tabla 2-7

Tabla 2-7, Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
5A6	Cilindros con traspaso interior de fluido	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, volumen de producción disminuido, movimiento disminuido o sin fuerza. Se pueden caer barras.	4	9	10	360	Brazos	Mordazas	Sellos interiores
6A6	Cilindros con traspaso interior de fluido	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, volumen de producción disminuido, movimiento disminuido o sin fuerza. Se pueden caer barras.	4	9	10	360	Brazos	Mordazas	Sellos interiores
5A7	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Falla evidente, consecuencia operacional y para la seguridad, se pueden caer las barras impactando personas o equipo.	4	8	9	288	Brazos	Mordazas	Pasadores
6A7	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Falla evidente, consecuencia operacional y para la seguridad, se pueden caer las barras impactando personas o equipo.	4	8	9	288	Brazos	Mordazas	Pasadores

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
3C2	Expanding shaft fuera de posición	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, detención de producción, se cruzan barras en traspaso y se pueden caer.	5	7	8	280	Brazos	Cilindro de traslado	Expanding shaft
2A6	Cilindros con traspaso de fluido	Falla no evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, movimientos lentos de apertura de puerta para cambiar barras.	3	9	10	270	Carrusel	Cilindros puerta	Sellos interiores
4C1	Desplazamiento en engrane de motor de medio giro	Falla no evidente, consecuencia operacional, detención de producción, barra no centra en posición de perforación.	4	8	8	256	Brazos	Motor medio giro	Engrane interior
5A3	Se quema bobina de electroválvula Y300	Falla no evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, detención de producción. No se puede sostener barra.	4	8	8	256	Brazos	Electroválvula Y 300	Bobina
6A3	Se quema bobina de electroválvula Y300	Falla no evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, detención de producción. No se puede sostener barra.	4	8	8	256	Brazos	Electroválvula Y300	Bobina
5A5	Cilindros fuera de posición	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, no se sostiene barra, se puede caer	4	7	9	252	Brazos	Mordazas	Pasadores
6A5	Cilindros fuera de posición	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, no se sostiene barra, se puede caer	4	7	9	252	Brazos	Mordazas	Cilindro apriete

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
6B1	Desgaste en pletinas de mordazas	Falla no evidente, consecuencia operacional y para la seguridad, se resbalan barras y caen	4	7	9	252	Brazos	Mordazas	Pletinas de mordaza
3D1	Topes de regulación fuera de posición o dañados	Falla evidente, consecuencias operacionales, no se centra barra en centro de perforación se produce desgaste de hilos de barras.	7	5	7	245	Brazos	Chasis de brazos	Pernos de tope
2B1	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Falla evidente, consecuencia operacional y para la seguridad, se pueden caer las barras impactando personas o equipo.	3	8	10	240	Carrusel	Cilindros puerta	Pasadores
4A1	Sensor B119 fuera de posición o dañado	Falla evidente, consecuencia operacional, detención de producción, no se puede llevar barra a posición de perforación o de vuelta a carrusel.	5	6	8	240	Brazos	Chasis de brazos	Sensor B119
4C2	Pernos de sujeción de motor medio giro sueltos	Falla evidente, consecuencia operacional y para la seguridad, se pueden caer pernos M10 desde altura física. Motor no engrana en su eje, perdiendo movimiento.	4	7	8	224	Brazos	Motor medio giro	Pernos M10 Parker
5A2	Se obstruye spool de electroválvula Y300	Falla no evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, volumen de producción disminuido. Caudal hidráulico se ve restringido para movimientos. Se pueden caer barras.	4	8	7	224	Brazos	Electroválvula Y 300	Spool
6A2	Se obstruye spool de electroválvula Y300	Falla no evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, volumen de producción disminuido. Caudal hidráulico se ve restringido para movimientos. Se pueden caer barras.	4	8	7	224	Brazos	Electroválvula Y300	Spool

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
3C1	Traspaso de aceite en interior cilindros	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, movimiento lento de traspaso de barras.	3	9	8	216	Brazos	Cilindro de traslado	Sellos interiores
3D3	Cilindros con traspaso interior de fluido	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, movimiento lento de traspaso de barras.	3	9	8	216	Brazos	Cilindro de traslado	Sellos interiores
1A8	Eje de motor quebrado	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No gira carrusel impidiendo cambio de barras	3	8	8	192	Carrusel	Motor de carrusel	Eje motor
1B8	Eje de motor quebrado	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No gira carrusel impidiendo cambio de barras	3	8	8	192	Carrusel	Motor de carrusel	Eje motor
4C3	Eje torcido de mordazas	Falla evidente, consecuencia operacional, detención de producción pues no se puede llegar correctamente al centro de perforación con barra.	3	8	8	192	Brazos	Chasis de brazos	Mordazas
5A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y300	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, detención de producción. No se alimenta eléctricamente electroválvulas,	4	6	8	192	Brazos	Electroválvula Y 300	Conector
6A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y300	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, detención de producción. No se alimenta eléctricamente electroválvulas.	4	6	8	192	Brazos	Electroválvula Y300	Conector

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
4A2	Motor de medio giro con traspaso de fluido	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, Rotación lenta	3	9	7	189	Brazos	Motor de medio giro	Sellos interiores
1A2	Se obstruye spool de electroválvula Y303A	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido. Caudal hidráulico se ve restringido	3	8	7	168	Carrusel	Electroválvula Y303	Spool lado A
1B2	Se obstruye spool de electroválvula Y303B	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido. Caudal hidráulico se ve restringido	3	8	7	168	Carrusel	Electroválvula Y303	Spool lado B
2A2	Se obstruye spool de electroválvula Y310	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido. Caudal hidráulico se ve restringido	3	8	7	168	Carrusel	Electroválvula Y310	Spool
3A2	Se obstruye spool de electroválvula Y301B	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido. Caudal hidráulico se ve restringido para movimientos.	3	8	7	168	Brazos	Electroválvula Y301	Spool lado B
3B2	Se obstruye spool de electroválvula Y303A	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido. Caudal hidráulico se ve restringido para movimientos.	3	8	7	168	Brazos	Electroválvula Y301	Spool lado A
4A3	Motor medio giro trabado mecánicamente	Falla no evidente, consecuencia operacional, detención de producción.	3	7	8	168	Brazos	Motor de medio giro	Engranes interiores
4A4	Eje de motor medio giro quebrado	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción.	3	7	8	168	Brazos	Motor de medio giro	Eje motor

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
4A6	Se obstruye spool de electroválvula Y311A-Y311B	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido. Caudal hidráulico se ve restringido para movimientos.	3	8	7	168	Brazos	Electroválvula Y311	Spool lado A 0 B
5B2	Se obstruye spool de electroválvula Y306	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen disminuido de producción. Caudal disminuido retrasa soltar barras para enrosque.	3	8	7	168	Brazos	Electroválvula Y306	Spool
1C1	Sensores B182 y B183 fuera de posición o rotos	Falla evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. Carrusel no detiene en punto exacto para sacar barras con manipulador.	4	5	8	160	Carrusel	Posicionamiento	Sensor B182, B183
1C2	Pletinas de marcación de sensores fuera de rango	Falla evidente, consecuencias operacionales, volumen disminuido de producción.	4	5	8	160	Carrusel	Posicionamiento	Pletinas carrusel inferior
3D5	Bujes desgastados	Falla evidente, consecuencia operacional, volumen de producción disminuido. No centra barra en posición de perforación, desgaste de hilos o barra no enrosca correctamente al tener movimientos involuntarios, desgaste de chasis de brazos.	3	8	6	144	Brazos	Chasis de brazos	Bujes
4B2	Bujes agripados o gastados en eje de mordazas	Falla no evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, se traba movimiento de brazos realizando movimientos bruscos.	3	8	6	144	Brazos	Motor medio giro	Motores hidráulicos
1A3	Se quema bobina de electroválvula Y303A	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se puede girar para obtener barras	2	8	8	128	Carrusel	Electroválvula Y303	Bobina lado A

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
1B3	Se quema bobina de electroválvula Y303B	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se puede girar para obtener barras	2	8	8	128	Carrusel	Electroválvula Y303	Bobina lado B
2A3	Se quema bobina de electroválvula Y310	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se puede abrir puerta para obtener barras	2	8	8	128	Carrusel	Electroválvula Y310	Bobina
3A3	Se quema bobina de electroválvula Y301B	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se puede girar el brazo.	2	8	8	128	Brazos	Electroválvula Y301	Bobina lado B
3B3	Se quema bobina de electroválvula Y303A	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se puede girar el brazo.	2	8	8	128	Brazos	Electroválvula Y301	Bobina lado A
4A7	Se quema bobina de electroválvula Y311A-Y311B	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se puede hacer medio giro	2	8	8	128	Brazos	Electroválvula Y311	Bobina lado A 0 B
5B3	Se quema bobina de electroválvula Y306	Falla no evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, detención de producción. No se puede realizar movimientos de enrosque, barra trabada para rotación.	2	8	8	128	Brazos	Electroválvula Y306	Bobina
1D1	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Falla no evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, movimientos lentos de rotación de carrusel para cambiar barras.	2	9	7	126	Carrusel	Motor de carrusel	Caudal hidráulico

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
2C1	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Falla no evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, movimientos lentos de rotación de puerta o no abren.	2	9	7	126	Carrusel	Cilindros puerta	Caudal hidráulico
3E 1	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Falla no evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, movimientos lentos de traspaso de barras.	2	9	7	126	Brazos	Cilindro de traslado	Caudal hidráulico
4B1	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Falla no evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, movimientos lentos de medio giro.	2	9	7	126	Brazos	Motor medio giro	Caudal hidráulico
6B2	Problema de caudal desde sistema hidráulico	Falla no evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, movimientos lentos de sostenimiento de barra, se puede caer barra.	2	9	7	126	Brazos	Mordazas	Cilindro apriete
1A5	Motor carrusel con traspaso de fluido	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, Rotación lenta	2	8	7	112	Carrusel	Motor de carrusel	Sellos interiores
1B5	Motor con traspaso de fluido	Falla no evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, Rotación lenta	2	8	7	112	Carrusel	Motor de carrusel	Sellos interiores
3D4	Sensor B120 fuera de posición o dañado	Falla evidente, consecuencia operacional, volumen de producción disminuido. no centra barra en posición de perforación, desgaste de hilos o barra no enrosca correctamente.	4	4	7	112	Brazos	Chasis de brazos	Sensor B120

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
3E 2	Agripamiento de ejes por falta de bujes	Falla no evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, se traba movimiento de brazos realizando movimientos bruscos.	2	7	7	98	Brazos	Chasis de brazos	Eje central de chasis
1A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y303A	Falla evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se alimenta eléctricamente Y303A	2	6	8	96	Carrusel	Electroválvula Y303	Conector lado A
1B1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y303B	Falla evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se alimenta eléctricamente Y303A	2	6	8	96	Carrusel	Electroválvula Y303	Conector lado B
2A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y310	Falla evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se alimenta eléctricamente Y310 no deja obtener barras	2	6	8	96	Carrusel	Electroválvula Y310	Conector
3A1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y301B	Falla evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se alimenta eléctricamente Y301B	2	6	8	96	Brazos	Electroválvula Y301	Conector lado B
3B1	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y301A	Falla evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se alimenta eléctricamente Y301A	2	6	8	96	Brazos	Electroválvula Y301	Conector lado A
4A5	Ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y311A-Y311B	Falla evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. No se alimenta eléctricamente electroválvulas	2	6	8	96	Brazos	Electroválvula Y311	Conector lado A 0 B

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-Sistema	Componente
5A4	ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y300	falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico. Se pueden soltar barras.	4	3	8	96	brazos	electroválvula Y 300	sellos interiores
5B1	ruptura de conector eléctrico de electroválvula Y306	falla evidente, consecuencias operacionales, volumen disminuido de producción. No se alimenta eléctricamente electroválvulas, pueden no soltar para enrosque.	2	6	8	96	brazos	electroválvula Y306	conector
6A4	ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y300	falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico. Se pueden soltar barras.	4	3	8	96	brazos	electroválvula Y300	sellos interiores
1C3	suciedad excesiva entre sensor y pletina	falla evidente, consecuencia operacional, no sensa la posición del carrusel, no centrando manipulador.	4	3	7	84	carrusel	posicionamiento	pletinas carrusel inferior
1A6	motor carrusel trabado mecánicamente	falla no evidente, consecuencia operacional, detención de producción. No se realiza giro del carrusel para cambio de barra	1	9	8	72	carrusel	motor de carrusel	engranes interiores
1B6	motor trabado mecánicamente	falla no evidente, consecuencia operacional, detención de producción. No se realiza giro del carrusel para cambio de barra	1	9	8	72	carrusel	motor de carrusel	engranes interiores

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
3A5	Cilindros fuera de posición	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, detención de producción, se cruzan barras en traspaso y se pueden caer.	3	3	8	72	Brazos	Cilindro de traslado	Pasadores
3B5	Cilindros fuera de posición	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, detención de producción, se cruzan barras en traspaso y se pueden caer.	3	3	8	72	Brazos	Cilindro de traslado	Pasadores
3D2	Cilindros fuera de posición	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, no se centra barra en centro de perforación se produce desgaste de hilos de barras y cruce de barra, se puede caer	3	3	8	72	Brazos	Cilindro de traslado	Pasadores
1A7	Eje de carrusel trabado mecánicamente	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. Sin giro no pudiendo cambiar barras	1	7	8	56	Carrusel	Motor de carrusel	Eje rotatorio de carrusel
1B7	Eje de carrusel trabado mecánicamente	Falla no evidente, consecuencias operacionales, detención de producción. Sin giro no pudiendo cambiar barras	1	7	8	56	Carrusel	Motor de carrusel	Eje rotatorio de carrusel

