



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Tesis:

“Propuesta técnica para implementar un plan de mantenimiento preventivo de la perforadora Jumbo Troidon 55XP para mejorar su disponibilidad en una mina subterránea para el año 2020”

Elvis Orlando Osorio Lara

Para Obtener el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Asesor: Lorenzo Alberto Florián Ayllón

Lima – Perú
2020

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en el camino correcto para cumplir mis objetivos.

A mi hija Valentina Alessia por ser el gran motivo de seguir luchando por mis metas.

A Judith mi compañera de batalla por estar siempre apoyándome.

A mi madre Susana y todos mis hermanos por siempre motivarme en los caminos más difíciles.

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de investigación agradezco a Dios por darme salud para seguir y poder lograr mis objetivos.

A los maestros de la Universidad Tecnología del Perú por preocuparse en desarrollar los conocimientos apropiados para sumar en el desarrollo de país.

RESUMEN

La disponibilidad de los equipos en toda actividad minera es crucial porque esta se realiza las 24 horas del día y los 365 días del año. La disponibilidad depende en muchos casos de la efectividad en el mantenimiento correctivo y preventivo.

La presente investigación tiene como objetivo de mejorar la disponibilidad de la perforadora Jumbo Troidon 55XP proponiendo la implementación del mantenimiento preventivo de dicha perforadora para su utilización en una mina subterránea debido a que en la empresa Lincuna S.A.C. solo se realiza el mantenimiento correctivo. El tipo de investigación para esta tesis es aplicada, el diseño para esta investigación es no experimental, el método a usar durante esta investigación es cualitativo.

La tesis consta de cuatro capítulos en la cual se detallan:

En el capítulo 1; se define el problema que motiva la investigación presentando el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y las limitaciones.

En el capítulo 2; se muestran los antecedentes de la investigación y el marco teórico para realizar el diseño del plan de mantenimiento preventivo de la perforadora.

En el capítulo 3; se describe la metodología de la solución del problema, mostrando el plan de mantenimiento preventivo con las actividades y los tiempos correspondientes al mantenimiento de cada componente de la perforadora, también se detallan los formatos en las cuales se controla cada actividad y se comparan los

resultados que se proyecta obtener versus lo que se tiene antes de la puesta en marcha del plan de mantenimiento.

En el capítulo 4; se comprende en el análisis de los resultados que se obtendrían a través de indicadores como eficiencia operativa, disponibilidad mecánica y la utilización. Los resultados finales de la presente investigación muestran un incremento de la disponibilidad de la perforadora permitiendo además que el mantenimiento correctivo sea programado evitando así las paradas imprevistas; indirectamente también afecta el costo del mantenimiento y el incremento de los ingresos de la actividad productiva.

ÍNDICE

RESUMEN	iii
INTRODUCCION	ix
NOMENCLATURA	xi
ABREVIATURAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
GLOSARIO	xvii
LISTA DE TABLAS	xix
CAPÍTULO 1	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	1
1.1. Planteamiento del problema.	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos.	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.	2
1.4. Justificación e importancia.....	3
1.5. Limitaciones.	3
CAPÍTULO 2	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8

2.2.	Bases teóricas.	10
2.2.1.	Disponibilidad	10
2.2.2.	Mantenimiento general	11
2.2.3.	Mantenimiento en RCM	12
2.2.4.	Tipos de mantenimiento	16
2.2.5.	Indicadores de mantenimiento	23
2.2.6.	Historial de mantenimiento	25
2.2.7.	Análisis de criticidad	25
2.2.8.	Costo de mantenimiento	26
2.2.9.	Software de mantenimiento	28
2.2.10.	Gestión de calidad	32
2.2.11.	Gestión de seguridad	33
2.2.12.	Gestión de capacitación	34
2.2.13.	Gestión de operaciones.....	36
2.2.14.	Perforadoras mecanizadas (Jumbo)	37
2.2.15.	Equipo Jumbo Troidon 55XP	43
2.2.16.	Sistema y sus componentes principales del Jumbo Troidon 55XP	47
2.2.17.	Principio de operación de un Jumbo Troidon 55XP.....	53
2.2.18.	Diagrama de Pareto.....	63
2.2.19.	Diagrama de Ishikawa	64
2.2.20.	Las 5´s.....	64
	CAPÍTULO 3	66
	METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.	66
3.1.	Análisis situacional.....	66
3.1.1.	La Empresa	66
3.1.2.	Visión.....	67

3.1.3.	Misión	67
3.1.4.	Matriz Foda.....	67
3.1.5.	Organigrama de la empresa	68
3.1.6.	Organigrama del área de mantenimiento.....	69
3.1.7.	Diagrama general de procesos de la empresa Lincuna S.A.C.....	70
3.1.8.	Descripción del diagrama general de procesos de la empresa.....	70
3.1.9.	Esquema de procesos del área de mantenimiento.....	72
3.1.10.	Especificaciones técnicas Jumbo Troidon 55XP.....	75
3.2.	Determinación del problema	78
3.3.	Determinación de la causa del problema.	84
3.3.1.	Diagrama de Pareto	84
3.3.2.	Análisis de la causa raíz que generan el problema. (diagrama de Ishikawa)	86
3.4.	Solución del problema.....	89
3.4.1.	Recomendación de ajuste y lubricacion en partes criticas	89
3.4.2.	Metodologia de plan de mantenimiento preventivo.....	92
3.4.3.	Cronograma de mantenimiento preventivo	96
3.4.4.	Formatos de implementacion para el plan propuesto	100
3.4.5.	Macros de programacion y cumplimiento de mantenimiento preventivo... ..	109
3.4.6.	Macros de indicadores de mantenimiento (disponibilidad mecanica, utilizacion y efeciencia operativa	111
CAPÍTULO 4		113
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....		113
4.1.	Análisis de resultados en relación con las variables de estudio.....	113
4.1.1.	Resultado general de indicadores de mantenimiento.....	114
4.1.2.	MTBF (Tiempo medio entre fallas).	115

4.1.3.	Disponibilidad mecánica de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP	116
4.1.4.	Eficiencia operativa de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP.....	117
4.1.5.	Utilización de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP	118
4.2.	Análisis económico-financieros.....	119
4.2.1.	Inversión.....	119
4.2.2.	Rentabilidad de la inversión.....	123
4.2.3.	Análisis de la rentabilidad del proyecto	126
4.2.4.	Conclusión de análisis financiero.	127
4.3.	Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación.	127
CONCLUSIONES.....		134
RECOMENDACIONES		136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		137
ANEXO 1: Cartillas de mantenimiento preventivo (Percusión)		139
ANEXO 2: Cartillas de mantenimiento preventivo (Diesel)		141
ANEXO 3: Cartillas de mantenimiento preventivo (Compresora)		143
ANEXO 4: Cotizaciones de los cursos de mantenimiento		145
ANEXO 5: Cotización de herramientas.....		147
ANEXO 6: Guía de aceite y lubricante.....		149
ANEXO 7: Tabla de torque de pernos		151
ANEXO 8: Formulario rutinario		153
ANEXO 9: Check list de control diario		155
ANEXO 10: Cartilla de engrase diario		157
ANEXO 11: Peroradora tipo Jumbo Troidon 55XP		159

INTRODUCCIÓN

El costo del mantenimiento es una inversión que se tiene que realizar para que la maquinaria que será reparada sea más rentable en la producción de la empresa.

Demasiadas operaciones mineras están simplemente preocupándose de su producción dejando de lado el mantenimiento de sus equipos; las inspecciones se realizan de forma irregular, y las reparaciones se producen solo después de que se descomponen un activo en la flota de equipos. Cada hora en que una máquina está fuera de servicio por mantenimiento o reparación es una hora durante la cual no está perforando, acarreando o excavando, y ese tiempo de inactividad es generalmente más largo para fallas importantes. Mientras tanto, ese equipo también se está depreciando en valor. Minimizar el tiempo de inactividad mediante una rutina de mantenimiento proactivo puede ayudar a maximizar las ganancias.

Los efectos del mantenimiento preventivo permiten identificar si los mantenimientos correctivos o programados se tendrán que ejecutar en los plazos establecidos en los manuales del fabricante.

Esto significa que el tiempo de inactividad ocurrirán en un horario confiable (antes de una falla del equipo) en lugar de en una base impredecible o cuando llega una orden de trabajo para reparaciones.

Las inspecciones de rutina ayudan a identificar anomalías en los equipos antes de que se vuelvan catastróficas. Si las tasas de falla son demasiado altas, el programa de inspección puede acelerarse para compensar. Al analizar los datos históricos de toda una flota de máquinas, e incluso máquina por máquina, los gerentes de mantenimiento pueden identificar patrones de fallas de equipos y programar inspecciones y reparaciones de manera más regular, extendiendo la vida útil de su inversión de capital en equipos a todos los niveles de operación.

Los sistemas que incorporan comentarios del operador pueden ayudar a ajustar la inspección y los programas de mantenimiento preventivo. Los operadores en el terreno están realizando sus propias inspecciones previas y posteriores a la operación, y saben mejor que la mayoría cuándo comienzan a ocurrir cambios en los equipos.

El propósito de la propuesta técnica de implementar el mantenimiento preventivo es mejorar la disponibilidad de la perforadora Jumbo Troidon 55XP a través de indicadores establecidos como disponibilidad mecánica, eficiencia operativa y utilización, dicha mejora permite además adaptar las tareas de inspección y mantenimiento periódico para prevenir las paradas imprevistas.

Dicha implementación cuenta con un sustento que son los manuales de mantenimiento, manuales de inspección y formatos para realizar el mantenimiento previsto.

NOMENCLATURA

<u>Sigla</u>	<u>Definición</u>
DM	Disponibilidad mecánica [%]
HP	Horas programadas [Hr]
Σ	Sumatoria de horas paradas [Hr]
U	Utilización [%]
P	Potencia [HP]
μ	Viscosidad [Pa.s]
E	Eficiencia Operativa [%]

ABREVIATURA

<u>Sigla</u>	<u>Definición</u>
KPI	Indicador clave de rendimiento
RCM/MCC	Mantenimiento basado a la Confiabilidad
DM	Disponibilidad mecánica
OEE	Eficiencia General de los Equipos
TPM	Mantenimiento Productivo Total
MTBF	Tiempo medio entre Falla
MTTR	Tiempo medio en Reparación
DOP	Diagrama de Operaciones del Proceso
DAP	Diagrama de Análisis de Proceso
PM	Mantenimiento Preventivo
TIR	Tasa Interna de Retorno
CM	Mantenimiento Correctivo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Disponibilidad.....	11
Figura 2: Diagrama de proceso RCM	15
Figura 3: Tipos de mantenimiento.....	16
Figura 4: Flujo de trabajo de mantenimiento preventivo	16
Figura 5: Tipos de mantenimiento preventivo.....	18
Figura 6: Flujo de trabajo de mantenimiento correctivo	19
Figura 7: Monitoreo en mantenimiento predictivo.....	19
Figura 8: Optimizacion de frecuencia de mantenimiento	20
Figura 9: Herramientas de mecanicos	21
Figura 10: Equipos de mecanicos.....	22
Figura 11: Herramientas de electricista	22
Figura 12: Equipos de electricista	22
Figura 13: Equipos mayores para mantenimiento	23
Figura 14: Matriz de criticidad (riesgo).....	26
Figura 15: Curva de costo de mantenimiento con reaccion al tiempo	27
Figura 16: Curva de costo de mantenimiento.....	27
Figura 17: Importancia de un software de mantenimiento	28
Figura 18: Gestion logistica.....	29
Figura 19: Objetivos de la gestion logistica	29
Figura 20: Gestion de almacenes	30
Figura 21: Localizacion de inventarios en la red logistica	30
Figura 22: Analisis ABC	31
Figura 23: Comportamiento de stock.....	31
Figura 24: Gestion de calidad	32
Figura 25: Comportamiento ISO 9001	33

Figura 26: Matriz IPERC	34
Figura 27: Plan de capacitacion	34
Figura 28: Gestion de operaciones	35
Figura 29: Proceso en mina subterranea.....	36
Figura 30: Proceso en superficie mina subterranea.....	36
Figura 31: Pistón de martillo en avance.....	41
Figura 32: Pistón de martillo en retorno.....	42
Figura 33: Jumbo Troidon 55XP	43
Figura 34: Partes de una perforadora Jumbo Troidon 55XP	44
Figura 35: Motor eléctrico de 100 HP	48
Figura 36: Cable riel	48
Figura 37: Tablero eléctrico de perforación	48
Figura 38: Bomba de agua.....	49
Figura 39: Boom 5AP.1	49
Figura 40: Ch. Gemelo superior.....	49
Figura 41: Unidad de rotación helac L30	50
Figura 42: Ch. de basculación	50
Figura 43: Ch. de extensión de viga	50
Figura 44: Viga serie 2000	50
Figura 45: Martillo hidráulico HC95.....	51
Figura 46: Compresora LE7	51
Figura 47: Motor diésel Deutz BF4L914, caja de transmisión, ejes diferenciales y conjunto de ejes cardan	52
Figura 48: Ch. estabilizador	52
Figura 49: Ch. de dirección	52
Figura 50: Aro 20" eje diferencial 112.....	53
Figura 51: Operación del Jumbo hidraulico	53

Figura 52: Plano hidráulico de movimiento de boom principal.....	55
Figura 53: Plano hidráulico de perforación	56
Figura 54: Plano eléctrico de perforación	57
Figura 55: Plano neumático de aire	58
Figura 56: Plano hidráulico de transmisión.....	59
Figura 57: Diagrama de Pareto.....	63
Figura 58: Diagrama de Ishikawa	64
Figura 59: Matriz Foda - Lincuna S.A.C.....	67
Figura 60: Organigrama de la empresa Lincuna S.A.C.....	68
Figura 61: Organigrama del área de mantenimiento.....	69
Figura 62: Diagrama de procesos de la empresa Lincuna S.A.C.....	70
Figura 63: Esquema de procesos del área de mantenimiento.....	73
Figura 64: Componentes mayores del Jumbo Troidon 55XP	76
Figura 65: Dimensiones de Jumbo Troidon XP55.....	77
Figura 66: Dimensiones de Jumbo Troidon XP55.....	78
Figura 67: Paradas imprevistas	79
Figura 68: Disponibilidad del Jumbo Troidon 55XP año 2018	80
Figura 69: Comparativo entre mantenimiento preventivo y correctivo.....	83
Figura 70: Sistemas y subsistemas del Jumbo Troidon 55XP	83
Figura 71: Diagrama de Pareto de sistema principales.....	84
Figura 72: Diagrama de Pareto de sub sistemas	84
Figura 73: Esquema de Pareto de los problemas identificados.....	86
Figura 74: Diagrama de Ishikawa del área de mantenimiento.....	87
Figura 75: Viga de perforacion (ajuste y lubricacion)	90
Figura 76: Boom (ajuste y lubricacion)	91
Figura 77: Reloj de saturacion (ajuste y lubricacion).....	91
Figura 78: Bomba hidraulica principal.....	92

Figura 79: Metodología del plan de mantenimiento propuesto	92
Figura 80: Diagrama de mantenimiento preventivo propuesto	95
Figura 81: Planificación de mantenimiento preventivo (percusión).....	97
Figura 82: Planificación de mantenimiento preventivo (diésel)	98
Figura 83: Planificación de mantenimiento preventivo (compresora)	99
Figura 84: Macros de programación de mantenimiento preventivo	110
Figura 85: Control de precisión de servicio de mantenimiento preventivo programado	110
Figura 86: Macros de indicadores de mantenimiento	112
Figura 87: Comparativo entre mantenimiento preventivo y correctivo proyectado 2020	114
Figura 88: Indicadores de mantenimiento disponibilidad promedio del año 2018 y 2020	117
Figura 89: Indicadores de la eficiencia operativa promedio del año 2018 y 2020.....	118
Figura 90: Indicadores de utilización promedio del año 2018 y 2019.....	119
Figura 91: Análisis económico financiero del proyecto.....	126

GLOSARIO

- a) **Jumbo:** Maquinaria que sirve para perforar en mina subterránea
- b) **Scoop:** Maquinaria que sirve para acarrear mineral en mina subterránea
- c) **Disponibilidad:** Es el porcentaje que un equipo puede trabajar sin presentar falla
- d) **Confiabilidad:** Es la confianza que un equipo trabaje sin fallar en un tiempo determinado.
- e) **Mantenibilidad:** Es la probabilidad de restablecer un equipo en un tiempo determinado.
- f) **Vida útil:** Es tiempo de duración de un activo.
- g) **RCM:** Es una técnica más centrado en elaborar un plan de mantenimiento y que tenga superioridad a otras técnicas que existe con el objetivo que el equipo o planta no falle.
- h) **FMEA:** Es un método de análisis en identificar fallas y saber sus posibles causas.
- i) **Overhaul:** Es proceso de restauración (reparación) de un equipo iniciando su vida útil en cero.
- j) **MTBF:** Es tiempo medio de fallas del equipo en un período de tiempo.
- k) **MTTR:** Es el tiempo medio en que se demora la reparación de un equipo.
- l) **Utilización:** Es el porcentaje de uso de un equipo en un determinado período de producción.
- m) **Eficiencia operativa:** Porcentaje de eficiencia de un equipo o componente durante un período de trabajo.
- n) **CMMS:** Gestión de mantenimiento computarizado donde se llevará un control de forma segura.
- o) **ISO 9001:** Norma estandarizada basada a gestión de calidad.
- p) **IPERC:** Es una metodología de identificar peligro, evaluar sus riesgos y a la vez realizar controles antes que se produzca un accidente.

- q) **5 “S”**: Es una metodología japonesa que ayuda a clasificar, ordenar, organizar, limpieza y la disciplina de cada uno de los colaboradores de una organización.
- r) **Check list**: Es un formato de verificación que es más usado con el operador (maquinista) del equipo identificando daños, fugas y funcionamiento.
- s) **Backlog**: Es un término usado en la ingeniería de mantenimiento que se relaciona a las tareas pendientes que se debe reprogramar.
- t) **OT**: Término abreviado usado en la programación de trabajos (orden de trabajo).
- u) **PM**: Es una abreviatura usada refiriéndose a mantenimiento preventivo.
- v) **KPI**: Es significado de indicadores clave de rendimiento que sirve para medir la gestión.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Codificación de partes.....	45
Tabla 2: Componentes mayores	47
Tabla 3: Horas perdidas por atención de la falla mecánica presentada	81
Tabla 4: Horas perdidas por mantenimiento correctivo y preventivo no programado ..	82
Tabla 5: Cuadro de MTBF (Tiempo medio entre fallas) 2018	82
Tabla 6: Criterios de puntuación de la encuesta	85
Tabla 7: Personas que intervinieron en la encuesta	85
Tabla 8: Problemas y frecuencias ocurridas.....	85
Tabla 9: Reporte de trabajo diario por equipo	102
Tabla 10: Control del supervisor	103
Tabla 11: Control de pedido de repuestos.....	104
Tabla 12: Control de registro OT.....	106
Tabla 13: Control de vida útil de componentes mayores	108
Tabla 14: Tipos de mantenimiento preventivo programado	109
Tabla 15: Variables e indicadores.....	113
Tabla 16: Resultado de indicadores proyectado para el año 2020.....	115
Tabla 17: Resultado de MTBF proyectados para el año 2020.....	116
Tabla 18: Cuadro de indicadores de mantenimiento disponibilidad.....	117
Tabla 19: Cuadro de indicadores de mantenimiento eficiencia operativa.	118
Tabla 20: Cuadro de indicadores de mantenimiento utilización.....	119
Tabla 21: Costo de capacitación técnica	119
Tabla 22: Costo de capacitación tecnológica y mejora de procesos	120
Tabla 23: Costo de mano de obra para mantenimiento preventivo	120
Tabla 24: Costo para realizar el mantenimiento preventivo programado	121
Tabla 25: Costo por documentación y registro de datos	121
Tabla 26: Herramientas y equipos para el mantenimiento.....	122

Tabla 27: Inversión del proyecto	122
Tabla 28: Ingresos no percibido por paradas imprevistas.....	123
Tabla 29: Ingresos no percibidos proyectado.....	123
Tabla 30: Resumen de ingresos no percibidos proyectado	123
Tabla 31: Costos de mantenimiento preventivo correctivo 2017	124
Tabla 32: Costos de mantenimiento proyectado al 2020	124
Tabla 33: Beneficio de la implementación del plan de mantenimiento preventivo	125
Tabla 34: Rentabilidad de la inversión.....	125
Tabla 35: Promedio de indicadores de mantenimiento	135

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema.

La empresa minera CIA Lincuna SAC dedicada a extraer mineral (minería subterránea) en el departamento de Ancash provincia Aija tiene su unidad operativa que trabaja en Huancapeti a 3200 msnm. Cuenta con equipos Jumbo modelo Troidon 55XP, el personal técnico no se encuentra capacitado en la solución de problema mecánicos cuando el equipo presenta alguna falla se queda inoperativo por varios días hasta que llegue un especialista de fabrica; además de no manejar con una buena gestión de mantenimiento se hace notar en la falta de repuestos de alta rotación, mantenimiento preventivo y correctivos no planificados.

En respuesta al servicio técnico se tiene demasiadas horas de pérdida por mantenimiento correctivo, parada del equipo Inter diario y mucho antes de lo que indica el manual de operación del equipo y mantenimiento.

La información muestra indicadores de mantenimiento KPI defectuosos e irreales, área desordenada, multas en las auditorías externas y otras debido al incumplimiento de las tareas comprometidas, todo aquello afectando la producción de la compañía.

En caso de que no se dé la solución a las eficiencias de la empresa exclusivamente afectaría su rentabilidad de empresa.

1.2 Formulación del Problema.

1.2.1 Problema General.

¿De qué manera se puede mejorar la disponibilidad de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP en la empresa minera CIA Lincuna S.A.C.?

1.2.2 Problemas Específicos.

- ¿De qué manera se puede mejorar la disponibilidad mecánica de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP en la empresa minera CIA Lincuna S.A.C.?
- ¿De qué manera se puede mejorar la eficiencia operativa de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP en la empresa minera CIA Lincuna S.A.C.?
- ¿De qué manera se puede mejorar la utilización de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP en la empresa minera CIA Lincuna S.A.C.?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Proponer un plan de mantenimiento preventivo de perforadoras Jumbo Troidon 55XP para mejorar su disponibilidad en la empresa minera CIA Lincuna S.A.C.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Proponer un plan de mantenimiento preventivo de perforadoras Jumbo Troidon 55XP para mejorar la disponibilidad mecánica en la empresa minera CIA Lincuna S.A.C.
- Proponer un plan de mantenimiento preventivo de perforadoras Jumbo Troidon 55XP para mejorar la eficiencia operativa en la empresa minera CIA Lincuna S.A.C.

- Proponer un plan de mantenimiento preventivo de perforadoras Jumbo Troidon 55XP para mejorar la utilización del equipo en la empresa minera CIA Lincuna S.A.C.

1.4 Justificación e importancia.

El estudio se justifica porque se propone implementar un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de mejorar la disponibilidad de la perforadora Jumbo Troidon 55XP debido a que el mantenimiento que actualmente se brinda al equipo es solamente correctivo no planificados que va en contra al mantenimiento especificado por fabrica y complicando su vida útil.

El trabajo de investigación se realiza para mejorar la disponibilidad del equipo Jumbo Troidon 55xp con un correcto plan de mantenimiento en base a los manuales de mantenimiento según el fabricante.

Al mejorar la disponibilidad mecánica, eficiencia operativa y la utilización del equipo Jumbo Troidon 55Xp será positivo para la operación, siendo satisfactorio para el cliente interno (operaciones de la mina) y con ello al implementar el programa de mantenimiento preventivo a las horas recomendadas se podrá prevenir fallas antes que sucedan.

Al tener mayor porcentaje de utilización de la perforadora Jumbo Troidon 55XP en las perforaciones se reflejará en un mayor incremento del mineral extraído debido a que este equipo es el punto de partida de toda la producción.

1.5 Limitaciones.

Esta investigación está limitada por el poco tiempo y horario de estadía en la empresa porque se trabaja en un régimen atípico 14x7 (14 días se trabaja en unidad minera y 7 días libres).

El historial de las otras áreas como logística no se encuentra completa lo cual limita la investigación al realizar recopilaciones de consumo de repuestos, insumos y otros.

Además, no se cuenta con historial de cambio de cada componente según el manual de
mantención de la maquinaria específica Jumbo Troidon 55Xp que también limita en
realizar el proyecto de forma efectiva.

La rotación constante de personal encargado de los archivos del área de mantenimiento
mina desconocen la ubicación de la información de años anteriores.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación.

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

K.J. Martínez, “Análisis de fallas aplicado a los equipos de carga tipo scoop de la mina Isidora,” Tesis de grado (pregrado), Univ. de Oriente Núcleo Bolívar, Venezuela, 2014.

Una maquinaria es productiva cuando opere bajo un mínimo de ocurrencia de fallas, y evite la caída de la confiabilidad y afectando la producción. Dicho proyecto fue elaborado en un tiempo de 6 meses. La investigación es de tipo descriptiva y exploratoria, y de diseño de campo y no experimental. La investigación se fundamentó básicamente en un análisis de la situación que tenía las maquinarias y también a determinar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de la maquinaria tipo scoop, las maquinarias que resultaron críticas fueron el scoop 145, scoop 116 y scoop 35. En conclusión, los resultados fueron de que la mantenibilidad menor fue del scoop 35 con 7,29 horas para las actividades de mantenimiento, y la mayor mantenibilidad del scoop 116 con 13.29 horas para restaurar a su estado de funcionamiento. En la disponibilidad, la maquinaria menos disponible fue el scoop 35 con 3% de funcionamiento diario, la maquinaria con

mayor disponibilidad fue el scoop 116 con 5,5%. Con respecto a la disponibilidad el scoop 116 resultó tener menor horas diarias disponibles con un valor de 0.41. Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo programado que fue aplicado eficientemente, contribuyendo a reducir las horas inoperativas de los equipos de carga. En el plan se encuentran especificadas las actividades a realizar para 125, 250, 500 y 1000 horas.

K. I. Magno Gutiérrez, “Diagnóstico de análisis de fallas a los equipos pesados de la gerencia de materiales de la empresa Orinoco Iron S.C.S.,” Tesis de grado (pregrado), Univ. Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Venezuela, 2014.

En el trabajo presentado la gestión de mantenimiento fue analizado estadísticamente en función de fallas y horas de parada de equipo en un tiempo de 9 meses para concretar historial de disponibilidad, confiabilidad y criticidad de los equipos. La investigación es de tipo no experimental es de tipo diagnóstico de campo y en los análisis de resultado se pudo determinar que los todos los equipos móviles no cumplían el mínimo porcentaje de disponibilidad que estableció la empresa (80 %) para realizar las distintas labores de manejo de materiales; se desarrolló una propuesta para solventar las fallas más frecuentes en dichos equipos.

J. S. Urrego, “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa Cimentaciones de Colombia LTDA,” Tesis de grado (pregrado), Univ. Santos Tomas, Bogotá, Colombia, 2017.

En el trabajo presentado fue con la finalidad de mejorar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos de perforación, mediante un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de evitar inoperatividad de equipo, perdida de producción y prolongar la vida útil. El proyecto se inició con un análisis de metodología que se debería aplicar para ello se tuvo que recopilar historial, encuestas e inspecciones insitu

determinando que problemas presentan los equipos y cuáles son los orígenes de las causas. Se elaboraron los formatos de gestión de mantenimiento para el seguimiento de cada activo ya que en las encuestas el 70 % de las paradas imprevistas se pudieron evitarse solo aplicando mantenimiento preventivo rutinario.

E. C. Caballero Lugo, “Gestión de mantenimiento preventivo para las perforadoras Boart Longyear LY-34, LY-38 Y Core Dril RC15T,” Tesis de grado (pregrado), Univ. Tecnológica de Tula, Tepeji, México, 2018

En proyecto presentado consistió en desarrollar formatos tipo guía e instrucciones de mantenimiento para equipos de perforación Boart Longyear LY-34, LY-38 y Core Dril RC15T del área de exploraciones geológicas. Se solicitó los manuales de la misma marca para identificar las partes más críticas en desgaste desarrollándose formatos tipo guía de mantenimiento. Se comenzó a desarrollar historiales analizando las fallas más frecuentes y que componentes son los que fallan prematuramente haciendo que la perforadora quede inoperativa. Con el operador de la perforadora se elaboró actividades de mantenimiento rutinario aplicando el TPM con la revisión del supervisor de turno.

A. C. Zavala Medina, “Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el chancador primario Fuller operación montoverde,” Tesis de grado (pregrado), Univ. técnica Federico de Santa María, Chile, 2018.

En la tesis presentado se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo basado a la metodología RCM (Mantenimiento basado a la confiabilidad), para el desarrollo de la metodología se usaron las herramientas FMECA, arboles de falla y diagramas de bloques con el objetivo de pronosticar las fallas antes que ocurran. El costo antes de implementar la metodología es de 400.000 USD en los mantenimientos y con la implantación el costo de los mantenimientos es 200.000 USD.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

F. J. Vilcapoma Román, “Análisis de fallas mecánicas en el brazo B-26XLB del Jumbo Empernador J0129 en la compañía minera Volcán S.A.A. Unidad Andaychagua,” Tesis de grado (pregrado), Univ. Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, 2017.

En el proyecto de tesis presentado es de tipo base y nivel descriptivo analizando las fallas mecánicas más frecuentes en el brazo modelo B-26XLB Jumbo empernador mediante el análisis del diagrama de Pareto identificando con qué frecuencia y que sistema de su componente son los que fallan. El historial de un año del equipo se identificó la falla que afectaba la disponibilidad y en consecuencia la producción. Los resultados obtenidos al analizar las fallas en el brazo B-26XLB fue aumentar la disponibilidad de 80 % a un 89 % logrando disminuir las horas por mantenibilidad de 4.7 a un 1.7 horas/reparación por no tener un control de cambio de componentes.

R. S. Osorio Esteban, “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la perforadora diamantina Superdrill H600 de la empresa Maqpower S.A.C,” Tesis de grado (pregrado), Univ. Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2016.

En el trabajo de tesis realizado se determinó que por la falta de no realizar mantenimiento preventivo la perforadora diamantina superdrill H600 no se tenía disponible en muchas ocasiones para extraer muestra de mineral lo cual es vital para la compañía. Se diseño un plan de mantenimiento preventivo que se controlaría mediante horas de trabajo según guía de manual de mantenimiento del fabricante, formatos de historial de rotación de repuestos con su frecuencia de falla, cartilla de mantenimiento rutinario, cartilla de mantenimiento preventivo y formato de control de componentes mayores. Antes de la implementación del plan de mantenimiento su disponibilidad se

registraba en un promedio de 86 % y con la implementación del plan de mantenimiento aplicado en los 7 meses se registró en un promedio de 93 % de disponibilidad superando el objetivo de disponibilidad 92%.

E. E. García Esteban, “Gestión del mantenimiento para la operatividad de la maquinaria de movimientos de tierras ICCGSA en la vía Huancayo-Ayacucho,” Tesis de grado (pregrado), Univ. Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2017.

En la tesis presentada tuvo como finalidad en mejorar en la gestión de mantenimiento para evitar la inoperatividad de la maquinaria de movimiento de tierra. El costo de obra en la operación de la maquinaria registra un 90 %; es la razón que muchas empresas se encuentran en competencia en el mercado de movimiento de tierra y para que no sea afectado su costo aseguran los costos de mantenimiento de las maquinarias. Aplicando la mejora en la gestión de mantenimiento enfocado a controlar cambios de repuestos innecesarios, stock de repuestos necesario, contar con los proveedores estratégicos y sobre todo controlar costos de mantenibilidad se alcanzó el objetivo de llegar a una disponibilidad de 92 %.

R. J. Mayorca Alvarado, “Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria pesada en una PYME utilizando el RCM,” Tesis de grado (pregrado), Univ. Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2019.

La investigación realizada fue aplicar el mantenimiento basado a la confiabilidad (RCM) para mejorar la disponibilidad. Aplicando el RCM permitirá identificar desgaste prematuro de cada sistema del equipo reduciendo el tiempo de cambio de los repuestos antes que falle ocasionando inoperatividad de la maquinaria pesada y el decrecimiento de repuestos inadecuados como cambio y su propia compra. El objetivo de la propuesta de mejora es el aumento de la disponibilidad de la maquinaria y durante los 7 meses de la implementación se llegó alcanzar la disponibilidad a un 90% de cada maquinaria.

J. R. Bello Quinto, “Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para equipos de perforación radial del centro minero Cerro Lindo,” Tesis de grado (pregrado), Univ. Nacional de ingeniería, Lima, 2008.

En la tesis presentada se empezó realizando un análisis del problema del cual estaba afectando que el equipo fallara en plena operación. Con el diagrama de Pareto se identificó que el sistema crítico para los equipos de perforación radial es el de posicionamiento seguido del sistema de percusión porque en ese sistema las mangueras hidráulicas y los conectores sufren rotura ya sea por caída de rocas, fricción y condiciones operacionales.

Implementando el programa de mantenimiento para los equipos de perforación radial se identifica todos los sistemas y subsistemas del equipo enseguida las partes que contienen identificando los componentes críticos y se realiza un programa de acuerdo con los datos del fabricante en qué periodo o condición se debe realizar el cambio para el debido funcionamiento de la perforadora radial.

2.1. Bases teóricas.

2.2.1 Disponibilidad.

La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la seguridad de que un equipo desempeña su función satisfactoriamente en un tiempo determinado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente [19].

La disponibilidad es la probabilidad de que un activo realice la función asignada cuando se requiere de ella. La disponibilidad depende de cuán frecuente se producen los fallos en determinado tiempo y condiciones (confiabilidad) y de cuánto tiempo se requiere para corregir el fallo (mantenibilidad). De modo que la mantenibilidad queda definida como la

probabilidad de que un activo (o conjunto de activos) en fallo, sea restaurado a su estado operativo, dentro de un tiempo determinado, cuando la acción de corrección se efectúa acorde a los procedimientos establecidos por la empresa [7].

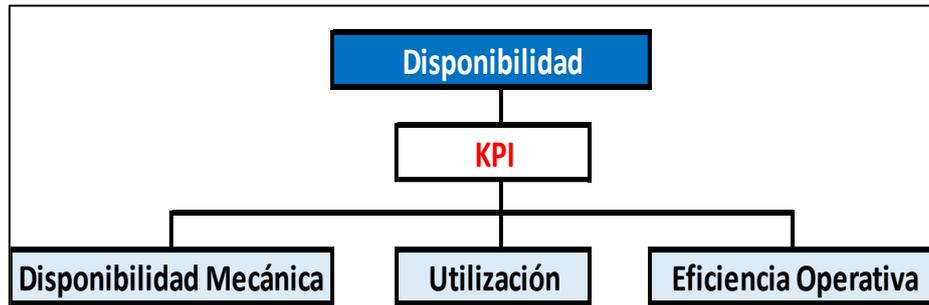


Fig. 1. Disponibilidad

2.2.2 Mantenimiento general.

El mantenimiento se define como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo

Un plan de mantenimiento tradicional se basa principalmente en la estrategia de “operar hasta la falla”. Se concentra en la habilidad para reparar rápidamente, en la disponibilidad de personal entrenado y contar con los repuestos necesarios y las herramientas adecuadas en el momento de la falla [10].

Un plan de mantenimiento moderno consiste en la combinación de varias estrategias que deben ser escogidas para mantener la planta. La autoridad responsable de las funciones de mantenimiento es la encargada de establecer o modificar, según se requiera, el plan de mantenimiento. Las unidades que tienen una determinada función,

por ejemplo, un agitador para floculación mecánica puede ser definidas como “el menor grupo de partes que requieren mantenimiento en donde están instalados o mantenimiento de línea”. Un pequeño motor puede ser considerado una parte, porque puede ser reemplazado, pero un rodamiento es un componente, porque solo puede ser reemplazado en el taller.

Existe documentación sobre teorías de la gestión de mantenimiento, sus procedimientos, objetivos y beneficios. El máximo rendimiento de una pieza de equipo de minería depende primordialmente de tres factores críticos: el diseño del producto, la aplicación en que es usado, y el mantenimiento que ésta recibe durante su vida de servicio. En algún grado estos factores pueden ser controlados, pero algunos mucho más que otros. Este pensamiento puede aplicarse también a todo equipo de construcción, pues las máquinas y el trabajo realizado son muy similares. Las exigencias en el campo minero son mayores por el tipo de material y volúmenes que mueven, pero los principios del cuidado de las máquinas y los resultados que ello brinda son los mismos.

El mantenimiento es un conjunto de actividades técnicas, de aplicación directa, estructurales y de control económico que tiene como objetivo conseguir que la vida útil de las instalaciones, máquinas y edificios sea la mayor posible, lo que permite que el valor de las inversiones permanezca activo durante el tiempo de amortización e inclusive después [15]. Cuando definimos un equipo móvil, el mantenimiento preventivo puede ser definido como una actividad organizada cuyo objetivo es maximizar el servicio y valor económico de la máquina.

2.2.3 Mantenimiento en RCM.

El R.C.M (Reliability Centered Maintenance) tiene su inicio sobre los años 60. El desarrollador inicial fue la industria de aviación civil norteamericana. Las empresas se percataron que las políticas de mantenimiento existentes en aquel momento, además

de tener grandes costos, eran peligrosas. El primer paso que tomaron las empresas para intentar dar solución a este problema fue la creación de unos grupos llamados "Maintenance Steering Groups" (Grupos de dirección de mantenimiento). La tarea de estos grupos era analizar el mantenimiento que sufrían los aviones en aquel momento, y estaban compuestos por representantes de las empresas fabricantes de aviones, las aerolíneas y de la Federal Aviation Administration (F.A.A, Administración Federal de Aviación).

El mantenimiento R.C.M se centraliza en lograr que los equipos tengan la máxima confiabilidad, pero no podrá aportar mayor confiabilidad que la brindada por los diseñadores. Cada componente se comportará de una forma diferente, cada uno tendrá su combinación de modos de falla, debido a que los entornos de trabajo también son diferentes (temperatura, presión, velocidad, etc.). De manera que la base para realizar o revisar el plan de mantenimiento debería empezar por ver cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento de cada elemento. El R.C.M es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional. Es decir, es un proceso mediante el cual se determina que se debe hacer para que los elementos físicos continúen desempeñando las funciones para las que han sido diseñados [18].

El RCM muestra que muchos de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos son realmente equivocados. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Por ejemplo, la idea de que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece ha demostrado ser falsa para la gran mayoría de los equipos industriales. A continuación, se explican varios conceptos derivados del mantenimiento centrado en la confiabilidad, muchos de los cuales aún no son completamente entendidos por los profesionales del mantenimiento.

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del

contexto en el que funciona el equipo. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si los contextos de operación son diferentes. Un caso típico es el de un sistema de reserva, que suele requerir tareas de mantenimiento muy distintas a las de un sistema principal, a ´un cuando ambos sistemas sean físicamente idénticos. Entonces, antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción (2 ó 3 carillas) donde se debe indicar: régimen de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.

En el RCM, la selección de políticas de mantenimiento está gobernada por la categoría de consecuencias a la que pertenece la falla.

Para fallas con consecuencias ocultas, la tarea óptima es aquella que consigue la disponibilidad requerida del dispositivo de protección.

Para fallas con consecuencias de seguridad o medio ambiente, la tarea óptima es aquella que consigue reducir la probabilidad de la falla hasta un nivel tolerable.

Para fallas con consecuencias económicas (operacionales y no operacionales), la tarea óptima es aquella que minimiza los costos totales para la organización.

Hoy en día mucha gente piensa en el mantenimiento preventivo como la principal opción al mantenimiento correctivo. Sin embargo, el RCM muestra que en el promedio de las industrias el mantenimiento preventivo es la estrategia adecuada para menos del 5% de las fallas ¿Qué hacer con el otro 95%? En promedio, al realizar un análisis del RCM se observa que las políticas de mantenimiento se distribuyen de la siguiente forma: 30% de las fallas manejadas por mantenimiento predictivo (a condición), otro 30% por mantenimiento detectivo, alrededor de 5% mediante mantenimiento preventivo, 5% de rediseños, y aproximadamente 30% mantenimiento correctivo. Esto muestra efectivamente que una de las máximas del TPM (Total Productive Maintenance) que

dice” todas las fallas son malas y todas deben ser prevenidas”, es de hecho equivocada: solo deben ser prevenidas aquellas que convenga prevenir, en base a un cuidadoso análisis costo-beneficio.

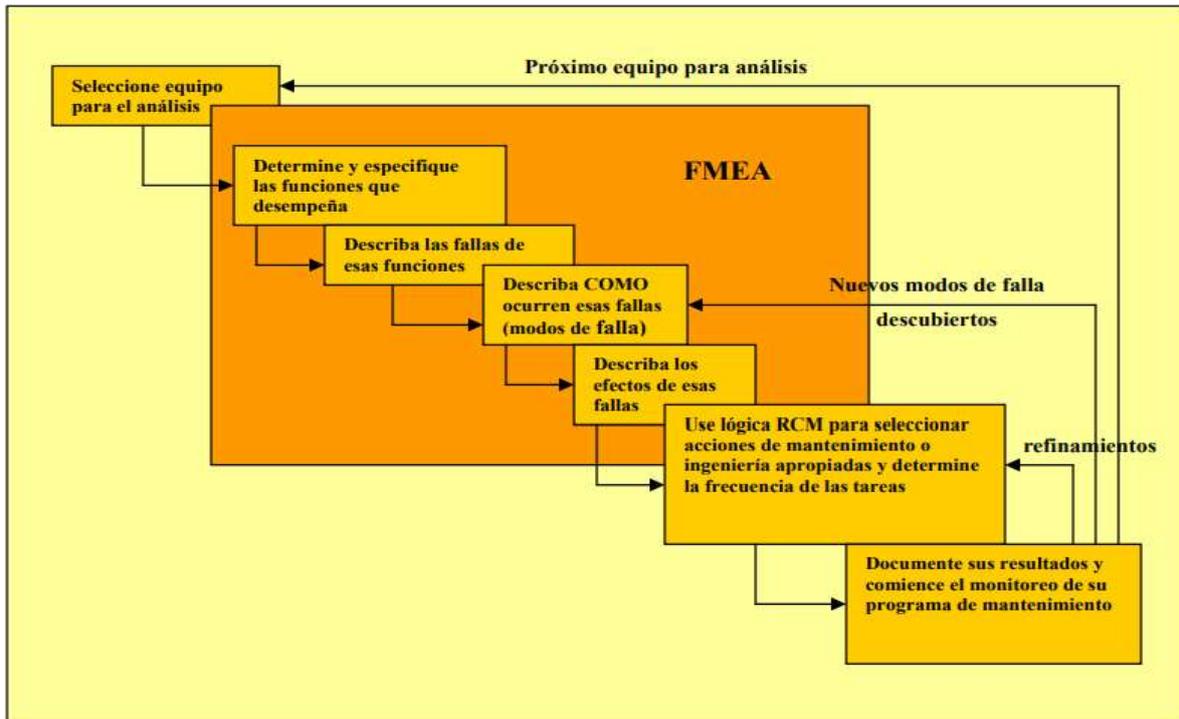


Fig. 2. Diagrama de proceso RCM [14].

Consideraciones críticas un RCM:

Análisis de Falla:

Evaluación basada en un suceso lógico para determinar el origen involucradas en una falla presentada en un componente mecánico.

Falla:

Es un análisis de algo que ha ocasionado una falla o desperfecto y posteriormente realizar un análisis de causa raíz.

Causas de una Falla:

Es la que da origen a que se inicie el proceso de falla ya sea por un mal diseño, mantenimiento inadecuado, etc.

2.2.4 Tipos de mantenimiento.

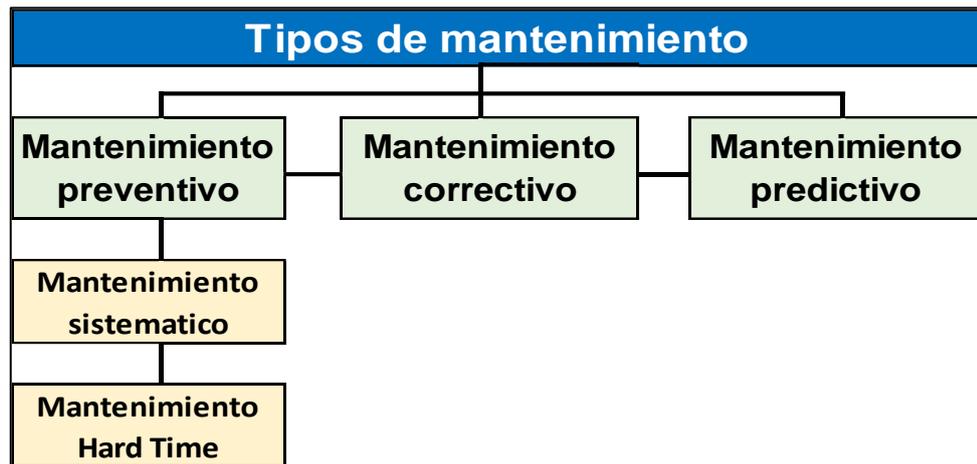


Fig. 3. Tipos de mantenimiento

A. Mantenimiento preventivo.

Se realiza para minimizar la probabilidad de una falla del equipo por medio de conjuntos de actividades planificadas donde reemplazaran los componentes desgastados y otros serán reparados antes que el rendimiento disminuya. En el mantenimiento preventivo aclara todo para que el camino hacia la confiabilidad esté libre de obstáculos.

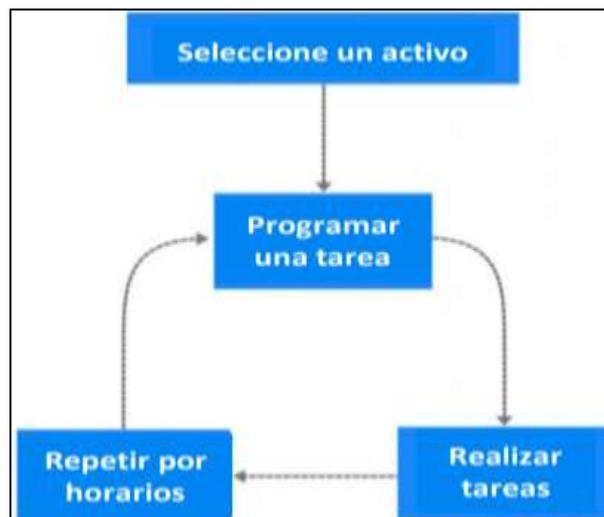


Fig. 4. Flujo de trabajo de mantenimiento preventivo

Características del mantenimiento preventivo [9].

- Se lleva a cabo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano".

- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de término preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la empresa.

Las ventajas de un mantenimiento preventivo [12]:

- Reduce el número de paradas de la máquina.
- Las actividades se realizan según la planificación de mantenimiento sin interferir en el proceso de producción.
- Evita fallas de gravedad por pequeños fallos provocados con el paso del tiempo.

Las desventajas al no realizar un mantenimiento preventivo [12]:

- Al alcanzar su vida útil de un componente se programa su cambio, muchas veces se encuentra el componente que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. Es el caso de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.
- El costo en inventarios sigue siendo alto, aunque previsible lo cual permite una mejor gestión.
- Se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápido posible.
- Si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce una degeneración del servicio. Revisa y repara incluso antes de producirse la avería. Siempre es menos gravosa una parada programada que una parada aleatoria que se puede

producir en cualquier momento no previsto y que puede incluso causar un accidente que supere el daño de la parada en sí misma.

Tipos de mantenimiento preventivo.

En la figura 5 se podrá apreciar los tipos de mantenimiento preventivo.

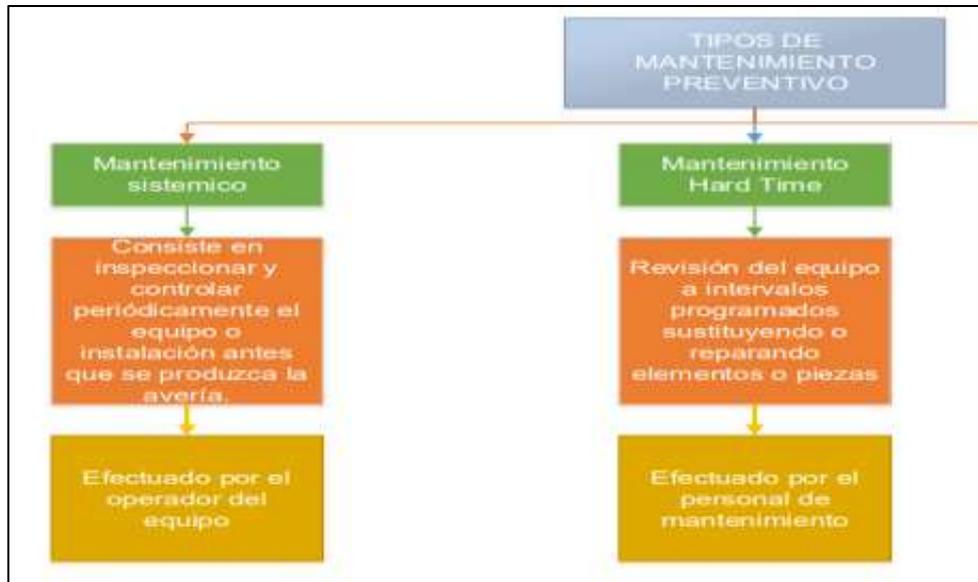


Fig. 5. Tipos de mantenimiento preventivo [12]

Mantenimiento sistemático: Son mediciones de mantenimiento efectuadas en un equipo o instalación cumpliendo un programa establecido, dependiendo al tiempo de trabajo, la cantidad producida y las horas de trabajo o siguiendo algún otro tipo de ciclo que se repite periódicamente. Este grupo de tareas se realiza independientemente de la condición del equipo.

Llamado mantenimiento sistemático porque su metodología es muy eficaz al realizar las actividades y su importancia en mantener la disponibilidad mecánica media o alta el cual no afecte la producción de la empresa identificando averías antes que se produzcan.

Mantenimiento hard time; Es overhaul, revisión mayor o cero horas, que es el conjunto de tareas que se realiza al terminar su ciclo de vida del equipo, sistema o instalación, y tiene como objetivo devolver el conjunto inspeccionado a su estado inicial (como cuando tenía cero horas de funcionamiento).

B. Mantenimiento correctivo.

Conjunto de acciones o actividades que se realizan luego de haber presentado la falla y que estén impidiendo que la maquina realice su función de manera normal.

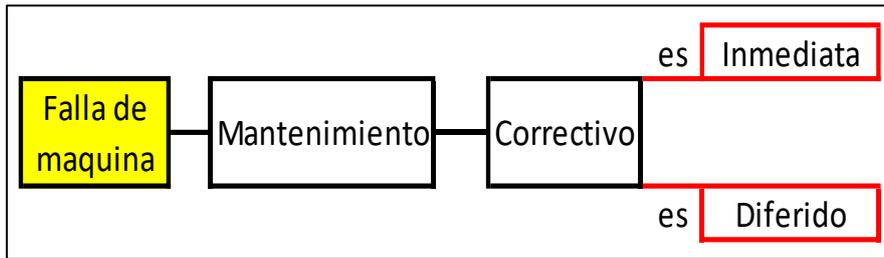


Fig. 6. Flujo de trabajo de mantenimiento correctivo

C. Mantenimiento predictivo; Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que se realiza en cada mantenimiento preventivo o correctivo para la detección de algún síntoma de fallo.

El mantenimiento predictivo se basa en el control de las fallas se producen lenta y previamente, en algunos casos, muestran indicios de una futura falla [17].



Fig. 7. Monitoreo en mantenimiento predictivo [23].

Frecuencia de mantenimiento:

Para el desarrollo de la frecuencia de los mantenimientos existen varios métodos de aplicación: utilizar modelos matemáticos, métodos estadísticos o simplemente basándose a la experiencia técnica para elaborar la frecuencia de mantenimiento.

Las condiciones de trabajo es el principal método que determina la frecuencia de mantenimiento, porque toda maquinaria se fabrica para desarrollar un fin, pero no para una específica condición (minera, carretera, fábrica, transporte y otros).

Ejemplo:

El Jumbo Troidon 55XP N° 1 trabaja en la mina de Cerro de Pasco con su frecuencia de mantenimiento 250 horas (PM1), 500 horas (PM2) y 1000 horas (PM3).

El Jumbo Troidon 55XP N° 2 trabaja en la mina de Huaraz con su frecuencia de mantenimiento 125 horas (PM1), 250 horas (PM2), 500 horas (PM3) y 1000 horas (PM4).

Que significa que en Cerro de Pasco su frecuencia de mantenimiento es cada 250 horas de trabajo mientras que en Huaraz son cada 125 horas de trabajo; porque en Cerro de Paco la mina subterránea su contaminación es controlada (polvo, monóxido, gases, mineral y otros) mientras en Huaraz es todo lo contrario es la razón que su frecuencia de mantenimiento es en menos horas.

En la figura 8 se puede apreciar el comportamiento de la frecuencia de mantenimiento relaciona con el costo.

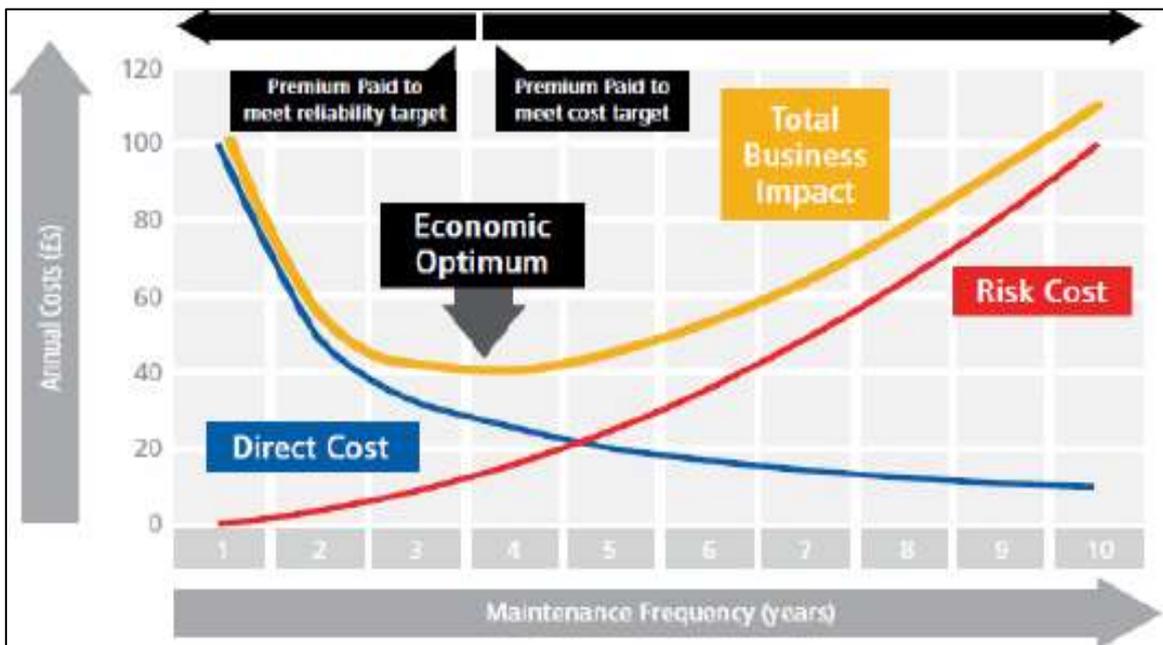


Fig. 8. Optimización de frecuencia de mantenimiento [22].

Cartillas de mantenimiento de mantenimiento:

Es un formato que muestra la información de tipo de mantenimiento que se programado, que actividades se tiene que realizar y que se va usar para que se desarrollado.

En la cartilla también se describe la fecha, tiempo de mantenimiento, orden de trabajo, responsable, herramientas, repuestos, insumos, y las actividades que se tiene que realizar.

Para que se realice una buena gestión de las cartillas se tiene que realizarse en fisco y en situ.

Equipos y herramientas para mantenimiento:

Al realizar los trabajos de mantenimiento se requiere de equipos que ayuden desarrollar satisfactoriamente las tareas relacionadas a mantenimientos. Los equipos y herramientas son utensilios de trabajo utilizados en grupo o individualmente para infinidad de actividades dentro de un mantenimiento.

Existen equipos que son estandarizados para cada actividad de mantenimiento y otros que son especiales que solo se usa en actividades especiales.

Equipos que son utilizados en los mantenimientos.

Equipos y herramientas de mecánicos:



Fig. 9. Herramientas de mecánicos [24].



Fig. 10. Equipos de mecanicos [24].

Equipos y herramientas de electricistas:

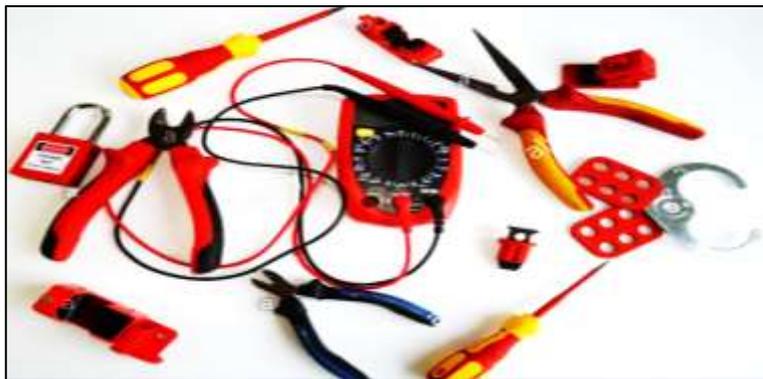


Fig. 11. Herramientas de electricista [24].



Fig. 12. Equipos de electricista [24].

Equipos mayores para mantenimiento:



Fig. 13. Equipos mayores para mantenimiento [25].

2.2.5 Indicadores de mantenimiento

Disponibilidad mecánica (85% a 95%).