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

N.º	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
2A5	Cilindros con niples sueltos	Falla evidente, consecuencia operacional y medio ambiente, se pierde caudal hidráulico y no permite sacar barras.	3	2	9	54	Carrusel	Cilindros puerta	Niples
1D2	Exceso de material entre base de carrusel	Falla evidente, consecuencia operacional, volumen disminuido de producción, suciedad reduce movimiento de giro.	2	3	7	42	Carrusel	Carrusel inferior	Base carrusel
1A4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula y303a	Falla evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico	2	3	4	24	Carrusel	Electroválvula y303	O-ring
1B4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula y303b	Falla evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico	2	3	4	24	Carrusel	Electroválvula y303	O-ring
2A4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula y310	Falla evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico	2	3	4	24	Carrusel	Electroválvula y310	O-ring
3A4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula y301b	Falla evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico.	2	3	4	24	Brazos	Electroválvula y301	O-ring lado b

Fuente: propia basado en proceso RCM

Tabla 2-7. Modos de fallo, Consecuencia, NPR, Sistemas y subsistemas (continuación)

Nº	Modo de fallo	Consecuencia	Ocurrencia	Detección	Severidad	NPR	Sistema	Sub-sistema	Componente
3B4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y303A	Falla evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico.	2	3	4	24	Brazos	Electroválvula Y301	O-ring lado A
4A8	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y311A-Y311B	Falla evidente, consecuencias operacionales, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico.	2	3	4	24	Brazos	Electroválvula Y311	Sellos lado A 0 B
5B4	Ruptura de sellos hidráulicos electroválvula Y306	Falla evidente, consecuencias operacionales y para la seguridad, volumen de producción disminuido, consecuencia para medio ambiente. Se filtra aceite hidráulico, no se pueden rotar barras, ni desplazar axialmente.	2	3	4	24	Brazos	Electroválvula Y306	Sellos interiores

Fuente: propia basado en proceso RCM

2.2.4 Matriz de riesgo de modos de fallos

Al utilizar el número de prioridad de riesgo, se le agrega un valor a cada modo de fallo, pero para poder jerarquizarlos se utilizará una matriz de riesgo el cual involucra el NPR y la severidad de cada modo de fallo, de esta manera se identificará los más críticos para poder decidir los planes de acciones basándose en RCM. A continuación, la matriz de riesgo resultante con datos propios y se dispondrán los modos de falla según su identificación. La matriz de riesgo se puede observar en la tabla 2-8, siendo los de color verde riesgo aceptable y los de color rojo que necesitan acción correctiva siendo utilizados para el proceso RCM II.

Tabla 2-8, Matriz de riesgo de modos de fallo.

SEVERIDAD	0 - 100	101 - 200	201 - 300	301 - 400	401 - 500	501 - 600	601 - 700	701 - 800	801 - 900	901 - 1000
10			2A6, 2B1	5A6, 6A6						
9	2A5,		5A7, 6A7, 5A5,6A5,							
8	1A7, 1B7, 1A6, 1B6, 3A5, 3B5,	1A8, 1B8, 4C3, 5A1, 6A1, 1C1,	3C2,4C1, 5A3,6A3, 4A1,							
7	1D2, 1C3, 3E2	1D1, 2C1, 3E1, 4B1, 6B2, 1A5,	3D1, 5A2, 6A2							
6										
5										
4	1A4, 1B4, 2A4, 3A4, 3B4, 4A8,									
3										
2										
1										
0										

NUMERO PRIORIDAD DE RIESGO

Fuente: Propia basado en proceso RCM

De la anterior tabla se desprenden 9 modos fallo que se muestran en la siguiente tabla 2-9, a los cuales será aplicado el diagrama de decisiones de RCM II y de los cuales se generará un plan de mantenimiento.

Tabla 2-9, Modos de fallo críticos

MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA
2A6	Cilindros con traspaso de fluido	Se detiene el movimiento o movimiento lento, al poner carga se mueve involuntariamente.
2B1	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Se mueve puerta, pero realiza movimiento no deseado. Sin pasador o pasador suelto
5A5	Cilindros fuera de posición	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos. Suelta barra.
5A6	Cilindros con traspaso interior de fluido	Se detiene el movimiento o movimiento lento, al poner carga se mueve involuntariamente. Suelta barra
5A7	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos, suelta barra
6A5	Cilindros fuera de posición	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos. Suelta barra
6A6	Cilindros con traspaso interior de fluido	Se detiene el movimiento o movimiento lento, al poner carga se mueve involuntariamente. Se suelta barra
6A7	Pasadores fuera de posición en cilindros o pivote.	Se realiza movimiento no deseado, pasadores sueltos o sin ellos, suelta barra
6B1	Desgaste en pletinas de mordazas	Barra no se sostiene correctamente y tienden a caer.

Fuente: Elaboración propia obtenida de matriz de riesgo de modos de fallo basado en RCM.

CAPITULO III: DECISIONES Y ACCIONES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO

3. DECISIONES Y ACCIONES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO

3.1 APLICACIÓN DE DECISIONES RCM

A los datos obtenidos por la herramienta NPR utilizada, se le aplicara un proceso de decisiones, las cuales se obtendrán del diagrama de decisiones RCM, obtenidos del libro de Jhon Moubray, RCM II. Dicho diagrama se puede observar en las figuras 3-1 y 3-2.

El método que se utilizara es de tomar el modo de fallo y su efecto, llevándolo y respondiendo los diferentes cuestionamientos hasta llegar a tener un si como respuesta y así determinar cuál de las siguientes tareas necesitan ser planificadas en modo de tarea a condición, tarea de reacondicionamiento cíclico, tarea de sustitución cíclica, tarea de búsqueda de fallos, rediseño obligatorio, ningún mantenimiento preventivo o a la falla. Para entender mejor cada una de las tareas a realizar se describirán de manera breve a continuación.

Tarea a condición: Se generan tareas y acciones para observar si se generan o existen fallas potenciales de esta manera evitar las fallas funcionales. El punto P puede ser detectada a la mitad aproximadamente de su vida útil si esta se grafica P-F.

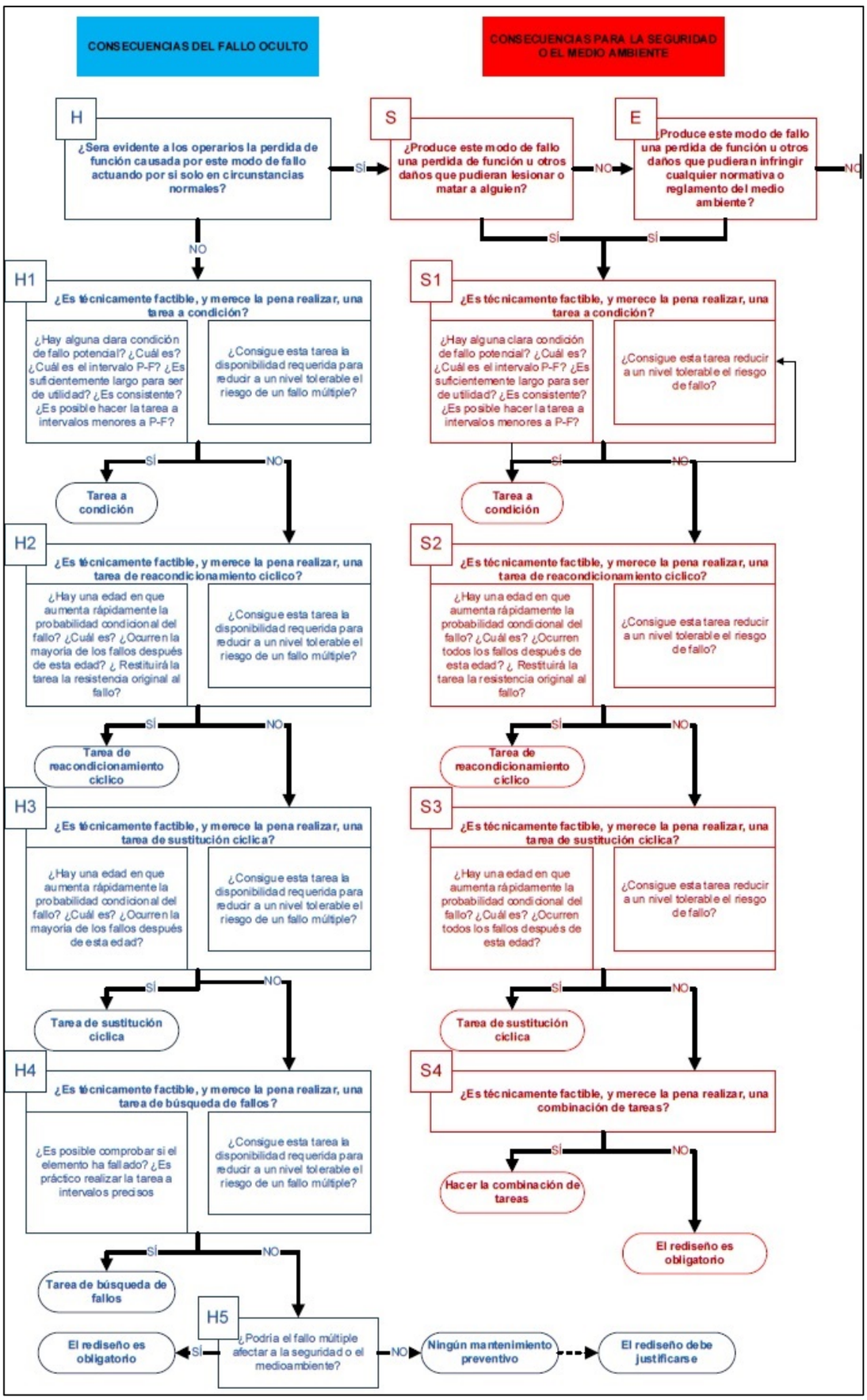
Tarea de reacondicionamiento cíclico: Básicamente se basa en generar acciones y tareas para reacondicionar la capacidad de un componente, antes de que se produzca la falla funcional, independiente de su condición en ese momento

Tarea de sustitución cíclico: Se programa la sustitución o descarte de un componente antes del límite de edad definida, independiente de su condición en ese momento.

Tarea de búsqueda de fallos: las tareas de búsqueda de fallos son actividades para chequear una función oculta a periodos regulares para observar si ha fallado.

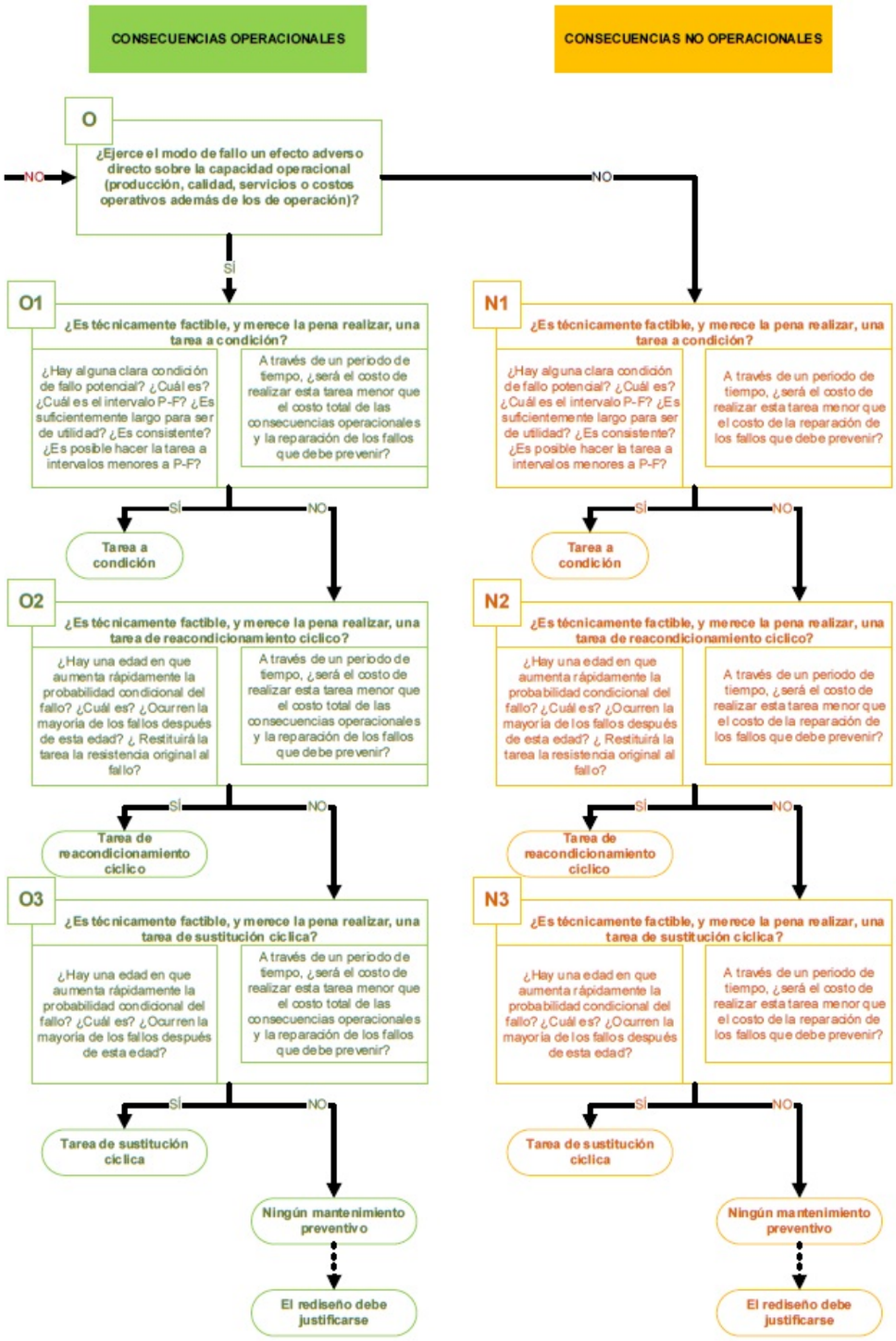
Tarea de rediseño obligatorio: Consiste en realizar un rediseño o modificación en la especificación de los componentes del equipo, planos, procedimientos operaciones, cambio de maquina o ubicación de esta.