Es la confianza que muestra el equipo a la operación con la probabilidad de que no ocurra una falla en un tiempo establecido. Es la relación entre el tiempo que el equipo produce y el tiempo que está en reparación [2].

La fórmula del cálculo de la disponibilidad mecánica es la siguiente:

$$\text{Disponibilidad Mecánica (\%)} = \frac{\text{Horas Programadas de trabajo} - (\text{Total horas por mantenimiento})}{\text{Horas Programadas de trabajo}} \times 100\% \quad (1)$$

MTBF (Mean Time Between Failures).

Es el tiempo promedio de que un equipo, máquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional, este tiempo es posible hallarlo dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paros por fallas [2]

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de Operacion}}{\text{Numero de Paros Por Fallas}} \quad (2)$$

MTTR (Mean time To Repair).

Es el tiempo promedio para reparar la función de un equipo, línea, maquinaria o proceso después de una falla funcional, este incluye el tiempo para analizar y diagnosticar la falla, se obtiene dividiendo el tiempo total de reparaciones entre el número total de fallas de un sistema [2].

$$MTTR = \frac{\text{Horas de Falla}}{\text{Numero de Fallas}} \quad (3)$$

Utilización (75% a 85%).

Muestra el porcentaje de uso un equipo con respecto al tiempo que se programa presenta la información de la utilización del tiempo de los activos.

La fórmula del cálculo de la utilización es la siguiente:

$$U = \left(\frac{\text{Horas de operación}}{\text{Horas programadas}} \right) \times 100 \quad (4)$$

Eficiencia operativa (65% a 80%).

Es el resultado de la eficiencia operacional que dispone entre el área mantenimiento en la disponibilidad mecánica y el área de operaciones mina mediante la utilización de la maquinaria.

La fórmula del cálculo de la eficiencia operativa es la siguiente:

$$\text{Eficiencia Operativa (\%)} = \frac{\text{Disponibilidad Mecánica X Utilización}}{100} \quad (5)$$

La mejora de productividad de los equipos lleva a la necesidad de ir a un nivel de detalle mayor en el análisis de su rendimiento para proporcionar indicadores gestionables, es decir, orientados a la acción [20].

Mantenibilidad.

La consecución del apropiado nivel de mantenibilidad de un elemento supondrá acometer una serie de procesos iterativos de compromiso que enfrenten aspectos tales

como la disponibilidad del elemento y coste, mantenimiento y logística del mantenimiento, mantenimiento y coste, mantenimiento y seguridad y etc.

2.2.6 Historial de mantenimiento.

Es un documento donde se describe toda la información de la máquina, en este formato se registra desde que se pone en operación hasta su fin de su vida útil de la maquinaria. También se registra todos los mantenimientos preventivos, correctivos, fallas, horas de inoperatividad, sistema de falla, cambio de componentes mayores y menores, ordenes de trabajo y otros.

Sabiendo el historial de una maquinaria ayudara a evaluar el mantenimiento preventivo que se está realizando y poder hacer las correcciones que se requieran para que su funcionamiento de la maquinaria se lo máximo posible durante un perdido de tiempo.

2.2.7 Análisis de criticidad.

Es una metodología importante que establece la jerarquía o prioridades de sistemas, componentes y equipos determinando la criticidad (riesgo) y así mejorar su confiabilidad. Un análisis de criticidad se refiere a una gestión de riesgo agregado a las ocurrencias de falla.

Consideraciones en desarrollar un análisis de criticidad:

- a. **Frecuencia de falla:** Interpreta las veces que falla un sistema en un tiempo determinado.
- b. **Impacto sobre la producción:** Es la posible pérdida de producción que se calcula por día o horas debido a las fallas ocurridas.
- c. **Tiempo promedio para reparar:** Es el tiempo promedio que se demora en reparar un componente cuando presenta una falla.
- d. **Costo de reparación:** Se interpreta como el costo promedio por falla requerido para dejar en funcionamiento el componente.

- e. **Impacto Ambiental:** Es la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones contaminando la gestión ambiental.
- f. **Impacto satisfacción al cliente:** En este impacto se analiza las consecuencias de las fallas afectando sus objetivos de los clientes.
- g. **Impacto en la seguridad personal:** Es la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones resultando lesiones al personal.

Freq. cat.	Tasa de falla (1/h)	Tiempo medio entre fallas (año)	CRITICIDAD		
			M	N	H
F4	> 1	0 a 1	M	N	H
F3	0,3 a 1	1 a 3	M	M	H
F2	0,1 a 0,3	3 a 10	L	M	H
F1	< 0,1	Mayor tiempo	L	L	M
			Pérdida de la función lleva a:		
Categoría de consecuencia			C1	C2	C3
Consecuencia en Seguridad			Incidente, primeros auxilios.	Accidente con pérdida de tiempo, sin hospitalización.	Muerte o accidente con lesionados u hospitalización
Consecuencia al Medio Ambiente			Fuga o derrames en áreas contenidas o confinadas	Fuga o derrames requiere notificar y reporte a regulador. Sanear área > 10.000\$	Accidente ambiental involucra penalidad legal. Sanear > 30.000 \$
Consecuencia en la producción			Costos < 100.000 USD	Costos entre 100.000 y 200.000 USD	Costos mayores a 200.000 USD
Consecuencia Costos de Mantenimiento			Costos < 20.000 USD	Costos entre 20.000 y 50.000 USD	Costos > 50.000 USD

Fig. 14. Matriz de criticidad (riesgo) [26].

2.2.8 Costo de mantenimiento.

Como todo proceso productivo el primer periodo importante es el análisis contabilidad del mantenimiento referirse a los costos directos y costos indirectos de nuestra tarea.

Se optimiza balance de costo, riesgos, oportunidades y performance a lo largo de todo el ciclo de vida útil del activo que sirven para generar base de información ayudando a determinar presupuesto operativo y de inversión en nuestras operaciones.

El objetivo de gestionar costo en el mantenimiento es para minimizar materiales, mano de obra y contrato reduciendo el tiempo de parada de la maquinaria.

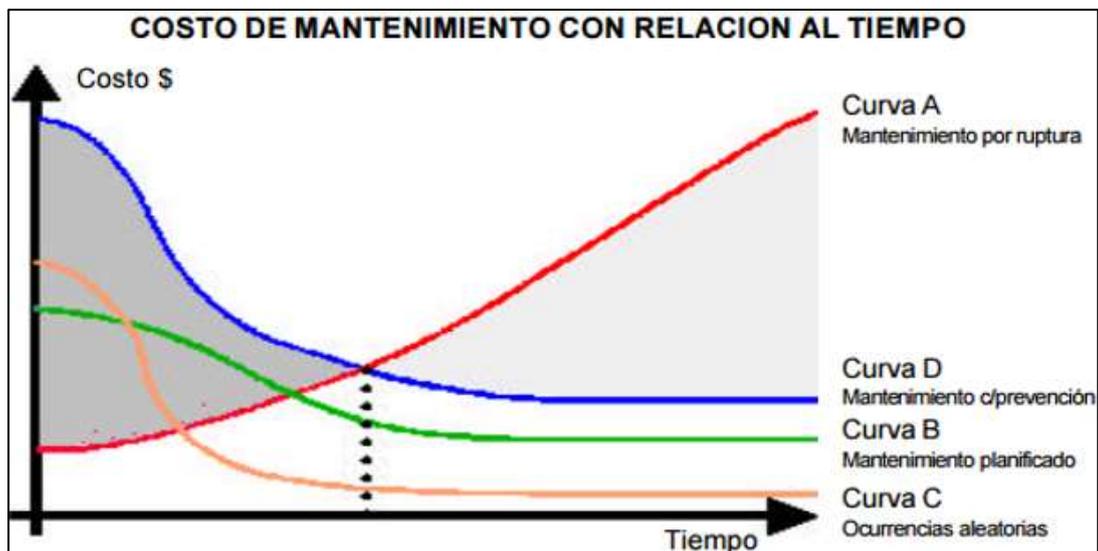


Fig. 15. Curva de costo de mantenimiento con relación al tiempo [22].

Tipos de costos:

Costos directos: Concurrente con los controles inspecciones y reparaciones que necesitan un equipo.

Costos indirectos: Son los que se relaciona directamente con un proceso específico de la empresa como los talleres o almacenes.

Costos generales: Costos relacionados con áreas de apoyo hacia la gestión de mantenimiento.

Costos de tiempos perdidos: Son costos relacionados con las paradas en la producción o fallas en maquinarias.

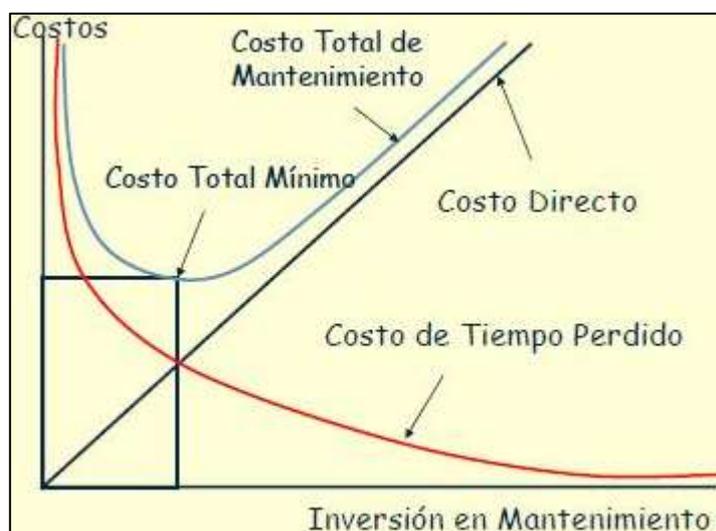


Fig. 16. Curva de costo de mantenimiento [22].

2.2.9 Software de mantenimiento.

Simplificar la gestión de mantenimiento es desarrollando un software que tenga las herramientas adecuadas para realizar un seguimiento conforme de toda una gestión.

CMMS, computerized maintenance Management system significado en español **sistema de gestión de mantenimiento computarizado.**

Desarrollo de un software de mantenimiento:

Computarizado: La gestión de mantenimiento se almacena en una base de datos de una computadora el cual ayuda como historial que no se pierda como hacer de forma tradicional (Excel).

Mantenimiento: Es lo que se va a desarrollar de forma adecuada con los tiempos planificados.

Administración: En el software se administra el estado de los activos, controlado la gestión y el resultado de los informes finales.



Fig. 17. Importancia de un software de mantenimiento.

A. Gestión Logística:

La Logística es la estrategia para lograr mejorar la competencia de la empresa gestionando planeamiento, dirección y organización de diferentes industrias de producción abastecimiento y distribución.



Fig. 18. Gestion logistica [27].

Objetivos de una buena gestión logística.

- Incrementar la competencia de compañía.
- Disminuir los costos.
- Mejorar la calidad del producto.

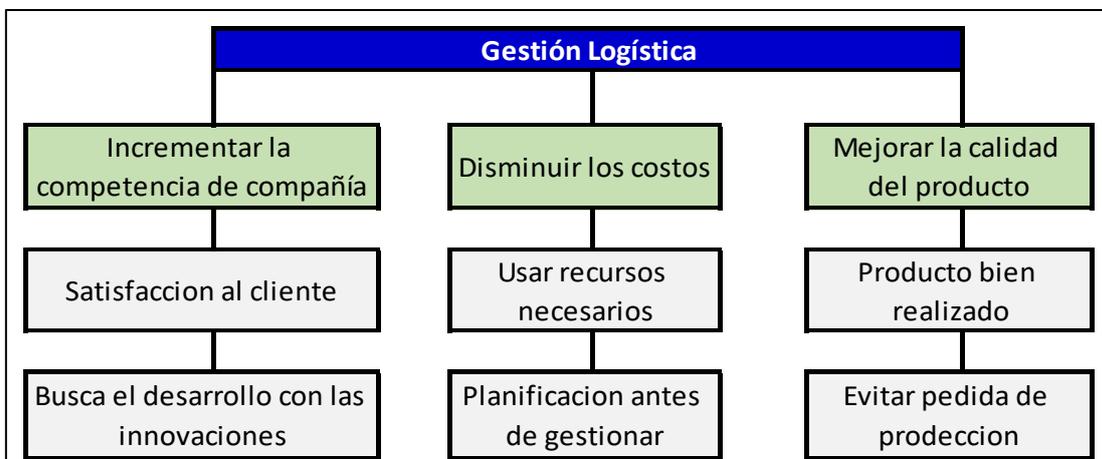


Fig. 19. Objetivos de la gestion logistica

B. Gestión almacén

Los almacenes son centros de beneficios donde se ejecutan una cadena de procesos asociados con recepción, almacenamiento, planeamiento, culminación de otros procesos productivos, despacho de productos y su control. Realizar una buena gestión de almacén e inventarios es interpretar una buena gestión de mantenimiento óptimo.

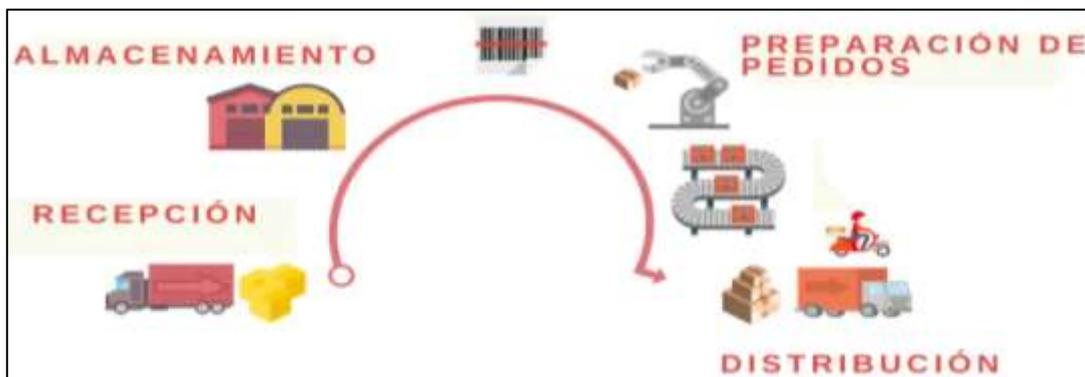


Fig. 20. Gestion de almacenes [27].

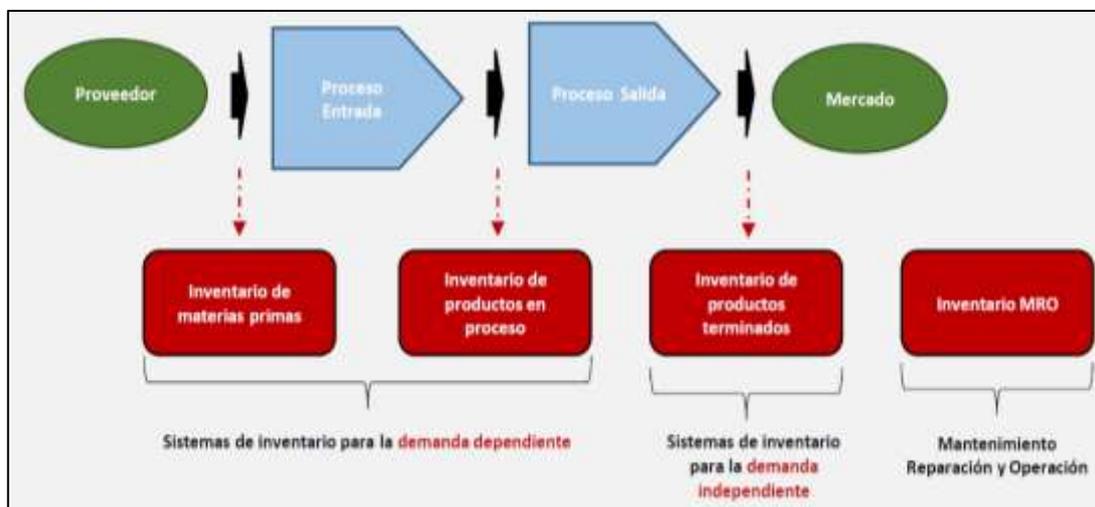


Fig. 21. Localización de inventarios en la red logística [27].

Análisis ABC:

Es utilizado para diseñar la organización de inventarios de almacenes optimizando organizar los productos de tal forma que los solicitados se encuentren más ordenado con la facilidad de atención.

Artículo A: Son los más solicitados con pocas cantidades en stock y también son los que tienen mayor valor.

Artículo B: Son los más solicitados con mayor cantidad de stock y, pero su valor es menor con respecto al artículo A.

Artículo C: Es la parte del inventario entre A y C, que identifica el rango de materiales con mediano valor total y mediana cantidad de materiales del stock.

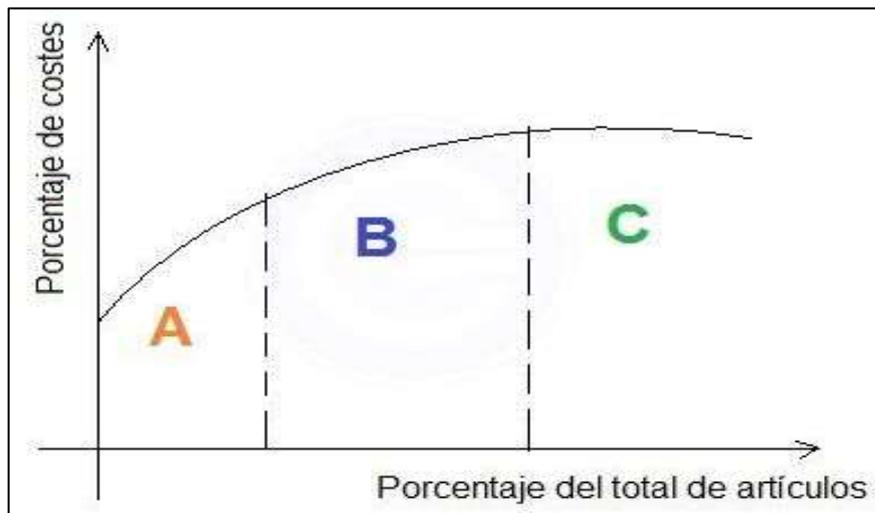


Fig. 22. Analisis ABC.

Comportamiento de stock:

Su objetivo de toda empresa es controlar su costo de la gestión de stock, es donde se termina la cantidad de stock que se cuenta. La cantidad de salidas de los productos de almacén no siempre es los mismo varía en función a la venta por lo tanto se va calculando el stock mínimo y el stock máximo además el stock de seguridad previamente establecido.

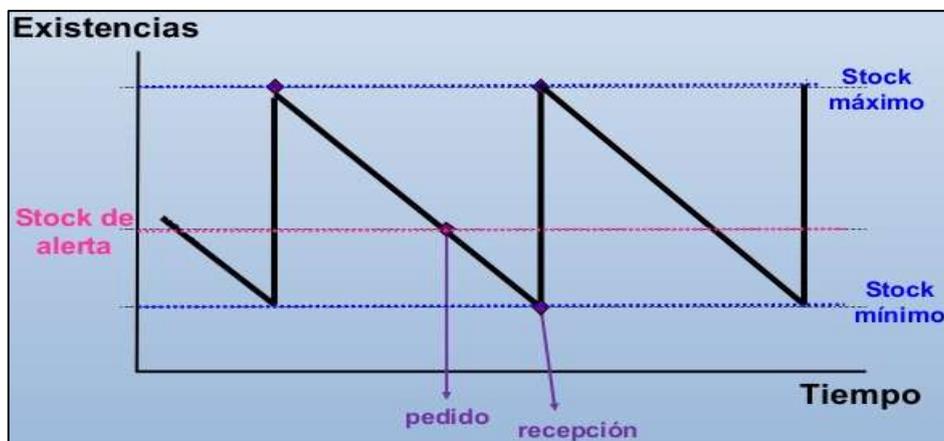


Fig. 23. Comportamiento de stock.

2.2.10 Gestión de calidad.

Son acciones con sus respectivas herramientas que tienen la finalidad de evitar errores en los procesos fabricación y sus productos. La finalidad de realizar una buena gestión de calidad es identificar los errores antes que ocurran.

Toda gestión de calidad direcciona las directrices de la empresa a llegar a realizar un buen producto.



Fig. 24. Gestion de calidad.

Planificar: Antes de toda gestión se realiza una planificación para evitar desviaciones.

Actuar: Se debe actuar de forma segura sin complicar la producción.

Ejecutar: Toda ejecución se realiza con misión de no fallar.

Controlar y verificar: Controlar en todo momento verificando el proceso que no exista errores en la producción.

ISO 9001:

Es una norma internacional aplicada en gestión de calidad para todas las empresas que quieren brindar competitividad, calidad, mejor servicio y satisfacer a sus clientes. La empresa que se certifica con ISO 9001 se diferencia de otras empresas que no cuentan con dicha certificación por tener un prestigio de calidad sustentada.

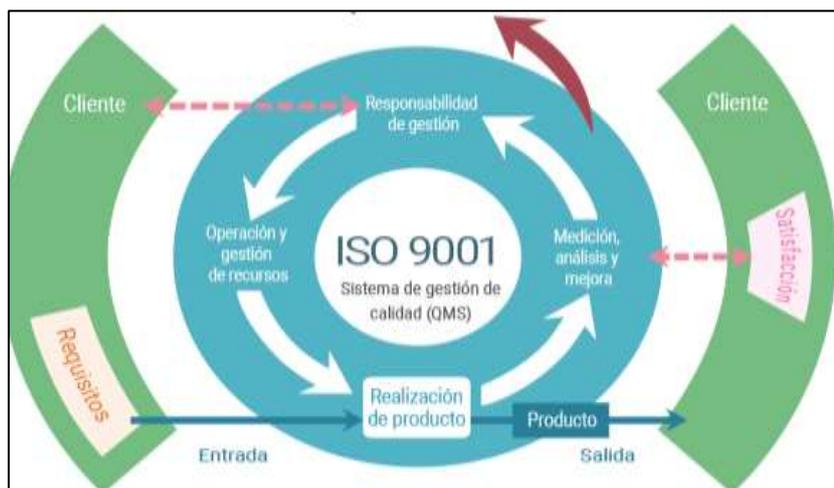


Fig. 25. Comportamiento ISO 9001 [28].

2.2.11 Gestión de seguridad.

La gestión de seguridad esta aplica para reducir a peligros y riesgo donde se reflejará al mejorar la productividad de la empresa.

De no tomar importancia en la gestión de seguridad las consecuencias serán complicadas como sanciones económicas e imagen de la empresa estaría mal visto.

Uno de los objetivos más importante es de prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales

Prevención de riesgos laborales: Es aquella gestión que se elabora pensando en el cuidado de la persona durante en trabajo.

Seguridad ocupacional: Es un conjunto de métodos y normas con el propósito de prevenir los accidente, riesgos y enfermedades.

La gestión de seguridad se mide por indicadores de índice de frecuencia, índice de gravedad y tasa de riesgos basada en la matriz del IPERC.

Aplicación de IPERC:

Es la base fundamental para gestión de seguridad de toda una organización, basada en identificar los riesgos y sus consecuencias.

Significado de IPERC, identificación de peligros, riesgos y controlarlos.



Fig. 26. Matriz IPERC [29].

2.2.12 Gestión de capacitación.

Las organizaciones buscan mejorar su gestión de capacitación clave en desarrollo de la competencia del personal y la eficiencia de la organización.

Para que una empresa llega a sus objetivos también necesita de gente capacitada capaces de lograr exigencias de la organización en todo un proceso bien hecho.

Fases de capacitación:

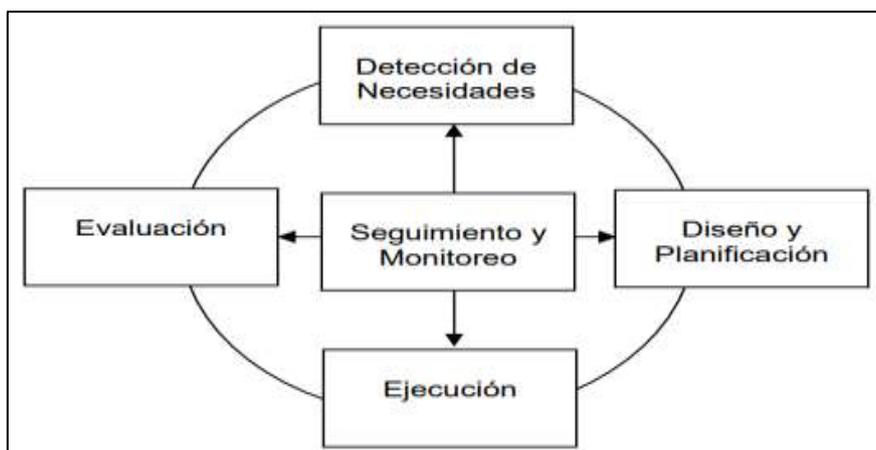


Fig. 27. Plan de capacitación.

Detección de necesidades: Inicio del estudio de la problemática y detección del nivel de necesidades de prioridad para la capacitación.

Diseño y planificación: Es la etapa donde la empresa desarrolla el diseño de la gestión de capacitación y posteriormente se planifica para iniciar lo contenido.

Ejecución: Es el inicio de toda la gestión donde lleva a la práctica, donde el personal recibirá las herramientas adecuadas y el aprendizaje de cada una de ellas.

Evaluación y seguimiento: Etapa donde se mide los resultados del aprendizaje comprobando la eficacia de la enseñanza y seguimientos en todo momento de los aprendido en todas las etapas.

2.2.13 Gestión de operaciones.

Es la innovación del desarrollo y la innovación en función de la producción con su objetivo de lograr ventajas competitivas. La función de la producción de la minería se basa en la exploración, producción y proceso del mineral concentrado.

Al realizar la gestión de operaciones una minera se prepara desde la exploración (búsqueda de vetas de mineral), estudio de mineral, desarrollo e ingeniería, contratación de personal, compra de maquinaria, producción, proceso de mineral y despacho a los clientes nacionales e internacionales.



Fig. 28. Gestión de operaciones

Proceso de producción:

Realizar extracción de mineral en una mina subterránea es un gran reto para toda organización por ser considerado trabajo de alto riesgo lo cual solo trabajan personas calificadas con experiencias en tonelería.

En la fig. 29 se observa el proceso de producción al interior de una mina subterránea mecanizada (usa equipos mecánicos).



Fig. 29. Proceso en mina subterranea.

En la fig. 30 se muestra el proceso después de la figura 29. Como se puede apreciar el equipo Jumbo es primordial de todo proceso de minería subterránea.

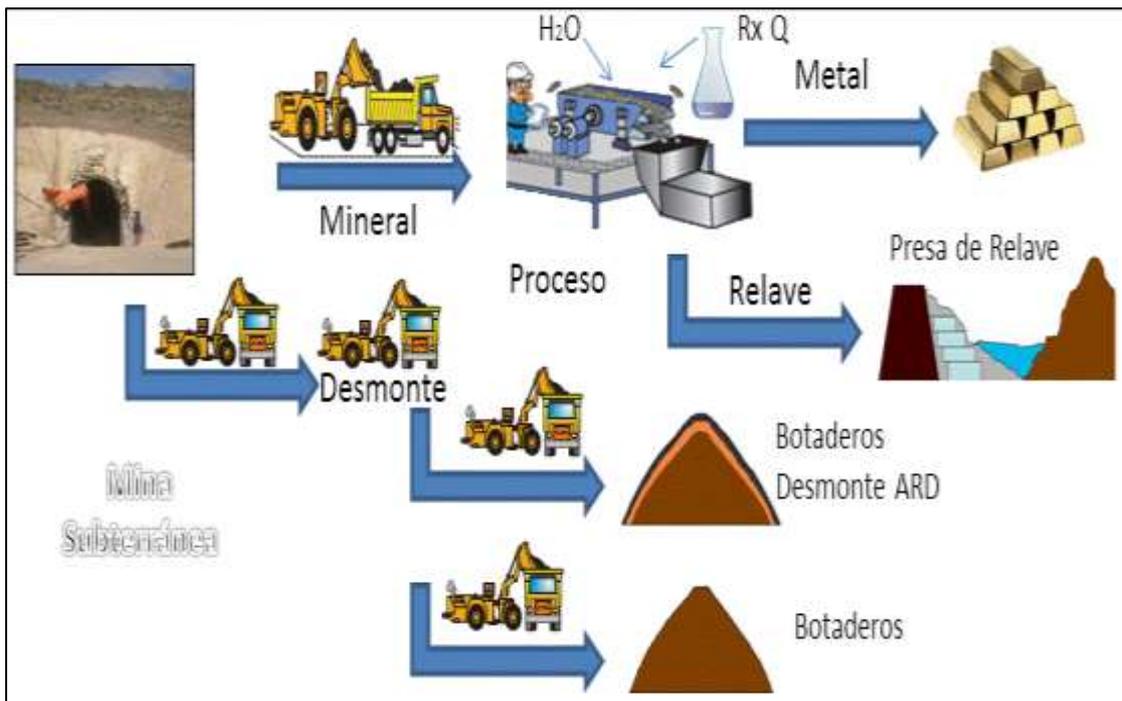


Fig. 30. Proceso en superficie mina subterranea.

2.2.14 Perforadoras mecanizadas (Jumbo).

Una máquina perforadora Jumbo es un equipo pesado que está equipada con uno o varios martillos (perforadoras) sobre un brazo hidráulico, diseñado para realizar trabajos subterránea o superficie de forma rápida en avances de galerías y túneles.

El equipo de perforación del Jumbo está compuesto por un conjunto de martillos perforadores montados sobre brazos articulados de accionamiento hidráulico para la ejecución de los trabajos de perforación por el frente.

El chasis sobre el que se realiza el montaje de los brazos puede ser automotor o remolcable.

Este equipo se emplea para realizar agujeros y en algunos casos de introducir la carga de explosivos.

El Jumbo posee un sistema operativo computarizado, con los mandos a través de un ordenador [1].

- **Revolución de la perforadora Jumbo.**

Los cambios importantes en la minería de extraer diferentes minerales a gran cantidad toneladas, transforma a la tecnología de minerales en fabricar equipos con gran potencia este es el caso de fabricar Jumbos (equipo de perforación) donde su estructura tiene que ser resistente al trabajo de perforación durante su trabajo se requiere fundamentalmente del agua para que disminuye el polvo durante la perforación, martillo de percusión con alta potencia de impactó a la roca, sistemas más protegidos de la humedad, operadores capacitados en la operación y técnicos mecánicos especialistas. La sustitución de la energía neumática por la energía hidráulica se invirtió el cambio por que las empresas mineras requieren de más producción, equipos más confiables y seguros para poner esto en perspectiva. El hombre dominó la perforación manual hasta mediados de la década de los 1800 cuando apareció uno de los primeros diseños de perforadores neumáticos manuales. Las empresas mineras tomaron conciencia de que el polvo generado por la perforación mecánica en seco (sin agua) era un gran peligro

para la salud (contaminación al pulmón) y que cada vez era más alto los índices de accidentes por enfermedad; este proceso de perforación con sistema neumática se demoró otros 50 años o más para materializarse.

Durante II Guerra Mundial la aplicación de la tecnología hidráulica (oleo hidráulica) en las industrias marcó otro hito, aunque pasó un tiempo antes de que sea trasladado al sector de la minería ya sea gran minería o subterránea. La empresa Atlas Copco fue primera en presentar su perforadora hidráulica modelo COP1038 esta perforadora fue desarrollado al inicio de la década del 60 mientras Hannu Paasonen uno de los miembros del equipo involucrado en Tamrock en ese tiempo recordó que la empresa había fabricado su propia perforadora hidráulica en 1974. [16].

En EE. UU. las empresas, como Gardner Denver, también analizaron y reconocieron la conveniencia de mejorar la eficiencia de la perforación con potencia hidráulica, sobre la base de la experiencia adquirida durante la mayor parte del siglo XX con sus perforadoras neumáticas manuales.

Patterson de TEI consideró que los principales desarrollos de la minería fueron en diseñar de aumentar el tamaño de las galerías antiguas donde se necesitaría equipos de perforación que tengan la capacidad de realizar perforaciones más efectivas y confiable tanto la parte de mantenimiento y el desarrollo del trabajo.

TEI desarrolla la tecnología las herramientas de perforación (barras, adaptador de barras y brocas) haciendo llegar a la potencia máxima de la perforadora y con el desgaste de las herramientas mínimas alargando su vida útil.

La siguiente pregunta fue sobre los materiales usados en la construcción de la perforadora, y sobre lo que los expertos consideraban como los avances más importantes que se habían hecho. Kanflod mencionó uno de los componentes clave de la perforadora era la resistencia del pistón de percusión. “En estos últimos años, se han fabricado pistones resistentes a la corrosión y por lo general más durables a los impactos hacia la roca”.

Patterson comentó que, el acero de mejor calidad es la parte más importante para lograr la fabricación de una perforadora confiable con un costo óptimo para diferentes empresas que rieran adquirirla.

Kuusento dijo, que las diferentes empresas fabricantes de perforadoras hidráulicas están usando diferentes tipos de tratamientos y revestimientos con la tecnología como guía para mejorar el producto terminado.

Kouhia también observó la durabilidad de los aceros ya que las empresas de fabricación están utilizando los especiales en las fabricaciones de perforadoras para garantizar la fiabilidad del equipo”.

La sustancia del material fabricado ha sido un tema clave para las piezas internas de la perforadora hidráulica ya que sufren fatiga por las exigencias en la perforación a la roca con menor tiempo.

- **Mejorando la fiabilidad del equipo**

Los fabricantes para mejorar la confiabilidad de los equipos de perforación hidráulicos realizaron varios métodos como Kuusento de la fábrica Doofor ha utilizado diseños computacionales desde el principio de los últimos 10 años y también minimizado la fricción al interior de sus perforadoras para garantizar que los componentes más importantes mantenerse en buen estado hasta alcanzar su vida útil.

También es de suma importancia que los operadores estén capacitados en el cuidado y la operación las perforadoras hidráulicas correctamente y el personal de mantenimiento en la conservación de todos los sistemas de la perforadora hidráulica con el objetivo de brindar una buena confiabilidad.

Kanflood de la empresa Atlas Copco comentó que se debe tomar mucha atención con las fallas presentadas en las fabricaciones anteriores y mejorar el producto para que no vuelva ocurrir.

Patterson comento en la parte técnica de la fabricación por mecanizado CNC que ha traído consistencia a las perforadoras hidráulicas ayudando a mejorar la fiabilidad y la calidad durante el trabajo de perforación, mantenimiento de esta.

La empresa Sandvik fue su objetivo de mejorar los tiempos de intervalo de mantenimiento y desarrollar que no sean complicadas en realizar los mantenimientos y los repuestos sean seleccionados muy cuidadosamente. El avance de la tecnología de simulación real permite analizar y reducir los esfuerzos en las áreas con mayor fricción aumentando la vida útil de componentes es así donde alcanza su objetivo de mejorar los intervalos de mantenimiento.

Patterson, cuando se preguntó qué mejoras en el rendimiento pueden esperar lograr los usuarios con el cambio de la perforación neumática a la hidráulica menciona que las perforadoras neumáticas se utilizan principalmente en los países del tercer mundo y los países con grandes subsidios a los combustibles utilizan perforadoras hidráulicas por nadie le dirá que perfora dos veces más rápido por la mitad del costo del combustible. Se requiere el doble de combustible para girar una bomba hidráulica. La diferencia de impacto (golpe) entre la perforadora hidráulica realizan de 3.520 a 6.200 golpes por minuto y perforadora neumática realiza 1.750 golpes por minuto y en la velocidad de perforación la perforadora hidráulica es más superior donde se refleja en la productividad de la empresa.

Sandvik indica que la confiabilidad de una perforadora hidráulica es mejor cuando la perforación no tenga ninguna complicación durante el tiempo de trabajo. Los componentes internos y externos de una perforadora hidráulica duran más que los martillos neumáticos la razón que las empresas prefieren usar una maquinaria que le brinde seguridad, confiabilidad y producción [16].

Las perforadoras hidráulicas de tipo Jumbo que comúnmente son de pares de torque de 20 a 75 Nm, con rangos de velocidad de rotación de 160 a 1200 rev/min (giros/minuto) y una percusión de 550 a 1850 kp. En la perforadora hidráulica se asocian dos fuentes

de energía: la energía hidráulica para el funcionamiento de la rotación y el aire comprimido que está reservado para impacto evitando percusiones en vacío. La elección entre la perforadora hidráulica y la perforadora neumática ya sabiendo que posee un campo de utilización bien determinado durante la perforación en minería; en los proyectos mineros (subterránea) presentan muchos factores de elegir cuál de los tipos de perforadoras son factibles para el proyecto donde se termina son la medida del túnel, costo, condiciones y el tiempo de entrega del proyecto. Las empresas mineras hoy en día prefieren la mayoría de las veces la perforadora hidráulica por ser más rentable en las perforaciones.

La perforadora rotativa hidráulica es la única que permite realizar avance de perforación a menor tiempo; si se emplea aire comprimido con agua la perforación va ser útil, donde las velocidades permanecen aproximadamente a 11 m/min de avance proporcional a la velocidad de rotación de 1350 rev/min y una percusión de 1000 kpa aproximadamente y cuando se altera la dureza de la roca perforada la velocidad se reduce, pero la percusión aumenta.

En la fig. 31 y 32 se muestra el principio de funcionamiento de perforadora hidráulica.

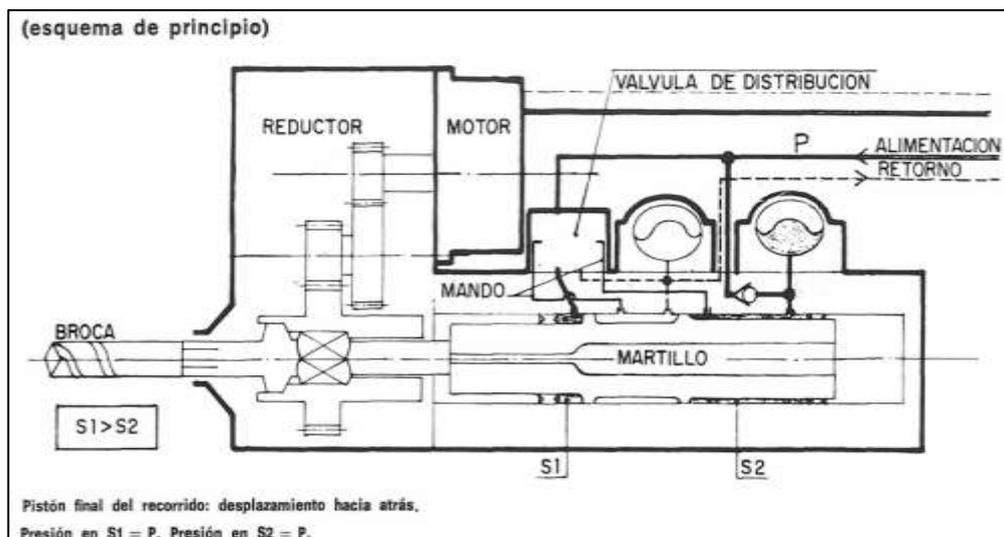


Fig. 31. Pistón de martillo en avance [5].

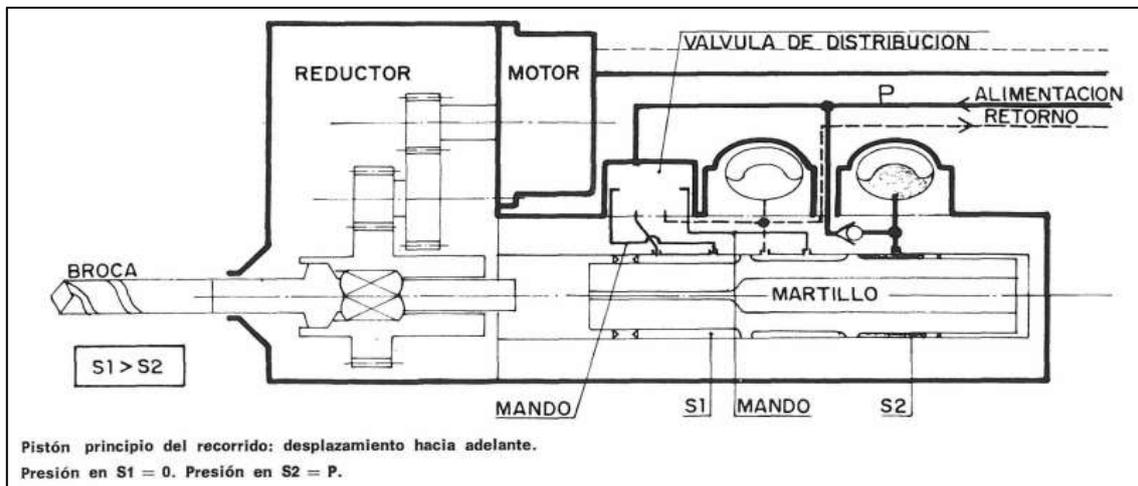


Fig. 32. Pistón de martillo en retorno [5]

Al realizar la perforación en rotación elevada y percusión a máxima presión se produce un desgaste relativamente rápido de modo que, cuando la vida del filo de la broca desciende por debajo de 3 mm es preferible elegir otra broca de mayor dureza o en todo caso una perforadora con mayor potencia. En general el filo de las brocas puede realizarse de 7 a 8 afilados, pero es frecuente cuando las perforaciones llegan a ser excesivas, observar roturas de plaquitas que hacen el filo inutilizable. De ahí la iniciativa de los fabricantes de las perforadoras que del realizar un buen diseño para diferentes tipos de agujeros y rocas. Muchos de los agujeros de diámetro menores se ejecutan mediante perforadoras neumáticas con percusión rotativa por tener una potencia baja y barras de diámetro 25 mm. La perforadora neumática representa exactamente la mecanización de estos trabajos ancestrales que común mente son usados en vetas angostas con extracción de mineral no mecanizado. Desde hace mucho tiempo la perforadora neumática brinda buenos resultados, pero presenta inconvenientes entre éstos un ruido considerable, rocas frecuentes en terrenos difíciles, torque de rotación muy endeble, desgaste relativamente rápido de las piezas maestras y presencia de riesgos de algún accidente potencial [13].

2.2.15 Equipo Jumbo Troidon 55XP.

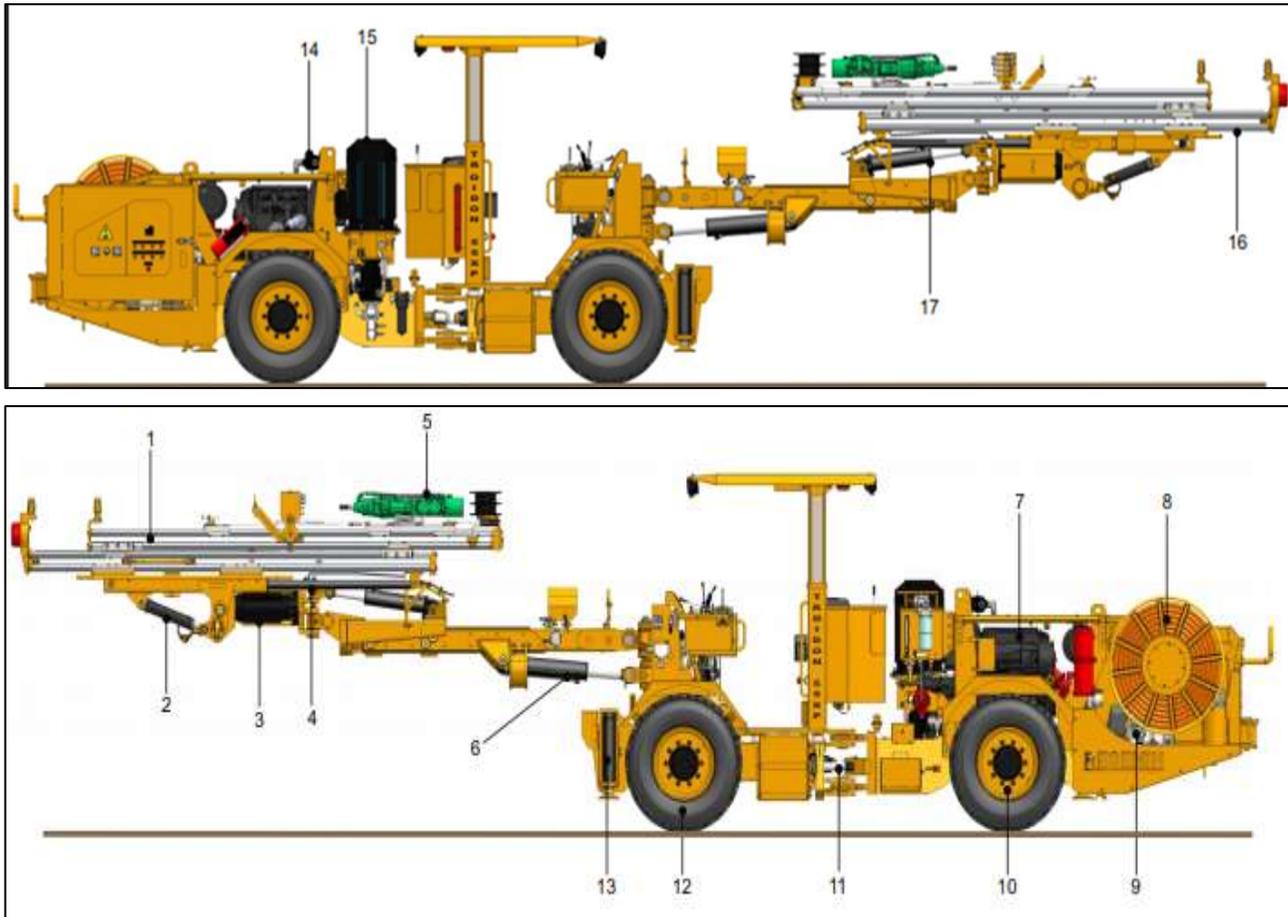
Jumbo Troidon 55XP son usados para veta angosta ofrecen precisión en espacios reducidos en su perforación, ofrece un soporte de roca con ciclos de anclaje completamente mecanizados mejoran la seguridad subterránea [4].



Fig. 33. Jumbo Troidon 55XP [5]

Partes del Jumbo Troidon 55XP.

Las partes principales de la perforadora **Jumbo** Toidon XP55 son:



REF.	DESCRIPCIÓN	N° DE PARTE
1	Viga superior serie 2000	12130375
2	Ch. de basculación	40111030
3	Unidad de rotación helac l30- 65 360°	0408 01002
4	Ch. de extensión de viga	40198008
5	Perforadora montabert hc 95	0407 12003
6	Ch. gemelo inferior	40198004
7	Motor diesel deutz bf4l914 - sae 3	20101007
8	Sub ensamble de cable reel	1015 01011
9	Compresor le7- 10uv	0423 01001
10	Aro 20" - eje diferencial 112	0139 33005
11	Ch. de dirección	40198017
12	Llanta completa 12.00- 20 28pr	0140 20003
13	Ch. estabilizador	40198011
14	Enfriador de aceite	0409 03012
15	Motor eléctrico de 100 hp (75 kw) abb (aluminio)	1008 11604
16	Viga inferior serie 2000	12130374
17	Ch. gemelo superior	40198002

Fig. 34. Partes de una perforadora Jumbo Troidon 55XP [5]

Codificación de partes

Se codifica las partes tener en cuenta la leyenda.

CR 01: Repuesto de alta rotación.

CR 02: Repuesto de cambio por horas.

CR 03: Repuesto estratégico (cambio a largo plazo)

Tabla 1: Codificación de partes

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
VIGA					
0112 16059	PERNO HEXAGONAL M16X90	PZ	8	No especificado	CR 01
0109 15596	BOTADOR	PZ	1	No especificado	CR 01
0160 02004	CANDADO ASA 100 HE-1	PZ	2	No especificado	CR 01
0125 09804	CADENA ASA 100 HE-1	MT	14	500	CR 02
0331 50502	VIGA DOBLE 5000 - 7'	PZ	1	5000	CR 03
2005 14302	LAINA INOXIDABLE SUPERIOR INSERTO	PZ	4	No especificado	CR 01
2006 14302	M16X2X2D (30 MM.)	PZ	14	No especificado	CR 01
2007 14302	FRONTAL	PZ	1	1000	CR 02
2008 14302	BOCINA	PZ	1	1200	CR 02
2009 14302	POSTIZO	PZ	1	500	CR 02
2010 14302	RODAMIENTO	PZ	2	No especificado	CR 01
2011 14302	PIN DE EXPANSIÓN 6X50 MM.	PZ	2	800	
2012 14302	RODILLO CHICO	PZ	2	No especificado	CR 01
2013 14302	PIN	PZ	2	No especificado	CR 01

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
CILINDRO DE BASCULACION					
0406 48052	KIT DE SELLOS	PZ	1	2500	CR 02
0105 30292	BOQUILLA DE LANZADOR	PZ	1	800	CR 02

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
UNIDAD DE ROTACION					
0119 10055	ANILLO DE SEGURIDAD	PZ	2	No especificado	CR 01
0170 00335	RODAMIENTO	PZ	2	800	CR 02
0126 10006	SPROCKET	PZ	2	No especificado	CR 01

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
CILINDRO EXTENSION DE VIGA					
0406 40082	KIT DE SELLOS	PZ	1	2500	CR 02
0804 40036	REDUCING VALVE 40 L/MIN. ; 7-210 BAR.	PZ	2	No especificado	CR 01
0404 57902	PRESSURE SWITCH 20 BAR	PZ	4	2000	CR 02

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
CILINDRO EXTENSION DE VIGA					
49463930	LIP SEAL 45 (2)	PZ	2	No especificado	CR 01
86200898	LIP SEAL 45 (1)	PZ	1	No especificado	CR 01
30893963	DIAPHRAGM KIT	PZ	2	No especificado	CR 01
90584133	CENTERING PART	PZ	1	5200	CR 03
89354125	SHANK THRUST	PZ	1	2000	CR 02
39648849	RETAINER CHUCK	PZ	1	2070	CR 02

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
MOTOR DEUTZ BF4L914					
4685 25701	ALTERNATOR BELT	PZ	1	250	CR 02
3695 25605	VENTILATOR BELT	PZ	1	250	CR 02
0704 62101	MOTOR BELT SENSOR	PZ	1	1000	CR 02
0203 52803	ALTERNATOR	PZ	1	1100	CR 02
0202 98302	IGNITOR 24V	PZ	1	1100	CR 02
0404 25610	ACCELERATION PEDAL	PZ	1	3000	CR 03

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
CABLE RIEL					
0105 53915	PISTOLA DE LAVADO	PZ	1	2500	CR 02
0105 63855	CARRETE PARA ENGRASE	PZ	1	2500	CR 02
6592 15311	CARRETE PARA LAVADO	PZ	1	2500	CR 02
9682 30015	REGULADOR DE FLUJO 1/2" BSP 0-150 PSI	PZ	1	2500	CR 02
0404 23954	VALVULA SOLENOIDE 24VDC	PZ	1	3600	CR 03

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
COMPRESOR LE7					
86776943	Packing	PZ	1	400	CR 02
83448560	Retainer socket	PZ	1	400	CR 02
83978897	SHANK stop	PZ	1	400	CR 02
83969357	Shank protectotion	PZ	1	400	CR 02
83996872	snap ring	PZ	1	400	CR 02

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
EJE DIFERENCIAL					
0177 83004	HEX BOLT 3/8" X1 3/4" UNF-2A	PZ	8	No especificado	CR 01
0177 99009	HEX BOLT 7/16" X 1 1/2" UNF	PZ	8	No especificado	CR 01
0177 83001	PERNO HEXAGONAL 3/8"X24X2" UNF	PZ	8	3300	CR 02
0114 01015	LOCK NUT 7/16" UNF	PZ	8	2500	CR 02
0403 01004	HYDRAULIC PUMP	PZ	1	7000	CR 03

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
BOOM 16.2					
6975 01045	ESPACIADOR	PZ	4	4500	CR 02
9572 02026	BOCINA	PZ	2	4500	CR 02
3642 01027	BOCINA	PZ	2	4500	CR 02
0120 85237	ESPACIADOR	PZ	4	4500	CR 02
0102 09647	BOCINA	PZ	4	4500	CR 02
0132 01964	O-RING	PZ	16	4500	CR 02
0132 01395	O-RING	PZ	16	4500	CR 02
0105 09751	ESPACIADOR DE AJUSTE	PZ	16	4500	CR 02

NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	HORA DE CAMBIO	PRIORIDAD
MOTOR ELECTRICO 440 VOL					
0704 69602	COLLECTOR DISC 250A - 600V	PZ	4	6800	CR 03
9570 01002	THERMAL RELAY 18-90 AMP.	PZ	1	2000	CR 02
0704 08811	TETRAPOLAR CONTACTOR 9AMP/2NA+2NC/24VAC-50/60HZ	PZ	1	4000	CR 03
0704 98613	THREE POLE CONTACTOR 85AMP/ 110V / 50-60 HZ	PZ	4	4000	CR 02
0704 36406	ENCAPSULED RELAY 8 PIN / 24V	PZ	1	2000	CR 02
7047 3823	ON DELAY TIMER COIL 24V-110V.	PZ	5	2000	CR 02

2.2.16 Sistemas y sus componentes principales del Jumbo Troidon 55XP.

En la siguiente tabla 2 se detalla los sistemas y sus componentes principales:

Tabla 2: Componentes mayores

Sistemas	Componentes principales
Sistema de perforacion	Motor Electrico de 100 HP
	Cable riel
	Tablero elctrico de perforacion
	Enfriador de aceite
	Sub ensamble de cable reel
	Bomba de agua
	Boom 5AP.1
	Ch. Gemelo inferior
	Unidad de giro Helac L30
	Ch. Gemelo superior
	Ch. de basculacion
	Ch. de extension de viga
	Viga telescopica serie 2000
Martillo hidraulico HC 95	
Sistema de compresora	Compresor LE7
Sistema Diesel	Motor diesel Deutz BF4L914
	Caja de transmision
	Ejes diferenciales
	Conjunto de ejes cardanicos
	Ch. estabilizador
	Ch. de direccion
	Aro 20" eje diferencial 112

Sistema de perforación.

Motor eléctrico de 100 HP: Es la fuente que convierte de energía eléctrica a energía hidráulica por medio de un acoplamiento interno hacia una bomba hidráulica que genera caudal a todo el sistema hidráulico de perforación.

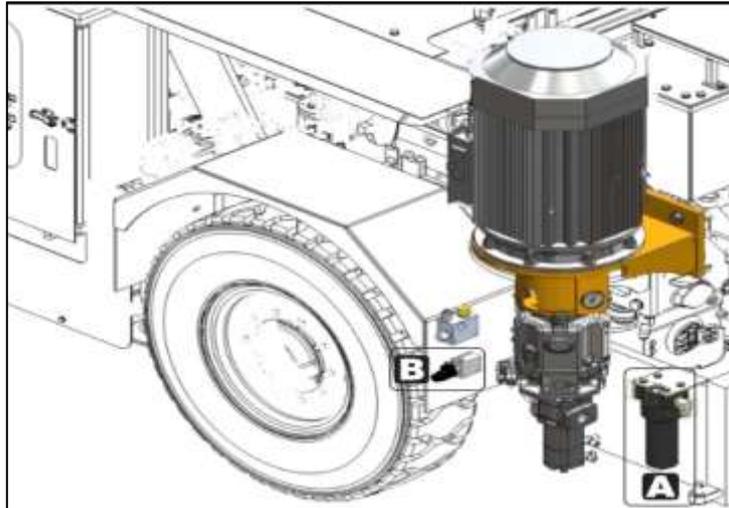


Fig. 35. Motor eléctrico de 100 hp [21]

Cable riel: Cable de 440 voltios de energía eléctrica que alimenta al tablero principal. Este enrollado en una estructura tipo patea que gira por medio de un motor hidráulico.

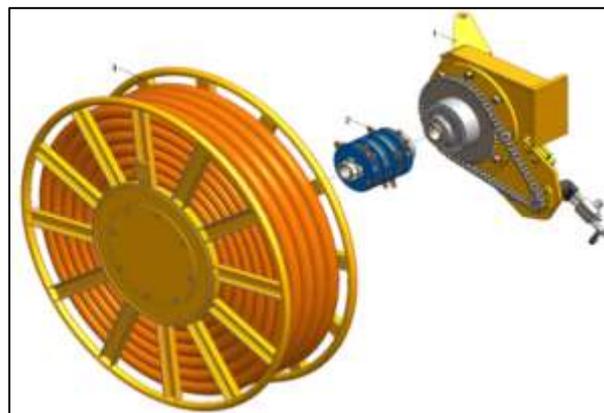


Fig. 36. Cable riel [21]

Tablero eléctrico de perforación: Es el encargado de distribuir los diferentes circuitos que mantendrán con energía eléctrica todo el sistema de perforación.

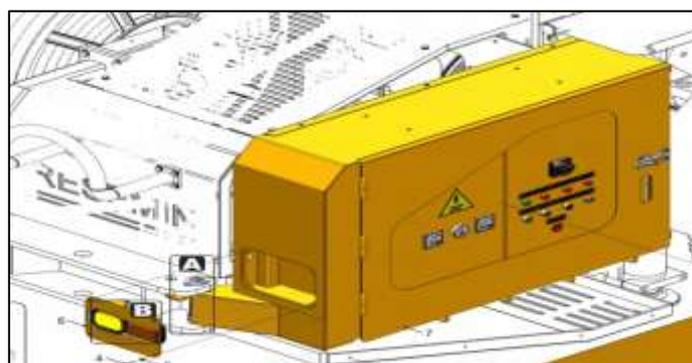


Fig. 37. Tablero eléctrico de perforación [21]

Bomba de agua: Es el que se encarga de enviar caudal de agua a todo el sistema de refrigeración, manteniendo una temperatura optima.