Ningún mantenimiento preventivo: Desde el momento en que la falla es evidente pero no afecta ni la seguridad ni el medio ambiente, entonces la acción es de no realizar ningún mantenimiento y esperar la falla del componente o elemento. Siempre y cuando no se encuentre ninguna tarea cíclica, ni tarea proactiva.



Fuente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM II, Jhon Moubray

Figura 3-1, Diagrama de decisión RMC II, primeras dos etapas



Fuente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM II, Jhon Moubray

Figura 3-2, Diagrama de decisión RMC II, segundas dos etapas

3.1.1 Hoja de decisión RCM II

Los modos de fallo resultantes luego de realizar un FMECA y una jerarquización por el método de NPR, se sometieron al proceso de decisiones de RCM II lo que no da por resultado la siguiente hoja de decisión, la que se obtuvo el formato del libro Mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM II de Jhon Moubray.

Tabla 3-1, Hoja de decisión RCM II, sistema RHS.

Referencia de Información			evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	0	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
5	A	6	S	S			N	N	S				Reemplazo de cilindros hidráulicos superior e inferior de mordazas (TAREA DE SUSTITUCION CICLICA)	3000 horas de motor	mantenedor mecánico
6	A	6	S	S			N	N	S				Reemplazo de cilindros hidráulicos superior e inferior de mordazas (TAREA DE SUSTITUCION CICLICA)	3000 horas de motor	mantenedor mecánico
5	A	7	S	S			N	S					Controlar torque pernos M 12 X 20 pasador pivoteo, controlar torque pernos M 10 X 20 de pasador de cilindro, cambio de bujes cada 6000 horas chequeo de engrase (TAREA DE REACONDICIONAMIENTO CICLICO)	500 horas motor	mantenedor mecánico

Fuente: propia, basada en metodología RCM II, aplicada en sistema RHS.

Tabla 3-1. Hoja de decisión RCM II, sistema RHS. (continuación)

Referencia de Información			evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	0	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
6	A	7	S	S			N	S					Controlar torque pernos M 12 X 20 pasador pivoteo, controlar torque pernos M 10 X 20 de pasador de cilindro, cambio de bujes cada 6000 horas chequeo de engrase (TAREA DE REACONDICIONAMIENTO CICLICO)	500 horas motor	mantenedor mecánico
2	A	6	S	S			N	N	S				Reemplazo de cilindros hidráulicos superior e inferior de puertas de carrusel (TAREA DE SUSTITUCION CICLICA)	3000 horas de motor	mantenedor mecánico
5	A	5	S	S			S						Revisión visual de posición de pasadores y pernos de anclaje (TAREA A CONDICION)	250 horas de motor	mantenedor mecánico
6	A	5	S	S			S						Revisión visual de posición de pasadores y pernos de anclaje (TAREA A CONDICION)	250 horas de motor	mantenedor mecánico
6	B	1	S	S			S						Revisión visual de desgaste de platinas manteniendo su forma plana (TAREA A CONDICION)	250 horas de motor	mantenedor mecánico
2	B	1	S	S			S						Revisión visual de posición de pasadores de cilindro y pivote (TAREA A CONDICION)	250 horas de motor	mantenedor mecánico

Fuente: propia, basada en metodología RCM II, aplicada en sistema RHS.

3.2 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO SISTEMA RHS (ROD HANDLING STANGHANTERING)

Para una eficiente y correcta ejecución de las actividades a realizar y para que se cumplan a cabalidad se hace necesario contar con instructivos o procedimientos de trabajo que indiquen el paso a paso de las tareas que involucran estas labores, considerando las secuencias de trabajo, herramientas, insumos y repuestos a utilizar, al igual los tiempos y personal calificado para cada labor.

Debido a que en los ciclos de trabajos resultantes de los 9 modos de fallos introducidos en el diagrama de decisiones RCM II son cuatro de 250 horas de motor, dos de 500 horas de motor y tres de 3000 horas de motor. Estas se agruparon en 3 instructivos de ejecución de las mantenciones. A continuación, se muestra los ítems más importantes de cada instructivo. Los instructivos completos están expuestos en los anexos.

3.2.1 Instructivo de 250 horas de motor

En este instructivo, se reunieron cuatro modos de fallo a mantener que son 5A5, 6A5, 6B1 y 2B1. A continuación se revisaran aspectos generales del instructivo de 250 horas de motor

Los cuatro trabajos se agruparán en dos grandes ítems:

- Inspección de pasadores
- Inspección de desgaste de platina de mordazas

La inspección de pasadores se realizará como lo indica la figura 3-3

4	¿Cómo se debe realizar el trabajo?
4.1	Inspección de posición de pasadores
	• Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura • Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3-2 • Lavado de viga completa con hidro-lavadora. • Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo. • Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad
Revisar posición de pasadores de mordazas y estado de bujes, como lo indica la figura, pasadores números 3 y 6 de la figura 3-1 y pasadores números 17, 16, 4 de figura 3-2, en puerta superior e inferior del carrusel. No debe tener separación entre base y cabeza de pasador y los puntos con lubricación deben tener la presencia de grasa.	

Fuente: Elaboración propia, instructivo 250 horas

Figura 3-3, paso a paso 250 horas, inspección posición de pasadores.

En cuanto a la inspección de desgaste de pletinas de mordazas, se realizará de la siguiente manera como la muestra la figura 3-4.

4.2	Inspección de desgaste de pletina de mordazas • Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura • Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3-2 • Lavado de viga completa con hidro-lavadora. • Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo. • Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad. • revisión de pletinas de mordazas, desgaste no debe ser superior a 5mm de profundidad.

Fuente: Elaboración propia, instructivo 250 horas

Figura 3-4, Paso a paso 250 horas, inspección de desgaste de pletinas.

Los repuestos utilizados se encuentran descritos en la figura 3-5.

• PAÑO ABSORBENTE.	10(c/u)
• LUBRICANTE SEP.ANTIADHERENTE AEROSOL HC	1(c/u)

Fuente: Elaboración propia, instructivo 250 horas

Figura 3-5, Repuestos utilizados 250 horas motor.

Las herramientas utilizadas son las siguientes en caso de necesitarlas para alguna reparación inmediata, se puede observar en la figura 3-6.

•	Llaves Punta Corona 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36.	2(c/u)
•	Dados HEX 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36,38,42,46.	2(c/u)
•	Maceta 1 Kg.	2 (c/u)
•	Juego de Botadores.	2 (c/u)
•	Cincel.	2 (c/u)
•	Barretilla.	2 (c/u)
•	Destornillador de paleta	2 (c/u)
•	Espátula	2 (c/u)
•	Juego de Limas, plana, 1/2 caña, redonda, triangular	2 (c/u)
•	Alicate Universal	4 (c/u)
•	Caimán	4 (c/u)
•	Alicate de Punta	4 (c/u)
•	Llave Stillson 18"	2 (c/u)
•	Lija grano 400	4 Pliegos
•	Tecle de Palanca 2 Ton; 1,5 Ton (c/u)	2
•	Eslingas planas 2 Ton / 1mt, 2mt	3 (c/u)
•	Grilletes ¾”	8 (c/u)
•	Tecle de Cadena 2 ton	3 (c/u)
•	Estrobo 3/8 x 1 mt	4 (c/u)
•	Grasera manual	1 (c/u)
•	Juego de llaves allen milimétricas	2 (c/u)

Fuente: Elaboración propia, instructivo 250 horas

Figura 3-6, Herramientas utilizadas 250 horas motor.

Los que realizaran los trabajos serán personal de mantenimiento de Tricomin, para esta pauta se necesitara de un mantenedor mecánico líder y un mantenedor mecánico.

En cuanto a los tiempos de inspecciones se puede observar un extracto del instructivo de 250 horas en la figura 3-7.

- Tiempo Disponible inspecciones
  - Horas : 2 horas
  - Turno : 1 turno (de preferencia turno día)

Fuente: Elaboración propia, instructivo 250 horas

Figura 3-7, Tiempos utilizados 250 horas motor.

3.2.2 Instructivo de 500 horas de motor

En el instructivo de 500 horas de motor, se reunieron dos modos de fallo a mantener que son 6A7 Y.5A7. A continuación se revisaran aspectos generales del instructivo

Los dos trabajos son:

- Controlar torque de pernos de pasador de pivotes
- Controlar torque de pernos de pasador de cilindros

Controlar torque de pernos de pasador de pivotes se realizará como lo indica la figura 3-8

4.1	Controlar torque de pernos de pasador de pivotes. • Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura • Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3-2 • Lavado de viga completa con hidro-lavadora. • Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo. • Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad. • revisar par de apriete de pernos en pivoteo de mordazas y puertas de carrusel, pernos M12, 8.8 FZB = 73 Nm ±18

Fuente: Elaboración propia, instructivo 500 horas

Figura 3-8, Paso a paso 500 horas, control de torque de pernos de pasador de pivotes.

En cuanto al Controlar torque de pernos de pasador de cilindros, se realizará de la siguiente manera como la muestra la figura 3-9.

4.2	Controlar torque de pernos de pasador de cilindro. • Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura • Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3-2 • Lavado de viga completa con hidro-lavadora. • Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo. • Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad. • revisar par de apriete de pernos en pasadores de cilindros de mordazas y puertas de carrusel, pernos M10, 8.8 FZB = 41 Nm ±10 y M12, 8.8 FZB = 73 Nm ±18

Fuente: Elaboración propia, instructivo 500 horas

Figura 3-9, Paso a paso 500 horas, Controlar torque de pernos de pasador de cilindros

Los repuestos utilizados se encuentran descritos en la figura 3-10. En caso de ser necesarios o de la falta de ellos, o por caídas de pernos.

•	PAÑO ABSORBENTE.		10(c/u)
•	LUBRICANTE SEP.ANTIADHERENTE AEROSOL HC		1(c/u)
•	SCREW, HEX HEAD M 12 X 110 - 8.8 FZB	0147 1417 03	2(c/u)
•	SCREW, HEX HEAD M 12 X 70 - 8.8 FZB	0147 1409 03	2(c/u)
•	SPACER	3222 3153 28	4(c/u)
•	LOCK WASHER 13,0/19,5 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 08	8(c/u)
•	LOCK NUT M 12 - 8 FZB / ISO 7040	0291 1128 22	4(c/u)
•	SPACER	3222 3259 67	2(c/u)
•	FLANGE BUSHING 40/44/55 X 40 WB802WF	0500 4500 24	8(c/u)
•	LOCK WASHER 13 / 25,4 X 3,7 FZB	0333 5200 09	4(c/u)
•	SCREW, HEX HEAD M 12 X 20 - 8.8 FZB	0147 1398 03	4(c/u)
•	LOCK WASHER 10,3/16,6 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 06	4(c/u)
•	SCREW MC6S M 10 X 20 - 8.8 FZB	0211 1360 03	4(c/u)

Fuente: Elaboración propia, instructivo 500 horas

Figura 3-10, Repuestos utilizados 500 horas motor.

Las herramientas utilizadas son las siguientes en caso de necesitarlas para alguna reparación inmediata, se puede observar en la figura 3-11.

• Llaves Punta Corona 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36.	2(c/u)
• Dados HEX 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36,38,42,46.	2(c/u)
• Maceta 1 Kg.	2 (c/u)
• Juego de Botadores.	2 (c/u)
• Cincel.	2 (c/u)
• Barretilla.	2 (c/u)
• Destornillador de paleta	2 (c/u)
• Espátula	2 (c/u)
• Juego de Limas, plana, 1/2 caña, redonda, triangular	2 (c/u)
• Alicate Universal	4 (c/u)
• Caimán	4 (c/u)
• Alicate de Punta	4 (c/u)
• Llave Stillson 18"	2 (c/u)
• Lija grano 400	4 Pliegos
• Tecle de Palanca 2 Ton; 1,5 Ton	2 (c/u)
• Eslingas planas 2 Ton / 1mt, 2mt	3 (c/u)
• Grilletes ¾"	8 (c/u)
• Tecle de Cadena 2 ton	3 (c/u)
• Estrobo 3/8 x 1 mt	4 (c/u)
• Grasera manual	1 (c/u)
• Juego de llaves allen milimétricas	2 (c/u)

Fuente: Elaboración propia, instructivo 500 horas

Figura 3-11, Herramientas utilizadas 500 horas motor.

Los que realizaran los trabajos serán personal de mantenimiento de Tricomin, para esta pauta se necesitara de un mantenedor mecánico líder y un mantenedor mecánico.

En cuanto a los tiempos de control de par de apriete se puede observar un extracto del instructivo de 500 horas en la figura 3-12.

- Horas : 2 horas
- Turno : 1 turno (de preferencia turno día)

Fuente: Elaboración propia, instructivo 500 horas

Figura 3-12, Tiempos utilizados 500 horas motor.

3.2.3 Instructivo de 3000 horas de motor

En el instructivo de 3000 horas de motor, se reunieron tres modos de fallo a mantener que son 2A6, 5A6 y 6A6. A continuación se revisaran aspectos generales del instructivo

Los o trabajos se agruparán en dos grandes labores, que son:

- Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS
- Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel.

Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS se realizará como lo indica la figura 3-13

4.1 Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS.

- Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura
- Desmontar barras de posición de perforación y guardar en carrusel
- Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3-2
- Lavado de viga completa con hidro-lavadora.
- Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo.
- Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad.
- Desmontar flexibles hidráulicos lado pistón y lado vástago, utilizando tapones JIC talla 6 (dos hembras y dos machos).
- Desmontar pernos de pasadores M10, 8.8 FZB
- Desmontar pasadores utilizando botador y martillo.
- Retirar cilindro y montar nuevo
- Instalar pasadores
- Montar pernos M10, 8.8 FZB, de sujeción par de apriete 41 Nm ±10.

Fuente: Elaboración propia, instructivo 3000 horas

Figura 3-13, Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS.

Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel, se realizará de la siguiente manera como la muestra la figura 3-14.

4.2 Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel.

- Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura
- Desmontar barras de posición de perforación y guardar en carrusel
- Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3-2
- Lavado de viga completa con hidro-lavadora.
- Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo.
- Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad.
- Atrincar barras de carrusel con eslingas de amarre con chicharra o con tecle de 2000 kg.
- Desmontar flexibles hidráulicos lado pistón y lado vástago, utilizando tapones JIC talla 4 (dos hembras y dos machos).
- Desmontar pernos de pasadores M12, 8.8 FZB.
- Retirar cilindro y montar nuevo.
- Instalar pernos M12, 8.8 FZB, par de apriete 73 Nm ±18.

Fuente: Elaboración propia, instructivo 3000 horas

Figura 3-14, Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel

Los repuestos utilizados se encuentran descritos en la figura 3-15.

• PAÑO ABSORBENTE.		10(c/u)
• LUBRICANTE SEP.ANTIADHERENTE AEROSOL HC		1(c/u)
• HYDR. CYLINDER	3222 3139 59	2(c/u)
• SCREW, HEX HEAD M 12 X 110 - 8.8 FZB	0147 1417 03	2(c/u)
• SCREW, HEX HEAD M 12 X 70 - 8.8 FZB	0147 1409 03	2(c/u)
• SPACER	3222 3153 28	4(c/u)
• LOCK WASHER 13,0/19,5 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 08	8(c/u)
• LOCK NUT M 12 - 8 FZB / ISO 7040	0291 1128 22	4(c/u)
• SPACER	3222 3259 67	2(c/u)
• HYDR. CYLINDER	3222 3142 91	2(c/u)
• FLANGE BUSHING 40/44/55 X 40 WB802WF	0500 4500 24	8(c/u)
• GREASE NIPPLE ISO 7 - R 1/8 TYPE AH	0544 2162 00	4(c/u)
• LOCK WASHER 13 / 25,4 X 3,7 FZB	0333 5200 09	4(c/u)
• SCREW, HEX HEAD M 12 X 20 - 8.8 FZB	0147 1398 03	4(c/u)
• LOCK WASHER 10,3/16,6 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 06	4(c/u)
• SCREW MC6S M 10 X 20 - 8.8 FZB	0211 1360 03	4(c/u)
• GREASE NIPPLE AH G 1/4 SMS 1585	0544 2153 00	4(c/u)

Fuente: Elaboración propia, instructivo 3000 horas

Figura 3-15, Repuestos utilizados 3000 horas motor.

Las herramientas utilizadas son las siguientes en caso de necesitarlas para alguna reparación inmediata, se puede observar en la figura 3-16.

• Llaves Punta Corona 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36.	2(c/u)
• Dados HEX 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36,38,42,46.	2(c/u)
• Maceta 1 Kg.	2 (c/u)
• Juego de Botadores.	2 (c/u)
• Cincel.	2 (c/u)
• Barretilla.	2 (c/u)
• Destornillador de paleta	2 (c/u)
• Espátula	2 (c/u)
• Juego de Limas, plana, 1/2 caña, redonda, triangular	2 (c/u)
• Alicate Universal	4 (c/u)
• Caimán	4 (c/u)
• Alicate de Punta	4 (c/u)
• Llave Stillson 18"	2 (c/u)
• Lija grano 400	4 Pliegos
• Tecle de Palanca 2 Ton; 1,5 Ton	2 (c/u)
• Eslingas planas 2 Ton / 1mt, 2mt	3 (c/u)
• Grilletes ¾”	8 (c/u)
• Tecle de Cadena 2 ton	3 (c/u)
• Estrobo 3/8 x 1 mt	4 (c/u)
• Grasera manual	1 (c/u)
• Juego de llaves allen milimétricas	2 (c/u)

Fuente: Elaboración propia, instructivo 3000 horas

Figura 3-16, Herramientas utilizadas 3000 horas motor.

Los que realizaran los trabajos serán personal de mantenimiento de Tricomin, para esta pauta se necesitara de un mantenedor mecánico líder y un mantenedor mecánico.

En cuanto a los tiempos de control de par de apriete se puede observar un extracto del instructivo de 3000 horas en la figura 3-17.

• Horas :	4 horas
• Turnos:	1 tuno

Fuente: Elaboración propia, instructivo 3000 horas

Figura 3-17, Tiempos utilizados 3000 horas motor.

3.3 PAUTAS DE TRABAJO

Para poder complementar los instructivos de trabajo, se desarrollan pautas de mantenimiento para dejar en claro lo que se necesita de la actividad y detención del equipo. Estas se sumarán a las ya existentes por la empresa que siguen las recomendaciones del fabricante y se acogen a los tiempos que Atlas Copco señala.

A continuación, se adjuntará una de las pautas en los formatos diseñados, que incluyen horómetro real del equipo, personal involucrado, instrucciones de par de apriete, repuestos a utilizar. Recordando que estos trabajos se agrupan en 3 ciclos horarios, 250, 500, 3000 horas de motor. La siguiente figura 3-18 y 3-19 es una pauta de mantenimiento de 250 horas, el resto de las pautas de mantención se pueden encontrar en los anexos.

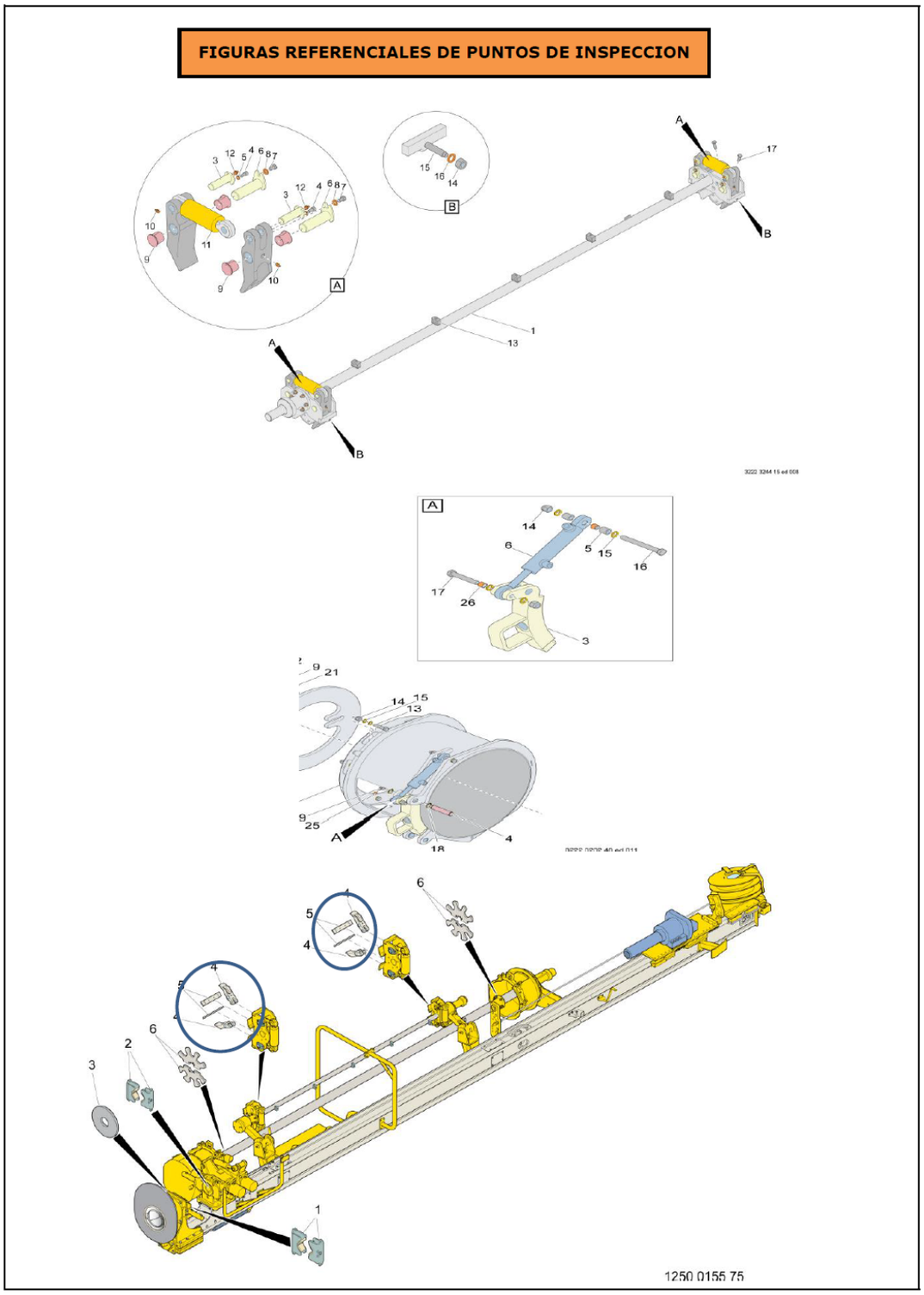
PAUTA DE MANTENCIÓN SISTEMA RHS PERFORADORA ROC L8 (30) INSPECCION 250 horas			
Nº DEL EQUIPO		FECHA	
NÚMERO SERIE		TURNO	
HORÓMETRO MOTOR		TIEMPO DETENSION	2 HORAS
HORÓM. PERCUSIÓN			
PERSONAL ASIGNADO			

EQUIPO DEBE ENCONTRARSE SIN BARRA Y UNIDAD EN PARTE SUPERIOR, VIGA EN POSICION DE TRASLADO					
DESARROLLE AST DE TRABAJO					
Item	SISTEMA O COMPONENTE	N° Parte	Cantidad	O.K.	Nombre del Tecnico
1	PROTOCOLO				
1.1	REVISAR BITÁCORA DEL EQUIPO				
2	INSPECCION DE DESGASTE DE PLATINA MORDAZAS Y PASADORES MORDAZAS Y PUERTA CARRUSEL				
2.1	BLOQUEO DE SISTEMA ELECTRICO				
2.2	CHEQUEO DE ENERGIA CERO EN PANTALLA RCS				
2.3	REVISAR PERNOS DE PASADORES DE MORDAZAS				
2.4	REVISAR PASADORES DE MORDAZAS				
2.5	REVISAR BUJES EN PASADORES DE MORDAZAS				
2.6	REVISAR PASADORES EN PUERTAS DE CARRUSEL				
2.7	REVISAR ESTADO DE ESPACIADORES EN PASADORES DE CARRUSEL				
2.8	REVISAR PLATINAS DE MORDAZAS, DESGASTE NO SUPERIOR A 5 mm DE PROFUNDIDAD.				
3	SISTEMA DE LUBRICACION				
3.1	CHEQUEO ESTADO DE PUNTOS DE ENGRASE				
3.2	AUTOMATICO, Y PRESENCIA DE GRASA				
4	CHEQUEO DE NIVELES ANTES DE PONER EN MARCHA MOTOR				
4.1	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE MOTOR.				
4.2	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE COMPRESOR.				
4.3	CHEQUEAR NIVEL DE COMBUSTIBLE.				
4.4	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE ESTANQUE HIDRÁULIC				
4.5	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE MARTILLO.				
4.6	CHEQUEAR NIVEL DE REFRIGERANTE DE MOTOR.				
4.7	CHEQUEAR NIVELES DE DEPÓSITOS DE GRASAS.				
5	LUBRICACIÓN DE ENGRASE GENERAL				
5.1	ENGRASAR PUNTOS VARIOS DE VIGA				
5.2	ENGRASR PUNTOS VARIOS DE BRAZO.				
5.3	ENGRASAR EJE PIVOTE				
5.4	ENGRASAR CARRUSEL				
5.5	CHEQUEAR SISTEMA DE ENGRASE BARRAS				
5.6	CHEQUEAR NIVEL DE DEPÓSITO DE GRASA, INYECTORES Y FLEXIBLES.				

MANTENEDOR RESPONSABLE EN EJECUCIÓN DE PAUTA	JEFE DE TURNO
Observaciones:	Observaciones:
Nombre y Firma	Nombre y Firma

Fuente propia

Figura 3-18, Pauta de mantención 250 horas, sistema RHS



Fuente propia.

Figura 3-19, Pauta de mantención 250 horas, sistema RHS (continuación)

3.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Las actividades por realizar que se plasmaron en la hoja de decisión de RCM II, se deben programar de manera periódica, para esto se propone calendarizar según el programa base que se ocupa actualmente en Tricomin, el cual se basa en mantenciones periódicas cada 250 de motor Diesel, a lo cual este plan de mantenimiento del sistema RHS se adaptara a esos periodos de intervención, con el fin de prevenir que ocurra una falla funcional de dicho sistema.