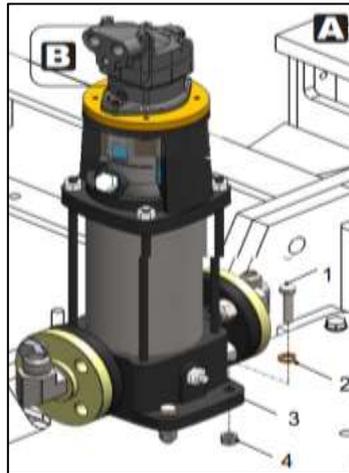


Fig. 38. Bomba de agua [21]

Boom 5AP.1: Es la parte principal de soportar todo el peso de la viga y amortiguar la vibración de toda perforación. Está formado por un soporte principal que se acopla con el chasis, cilindros hidráulicos que se mueven direccionando la perforación (Ch. Gemelo superior, Ch. de basculación y Ch. de extensión de viga) y unidad de rotación que gira 360°.



Fig. 39. Boom 5AP.1 [21]

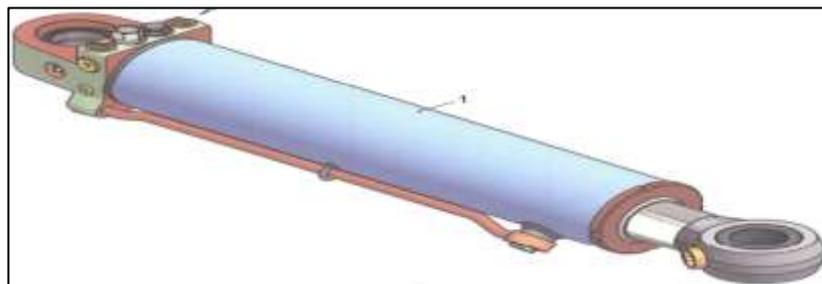


Fig. 40. Ch. Gemelo superior [21]

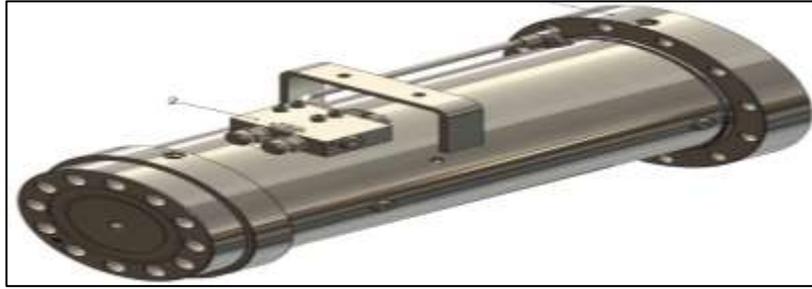


Fig. 41. Unidad de rotación helac L30 [21]



Fig. 42. Ch. de basculación [21]



Fig. 43. Ch. de extensión de viga [21]

Viga serie 2000: Es el componente que sirve como viga de transporte del martillo hidráulico HC 95 durante la perforación por medio de un cable de avance y cable de retorno.



Fig. 44. Viga serie 2000 [21]

Martillo hidráulico HC 95: Es el componente que se encarga de penetrar la roca por medio de un barreno insertado con una broca de diamante. El martillo está equipado con un motor hidráulico, caja de engranajes y pistón de golpe.

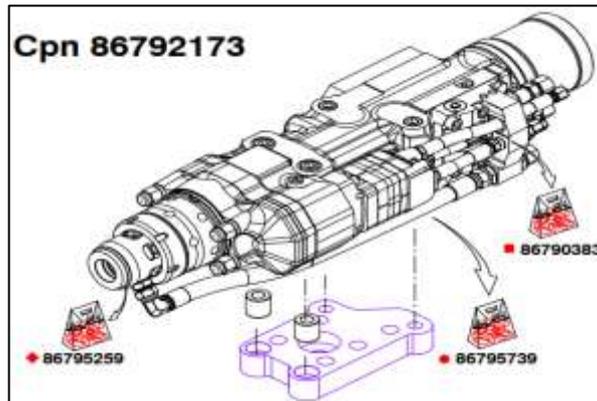


Fig. 45. Martillo hidráulico HC95 [21]

a. Sistema de compresora.

Compresora LE7: Componente encargado de suministrar aire comprimido a todo el sistema de perforación para evitar el ingreso de polvo al sistema hidráulico.

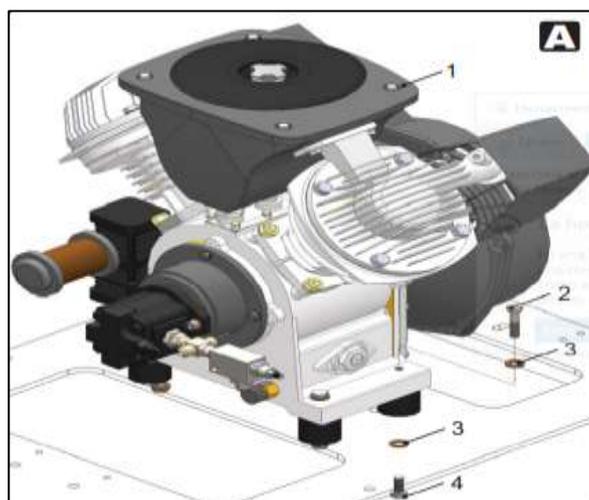


Fig. 46. Compresora LE7 [21]

b. Sistema diésel.

Motor diésel Deutz BF4L914: Componente que se encarga de generar potencia mecánica hacia una caja de transmisión generando traslado del equipo de lugar a otro por medio de los ejes diferenciales.



Fig. 47. Motor Diesel Deutz BF4L914, caja de transmisión, ejes diferenciales y conjunto de ejes cardanicos [21]

Ch. estabilizador: Es componente que se encarga de estabilizar el equipo durante la perforación apoyándose en 4 soportes al piso haciendo que el equipo queda a 90^a.

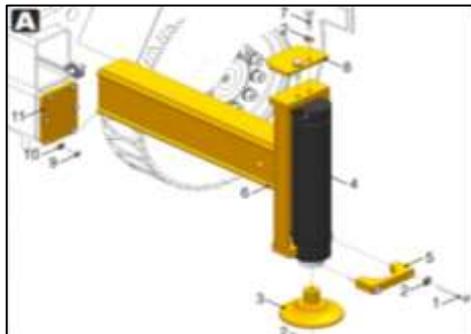


Fig. 48. Ch. estabilizador [21]

Ch. de dirección: Componente que se encarga de girar la articulación central principalmente cuando el equipo está en movimiento evitando choques.

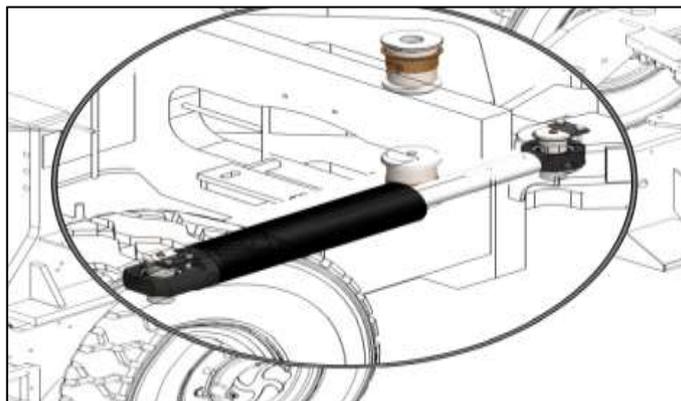


Fig. 49. Ch. de dirección [21]

Línea de succión (—): Indica presión de vacío del tanque a la bomba hidráulica.

Línea de retorno (—): Indica el flujo de retorno de todos los componentes.

Línea de drenaje (—): Indica el sobre flujo de los componentes.

Línea de piloto (—): Indica la presión de apoyo para hacer actuar un componente.

Línea de inactivo (—): Es el flujo inactivo en todo el circuito hidráulico.

Leyenda de energía eléctrica en funcionamiento del Jumbo Troidon 55XP

Línea tierra o masa (- - - -)

Línea opcional (- - - -)

Interfase mecánica (- - - -)

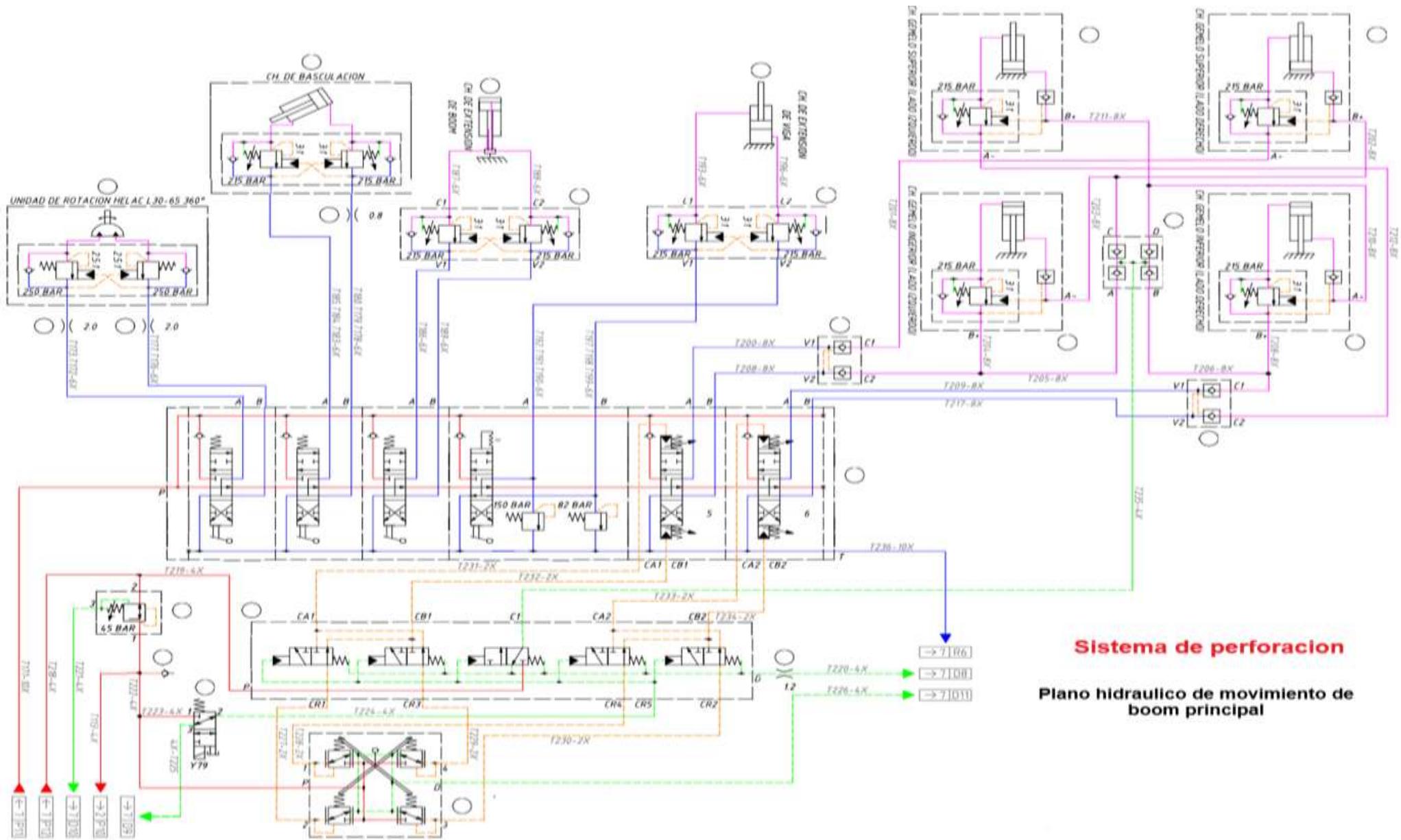


Fig. 52. Plano hidráulico de movimiento de boom principal [21]

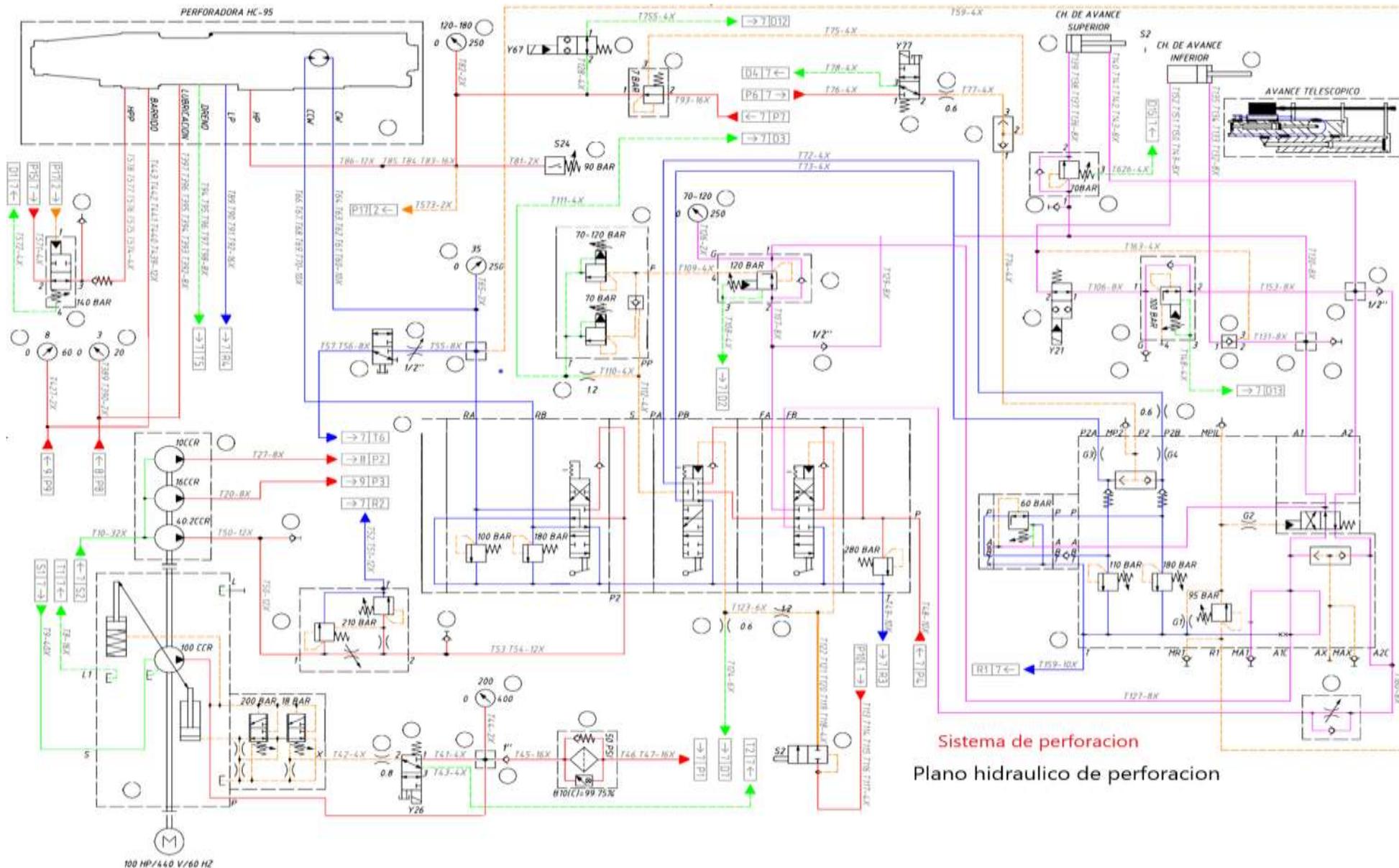


Fig. 53. Plano hidráulico de perforación [21]

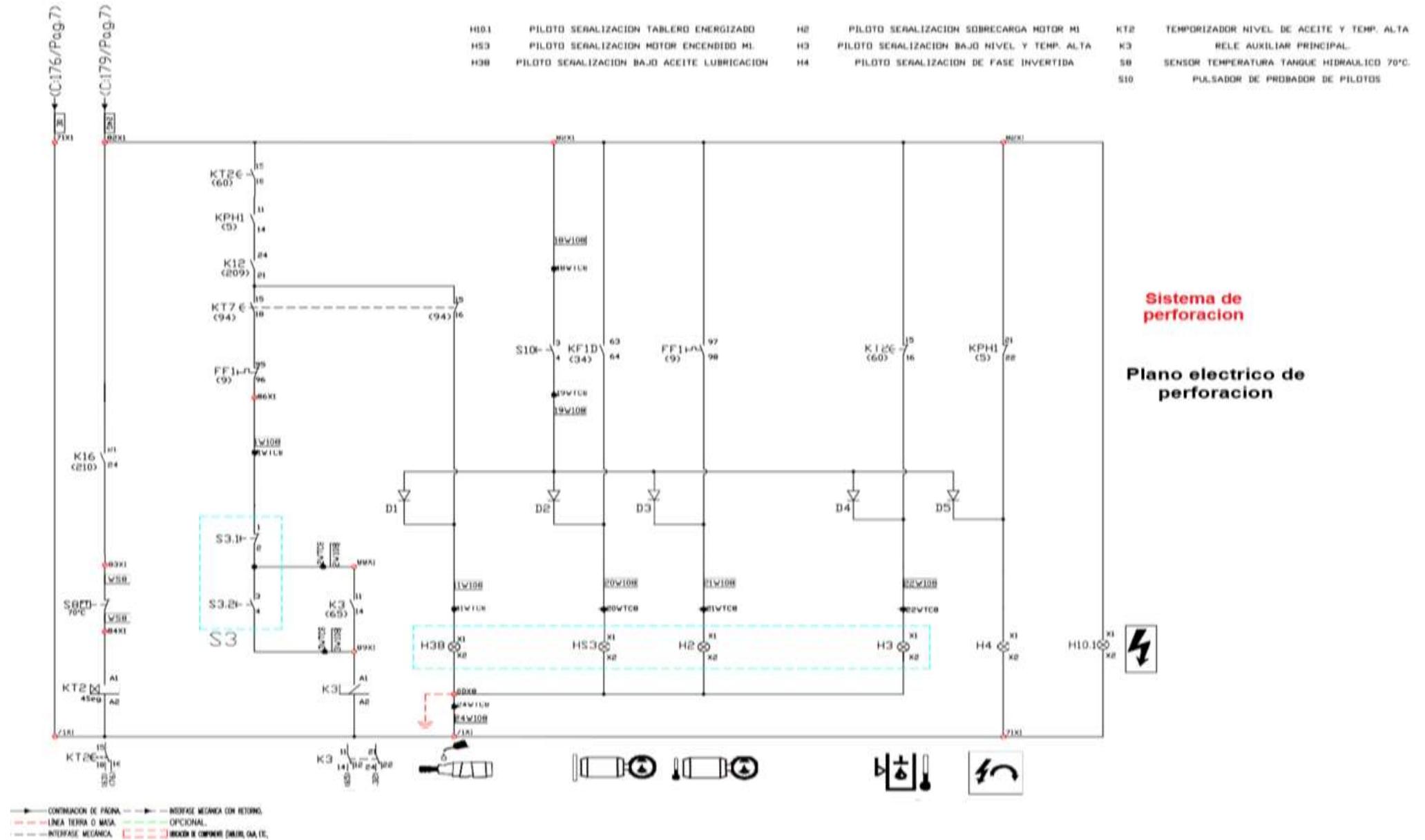


Fig. 54. Plano eléctrico de perforación [21]

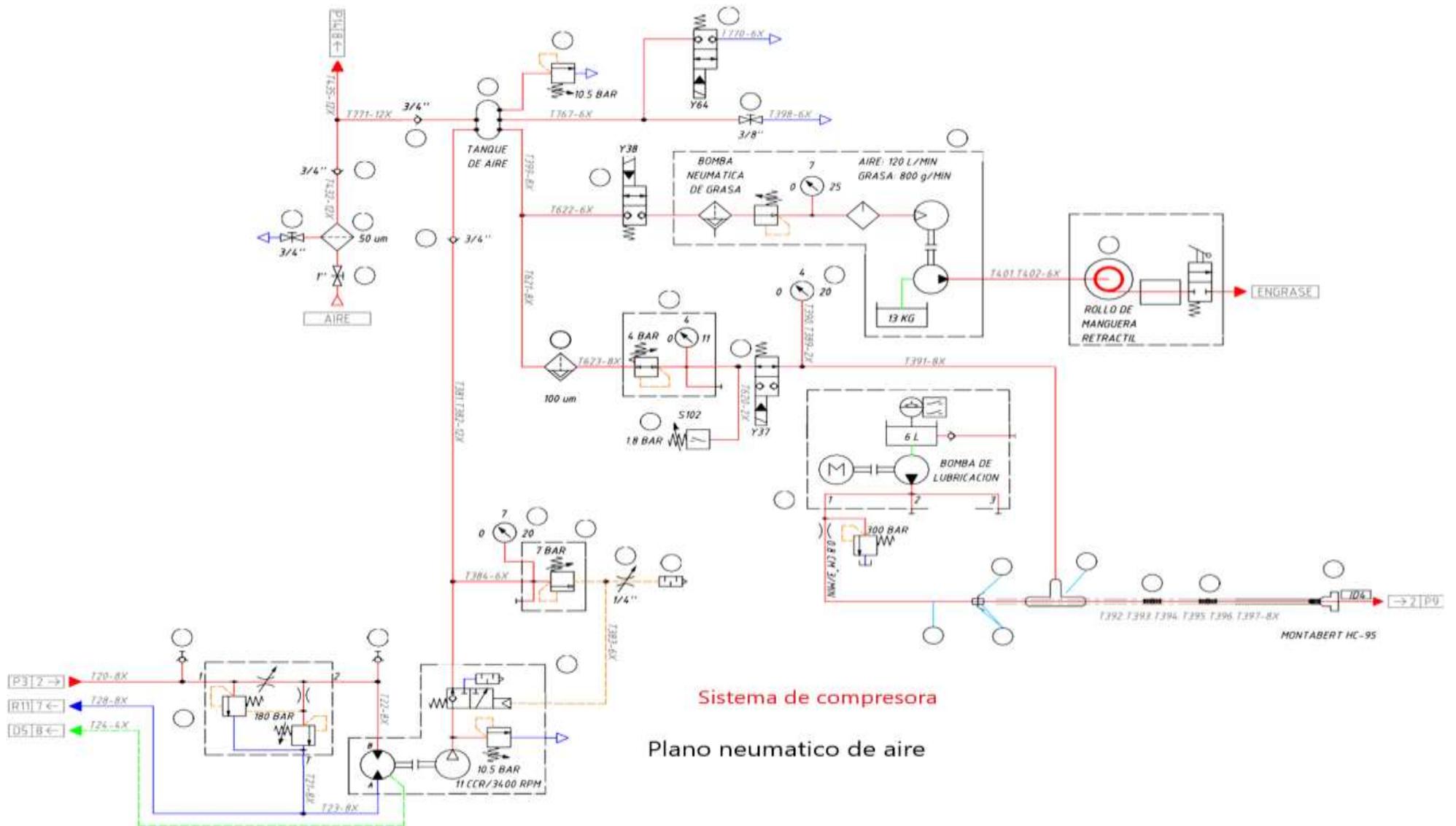


Fig. 55. Plano neumático de aire [21]

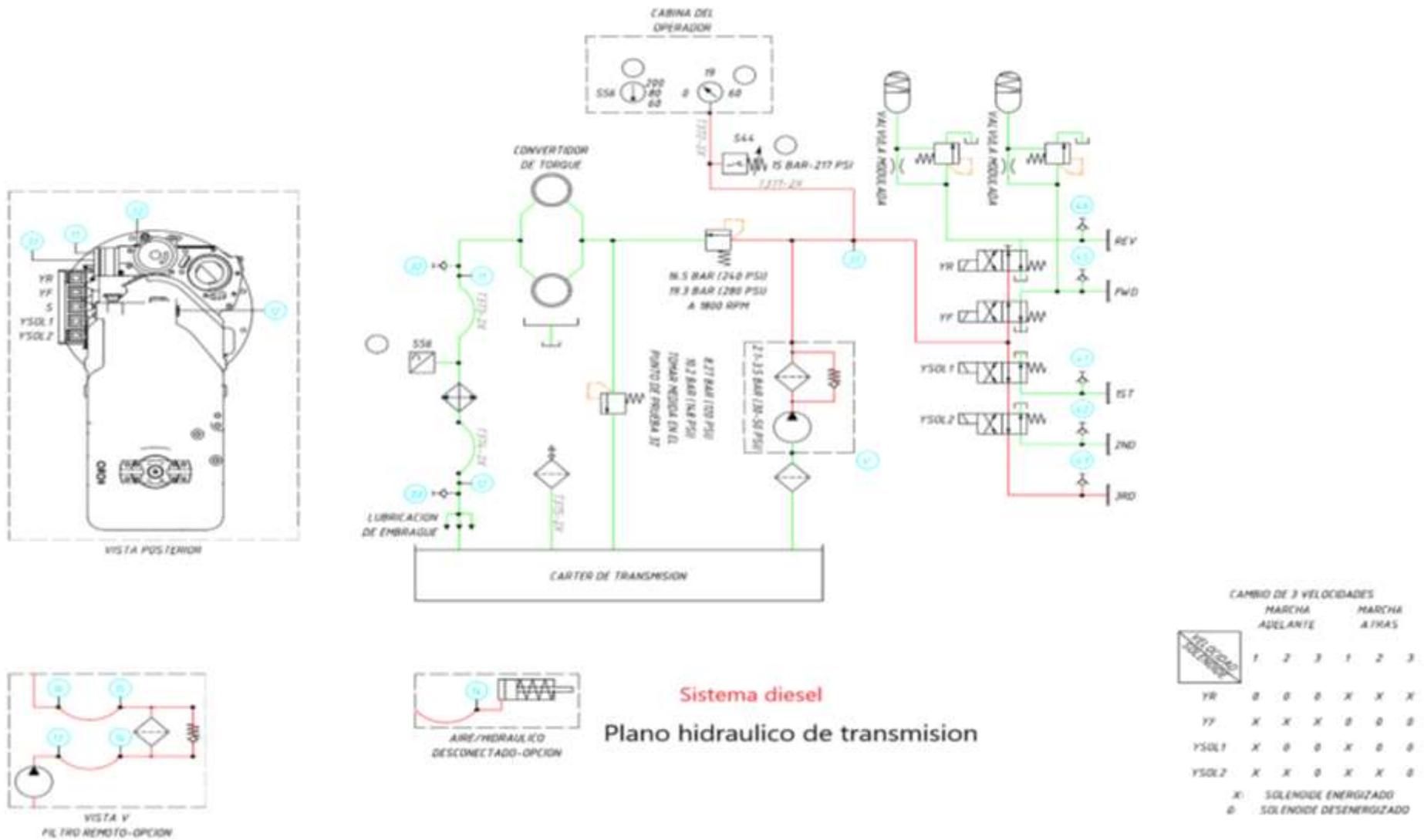


Fig. 56. Plano hidráulico de transmisión [21]

Pasos principales en un proceso de perforación.

– Inspección del Equipo.

El supervisor debe verificar que el operador cuenta con las licencias internas correspondientes, para luego indicarle el área donde debe trabajar.

El operador debe inspeccionar completamente el equipo, utilizando para ello una cartilla de Inspección (check list); y en caso de detectar alguna anomalía en el equipo deberá informar a través del registro o cartilla en forma inmediata al supervisor de turno.

Las botas del operador y pisaderas del Jumbo mantenerlas limpias; para subir y bajar del equipo debe usarse siempre tres puntos de apoyo.

- Traslado de Jumbo.

El operador deberá seleccionar la marcha adecuada para el traslado según sea el caso, además la velocidad de desplazamiento no debe ser superior a la permitida según procedimiento de traslado de equipos.

El traslado debe realizarse con de forma frontal.

Comprobar que al trasladar el equipo la ruta se encuentre segura sin presencia de caídas de rocas.

- Instalación del cable eléctrico.

Colocar cable eléctrico de Jumbo apoyado de los soportes instalados en la caja.

Durante la instalación del cable se debe realizar con todos los equipos de protección personal.

- Conexión de cable a caja eléctrica.

Verificar posición de la llave general en posición apagado (OFF), antes de conectar el cable eléctrico.

Verificar que la caja eléctrica se encuentra instalada de forma segura y fuera del alcance de los equipos; en caso contrario se debe corregir la condición insegura.

Solo están autorizados para conectar el conector eléctrico del Jumbo a caja eléctrica, el electricista de turno o bien el operador del Jumbo que se encuentre instruido para dicha operación.

- **Conexión de manguera de agua.**

El operador debe verificar que no existan fugas de agua en las conexiones de la manguera.

- **Posicionamiento del equipo.**

El operador debe posicionar el equipo en forma centrada con respecto a la labor y aplicar freno de estacionamiento.

El ayudante debe instalar una bomba de drenaje, para evacuar el agua producto de la perforación.

Revisar que el piso donde se apoyaran los cilindros estabilizadores sea roca firme y descender los cuatro estabilizadores, para dejar nivelado el equipo.

- **Perforación.**

Antes de iniciar las perforaciones en el frente de trabajo (roca) se debe verificar que no exista rocas sueltas y que toda la labor de trabajo este sostenida.

El operador debe cercar el lugar de trabajo con conos de seguridad que indique que equipo se encuentra trabajando.

El operador debe revisar que la presión del agua sea la adecuada.

El operador debe ejecutar la operación de acuerdo con el diagrama de extracción preestablecido por el supervisor a cargo.