Dicha calendarización se retroalimentará de los horómetros diarios entregados por departamento de operaciones. Para este programa se tomó en consideración que los turnos diarios son de 12 horas de trabajo de día y 12 horas de trabajo de noche en turnos excepcionales de 7 días por 7 días, es decir el equipo trabaja 24/7, a esto se le descontaron los tiempos de colación y los cambios de turno en los cuales se traslada al operador y vuelve el relevo. Por lo que se evaluó el programa con 20 horas de trabajo diaria, a contar desde mayo 2018. Estos intervalos se irán modificando según las detenciones que tenga el equipo Roc y sus horómetros hasta cumplir el periodo necesario.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente, este trabajo de título contemplo todo lo necesario para poder comenzar la implementación de un plan de mantenimiento en el sistema critico de la perforadora Roc l8 (30) de la empresa Servicios mineros Tricomin SA. En busca de la confiabilidad del sistema. Tomando igualmente en consideración la situación económica de la empresa y el contexto en el cual se encuentra la minería en Chile. Sin embargo, esto es solo una parte del global que encierra el lograr la confiabilidad completa del equipo.

El cumplimiento de los objetivos se cubrió en su totalidad, comenzando por la utilización de la matriz cualitativa de riesgo, una herramienta que nos permitió otorgar valores a los componentes y así logar identificar el más crítico. Luego con la utilización del FMECA, fue posible conocer los modos de fallos y poder conocer sus efectos y criticidad para luego poder dar una jerarquía y prioridad utilizando un NPR, que básicamente le agrega valor a cada modo de fallo. Para finalizar utilizando el diagrama de decisión del RCM II, el cual nos dará las directrices para tomar decisiones en cuanto a tareas que debemos efectuar en cada modo de fallo. Todo lo mencionado forma parte del proceso de RCM II, el cual fue la guía para este trabajo de título.

La continuación de este trabajo seria, la implementación de este mismo, respetando las pautas e intervalos de intervención del equipo, realizando un seguimiento de los repuestos reemplazados y los recursos utilizados.

Lo recomendable para posteriores análisis en RCM II seria, formar una base de datos de cada falla y subdividir los componentes de cada equipo, no generalizar demasiado los aspectos. De esta manera se tendrá información dura, para poder identificar los sistemas críticos, en los cuales se deberá actuar por medio del RCM II aplicado la herramienta Jackknife.

BIBLIOGRAFIA

- Baldi, Carlos. Apuntes de Planificación y Gestión del Mantenimiento, [diapositivas] UTFSM. Primer semestre 2017.

- Moubray, Jhon. (2004) RCM II, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

- ATLAS COPCO, ROC L8(30) LF Spare Parts Catalogue.

- Atlas Copco, Blast Hole Drilling in Open Pit Mining.

- SAE international, J1739.

ANEXOS

ANEXO 1: INTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO SISTEMA RHS 250 HORAS DE MOTOR

1 ¿Qué trabajo se quiere realizar?

- Inspección de pasadores
- Inspección de desgaste de platina de mordazas

2 ¿Por qué se debe realizar?

- Mantención preventiva del sistema

3 ¿Cuáles son las recomendaciones de Atlas Copco o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

- Inspecciones visuales estructurales.
- Cambio de kit de sellos de cilindros.

4 ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

4.1 Inspección de posición de pasadores

- Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura
- Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3
- Lavado de viga completa con hidro-lavadora.
- Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo.
- Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad
- Revisar posición de pasadores de mordazas y estado de bujes, como lo indica la figura, pasadores números 3 y 6 de la figura 3-1 y pasadores números 17, 16, 4 de figura 3-2, en puerta superior e inferior del carrusel. No debe tener separación entre base y cabeza de pasador y los puntos con lubricación deben tener la presencia de grasa.

4.2 Inspección de desgaste de pletina de mordazas

- Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura
- Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3

- Lavado de viga completa con hidro-lavadora.
- Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo.
- Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad.
- revisión de pletinas de mordazas, desgaste no debe ser superior a 5mm de profundidad.

5 ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

- Traslado de equipo a un lugar seguro y sin interrupciones a la producción
- Posicionamiento del equipo y desmontaje de barras
- Posicionamiento de viga en modo traslado
- Bloqueo de energías bloqueando cortacorrientes.
- Inspección de posición de pasadores.
- Inspección de desgaste de platina de mordazas

6 ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

- Coordinar detención con operaciones

7 ¿Cuándo se debe realizar trabajo?

- Al cumplir con las 250 horas de motor Diesel.

8 ¿Qué repuestos se necesitan?

• PAÑO ABSORBENTE.	10(c/u)
• LUBRICANTE SEP.ANTIADHERENTE AEROSOL HC	1(c/u)

9 ¿Qué herramientas se necesitan?

• Llaves Punta Corona 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36.	2(c/u)
• Dados HEX 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36,38,42,46.	2(c/u)
• Maceta 1 Kg.	2 (c/u)
• Juego de Botadores.	2 (c/u)
• Pie de metro	2 (c/u)
• Barretilla.	2 (c/u)
• Destornillador de paleta	2 (c/u)
• Espátula	2 (c/u)
• Juego de Limas, plana, 1/2 caña, redonda, triangular	2 (c/u)

- Alicate Universal 4 (c/u)
- Caimán 4 (c/u)
- Alicate de Punta 4 (c/u)
- Llave Stillson 18" 2 (c/u)
- Lija grano 400 4 Pliegos
- Tecle de Palanca 2 Ton; 1,5 Ton 2 (c/u)
- Eslingas planas 2 Ton / 1mt, 2mt 3 (c/u)
- Grilletes ¾” 8 (c/u)
- Tecle de Cadena 2 ton 3 (c/u)
- Estrobo 3/8 x 1 mt 4 (c/u)
- Grasera manual 1 (c/u)
- Juego de llaves allen milimétricas 2 (c/u)

10 ¿Qué competencias técnicas requiere el trabajo?

- Hidráulica
- Lubricación
- Mecánica
- Soldadura
- Maquinas Herramientas.

11 ¿Quién o quienes realizaran el trabajo?

- Técnicos de Mantención Tricomin.

12 ¿Quién será el responsable del trabajo?

- Jefe mantención.
- Coordinador mantención.
- Prevencionista Riesgo.
- Técnico mantenedor líder.

13 ¿Como asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo sabrán cómo realizar el trabajo?

- Entregando a técnicos ejecutores del trabajo, procedimientos de Planificación, pautas de Trabajo, Check List, Planos.
- Analizar planificación de trabajo y zonas de intervención junto a técnicos.

14 ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

- Tiempo Disponible inspecciones
  - Horas : 2 horas
  - Turno : 1 turno (de preferencia turno día)

15 ¿En qué horario se realizará el trabajo?

- Sistema de turnos rotativos A y B de 12 horas diarias, turnos de noche y de dia. 7 días trabajo X 7 días descanso

16 ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

- 2 técnicos Mantenedores + 1 coordinador + 1 prevencionista.

17 ¿Como se recepcionará el trabajo?

- Inspección de posición de pasadores. : pauta de trabajo
- Inspección de desgaste de platina de mordazas : pauta de trabajo

Todos los trabajos serán recepcionados en forma de pautas de trabajo junto a observaciones, que incluirán los datos de repuestos utilizados y datos relevantes del equipo y su condición.

18 ¿Qué pruebas se realizarán?

- Se realizarán pruebas funcionales sin carga, para corroborar el correcto movimiento de los componentes cambiados. Luego se probará en funcionamiento llevando a máxima el sistema RHS.

19 ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?

- las pruebas funcionales las realizara un operador del equipo junto al técnico mantenedor líder.

20 ¿Realice un análisis de riesgo de esta actividad (what if)?

- Qué pasa si se encuentran soldaduras dañadas:
  -Reparar con soldadura.
- Qué pasa si pasadores está dañado:
  -Cambiar pasadores.
- Qué pasa si bujes están dañados antes de tiempo:
  -Cambiar buje.
  -Verificar que existe repuesto.

-Verificar movimientos que realiza el operador

- Qué pasa si alojamiento de pasadores en mordazas están dañados

  -Reparar alojamientos con soldadores.

21 ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

- Pauta de Trabajo.
- Bitácoras.
- AST (análisis seguro del trabajo)

22 Aspectos de seguridad

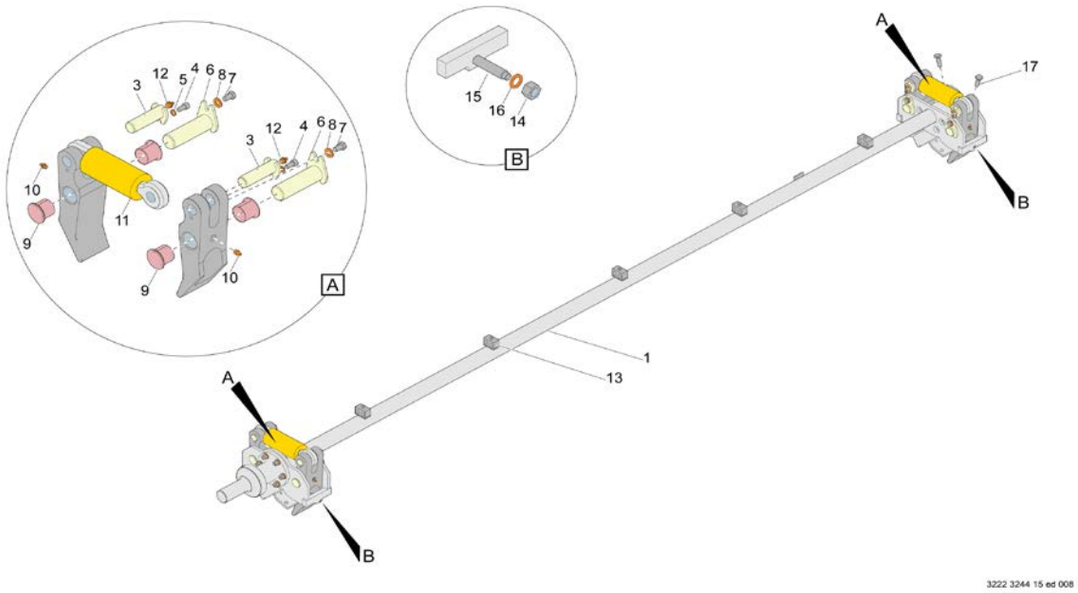
En la realización de tareas de mantenimiento en el equipo perforador, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- No efectúe nunca tareas de servicio o mantenimiento con el equipo perforador en marcha.
- Para evitar lesiones personales durante las tareas de mantenimiento, los componentes que puedan entrar en movimiento deberán fijarse seguramente.
- Asegúrese de que el sistema hidráulico y neumático estén despresurizados antes de comenzar la intervención en los sistemas.
- Todos los mandos de maniobra deberán estar desactivados durante los trabajos de servicio y mantenimiento.
- Cuando se cambian las mangueras hidráulicas, compruebe que se sustituyen por mangueras hidráulicas: con acoplamientos correctamente prensados, de la clase de calidad y dimensiones correctas. Todas las mangueras hidráulicas sometidas a presión tienen acoplamientos prensados
- Al realizar trabajos en altura física sobre 1,8 mts. se debe utilizar elementos de protección anticaídas, como arnés de seguridad, asegurando las colas de vida sobre la cabeza.

23 Figuras de referencia

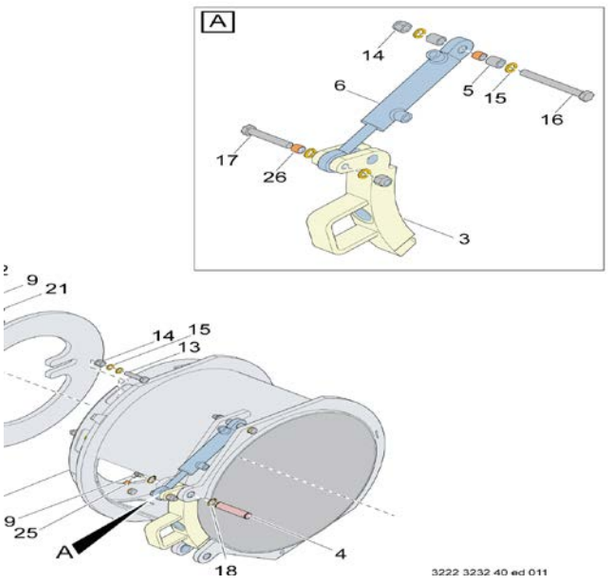
Para poder entender la ubicación de los componentes donde se efectuarán los trabajos, es necesario tener imágenes referenciales, en donde quedara claro el despiece. En las siguientes figuras se puede observar lo indicado en pasos anteriores.

FIGURA 1 GRIPPER



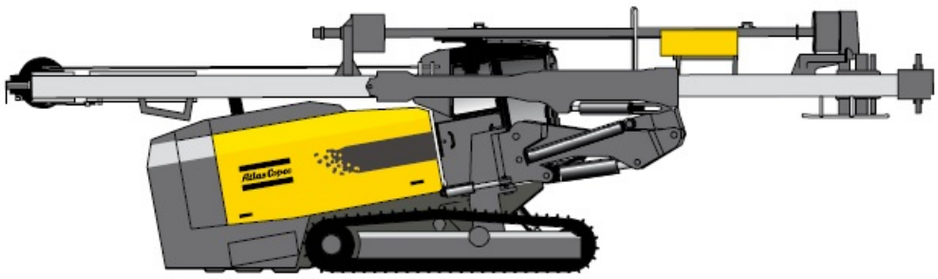
Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

FIGURA 2 MAGAZINE



Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

FIGURA 3 POSICIÓN DE TRASLADO



Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO SISTEMA RHS 500 HORAS DE MOTOR

1 ¿Qué trabajo se quiere realizar?