Se debe empezar la perforación desde la base a la corona (de abajo hacia arriba).

El operador debe de mantener el paralelismo de las perforaciones en 90^a respecto al piso.

El operador no debe perforar en los ángulos de la extracción anterior.

Durante la operación el operador deberá estar atento ante cualquier situación de riesgo que se pueda presentar durante la operación.

El operador no permitirá la presencia de personas en el radio de acción de los brazos, cuando el equipo se encuentre trabajando.

- **Perforación para fortificación**

Se debe perforar solo dos agujeros por malla instalada.

El jefe de turno debe coordinar con los topógrafos para marcar los dos agujeros a perforar

Instalar equipo al frente de la labor.

Iniciar la perforación por la segunda perforación o la más lejana al equipo y desde una caja hacia la otra en forma secuencial.

Una vez que se ha perforado el segundo agujero se debe recoger el brazo de equipo y perforar en forma similar a lo descrito en el punto marcado en forma "C".

Una vez perforada los dos agujeros se debe retirar equipo del lugar de trabajo.

Proceder a colocar la malla de acuerdo con el procedimiento.

Una vez colocada la malla perforar los dos agujeros siguientes para un nuevo paño de malla.

Cuando corresponda colocar el último paño de malla una vez que se ha instalado este, se debe instalar Jumbo para que perfore el último agujero y así cerrar la malla y dar por finalizado el ciclo de colocación de malla.

- **Retiro de equipo.**

Apagar el sistema de perforación.

Desconectar el cable eléctrico del equipo de la caja general o alimentadora.

Cerrar la válvula de agua y retirar la manguera del equipo.

Posicionar equipo, enrollar cable eléctrico y trasladar Jumbo.

El enrollado del cable debe realizarse en forma automática. En caso de que la actividad de enrollado no se pueda hacerse de esta manera, se procederá a realizar de forma manual, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- a. Equipo detenido.

- b. Apoyo de personal para realizar la operación.

Estacionamiento del equipo

Estacionar el equipo en lugar permitido de acuerdo con el procedimiento

En caso de que se encuentre con derrame de aceite estacionarlo sobre una cubierta plástica o bien utilizar bandejas hasta que mecánicos solucionen el problema.

Dejar el equipo correctamente parqueado, puestos los estabilizadores, con los brazos en posición horizontal. En el caso de dejarlo en interior de la mina los brazos deben quedar a la altura del techo para evitar posibles golpes de las rocas [8].

2.2.18 Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto es conocido como la curva 80/20 o distribución ABC que analizan productos rigurosos como lo estableció Vilfredo Pareto.

Los estudios de Pareto permiten establecer que el 80% de las consecuencias de un fenómeno es causado por 20% de las causas, El análisis de Pareto hecha por un diagrama de barras la cual concentran las causas en orden descendiente lo que permite identificar cual ese 80% que genera los problemas para concentrar los esfuerzos en sus soluciones.

Para realizar un diagrama de Pareto antes se debe definir que se quiere hacer, que situación problema o fenómeno por analizar y definir las causas o factores se tiene que analizar.

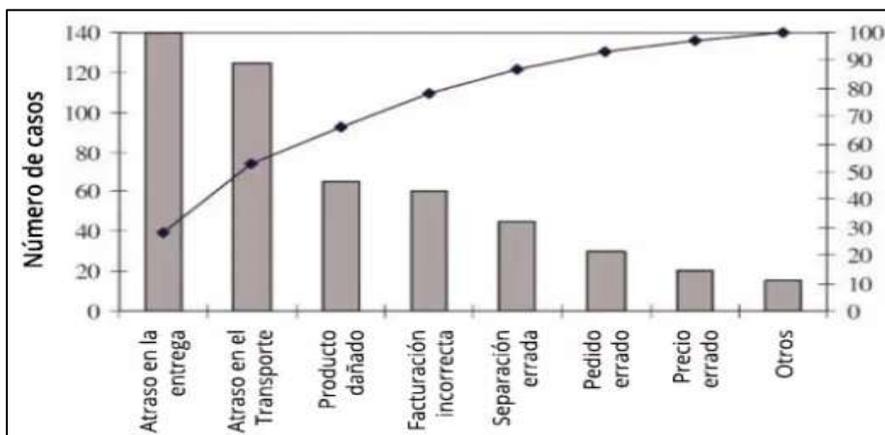


Fig. 57. Diagrama de Pareto [6]

2.2.19 Diagrama de Ishikawa.

Es una estrategia constructivista que permite analizar un problema tomado en cuenta sus causas y sus efectos que producen, se presenta a través de un diagrama de forma de pez.

Se denomina diagrama de Ishikawa porque fue desarrollado por el doctor Kaoru Ishikawa; este diagrama fue creado para procesos industriales, pero con el paso del tiempo se fue adaptando a muchos más usos no importando la situación mientras se siga la metodología.

El Diagrama de Ishikawa presenta la relación existente entre el resultado no deseado o no conforme de un proceso (efecto) y los diversos factores (causas) que pueden contribuir a que ese resultado haya ocurrido.

Se muestra un ejemplo en la figura 58.

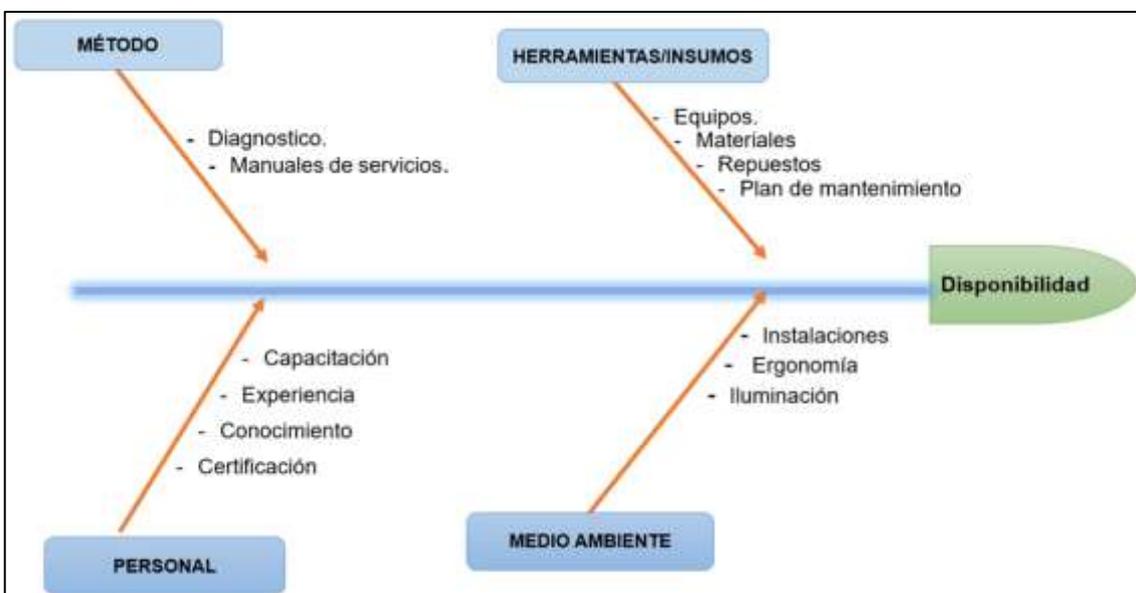


Fig. 58. Diagrama de Ishikawa

2.2.20 Las 5's.

Es una técnica de gestión japonesa basada en principios sencillos se denomina así porque el método tiene 5 etapas y la primera letra de cada uno de los principios inicia con "s" del nombre en Japonés. mejorar las condiciones laborales y la moral de los

empleadores. Trabajar en sitio limpio y ordenado, reduce el riesgo e incrementa la seguridad.

Clasificación (Seiri)

Separar lo innecesario; consiste en eliminar las cosas inútiles del espacio de trabajo evitando que vuelvan a parecer

Eliminar todo lo innecesario liberará espacio y ahorrará tiempo de producción dedicado a buscar las herramientas o limpiar la zona de trabajo.

Orden (Seiton)

Situar lo necesario ordenar u organizar. Tener una mayor organización en el espacio de trabajo para ser lo más eficaz, el objetivo es establecer un orden en la identificación y ubicación en los materiales necesarios con el fin de encontrarlos utilizarlos o reponerlos de una forma más sencilla y rápida.

Limpieza (Seiso)

En esta etapa se deben eliminar toda la suciedad del área de trabajo, se tomará la prevención necesaria para evitar que vuelvan aparecer.

Estandarización (Seiketsu)

Implantar normas y procedimientos con el objetivo de prever la aparición de la suciedad y el desorden cumpliendo todos los días.

Disciplina (Shitsuke)

Se deben seguir fomentado los esfuerzos ya acciones. Tener un control, comparar los resultados obtenidos con los estándares y los objetivos cumplidos [3].

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1. Análisis situacional.

3.1.1. La empresa.

La compañía minera Lincuna SAC dedicada a extraer mineral polimetálico, por medio de excavación subterránea, cuenta con equipos pesados como scooptrans, Jumbos, jaycles y otros con una producción de mineral de 3000 toneladas diarias.

Las bases de sostenibilidad están fundamentadas en:

- La gestión medioambiental
- La gestión de desarrollo local
- Excelencia operacional
- Desarrollo de los colaboradores.

Inicia sus operaciones en el 2016 y desde entonces trabaja bajo parámetros de salud y seguridad, así como el estricto respeto a la legislación local e internacional.

La compañía minera Lincuna SAC se encuentra ubicada en la ciudad de Huaraz provincia de Aija unidad operativa Huancapeti con una altitud de 4200 msnm y con una oficina central en Lima.

3.1.2. Visión.

La visión establecida por la empresa es:

Visión Empresarial: Gran minería, competitivo a nivel minero.

3.1.3. Misión.

La misión de la empresa Lincuna S.A.C. es:

Misión empresarial: Somos una empresa minera dedicada a la explotación de minerales polimetálicos, comprometidos a una gestión real, rentable dando énfasis a la seguridad, y conservación del medioambiente; trabajamos para superar cualquier crisis con responsabilidad en el manejo de recursos, costos y presupuestos para el desarrollo organizacional, comunitario y del país [11].

3.1.4. Matriz foda.

En la siguiente figura 59 se muestra la matriz FODA de la empresa.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">• Actitud responsable de todo el personal técnico• Técnicos capacitados en los trabajos• Trabajo en equipo• Compromiso de toda el área• Deseo de mejoramiento en el área	<ul style="list-style-type: none">• Capacitación al personal en mantenimiento y repa• Realizar un correcto plan de mantenimiento• Tener nuevas herramientas modernas
Debilidades	AMANAZAS
<ul style="list-style-type: none">• Falta de procedimientos para los trabajos• Herramientas son hechizas• No se cuenta con manuales de los equipos• No se realiza una buena distribución de trabajos• Deficiencia en programación de trabajos• Problemas con la información de falla de equipo con operaciones	<ul style="list-style-type: none">• Contratación de servicios de mantenimiento exte• Reducción de personal• Negligencia en la parte operativa

Fig. 59. Matriz Foda - Lincuna S.A.C

3.1.5. Organigrama de la Empresa

El organigrama de la empresa Lincuna S.A.C. es:

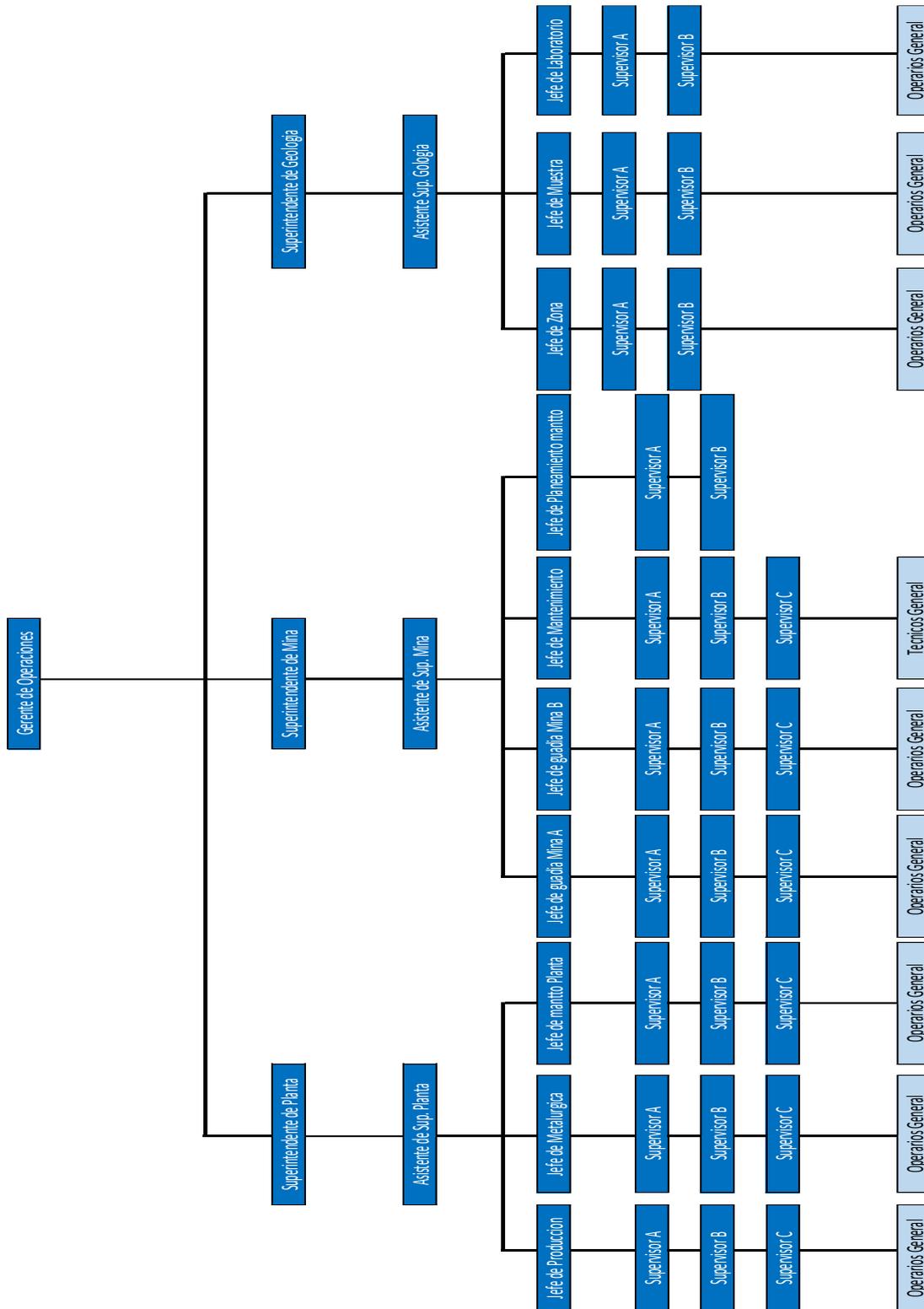


Fig. 60. Organigrama de la empresa Lincuna S.A.C

3.1.6. Organigrama del área de mantenimiento.

A continuación, se muestra el organigrama del área de mantenimiento de la empresa Lincuna S.A.C:

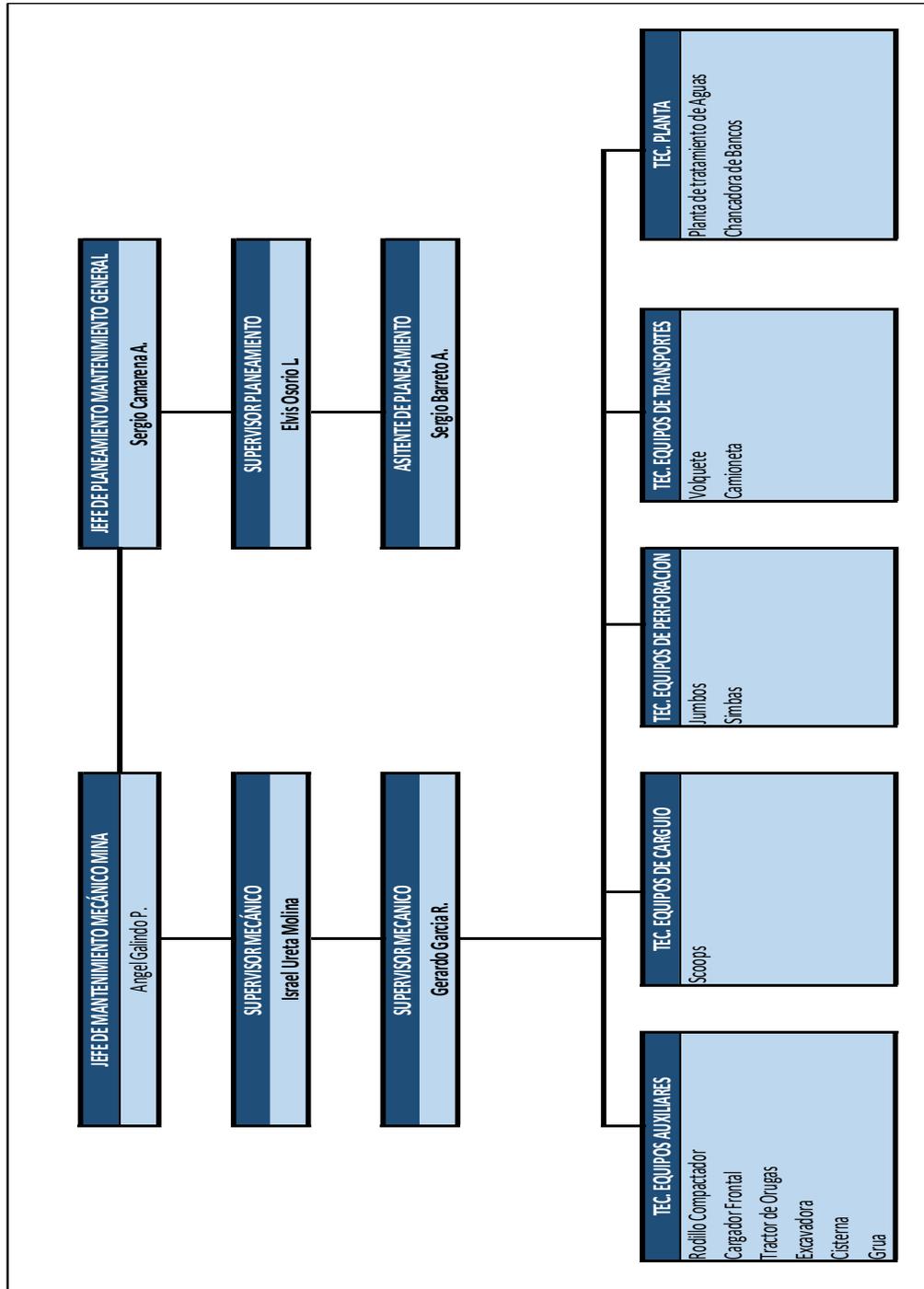


Fig. 61. Organigrama del área de mantenimiento

3.1.7. Diagrama general de procesos de la empresa Lincuna S.A.C.

Se muestra a continuación el diagrama de procesos que se realizan en la empresa Lincuna S.A.C.

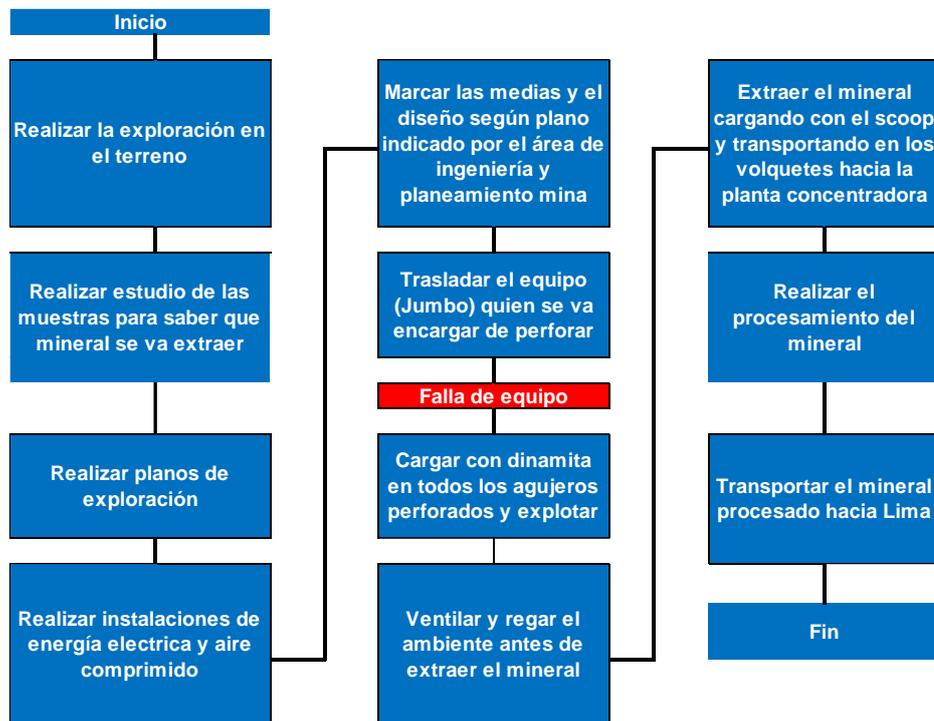


Fig. 62. Diagrama de procesos de la empresa Lincuna S.A.C.

3.1.8. Descripción del diagrama general de procesos de la empresa.

- Realizar la exploración en el terreno:
El área de exploraciones es la encargada de extraer muestras de mineral y realizar los estudios de cuánto de porcentaje y calidad de mineral se tiene para realizar toda la extracción y determinar la rentabilidad en la producción.
- Realizar estudio de las muestras para saber qué mineral se va a extraer:
En cuanto a las muestras que se obtiene se transportan hacia Lima a un laboratorio especializado.
- Realizar planos de exploración. Los exploradores son los encargados de realizar los planos de todo el terreno que se ha encontrado el mineral para realizar la extracción.

- Realizar la instalación de energía eléctrica y de aire comprimido:
Una vez que se confirma la extracción del mineral, el área de servicios es la encargada de brindar las condiciones de energía eléctrica y aire comprimido en todas las labores tanto para para los equipos de perforación y ventilación al interior de la mina.
- Marcar los puntos según plano indicado por el área de ingeniería y el área planeamiento.
El departamento de operaciones, previa coordinación con el área de planeamiento realiza la marcación de los puntos según los planos de diseño, en esos puntos la perforadora realizará las perforaciones.
- Trasladar el equipo (Jumbo) quien se va a encargar de realizar las perforaciones:
El operador y su ayudante son los encargados de transportar el equipo Jumbo hacia la labor asignada para su perforación ya sea una perforación positiva o negativa según la marcación posteriormente realizada.
- Cargar con dinamita en todos los agujeros perforados y explotar:
Una vez que el equipo Jumbo haya terminado de realizar las perforaciones los encargados de cargar la dinamita en todos los agujeros realizan su trabajo de reventar dicha veta de mineral.
- Ventilar y regar el ambiente antes de extraer el mineral:
Como parte de seguridad e integridad de cada uno de los trabajadores no está permitido ingresar a la mina después de 2 horas que se ha disparado la veta. Antes de extraer el mineral disparado se tiene ventilar los gases producto de la dinamita y regar para retener el polvo.
- Extraer el mineral cargando con el scooptrams y transportando en los volquetes hacia la planta concentradora:
Para cargar el mineral disparado de utiliza los scooptrams y transporte de los volquetes que llevaran hacia la planta concentradora.

- Realizar el procesamiento del mineral:

En la planta concentradora donde se encargan de procesar los minerales realizan unas series de proceso (chancado, molienda, flotación, concentrado, espesamiento, filtrado y secado) en resumen separan el mineral puro y el desmonte.

- Transportar el mineral procesado hacia Lima:

Una vez que el mineral allá terminado su proceso se realiza el transbordo hacia la ciudad de Lima para su distribución a los proveedores.

3.1.9. Esquema de procesos del área de mantenimiento.

El área de mantenimiento comienza sus actividades con el reparto de guardia y la distribución de la orden técnica.

El segundo paso es la inspección respectiva y el engrase a los componentes móviles que se encuentran expuestos.

Si se encuentra alguna falla en algún componente de la perforadora se solicita al personal especialista para que realice la reparación.

Dependiendo del diagnóstico, se realiza la reparación o el cambio respectivo de algunos componentes del sistema.

Cuando los componentes requieren ser reemplazados en muchas ocasiones no se cuenta con stock demorando la entrega de la perforadora operativa, afectando su disponibilidad.

Cuando se tiene el componente en almacén, este departamento emite el vale de salida del repuesto.

Se repara la avería y luego se entrega el equipo para su operación.

A continuación, se muestra el esquema respectivo al proceso de mantenimiento correctivo y luego una descripción de este.

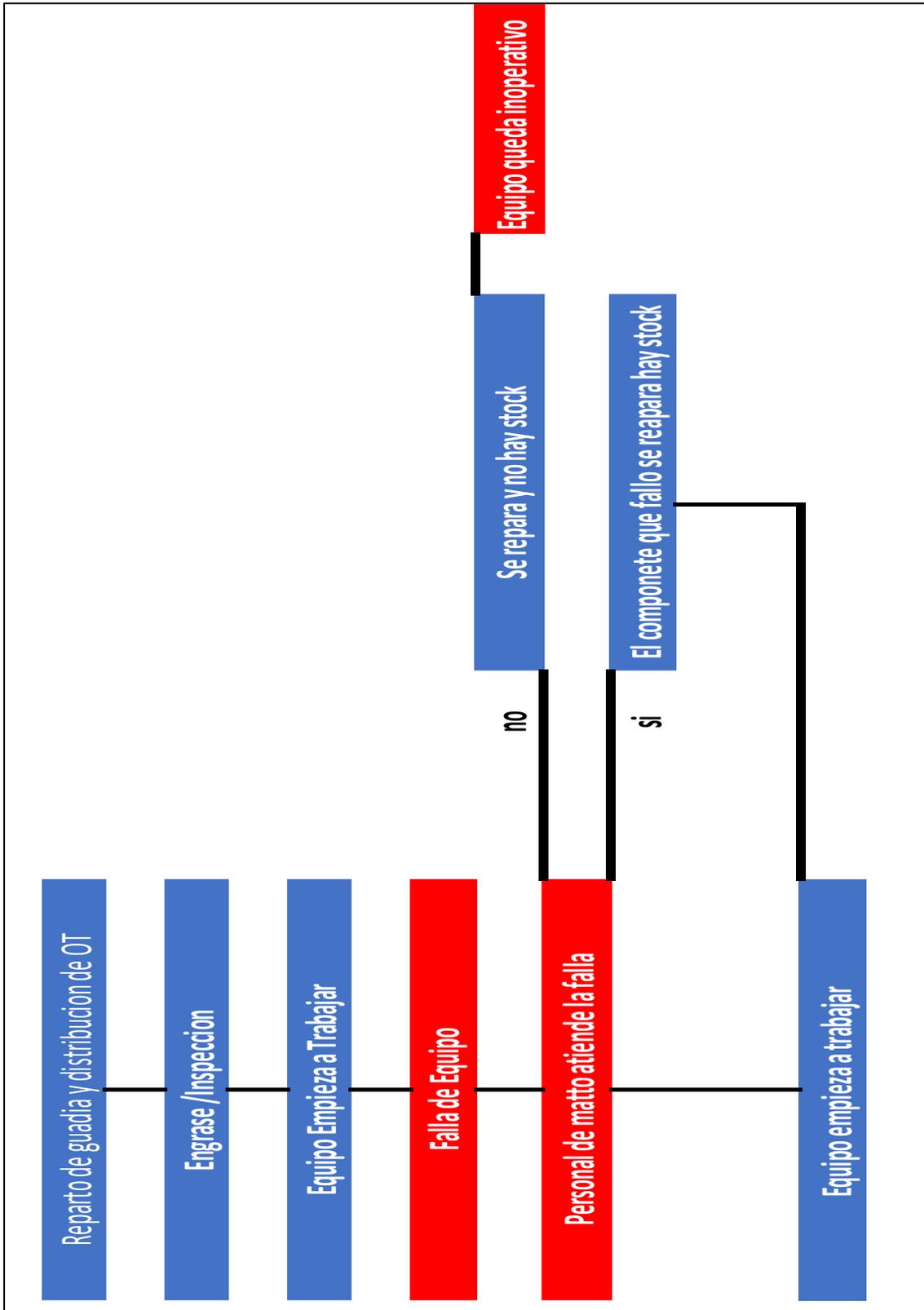


Fig. 63. Esquema de procesos del área de mantenimiento

Descripción del esquema de procesos del área de mantenimiento de la empresa

Lincuna S.A.C.

- Reparto de guardia y distribución de OT:

Durante la reunión entre la guardia saliente y la guardia entrante, se detallan todos los trabajos que se realizaron y los que están pendientes a realizar, se asigna a cada técnico las órdenes de trabajo (OT) y los formatos de gestión de seguridad.

- Engrase /Inspección:

Al iniciar la guardia los técnicos realizan una inspección visual (nivel de aceite, estructura, llantas y otros) al equipo y su engrase respectivos a todos los puntos de articulación.