- Controlar torque de pernos de pasador de pivotes
- Controlar torque de pernos de pasador de cilindros

2 ¿Por qué se debe realizar?

- Mantención preventiva del sistema

3 ¿Cuáles son las recomendaciones de Atlas Copco o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

- Inspecciones visuales estructurales.

4 ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

4.1 Controlar torque de pernos de pasador de pivotes.

- Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura
- Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3
- Lavado de viga completa con hidro-lavadora.
- Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo.
- Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad.
- revisar par de apriete de pernos en pivoteo de mordazas y puertas de carrusel, pernos M12, 8.8 FZB = 73 Nm ±18

4.2 Controlar torque de pernos de pasador de cilindro.

- Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura
- Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3-2
- Lavado de viga completa con hidro-lavadora.
- Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo.
- Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad.
- revisar par de apriete de pernos en pasadores de cilindros de mordazas y puertas de carrusel, pernos M10, 8.8 FZB = 41 Nm ±10 y M12, 8.8 FZB = 73 Nm ±18

5 ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

- Traslado de equipo a un lugar seguro y sin interrupciones a la producción
- Posicionamiento del equipo y desmontaje de barras
- Posicionamiento de viga en modo traslado
- Bloqueo de energías bloqueando cortacorrientes.
- Controlar torque de pernos de pasador de pivotes
- Controlar torque de pernos de pasador de cilindros

6 ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

- Coordinar detención con operaciones

7 ¿Cuándo se debe realizar trabajo?

- Al cumplir con las 500 horas de motor Diesel.

8 ¿Qué repuestos se necesitan?

PAÑO ABSORBENTE.		10(c/u)
LUBRICANTE SEP.ANTIADHERENTE AEROSOL HC		1(c/u)
SCREW, HEX HEAD M 12 X 110 - 8.8 FZB	0147 1417 03	2(c/u)
SCREW, HEX HEAD M 12 X 70 - 8.8 FZB	0147 1409 03	2(c/u)
SPACER	3222 3153 28	4(c/u)
LOCK WASHER 13,0/19,5 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 08	8(c/u)
LOCK NUT M 12 - 8 FZB / ISO 7040	0291 1128 22	4(c/u)
SPACER	3222 3259 67	2(c/u)
FLANGE BUSHING 40/44/55 X 40 WB802WF	0500 4500 24	8(c/u)
LOCK WASHER 13 / 25,4 X 3,7 FZB	0333 5200 09	4(c/u)
SCREW, HEX HEAD M 12 X 20 - 8.8 FZB	0147 1398 03	4(c/u)
LOCK WASHER 10,3/16,6 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 06	4(c/u)
SCREW MC6S M 10 X 20 - 8.8 FZB	0211 1360 03	4(c/u)

9 ¿Qué herramientas se necesitan?

Llaves Punta Corona 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36.	2(c/u)
Dados HEX 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36,38,42,46.	2(c/u)
Maceta 1 Kg.	2 (c/u)
Juego de Botadores.	2 (c/u)
Pie de metro	1 (c/u)

- Barretilla. 2 (c/u)
- Destornillador de paleta 2 (c/u)
- Espátula 2 (c/u)
- Juego de Limas, plana, 1/2 caña, redonda, triangular 2 (c/u)
- Alicate Universal 4 (c/u)
- Caimán 4 (c/u)
- Alicate de Punta 4 (c/u)
- Llave Stillson 18" 2 (c/u)
- Lija grano 400 4 Pliegos
- Tecle de Palanca 2 Ton; 1,5 Ton 2 (c/u)
- Eslingas planas 2 Ton / 1mt, 2mt 3 (c/u)
- Grilletes ¾" 8 (c/u)
- Tecle de Cadena 2 ton 3 (c/u)
- Estrobo 3/8 x 1 mt 4 (c/u)
- Grasera manual 1 (c/u)
- Juego de llaves allen milimétricas 2 (c/u)

10 ¿Qué competencias técnicas requiere el trabajo?

- Hidráulica
- Lubricación
- Mecánica
- Soldadura
- Maquinas Herramientas.

11 ¿Quién o quienes realizaran el trabajo?

- Técnicos de Mantención Tricomin.

12 ¿Quién será el responsable del trabajo?

- Jefe mantención.
- Coordinador mantención.
- Prevencionista Riesgo.
- Técnico mantenedor líder.

13 ¿Como asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo sabrán cómo realizar el trabajo?

- Entregando a técnicos, procedimientos de Planificación, pautas de Trabajo, Check List, Planos.

- Analizar planificación de trabajo y zonas de intervención junto a técnicos.

14 ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

- Horas : 2 horas
- Turno : 1 turno (de preferencia turno día)

15 ¿En qué horario se realizará el trabajo?

- Sistema de turnos rotativos A y B de 12 horas diarias 7 días trabajo X 7 días descanso

16 ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

- 2 técnicos Mantenedores + 1 coordinador + 1 prevencionista.

17 ¿Como se recepcionará el trabajo?

- Controlar torque de pernos de pasador de pivotes : pauta de trabajo
- Controlar torque de pernos de pasador de cilindros : pauta de trabajo

Todos los trabajos serán recepcionados en forma de pautas de trabajo junto a observaciones, que incluirán los datos de repuestos utilizados y datos relevantes del equipo y su condición.

18 ¿Qué pruebas se realizarán?

- Se realizarán pruebas funcionales sin carga, para corroborar el correcto movimiento de los componentes cambiados. Luego se probará en funcionamiento llevando a máxima carga los cilindros del RHS

19 ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?

- las pruebas funcionales las realizara un operador del equipo junto al técnico mantenedor líder.

20 ¿Realice un análisis de riesgo de esta actividad (what if)?

- Qué pasa si se encuentran soldaduras dañadas:
  -Reparar con soldadura.
- Qué pasa si pasadores está dañado:
  -Cambiar pasadores.
- Qué pasa si bujes están dañados antes de tiempo:

-Cambiar buje.

-Verificar que existe repuesto.

-Verificar movimientos que realiza el operador

- Qué pasa si alojamiento de pasadores en mordazas están dañados

-Reparar alojamientos con soldadores.

21 ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

- Pauta de Trabajo.
- Bitácoras.
- AST (análisis seguro del trabajo)

22 Aspectos de seguridad

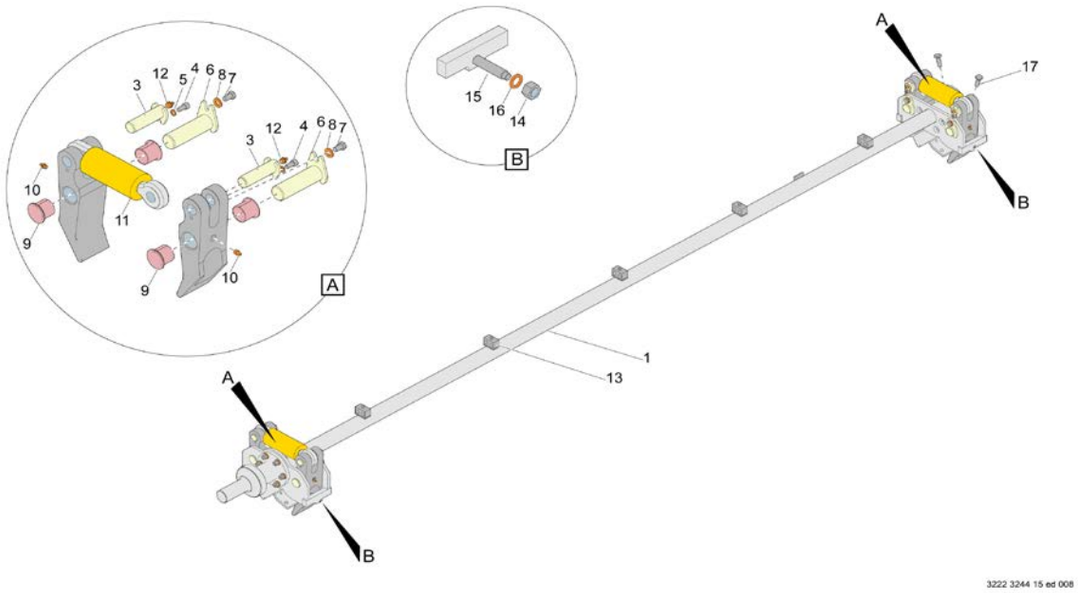
En la realización de tareas de mantenimiento en el equipo perforador, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- No efectúe nunca tareas de servicio o mantenimiento con el equipo perforador en marcha.
- Para evitar lesiones personales durante las tareas de mantenimiento, los componentes que puedan entrar en movimiento deberán fijarse seguramente.
- Asegúrese de que el sistema hidráulico y neumático estén despresurizados antes de comenzar la intervención en los sistemas.
- Todos los mandos de maniobra deberán estar desactivados durante los trabajos de servicio y mantenimiento.
- Cuando se cambian las mangueras hidráulicas, compruebe que se sustituyen por mangueras hidráulicas: con acoplamientos correctamente prensados, de la clase de calidad y dimensiones correctas. Todas las mangueras hidráulicas sometidas a presión tienen acoplamientos prensados
- Al realizar trabajos en altura física sobre 1,8 mts. se debe utilizar elementos de protección anticaídas, como arnés de seguridad, asegurando las colas de vida sobre la cabeza.

23 Figuras de referencia

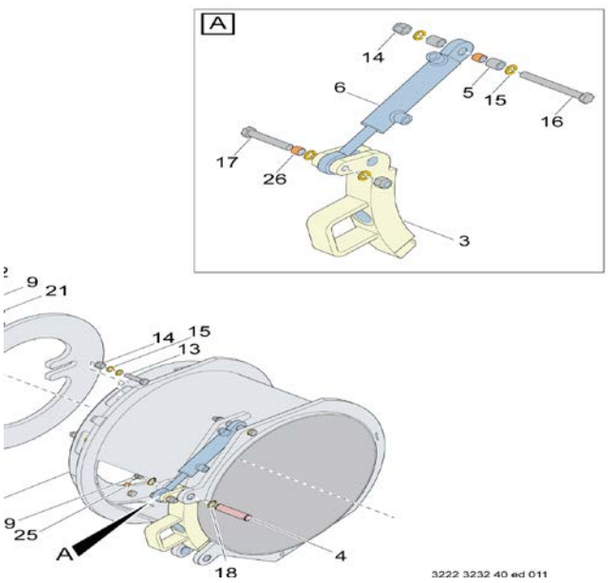
Para poder entender la ubicación de los componentes donde se efectuarán los trabajos, es necesario tener imágenes referenciales, en donde quedara claro el despiece. En las siguientes figuras se puede observar lo indicado en pasos anteriores.

FIGURA 1 GRIPPER.



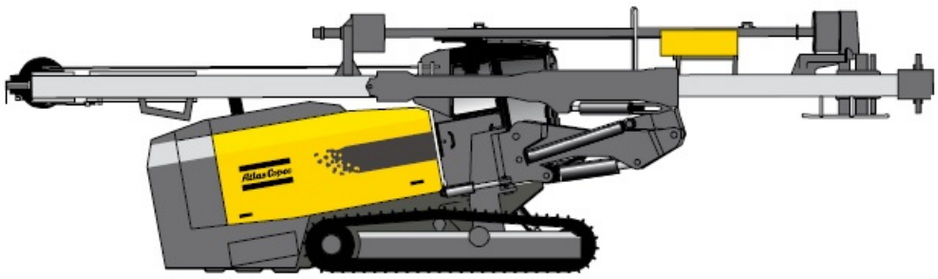
Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

FIGURA 2 MAGAZINE.



Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

FIGURA 3 POSICIÓN DE TRASLADO.



Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO SISTEMA RHS 3000 HORAS DE MOTOR

1 ¿Qué trabajo se quiere realizar?

- Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS
- Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel.

2 ¿Por qué se debe realizar?

- Mantención preventiva del sistema

3 ¿Cuáles son las recomendaciones de Atlas Copco o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

- Inspecciones visuales estructurales.
- Cambio de kit de sellos de cilindros.

4 ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

4.1 Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS.

- Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura
- Desmontar barras de posición de perforación y guardar en carrusel
- Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3
- Lavado de viga completa con hidro-lavadora.
- Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo.
- Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad.
- Desmontar flexibles hidráulicos lado pistón y lado vástago, utilizando tapones JIC talla 6 (dos hembras y dos machos).
- Desmontar pernos de pasadores M10, 8.8 FZB
- Desmontar pasadores utilizando botador y martillo.
- Retirar cilindro y montar nuevo
- Instalar pasadores
- Montar pernos M10, 8.8 FZB, de sujeción par de apriete 41 Nm ±10.

4.2 Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel.

- Traslado de equipo a un lugar seguro, lejos de la pared del banco de perforación y zona de tronadura
- Desmontar barras de posición de perforación y guardar en carrusel

- Posicionamiento de viga en modo traslado como se indica en la figura 3
- Lavado de viga completa con hidro-lavadora.
- Bloqueo de sistema eléctrico en cortacorriente usando candado personal de bloqueo y chequear energía cero en pantalla RCS en cabina del equipo.
- Subir a viga en posición horizontal con arnés se seguridad.
- Atrincar barras de carrusel con eslingas de amarre con chicharra o con tecle de 2000 kg.
- Desmontar flexibles hidráulicos lado pistón y lado vástago, utilizando tapones JIC talla 4 (dos hembras y dos machos).
- Desmontar pernos de pasadores M12, 8.8 FZB.
- Retirar cilindro y montar nuevo.
- Instalar pernos M12, 8.8 FZB, par de apriete 73 Nm ±18.

5 ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

- Traslado de equipo a un lugar seguro y sin interrupciones a la producción
- Posicionamiento del equipo y desmontaje de barras
- Posicionamiento de viga en modo traslado
- Bloqueo de energías bloqueando cortacorrientes.
- Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS.
- Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel.

6 ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

- Verificar repuestos en bodega
- Retiro de repuestos desde bodega
- Coordinar detención con operaciones

7 ¿Cuándo se debe realizar trabajo?

- Al cumplir con las 3000 horas de motor Diesel.

8 ¿Qué repuestos se necesitan?

• PAÑO ABSORBENTE.		10(c/u)
• LUBRICANTE SEP.ANTIADHERENTE AEROSOL HC		1(c/u)
• HYDR. CYLINDER	3222 3139 59	2(c/u)
• SCREW, HEX HEAD M 12 X 110 - 8.8 FZB	0147 1417 03	2(c/u)
• SCREW, HEX HEAD M 12 X 70 - 8.8 FZB	0147 1409 03	2(c/u)
• SPACER	3222 3153 28	4(c/u)
• LOCK WASHER 13,0/19,5 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 08	8(c/u)

- LOCK NUT M 12 - 8 FZB / ISO 7040 0291 1128 22 4(c/u)
- SPACER 3222 3259 67 2(c/u)
- HYDR. CYLINDER 3222 3142 91 2(c/u)
- FLANGE BUSHING 40/44/55 X 40 WB802WF 0500 4500 24 8(c/u)
- GREASE NIPPLE ISO 7 - R 1/8 TYPE AH 0544 2162 00 4(c/u)
- LOCK WASHER 13 / 25,4 X 3,7 FZB 0333 5200 09 4(c/u)
- SCREW, HEX HEAD M 12 X 20 - 8.8 FZB 0147 1398 03 4(c/u)
- LOCK WASHER 10,3/16,6 X 2,6 HRC50 FZB 3315 0195 06 4(c/u)
- SCREW MC6S M 10 X 20 - 8.8 FZB 0211 1360 03 4(c/u)
- GREASE NIPPLE AH G 1/4 SMS 1585 0544 2153 00 4(c/u)

9 ¿Qué herramientas se necesitan?

- Llaves Punta Corona 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36. 2(c/u)
- Dados HEX 10,11,12,13,14,17,19,22,24,30,32,36,38,42,46. 2(c/u)
- Maceta 1 Kg. 2 (c/u)
- Juego de Botadores. 2 (c/u)
- Cincel. 2 (c/u)
- Barretilla. 2 (c/u)
- Destornillador de paleta 2 (c/u)
- Espátula 2 (c/u)
- Juego de Limas, plana, 1/2 caña, redonda, triangular 2 (c/u)
- Alicate Universal 4 (c/u)
- Caimán 4 (c/u)
- Alicate de Punta 4 (c/u)
- Llave Stillson 18" 2 (c/u)
- Lija grano 400 4 Pliegos
- Tecle de Palanca 2 Ton; 1,5 Ton 2 (c/u)
- Eslingas planas 2 Ton / 1mt, 2mt 3 (c/u)
- Grilletes ¾” 8 (c/u)
- Tecle de Cadena 2 ton 3 (c/u)
- Estrobo 3/8 x 1 mt 4 (c/u)
- Grasera manual 1 (c/u)
- Juego de llaves allen milimétricas 2 (c/u)
- Pie de metro 1(c/u)

10 ¿Qué competencias técnicas requiere el trabajo?

- Hidráulica
- Lubricación
- Mecánica

- Soldadura
- Maquinas Herramientas.
- Maniobras > 0,5 ton
- Desmontaje/montaje equipos mecánicos

11 ¿Quién o quienes realizaran el trabajo?

- Técnicos de Mantención Tricomin.

12 ¿Quién será el responsable del trabajo?

- Jefe mantención.
- Coordinador mantención.
- Prevencionista Riesgo.
- Técnico mantenedor líder.

13 ¿Como asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo sabrán cómo realizar el trabajo?

- Entregando a técnicos, procedimientos de Planificación, pautas de Trabajo, Check List, Planos.
- Analizar planificación de trabajo y zonas de intervención junto a técnicos.

14 ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

- Horas : 4 horas
- Turnos: 1 tuno

15 ¿En qué horario se realizará el trabajo?

- Sistema de turnos rotativos A y B de 12 horas dia y noche, 7 días trabajo X 7 días descanso

16 ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

- 2 técnicos Mantenedores + 1 coordinador + 1 prevencionista.

17 ¿Como se recepcionará el trabajo?

- Reemplazo de cilindros hidráulicos de mordazas RHS : pauta de trabajo
- Reemplazo de cilindros hidráulicos puertas de carrusel : pauta de trabajo

Todos los trabajos serán recepcionados en forma de pautas de trabajo junto a observaciones, que incluirán los datos de repuestos utilizados y datos relevantes del equipo y su condición.

18 ¿Qué pruebas se realizarán?

- Se realizarán pruebas funcionales sin carga, para corroborar el correcto movimiento de los componentes cambiados. Luego se probará en funcionamiento llevando a máxima carga los cilindros.

19 ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?

- las pruebas funcionales las realizara un operador del equipo junto al técnico mantenedor líder.

20 ¿Realice un análisis de riesgo de esta actividad (what if)?

- Qué pasa si se encuentran soldaduras dañadas:
  -Reparar con soldadura.
- Qué pasa si pasadores está dañado:
  -Cambiar pasadores.
- Qué pasa si bujes están dañados antes de tiempo:
  -Cambiar buje.
  -Verificar que existe repuesto.
  -Verificar movimientos que realiza el operador
- Qué pasa si alojamiento de pasadores en mordazas están dañados
  -Reparar alojamientos con soldadores.

21 ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

- Pauta de Trabajo.
- Bitácoras.
- AST (análisis seguro del trabajo)

22 Aspectos de seguridad

En la realización de tareas de mantenimiento en el equipo perforador, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

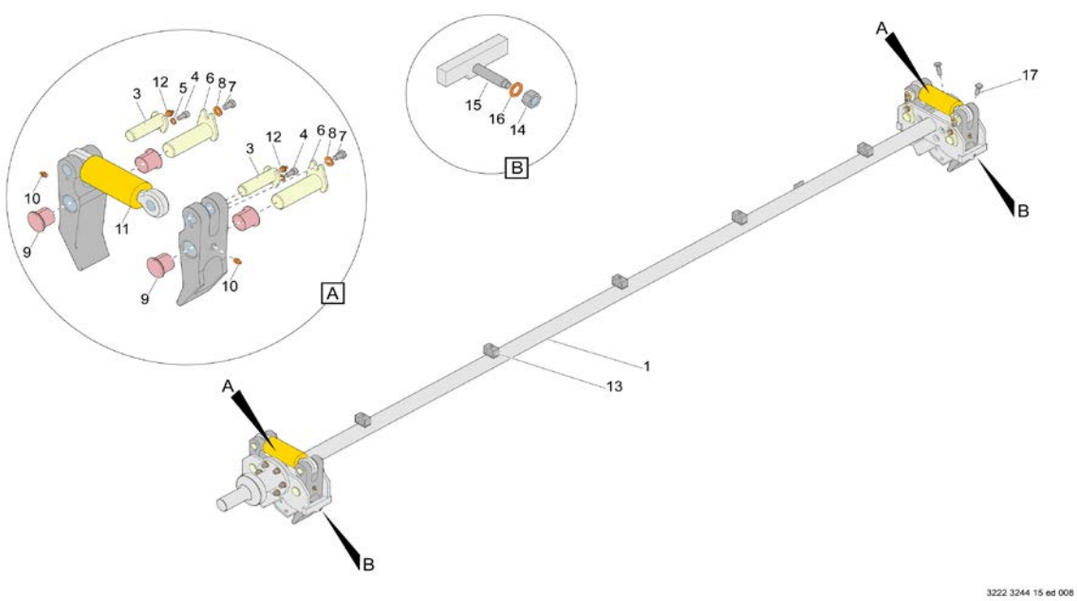
- No efectúe nunca tareas de servicio o mantenimiento con el equipo perforador en marcha.
- Para evitar lesiones personales durante las tareas de mantenimiento, los componentes que puedan entrar en movimiento deberán fijarse seguramente.

- Asegúrese de que el sistema hidráulico y neumático estén despresurizados antes de comenzar la intervención en los sistemas.
- Todos los mandos de maniobra deberán estar desactivados durante los trabajos de servicio y mantenimiento.
- Cuando se cambian las mangueras hidráulicas, compruebe que se sustituyen por mangueras hidráulicas: con acoplamientos correctamente prensados, de la clase de calidad y dimensiones correctas. Todas las mangueras hidráulicas sometidas a presión tienen acoplamientos prensados
- Al realizar trabajos en altura física sobre 1,8 mts. se debe utilizar elementos de protección anticaídas, como arnés de seguridad, asegurando las colas de vida sobre la cabeza.

23 Figuras de referencia

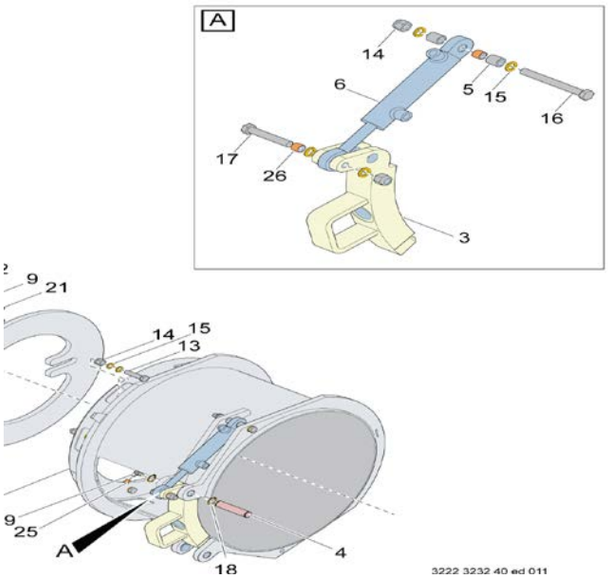
Para poder entender la ubicación de los componentes donde se efectuarán los trabajos, es necesario tener imágenes referenciales, en donde quedara claro el despiece. En las siguientes figuras se puede observar lo indicado en pasos anteriores.

FIGURA 1 GRIPPER



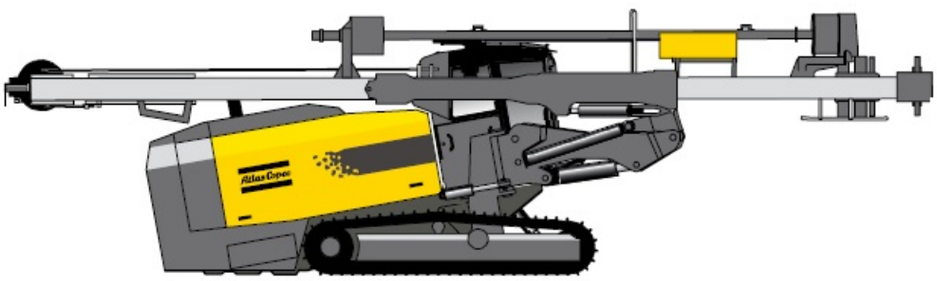
Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

FIGURA 2 MAGAZINE



Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

FIGURA 3 POSICIÓN DE TRASLADO



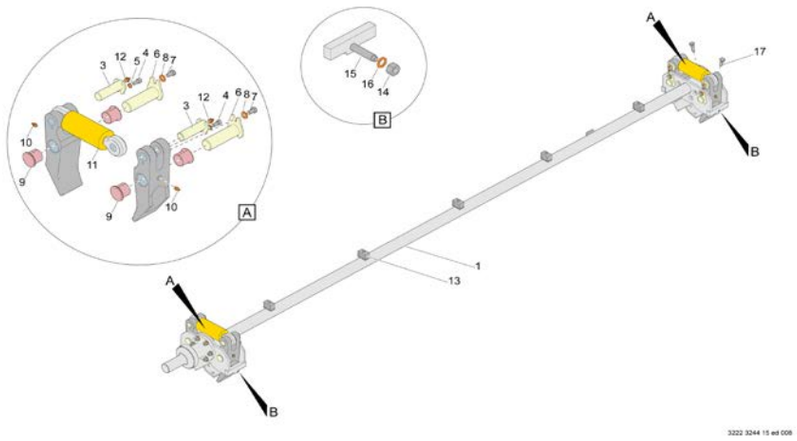
Fuente, spare parts roc l8 (30) Atlas Copco.