- Equipo empieza a trabajar:

El equipo (Jumbo Troidon 55XP) se traslada a su labor para empezar a perforar.

- Falla de equipo:

Cuando el equipo está trabajando (perforando) a menudo se presentan fallas mecánicas ocasionando perdida en la producción.

- Personal atiende la falla:

El área de mantenimiento atiende la falla reportada y evalúa porque se ha ocasionado la falla con la opción de ser eliminada o sustituir el componente defectuoso.

- No se repara y no hay stock:

La mayoría de los componentes internos del equipo son descartable y otros que se pueden reparar.

- Equipo queda inoperativo:

En este proceso es donde se determina que el equipo no está cumpliendo su función por falta de un plan de mantenimiento preventivo que debería prever una falla antes que ocurra.

- Si el componte que falló se repara o hay en stock:

El personal técnico una vez que haya determinado el problema procede eliminar la falla de inmediato para que el equipo pueda continuar trabajando.

Conclusión:

Se determina que no existe mantenimiento preventivo, si el equipo (Jumbo Troidon 55XP) falló solo se corrige la falla en su momento y se realizan algunos correctivos aprovechando que el equipo esta inoperativo, es común que las fallas se den en cualquier momento debido a que no existe un programa de mantenimiento donde se realizaría cambio de filtros, cambiar mangueras dañadas, realizar pruebas de presión, temperatura y otros. Con la condición de evitar las futuras fallas del equipo y realizar pedidos de repuestos y cambiarlos antes que falle la perforadora; se debería contar además con alguna herramienta que facilite el diagnóstico y mejore la disponibilidad.

3.1.10. Especificaciones técnicas Jumbo Troidon 55XP.

Equipo de perforación frontal electrohidráulico de 1.85 m de ancho, para avance de túneles en minería subterránea y obras civiles de secciones medianas desde 3.5 x 3.5 hasta 5.3 x 5.3 m de ancho.

El equipo viene equipado con una moderna perforadora Montabert modelo HC 95 de 22 kW, el más rápido del mercado, equipada con Back Hammering de amortiguación para evitar atascamientos de barras durante la perforación.

Chasis para trabajo pesado, articulado 4WD, auto propulsado con motor diésel Deutz y equipado con brazo hidráulico de paralelismo automático y mecánico [5].

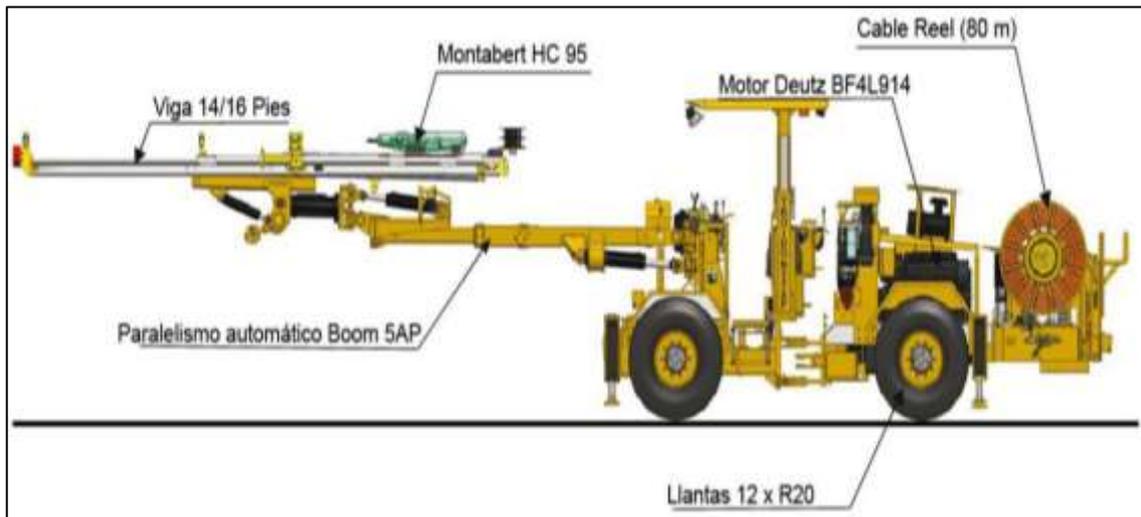


Fig. 64. Componentes mayores del Jumbo Troidon 55XP [5]

- **Ficha técnica:**

PERFORADORA

• Modelo	Montabert, HC95 - LM
• Potencia de impacto	22 kW
• Presión de percusión	180 Bar
• Frecuencia de percusión	68 Hz
• Velocidad de rotación	0 - 270 rpm
• Torque de rotación	750 Nm
• Diámetros de perforación	51 - 75 mm
• Diámetro de rimado	75 - 127 mm
• Consumo de aire	6 l/s (a 2.5 bar)
• Consumo de aceite lubricación	0.8 cc/min
• Consumo de agua	3 - 4 l/s (a 9 bar)
• Shank adapter	R38, T38, T45 - Macho
• Peso	185 kg

VIGA DE PERFORACIÓN

• Modelo	RE 2500 Series
• Avance de perforadora	Cilindro hidráulico y cable de acero
• Fuerza de Avance	25 kN
• Extensión de viga	1290 mm
• Viga estándar	14 pies
• Opción:	16 pies
	8-14 Telescópico

BRAZO

• Modelo	Boom 5AP
• Paralelismo Hidráulico Automático	
• Área de cobertura	34 m ²
• Extensión del Brazo	1200 mm
• Angulo de levante	+60°/-25°
• Angulo de giro	± 30°
• Angulo de rotación	360°
• Cilindros Hidráulicos	Parker

CARRIER

• Modelo	C66
• Motor diesel	Deutz BF4L914, Tier II, EPA II
• Potencia	72.4 kW @ 2300 rpm
• Catalizador de escape	Estándar
• Transmisión	Hidrodinámica
• Caja de transmisión Powershift	Dana, T12000
• Ejes diferenciales	Dana, Serie 112
• Bomba de posicionamiento	Parker, P315 B
• Eje oscilante posterior	± 8°
• Frenos de servicio	Independiente
• Frenos de emergencia y parqueo	SAHR (Spring Applied Hydraulic Release)
• Llantas	12.00 R 20
• Dirección hidráulica (carrier articulado)	±41°
• Gatos hidráulicos	2 delanteros extensible 2 posterior
• Baterías	2x12 V, 90 Ah
• Sistema eléctrico	24 VDC
• Capacidad de subida rampa	15°
• Cabina de operador (canopy)	FOPS / ROPS
• Luces de marcha	8X, Halógeno 65W HD, 24 V
• Sistema centralizado de engrase	SKF
• Sistema de lubricación de perforación	SKF
• Sistema de lavado a alta presión (manual)	
• Pistola de engrase con carrete (manual)	
• Sistema automático de supresión de incendios	ANSUL, 6 boquillas
• Extintor manual	1x8kg, Tipo ABC

SISTEMA DE CONTROL HIDRÁULICO

• Válvula de control directo	Parker KA-18
• Bomba de percusión (presión compensada)	Rexroth A10VO100
• Bomba triple	Parker PGP620
• Presión de trabajo	180 bar
• Tanque de aceite hidráulico	140 l
• Filtro hidráulico de retorno	Parker, 20µ
• Filtro hidráulico de alta	Parker, 10µ
• Indicador de saturación del filtro hidráulico	Parker
• Indicador de bajo nivel de aceite	Hydac
• Indicador de temperatura de aceite	Hydac

SISTEMA ELÉCTRICO

• Motor Eléctrico	ABB - 75kW / 100 HP
• Voltaje	380 - 440 - 550 - 690 - 1000 VAC
• Frecuencia	50 - 60 Hz
• Arranque	Estrella - Triangulo
• Opción a 1000 VAC	Arranque directo
• Protección contra sobrecarga y falla a tierra	Schneider, Modulo VIGI
• Horómetro de percusión	En el tablero de control
• Indicador de secuencia de fase	Siemens
• Cargador de batería	32 VAC, 300W, 13A
• Transformador principal	3,5 kVA
• Luces de trabajo	2X, LED N44, 50W, 6700 lm, 24 V
• Carrete de cable eléctrico	90 m
• Cable eléctrico	3X1/0 - AWG (50mm)
• Tablero eléctrico	Grado de protección IP 55

SISTEMA DE AGUA Y AIRE

• Compresor	LE7-10UV
• Capacidad máxima	28 CFM
• Presión de trabajo	10 Bar
• Bomba de agua motor hidráulico	Grundfoss, CR5 - 9
• Caudal máximo a 8 bar	6.9 m ³ /h
• Presión mínimo de ingreso	2 Bar
• Enfriador tubular Bowman	FG-120, 48.6 GPM, 20 bar
• Tanque de aire	60 l

- Dimensiones:

Las dimensiones de la perforadora son:

Dentro de la fig. 65 se muestra las dimensiones del Jumbo Troidon 55XP ancho, largo y altura.



Fig. 65. Dimensiones de Jumbo Troidon XP55 [5]

Dentro de la fig. 66 se muestra el ángulo de giro de la articulación y medidas de área donde realizara la perforación.

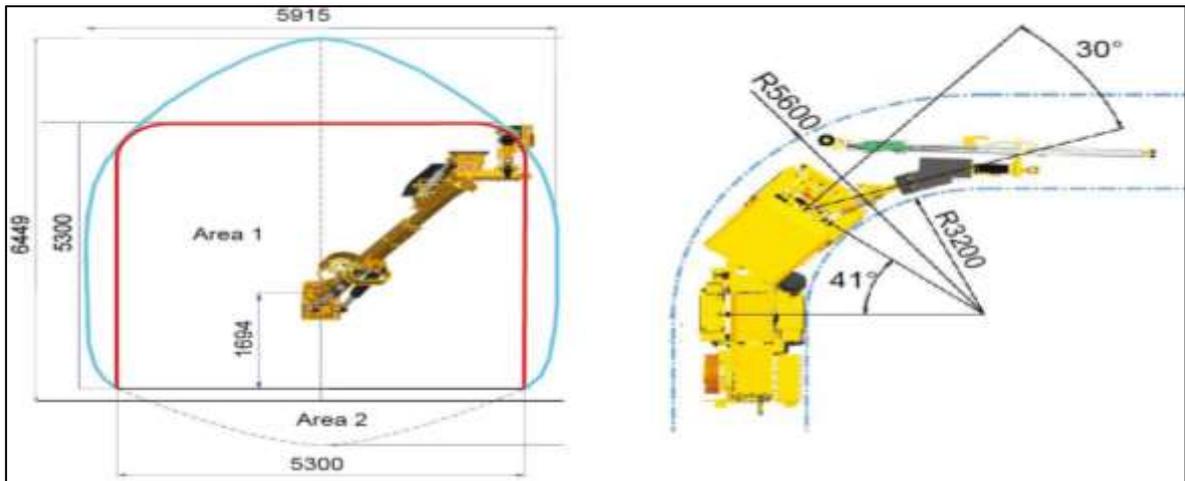


Fig. 66. Área de cobertura y radio de giro del Jumbo Troidon 55XP [5]

3.2. Determinación del problema.

Análisis de la data histórica.

La idea de la propuesta técnica para implementar un plan de mantenimiento preventivo en las perforadoras Jumbo Troidon 55XP es porque no se cuenta con esta herramienta, persistiendo además el desorden en el taller para realizar los trabajos correctivos.

Capacitación del personal técnico.

El personal no está capacitado tanto en la parte técnica operativa y en la gestión por lo cual el Jumbo Troidon 55XP no tiene una buena conservación debido a un incorrecto uso de la máquina.

Programa de mantenimiento.

El Jumbo Troidon 55XP no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo adecuado solo se interviene cuando el equipo falla lo cual afecta directamente a la producción debido a la parada de los trabajos programados

A continuación, en la figura 67 se muestran las paradas imprevistas en el año 2018.



Fig. 67. Paradas imprevistas

Disponibilidad del equipo.

La disponibilidad es un indicador estratégico (KPI) de mantenimiento que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total, corresponde a la probabilidad que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. La disponibilidad del equipo se puede deducir de la formula (1).

$$\text{Disponibilidad Mecánica (\%)} = \frac{\text{Horas Programadas de trabajo} - (\text{Total horas por mantenimiento})}{\text{Horas Programadas de trabajo}} \times 100\%$$

La disponibilidad del equipo Jumbo Troidon 55XP registradas en los meses enero a diciembre del año 2018 es de 61% como promedio el cual no está dentro del porcentaje óptimo establecido por la empresa que establece entre 85%-95% para una disponibilidad mecánica y el área de mantenimiento debe brindar al área de operación mina para la mantener una producción constante.

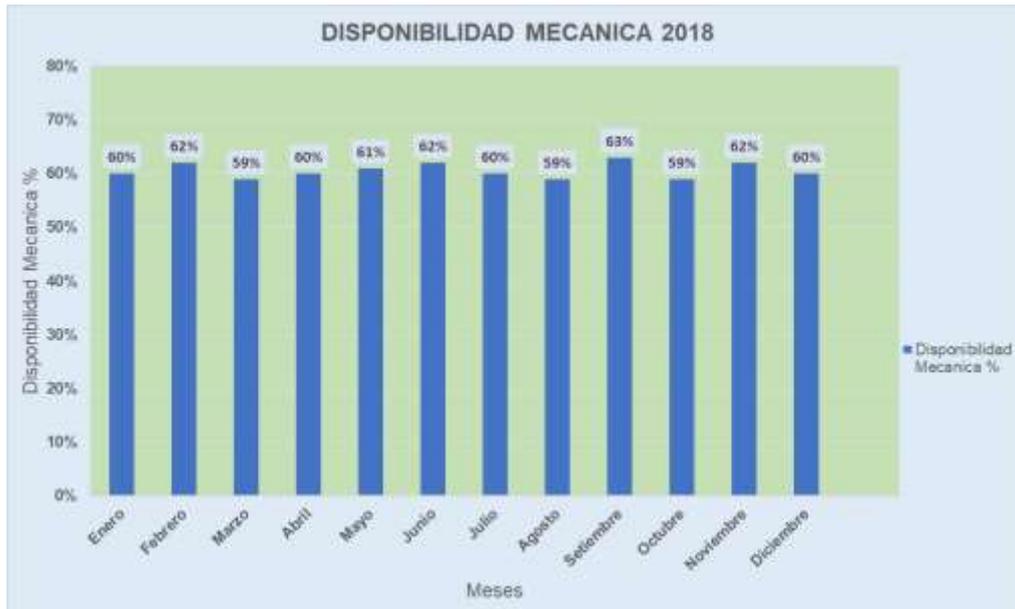


Fig. 68. Disponibilidad del Jumbo Troidon 55XP año 2018

Horas perdidas en atender la falla mecánica del Jumbo Troidon 55XP.

Durante el proceso de trabajo de perforación y/o traslado de la perforadora se registraron fallas mecánicas de diferentes sistemas donde se concluye (participación de los mecánicos) que la mayor parte de fallas se hubieran prevenido si se contara con un programa de mantenimiento preventivo adecuado.

La hora perdida durante la atención de falla mecánica es por la falta de gestión en el mantenimiento en el área que no toma con mucha importancia la pérdida de producción.

Se realizó un cuadro de proceso con tiempos en la atención de la falla; se inicia desde que el operador se traslada hacia el teléfono del interior de la mina, reporta la falla al área de mantenimiento de mecánico que realiza una orden de trabajo al técnico encargado de atender la falla, el técnico mecánico se traslada al lugar de labor del equipo, evalúa la falla para posteriormente solicitar repuesto, coloca el repuesto nuevo y al final se realizan las pruebas para determinar que el equipo está operativo.

Tabla 3: Horas perdidas por atención de la falla mecánica presentada

Hora Perdida en Atender Falla Mecanica Presentada		
Ítem	Actividad	Tiempo (Min)
1	Operador se traslada a un teléfono	20
2	Operador comunica la falla	5
3	Asistente de mantenimiento realiza la Orden de trabajo	30
4	Personal de mantenimiento espera la movilidad	20
5	Personal de mantenimiento se traslada al equipo	40
6	El técnico realiza su IPERC de seguridad	20
7	El técnico evalúa la falla	60
8	El técnico solicita repuesto para su cambio	120
9	El técnico coloca el repuesto nuevo	20
10	Se realiza la prueba del equipo	30
Total (Min)		365
Total (Hr)		6

De la tabla 3 se evidencia las actividades de atención de una falla con cada tiempo perdido, solo se está considerando los procesos siempre y cuando se tenga repuesto en stock, muchas ocasiones la perforadora se ha queda inoperativo por varios días por falta de repuesto en almacén.

Horas perdidas al realizar mantenimiento correctivo y preventivo.

Durante el trabajo del jumbo troidon 55xp se determinó que los mantenimientos correctivos y preventivos se realizaban sin un plan de mantenimiento programado solo solicitaban cuando el equipo esta critico antes de quedar inoperativo.

Las horas perdidas por realizar mantenimientos sin planificar se refleja en la tabla 4 con evidencias de cada actividad y los tiempos respectivos que en conclusión reflejan que no es factible realizar los mantenimientos sin ser planificados porque el tiempo va a ser mayor y la presión de parte del área de producción llevará a realizar trabajos incorrectos. Al realizar los mantenimientos sin ser planificados no son confiables y así lo muestra el indicador del MTBF (Tiempo medio entre fallas) con un promedio de 18 horas de falla del equipo mostrado en la tabla 4 con cálculo de la ecuación (2).

Tabla 4: Horas perdidas por mantenimiento correctivo y preventivo no programado

Horas Perdidas al realizar Mantenimiento Correctivo y Preventivo		
Ítem	Actividad	Tiempo (Min)
1	Supervisor solicita el equipo para su mantenimiento	30
2	Lavado de equipo general	60
3	Evalúan del equipo verificar estado	180
4	Personal técnico solicita repuestos, insumos y otros	60
5	Se solicita preparación de mangueras hidráulicas	60
6	Asistente de mantenimiento verifica lo que hay en stock	60
7	Se solicita repuestos que no hay en stock a logística	20
8	Asistente de mantenimiento realiza el requerimiento a almacén	60
9	Almacén atiende los repuestos	20
10	Se traslada los materiales hacia el taller principal	60
11	Personal técnico verifica los repuestos	20
12	Personal técnico realiza los trabajos	180
13	Al realizar el trabajo se solicita más repuestos	60
14	Técnico electricista realiza las correcciones de tableros eléctricos	120
15	Técnico soldador realiza trabajos general	180
16	Se realiza los cambios de mangueras hidráulicas de viga	60
17	Se realiza el cambio de todos los filtros	60
18	Se realiza pruebas de sistema eléctrico	50
19	Se realiza prueba de sistema hidráulico y otros	60
Total (Min)		1400
Total (Hr)		23

Tabla 5: Cuadro de MTBF (Tiempo medio entre fallas) 2018

Meses	N° de Paradas Imprevistas	Total Tiempo de Parada (Hr)	Tiempo Cambio de guardia o otros (Hr)	Hora Programada de trabajo (Hr) (22 hr)	Hora trabajada Real (Hr)	MTBF
Enero	20	258	8	660	394	20
Febrero	25	260	11	660	389	16
Marzo	22	260	9	660	391	18
Abril	19	259	10	660	391	21
Mayo	20	258	8	660	394	20
Junio	22	260	9	660	391	18
Julio	25	263	10	660	387	15
Agosto	23	257	11	660	392	17
Setiembre	20	259	9	660	392	20
Octubre	24	258	12	660	390	16
Noviembre	21	260	10	660	390	19
Diciembre	20	258	11	660	391	20
Promedio						18

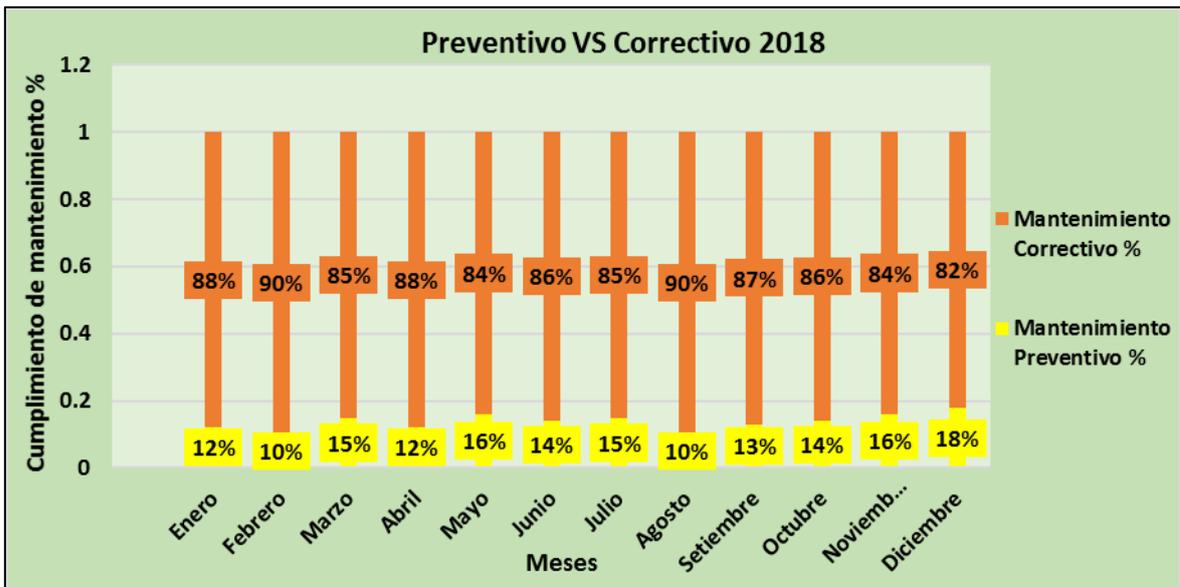


Fig. 69. Comparativo entre mantenimiento preventivo y correctivo

En la figura 69 se compara el mantenimiento correctivo y el preventivo donde actualmente opera la perforadora; la idea es que a realizar un plan de mantenimiento preventivo se deba cumplir la gestión correcta del mantenimiento estableciendo 80% mantenimiento preventivo y 20% de mantenimiento correctivo aplicando la ecuación (6), definiendo las actividades plasmadas en un plan anual de mantenimiento.

Sub Sistemas	Sistema Principal
Sistema Hidrostatico	Sistema Diesel
Sistema Electrico diesel	
Sistema de Direccion	
Sistema de Freno	
Sistema Electrico Compresora	Sistema Compresora
Sistema de Estabilizadores	
Sistema Power Pack	
Sistema Boom	Sistema Percucion
Sistema Viga	
Sistema Electrico de Perforacion	
Sistema Estructural	
Sistema Perforadora	

Fig. 70. Sistemas y subsistemas del Jumbo Troidon 55XP



Fig. 71. Diagrama de Pareto de sistema principales



Fig. 72. Diagrama de Pareto de subsistemas

En la figura 71 se muestran los problemas más relevantes presentados en el sistema de percusión y sistema diésel con mínimas diferencia del sistema de compresora. En la figura 72 se simplifica los subsistemas mostrando el gráfico la diferencia entre problemas presentados que son mínimas. En conclusión, el Jumbo Troidon está presentando fallas de todos los sistemas afectando la disponibilidad mecánica.

3.3. Determinación de la causa del problema.

3.3.1 Diagrama de Pareto.

En muchas oportunidades se observa los procesos de una empresa, al ver los resultados positivos y los negativos que se pueden presentar, lo cual no se debe por

cuales de los resultados negativos (defectos) se debe empezar para contrarrestar el defecto.

El propósito de usar el diagrama de Pareto es para identificar los elementos más importantes dentro de cualquier conjunto de problemas reportado y que un administrador maneja mucho de ellos.

Se realiza una encuesta para determinar cuáles son los problemas frecuentes que ocurren y que se podría dar solución identificando la causa que origina dicho problema.

Tabla 6: Criterios de puntuación de la encuesta

CRITERIO	PUNTUACIÓN
Leve	0 al 3
Regular	4 al 7
Grave	8 al 10

Tabla 7: Personas que intervinieron en la encuesta

CARGO	NOMBRES
Jefe de planeamiento de mantenimiento	Sergio Camarena Antonio
Jefe del área de mantenimiento	Ángel Galindo Pérez
Mecánico	Luis Guisasola / Jony rodas
Practicantes	Randy Morales, Alex Marcelo

A continuación, se muestra los problemas recurrentes y la frecuencia que ellos ocurren y que muestran mucha preocupación en la empresa.

Tabla 8: Problemas y frecuencias ocurridas

CAUSAS	Eventos	% ACUMULADO	TOTAL, ACUMULADO (FRECUENCIA ACUMULADA %)
DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO	29	35%	35%
DEMORA EN LA ENTREGA DEL EQUIPO	18	21%	56%
PARADAS NO PROGRAMADAS	16	19%	75%
FALTA DE REPUESTOS	13	15%	90%
DEMORA EN LOS MANTENIMIENTOS	8	10%	100%
TOTAL	84	100%	

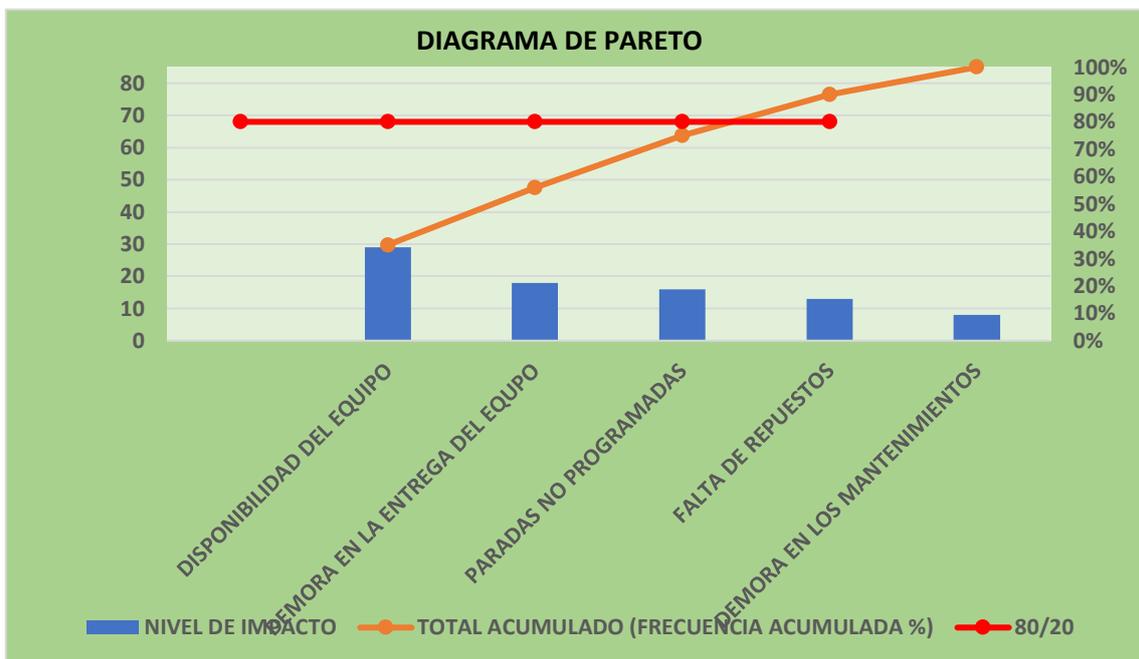


Fig. 73. Esquema de Pareto de los problemas identificados

Como se puede apreciar, en las tres primeras causas (las de mayor número de ocurrencias) representan el 75% de los problemas. A estas tres causas se les consideran vitales, y a las demás, se las consideran triviales. En la figura 73 se observa los problemas reportados por número de ocurrencia y su frecuencia porcentual acumulada, se observa que los problemas que estén por debajo del 75% son las vitales, y el resto son triviales. Por lo tanto, se determina que los problemas vitales son la disponibilidad del equipo, demora en la entrega del equipo de parte del área de mantenimiento y las paradas no programadas.

De estos tres problemas vitales se está considerando el de mayor criticidad y que además involucra los otros dos restantes que es la disponibilidad del equipo.

3.3.2. Análisis de la causa raíz que generan el problema. (diagrama de Ishikawa).

A continuación, se muestra el diagrama de Ishikawa para determinar la causa que afecta la disponibilidad de la perforadora Troidon 55XP.