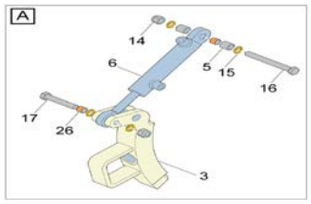
ANEXO 2: PAUTAS DE MANTENCION

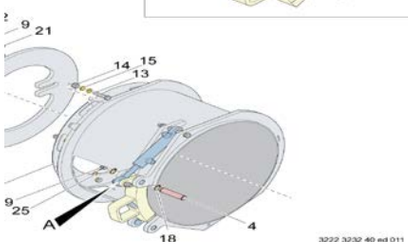
PAUTA DE 250 HORAS MOTOR

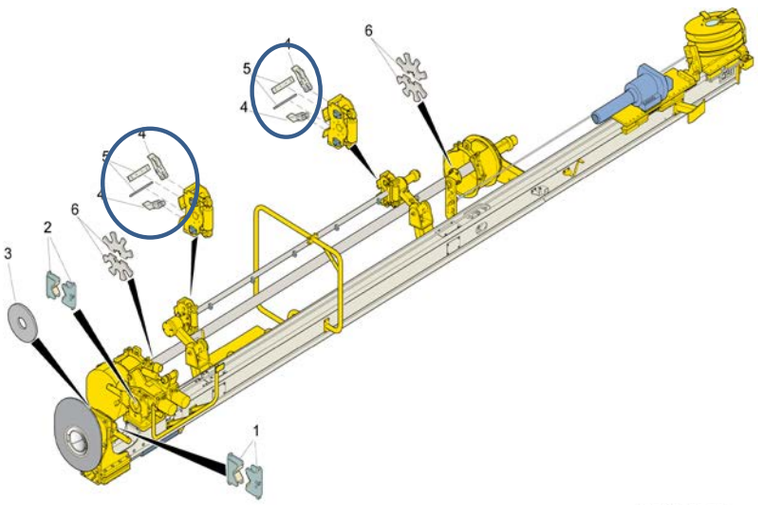
PAUTA DE MANTENCIÓN SISTEMA RHS **PERFORADORA ROC L8 (30)** INSPECCION 250 horas					
N° DEL EQUIPO		**FECHA**			
NÚMERO SERIE		**TURNO**			
HORÓMETRO MOTOR		**TIEMPO DETENSION**	**2 HORAS**		
HORÓM. PERCUSIÓN					
PERSONAL ASIGNADO					
EQUIPO DEBE ENCONTRARSE SIN BARRA Y UNIDAD EN PARTE SUPERIOR, VIGA EN POSICION DE TRASLADO					
DESARROLLE AST DE TRABAJO					
Item	**SISTEMA O COMPONENTE**	**N° Parte**	**Cantidad**	**O.K.**	**Nombre del Tecnico**
1	**PROTOCOLO**				
1.1	REVISAR BITÁCORA DEL EQUIPO				
2	**INSPECCION DE DESGASTE DE PLATINA MORDAZAS Y PASADORES MORDAZAS Y PUERTA CARRUSEL**				
2.1	BLOQUEO DE SISTEMA ELECTRICO				
2.2	CHEQUEO DE ENERGIA CERO EN PANTALLA RCS				
2.3	REVISAR PERNOS DE PASADORES DE MORDAZAS				
2.4	REVISAR PASADORES DE MORDAZAS				
2.5	REVISAR BUJES EN PASADORES DE MORDAZAS				
2.6	REVISAR PASADORES EN PUERTAS DE CARRUSEL				
2.7	REVISAR ESTADO DE ESPACIADORES EN PASADORES DE CARRUSEL				
2.8	REVISAR PLATINAS DE MORDAZAS, DESGASTE NO SUPERIOR A 5 mm DE PROFUNDIDAD.				
3	**SISTEMA DE LUBRICACION**				
3.1	CHEQUEO ESTADO DE PUNTOS DE ENGRASE AUTOMATICO, Y PRESENCIA DE GRASA				
3.2					
4	**HEQUEO DE NIVELES ANTES DE PONER EN MARCHA MOTO**				
4.1	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE MOTOR.				
4.2	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE COMPRESOR.				
4.3	CHEQUEAR NIVEL DE COMBUSTIBLE.				
4.4	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE ESTANQUE HIDRÁULI				
4.5	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE MARTILLO.				
4.6	CHEQUEAR NIVEL DE REFRIGERANTE DE MOTOR.				
4.7	CHEQUEAR NIVELES DE DEPÓSITOS DE GRASAS.				
5	**LUBRICACIÓN DE ENGRASE GENERAL**				
5.1	ENGRASAR PUNTOS VARIOS DE VIGA				
5.2	ENGRASR PUNTOS VARIOS DE BRAZO.				
5.3	ENGRASAR EJE PIVOTE				
5.4	ENGRASAR CARRUSEL				
5.5	CHEQUEAR SISTEMA DE ENGRASE BARRAS				
5.6	CHEQUEAR NIVEL DE DEPÓSITO DE GRASA, INYECTORES Y FLEXIBLES.				
MANTENEDOR RESPONSABLE EN EJECUCIÓN DE PAUTA		**JEFE DE TURNO**			
Observaciones:		**Observaciones:**			
Nombre y Firma		**Nombre y Firma**			

FIGURAS REFERENCIALES DE PUNTOS DE INSPECCION







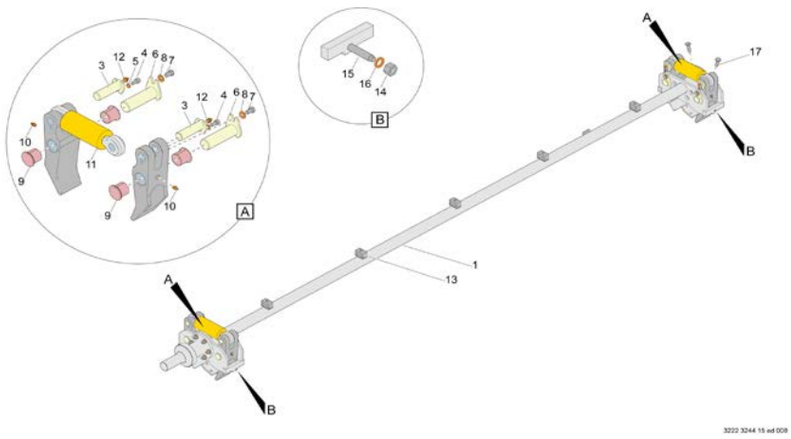


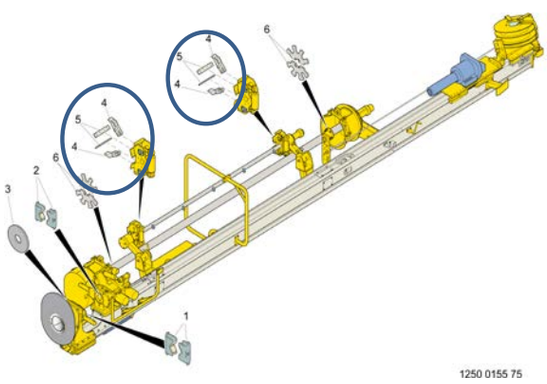
PAUTA DE 500 HORAS MOTOR

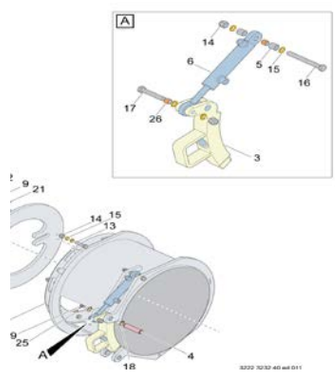
PAUTA DE MANTENCIÓN SISTEMA RHS **PERFORADORA ROC L8 (30)** INSPECCION 500 horas					
N° DEL EQUIPO		**FECHA**			
NÚMERO SERIE		**TURNO**			
HORÓMETRO MOTOR		**TIEMPO DETENSION**	**2 HORAS**		
HORÓM. PERCUSIÓN					
PERSONAL ASIGNADO					
EQUIPO DEBE ENCONTRARSE SIN BARRA Y UNIDAD EN PARTE SUPERIOR, VIGA EN POSICION DE TRASLADO					
DESARROLLE AST DE TRABAJO					
Item	**SISTEMA O COMPONENTE**	**N° Parte**	**Cantidad**	**O.K.**	**Nombre del Tecnico**
1	**PROTOCOLO**				
1.1	REVISAR BITÁCORA DEL EQUIPO				
2	**INSPECCION DE DESGASTE DE PLATINA MORDAZAS Y PASADORES MORDAZAS Y PUERTA CARRUSEL**				
2.1	BLOQUEO DE SISTEMA ELECTRICO				
2.2	CHEQUEO DE ENERGIA CERO EN PANTALLA RCS				
2.3	REVISAR PERNOS DE PASADORES DE MORDAZAS				
2.4	REVISAR PASADORES DE MORDAZAS				
2.5	REVISAR BUJES EN PASADORES DE MORDAZAS				
2.6	REVISAR PASADORES EN PUERTAS DE CARRUSEL				
2.7	REVISAR ESTADO DE ESPACIADORES EN PASADORES DE CARRUSEL				
2.8	REVISAR PLATINAS DE MORDAZAS, DESGASTE NO SUPERIOR A 5 mm DE PROFUNDIDAD.				
3	**CHEQUEO DE PAR DE APRIETE PERNOS PASADORES**				
3.1	EVISAR PAR DE APRIETE PERNOS PASADOR PIVOTE MORDAZA	M12, 8.8 FZB	73Nm±18		
3.2	REVISAR PAR DE APRIETE PERNOS PIVOTE PUERTA CARRUSEL	M12, 8.8 FZB	73Nm±19		
3.3	REVISAR PAR DE APRIETE PERNOS PASADOR CILINDRO MORDAZAS	M10, 8,8 FZB	41Nm±10		
3.4	REVISAR PAR DE APRIETE PERNOS PASADOR CILINDRO PUERTA CARRUSEL	M12, 8.8 FZB	73Nm±19		
4	**SISTEMA DE LUBRICACION**				
4.1	CHEQUEO ESTADO DE PUNTOS DE ENGRASE AUTOMATICO, Y PRESENCIA DE GRASA				
5	**HEQUEO DE NIVELES ANTES DE PONER EN MARCHA MOTO**				
5.1	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE MOTOR.				
5.2	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE COMPRESOR.				
5.3	CHEQUEAR NIVEL DE COMBUSTIBLE.				
5.4	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE ESTANQUE HIDRÁULIC				
5.5	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE DE MARTILLO.				
5.6	CHEQUEAR NIVEL DE REFRIGERANTE DE MOTOR.				
5.7	CHEQUEAR NIVELES DE DEPÓSITOS DE GRASAS.				
6	**LUBRICACIÓN DE ENGRASE GENERAL**				
6.1	ENGRASAR PUNTOS VARIOS DE VIGA				
6.2	ENGRASR PUNTOS VARIOS DE BRAZO.				
6.3	ENGRASAR EJE PIVOTE				
6.4	ENGRASAR CARRUSEL				
6.5	CHEQUEAR SISTEMA DE ENGRASE BARRAS				
6.6	CHEQUEAR NIVEL DE DEPÓSITO DE GRASA, INYECTORES Y FLEXIBLES.				

MANTENEDOR RESPONSABLE EN EJECUCIÓN DE PAUTA	JEFE DE TURNO
Observaciones:	**Observaciones:**
Nombre y Firma	**Nombre y Firma**

FIGURAS REFERENCIALES DE PUNTOS DE INSPECCION







PAUTA DE 3000 HORAS MOTOR

PAUTA DE MANTENCIÓN SISTEMA RHS PERFORADORA ROC L8 (30) MANTENIMIENTO 3000 horas			
N° DEL EQUIPO		FECHA	
NÚMERO SERIE		TURNO	
HORÓMETRO MOTOR		TIEMPO DETENSION	4 HORAS
HORÓM. PERCUSIÓN			
PERSONAL ASIGNADO			
QUIPO DEBE ENCONTRARSE LAVADO, SIN BARRA, UNIDAD EN PARTE SUPERIOR Y VIGA EN POSICION DE TRASLAD			
DESARROLLE AST DE TRABAJO			

Item	SISTEMA O COMPONENTE	N° Parte	Cantidad	O.K.	Nombre del Tecnico
1	PROTOCOLO				
1.1	REVISAR BITÁCORA DEL EQUIPO				
2	REEMPLAZO DE CILINDROS HIDRAULICOS DE MORDAZAS SUPERIOR E INFERIOR RHS				
2.1	BLOQUEO DE SISTEMA ELECTRICO				
2.2	CHEQUEO DE ENERGIA CERO EN PANTALLA RCS				
2.3	CAMBIAR CILINDROS				
2.4	CAMBIAR BUJES				
2.5	CAMBIAR PASADORES				
2.6	CAMBIO PERNOS M10, 8.8 FZB				
2.7	CAMBIO PERNOS M12, 8.8 FZB				
3	REEMPLAZO DE CILINDROS HIDRAULICOS DE PUERTAS DE CARRUSEL				
3.1	CAMBIAR CILINDROS				
3.2	CAMBIAR BUJES				
3.3	CAMBIO PERNOS PASADORES				
3.4	PAR APRIETE PERNOS M12, 8.8 FZB				
4	REPUESTOS ASOCIADOS				
4.1	HYDRAULIC CILYNDER	3222 3139 59	2		
4.2	SCREW, HEX. HEAD M 12 X 110 - 8.8 FZB	0147 1417 03	2		
4.3	SCREW, HEX. HEAD M 12 X 70 8.8 FZB	0147 1409 03	2		
4.4	SPACER	3222 3153 28	4		
4.5	LOCK WASHER 13,0/19,5 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 08	8		
4.6	LOCK NUT M12, 8 FZB/ ISO 7040	0291 1128 22	4		
4.7	SPACER	3222 3259 67	2		
4.8	HYDRAULIC CILYNDER	3222 3142 91	2		
4.9	FLANGE BUSHING 40/44/55 X 40 WB802WF	0500 4500 24	8		
4.10	GREASE NIPPLE ISO 7-R1/8 TYPE AH	0544 2162 00	4		
4.11	LOCK WASHER 13,0/25,4 X 3,7 HRC50 FZB	0333 5200 09	4		
4.12	SCREW, HEX. HEAD M12 X 20 8.8 FZB	0147 1398 03	4		
4.13	LOCK WASHER 10,3/16,6 X 2,6 HRC50 FZB	3315 0195 06	4		
4.14	SCREW MC6S M10 X 20 , 8.8 FZB	0211 1360 03	4		
4.15	GREASE NIPPLE G 1/4 SMS 1585 TYPE AH	0544 2153 00	4		

MANTENEDOR RESPONSABLE EN EJECUCIÓN DE PAUTA	JEFE DE TURNO
Observaciones:	Observaciones:
Nombre y Firma	Nombre y Firma