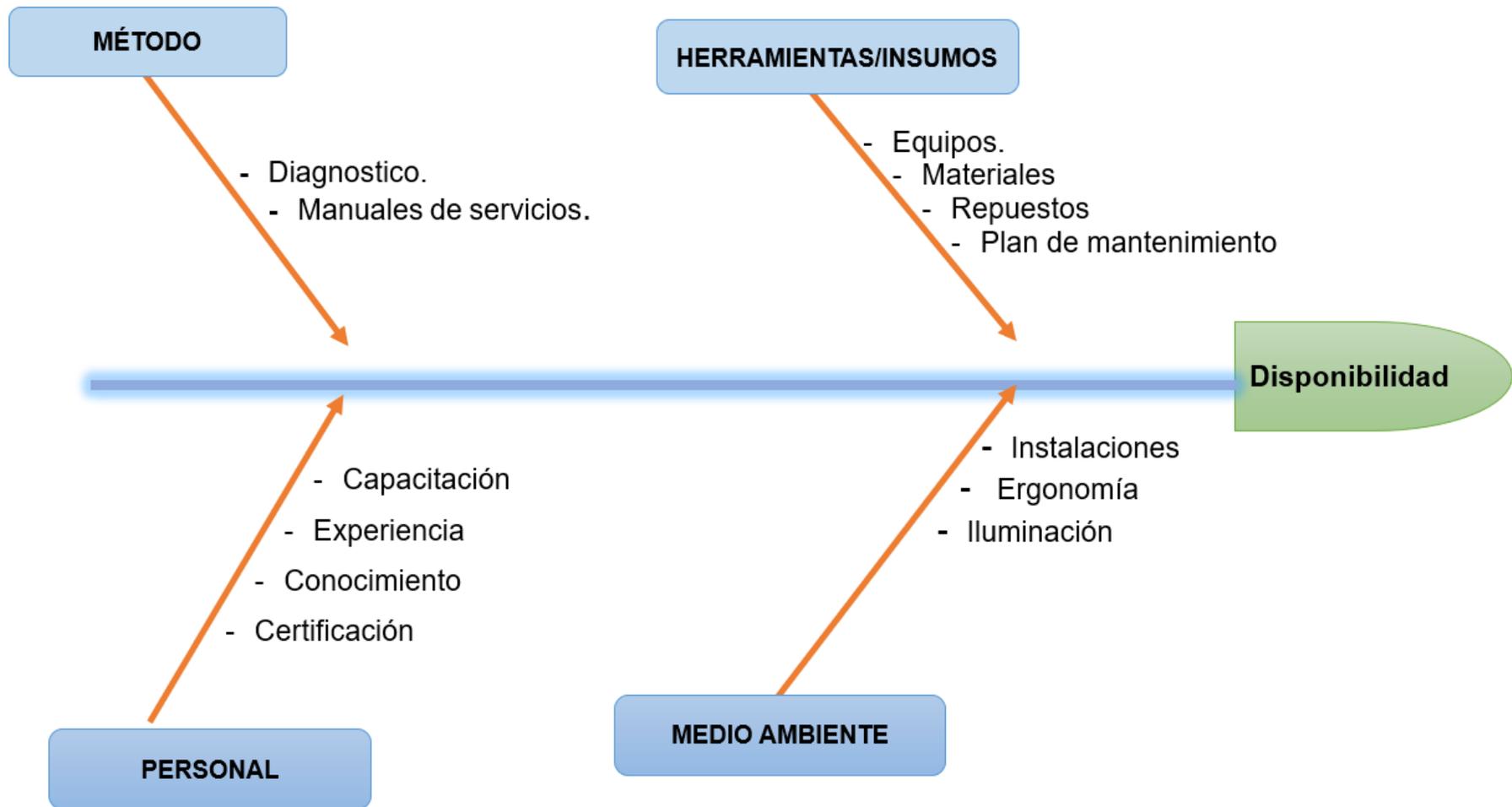


Fig. 74. Diagrama de Ishikawa del área de mantenimiento

De acuerdo con los elementos que afectan la disponibilidad se tiene:

Método:

- Diagnóstico: El área no cuenta con equipos para realizar diagnósticos de falla de los equipos y un plan de mantenimiento para prevenir paradas no programadas.
- Manuales de servicio: No se cuenta con manuales de servicio información eliminada por jefaturas salientes.

Personal:

- Capacitación: Los técnicos que realizan el mantenimiento no se encuentran capacitados para el equipo específico.
- Experiencia: No se cuenta con técnicos con experiencia en mantenimiento preventivo para el equipo específico.
- Certificación: No se cuenta con una certificación que permite realizar mantenimientos de manera confiable.

Herramientas/Insumos:

- Equipos: No se cuenta con equipos e instrumentos para el diagnóstico de fallas o prevención de que puede suceder y se tiene no se encuentra calibrados.
- Materiales: Los materiales para el apoyo en los trabajos no son de buena calidad se deterioran en poco tiempo.
- Repuestos: Los repuestos para los mantenimientos son alternativos su vida útil reducido no es tan confiable hace que en cualquier momento falle afectando la operación del equipo.
- Plan de mantenimiento: No se cuenta con un plan de mantenimiento; los mantenimientos se realizan cuando la máquina falla cuando no cuenta con operador.

Medio ambiente:

- Instalación: La instalación (taller) donde se realiza los mantenimientos no están en perfectas condiciones.
- Iluminación: La visibilidad para detectar las fallas es eficiente por no tener una buena iluminación.

De acuerdo con lo descrito se concluye que, el no contar con un plan de mantenimiento preventivo, afecta directamente la disponibilidad, porque al ocurrir un problema con la perforadora, este ingresa al taller y muchas veces no se tiene en stock el repuesto requerido, cuando esto ocurre, se hace el pedido correspondiente y hasta que se reciba el repuesto el equipo se encuentra sin actividad ocasionando pérdidas de producción

En consecuencia, se requiere implementar un plan de mantenimiento preventivo para reducir las paradas imprevistas y tener mayor disponibilidad de la perforadora.

3.4 Solución del problema.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo se trata de un conjunto de acciones, estrictamente planificadas con el fin de servir de guía para llevar a cabo un proceso de revisión y/o reparación de un equipo o maquinaria, en un periodo de tiempo determinado.

En ese plan de mantenimiento pueden participar activamente los tipos de mantenimiento anteriormente señalados y cumplir con los requerimientos técnicos que se han previsto para la preservación o reparación de una pieza, un equipo o un sistema.

A continuación, se presenta el diseño del plan de mantenimiento preventivo a la perforadora Troiton 55XP basado en formatos que serán desarrollados a fin de alcanzar a mejorar la disponibilidad mecánica, eficiencia operativa y la utilización; todos ellos forman parte de la disponibilidad del equipo.

3.4.1 Recomendación de ajustes y lubricación en partes críticas.

Viga de perforación.

Detalle (A) tope de perforación; durante la vibración producido por la perforación pierde el torque de los pernos y muchas veces están rotos, **se recomienda realizar ajuste cada 50 horas de perforación y cambiar los pernos cada 300 horas.**

Detalle (B) templador de cable de retorno de perforación; durante la vibración producido por la perforación el perno templador se jira y el cable se va soltando, **se recomienda**

realizar el templado cada 100 horas de perforación respetando la holgura de 10 cm de tolerancia.

Detalle (C) Guiador de cable avance; en la perforación el uso del agua es constante lo que genera lavado en la guía eliminando la grasa que lubrica; **se recomienda realizar engrase cada 20 horas.**

Detalle (D) Regulador de cable de avance; durante la vibración producido por la perforación el perno templador se jira y el cable se va soltando, **se recomienda realizar el templado cada 100 horas de perforación respetando la holgura de 10 cm de tolerancia.**

Detalle (E) Limpiador Central; durante el trabajo de perforación los residuos de la roca que cae en viga y son extraídos por el limpiador central que está sujeto en una polea que se desliza en todo el contorno. **En el interior de la polea hay un rodamiento que se debe lubricar cada 20 horas.**

Detalle (F) Deslizadera de martillo hidráulico; durante la vibración producido por la perforación se va desgastando la placa y la mesa del martillo hidráulico va perdiendo estabilidad de tal forma la barra de perforación no se encuentra centrado; **por tal motivo se recomienda realizar el ajuste de holgura de 5 mm entre la placa y la viga central cada 50 hora de trabajo. Usar anexo 7**

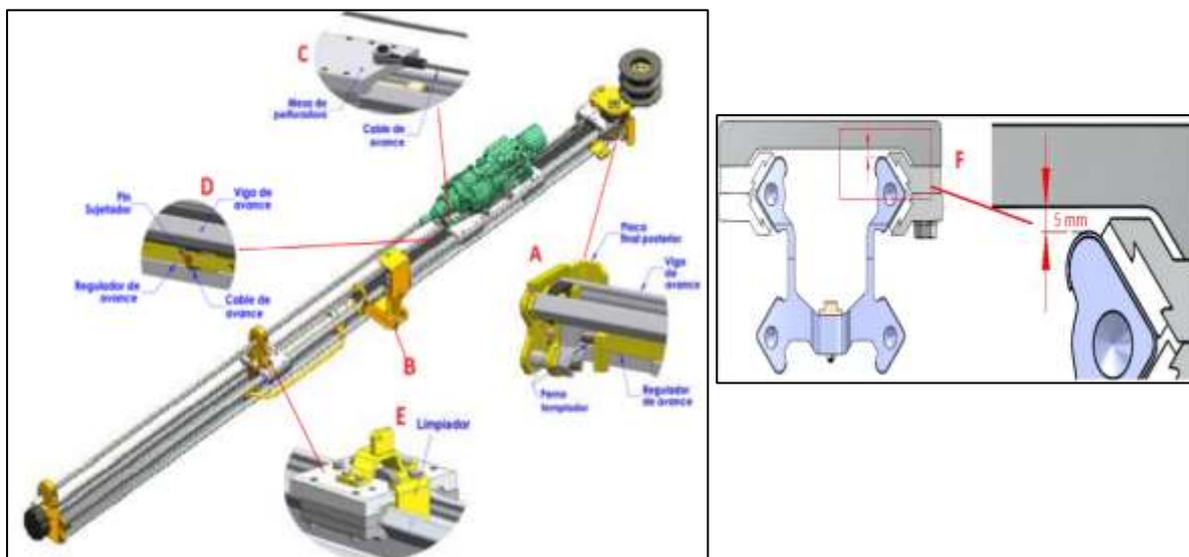


Fig. 75. Viga de perforación (ajuste y lubricación) [21]

Brazo boom.

Se debe considerar el cambio de los **pernos M24 cantidad 12 cada 300 horas de perforación.**

En el mantenimiento preventivo de **250 horas se debe realizar la medición del nylon (desgaste mínimo de 3 mm).**

Los puntos de lubricación de las articulaciones del brazo boom y la unidad de giro es parte más crítico que se debe cumplir cada 20 horas de perforación, usar el formato de la tabla 12. Usar anexo 7

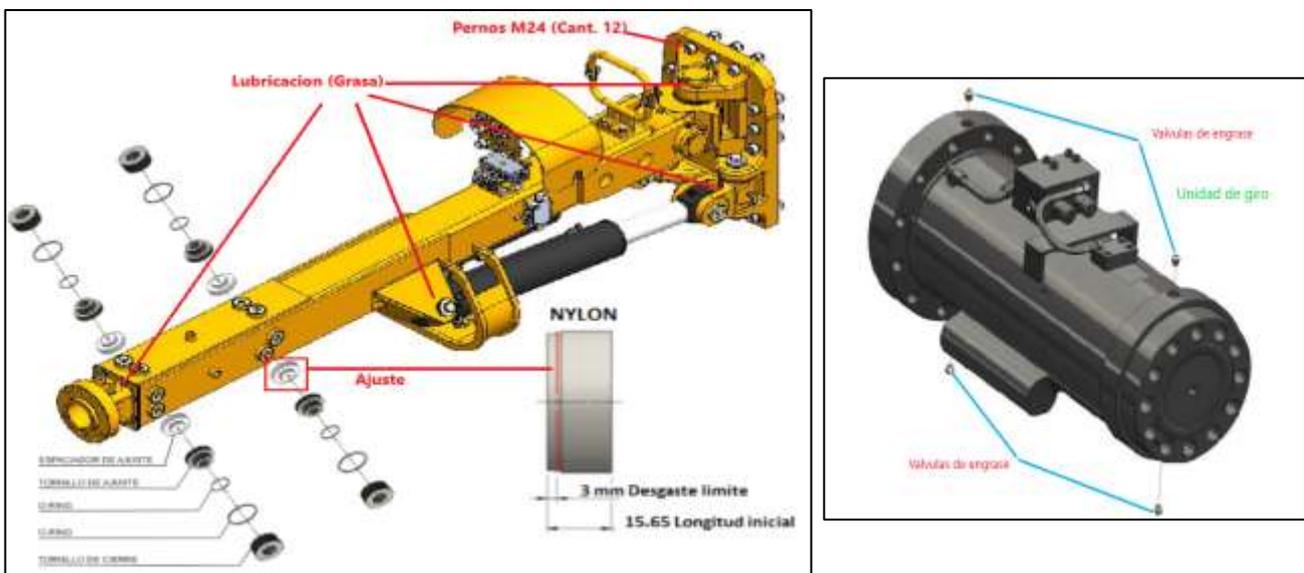


Fig. 76. Boom (ajuste y lubricación) [21]

Tanque hidráulico.

La inspección del reloj de saturación del filtro se debe realizar a diario cumpliendo el formato de anexo 9.



Fig. 77. Reloj de saturación (ajuste y lubricación) [21]

Bomba hidráulica principal.

La bomba es componente crítico durante la perforación que se debe **verificar la presión de trabajo (200 bar) cada 400 horas y cumplir con su mantenimiento cada 2500 hora.** Si la bomba es reemplazada por uno nuevo en algún momento dado es recomendable realizar el cambio del aceite hidráulico en su totalidad y lavado de todo el sistema. Usar anexo 6 [21].

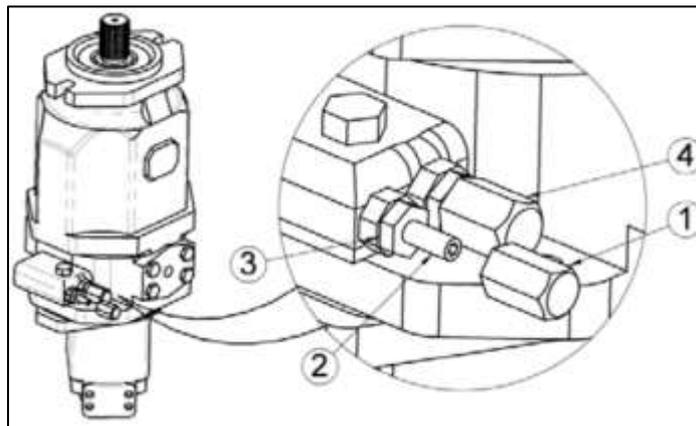


Fig. 78. Bomba hidráulica principal [21]

3.4.2 Metodología de plan de mantenimiento preventivo.

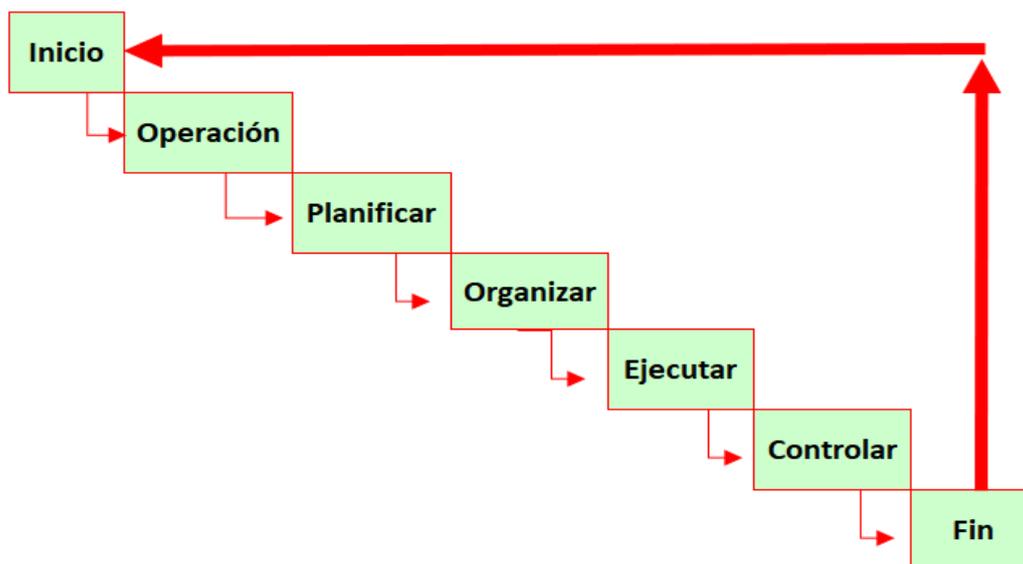


Fig. 79. Metodología del plan de mantenimiento propuesto

A. Operación.

Iniciar diariamente cumpliendo el formato del anexo 8.

Identificar las partes críticas del equipo usando formato del anexo 9 donde el operador del Jumbo escribirá alguna anomalía presentada en la perforación.

El formato del anexo 10 que usara el técnico mecánico antes que el equipo ingrese a su área a trabajar, identifica las partes articuladas del Jumbos que se encuentra mal estado.

Con el formato de la tabla 9 el técnico escribe todo lo que ha realizado y observado durante el tiempo que haya intervenido el Jumbo en una falla.

B. Planificación.

Todo plan de mantenimiento se planifica mediante la recopilación de información de los siguientes formatos:

Formato de la tabla 9 se recopilará toda la información de todos los días y se identificara que problema es sucesivo.

Formato del anexo 9 se recopilará toda la información de la inspección diaria del equipo.

Formato de la tabla 9 se convertirá en backlog (tareas pendientes) para ser planificadas según su criticidad.

Formato de la tabla 11 se realiza los pedidos de repuestos al área logística.

Formato de la tabla 13 se planificará el cambio o reparación de componentes mayores.

C. Organizar.

Determinar el tiempo de ejecución de los trabajos programados organizando el paso a paso de cada terea.

El formato macros de la figura 84 es desarrollado para organizar el mantenimiento preventivo.

Formato del anexo 1, anexo 2 y anexo 3 son las cartillas de mantenimiento preventivo por cada sistema y dependerá del resultado que brinda el formato macros de la figura 84 dependiendo al tiempo de trabajo recorrido.

D. Ejecutar.

Realizar los trabajos programados.

Se cumplirá las tareas de las cartillas de mantenimiento preventivo (anexo 1, anexo 2 y anexo 3).

E. Controlar.

En el formato de la tabla 12 registra el historial de Jumbo.

Horas trabajadas del equipo.

Sistema que fallo (sistema de perforación, sistema de compresora y sistema diésel).

El tiempo de falla presentada.

La descripción de suceso.

Cantidad de fallas presentadas.

Realizando un enlace de actualización de información de la tabla 12 con el formato macros de la figura 86 mostrara el resultado de los indicadores de mantenimiento (disponibilidad mecánica, utilización, eficiencia operativa).

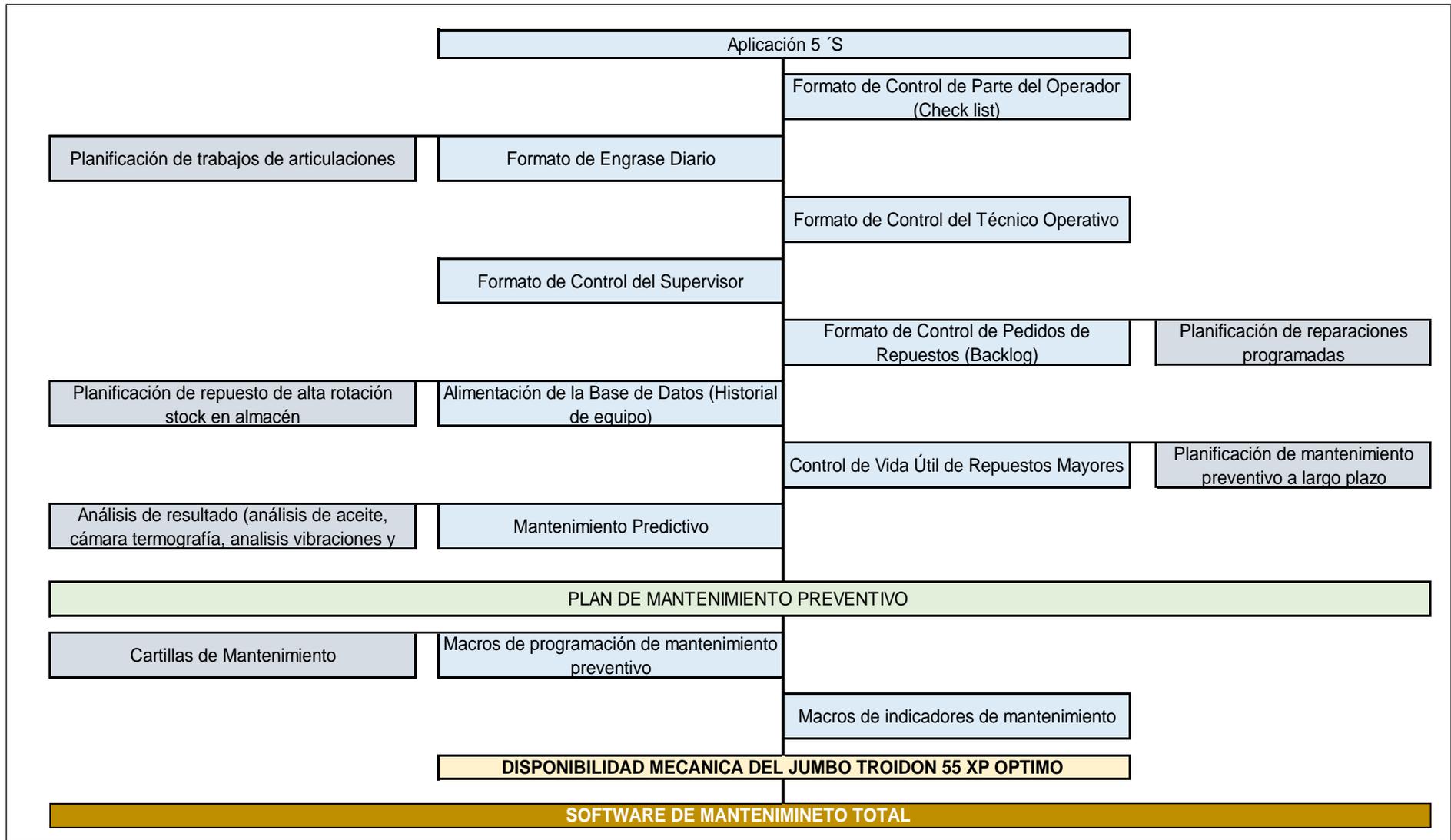


Fig. 80. Diagrama de cumplimiento del plan propuesto

3.4.3 Cronograma de mantenimiento preventivo.

Se detalla los procesos de la planificación de mantenimiento.

Área de planeamiento de mantenimiento: Es el área donde define la planificación y la programación de los mantenimientos.

- a. Para llevar a cabo su gestión se tiene que recopilar la información (Anexo 9, anexo 10, tabla 9, tabla 11) y la actualización de la información (Tabla 12, tabla 13, Fig. 84). Se define las actividades según la información recopilada (cambio de repuesto, trabajos pendientes, componentes a reparar y cambio de filtros/lubricantes)
- b. Se asiste a la reunión de planificación para afinar programación.
- c. Realiza los Rq para los repuestos e insumos (vales de salida).
- d. Se envía el programa de mantenimiento programado a los responsables.

Área logística: Es un área apoyo que influye indirectamente en gestión, es encargada de gestionar la comprar, almacenar y entregar al usuario.

- a. Entrega los repuestos al usuario para que realice sus actividades.

Operación de mantenimiento: Es el área que ejecuta todas las actividades programadas.

- a. Ejecuta los trabajos programados.
- b. Realiza las cartillas de mantenimiento (anexo 1, anexo 2 y anexo 3) y cumplir (anexo 6 y anexo 7)
- c. Realiza el formato (tabla 11) que sirve para solicitar repuestos sobre las observaciones encontradas durante el mantenimiento, lo cual se manejara como una tarea pendiente a realizar y según criticidad se debe gestionar su intervención.

Planificación de mantenimiento preventivo										
Planamiento de mantenimiento				Logística			Operación de mantenimiento			
Tarea	Tiempo (minutos)	Formatos	Tipo de PM	Tarea	Tiempo (minutos)	Tipo de PM	Tarea	Tiempo (minutos)	Formatos	Tipo de PM
Sistema de percusion										
Recopilación de información	60	Anexo 9, anexo 10, tabla 9, tabla 11	PM50-PM500	Recibe los Rq	5	PM50-PM500	Recibe los repuestos e insumos	10		PM50-PM500
Actualiza macros de programación	10	Tabla 12, tabla 13, Fig. 84	PM50-PM500	Verifica su stock	20	PM50-PM500	Personal se traslada al taller	19		PM50-PM500
Definir las actividades	30	Fig. 84	PM50-PM500	Se para los repuestos e insumos	20	PM50-PM500	Realizar herramienta de gestión seguridad (IPERC)	5		PM50-PM500
Reunión de planificación	30		PM50-PM500				Lavado de equipos	60		PM50-PM500
Se actualiza la planificación	10		PM50-PM500				Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	300	Anexo 1	PM 50
Se realiza Rq de repuestos	10		PM50-PM500				Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	480	Anexo 1	PM500
Se entrega Rq y catillas de mantenimiento	10		PM50-PM500				Prueba del equipo	60		PM50-PM500

Tipo PM	Tiempo (minutos)	Tiempo (hora)
PM 50	659	11
PM 500	839	14

Fig. 81. Planificación de mantenimiento preventivo (percusión)

Planificación de mantenimiento preventivo										
Planamiento de mantenimiento				Logística			Operación de mantenimiento			
Tarea	Tiempo (minutos)	Formatos	Tipo de PM	Tarea	Tiempo (minutos)	Tipo de PM	Tarea	Tiempo (minutos)	Formatos	Tipo de PM
Sistema de diesel										
Recopilación de información	60	Anexo 9, anexo 10, tabla 9, tabla 11	PM125-PM1-PM2-PM3	Recibe los Rq	5	PM125-PM1-PM2-PM3	Recibe los repuestos e insumo	10		PM125-PM1-PM2-PM3
Actualiza macros de programación	10	Tabla 12, tabla 13, Fig. 84	PM125-PM1-PM2-PM3	Verifica su stock	20	PM125-PM1-PM2-PM3	Personal se traslada al taller	19		PM125-PM1-PM2-PM3
Definir las actividades	30	Fig. 84	PM125-PM1-PM2-PM3	Se para los repuestos e insumos	20	PM125-PM1-PM2-PM3	Realizar herramienta de gestión seguridad (IPERC)	5		PM125-PM1-PM2-PM3
Reunión de planificación	30		PM125-PM1-PM2-PM3				Lavado de equipos	60		PM125-PM1-PM2-PM3
Se actualiza la planificación	10		PM125-PM1-PM2-PM3				Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	480	Anexo 2	PM125
Se realiza Rq de repuestos	10		PM125-PM1-PM2-PM3				Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	600	Anexo 2	PM1
Se entrega Rq y catillas de mantenimiento	10		PM125-PM1-PM2-PM3				Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	720	Anexo 2	PM2
							Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	780	Anexo 2	PM3
							Prueba del equipo	60		PM125-PM1-PM2-PM3

Tipo PM	Tiempo (minutos)	Tiempo (hora)
PM125	839	14
PM1	959	16
PM2	1079	18
PM3	1139	19

Fig. 82. Planificación de mantenimiento preventivo (diésel)

Planificación de mantenimiento preventivo										
Planamiento de mantenimiento				Logística			Operación de mantenimiento			
Tarea	Tiempo (minutos)	Formatos	Tipo de PM	Tarea	Tiempo (minutos)	Tipo de PM	Tarea	Tiempo (minutos)	Formatos	Tipo de PM
Sistema compresora										
Recopilación de información	60	Anexo 9, anexo 10, tabla 9, tabla	PM125-PM1-PM2-PM3	Recibe los Rq	5	PM125-PM1-PM2-PM3	Recibe los repuestos e insumo	10		PM125-PM1-PM2-PM3
Actualiza macros de programación	10	Tabla 12, tabla 13, Fig.	PM125-PM1-PM2-PM3	Verifica su stock	20	PM125-PM1-PM2-PM3	Personal se traslada al taller	19		PM125-PM1-PM2-PM3
Definir las actividades	30	Fig. 84	PM125-PM1-PM2-PM3	Se para los repuestos e insumos	20	PM125-PM1-PM2-PM3	Realizar herramienta de gestión seguridad (IPERC)	5		PM125-PM1-PM2-PM3
Reunión de planificación	30		PM125-PM1-PM2-PM3				Lavado de equipos	60		PM125-PM1-PM2-PM3
Se actualiza la planificación	10		PM125-PM1-PM2-PM3				Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	480	Anexo 3	PM125
Se realiza Rq de repuestos	10		PM125-PM1-PM2-PM3				Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	600	Anexo 3	PM1
Se entrega Rq y catillas de mantenimiento	10		PM125-PM1-PM2-PM3				Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	720	Anexo 3	PM2
							Cumplir las tareas de la cartilla mantenimiento	780	Anexo 3	PM3
							Prueba del equipo	60		PM125-PM1-PM2-PM3

Tipo PM	Tiempo (minutos)	Tiempo (hora)
PM125	839	14
PM1	959	16
PM2	1079	18
PM3	1139	19

Fig. 83. Planificación de mantenimiento preventivo (compresora)

3.4.4 Formatos de implementación para el plan propuesto.

Las 5'S, Formulario rutinario.

La metodología de las 5s engloba una serie de actividades y procesos destinados a crear y mantener un clima laboral organizado y limpio. El formato de la tabla 10 fue diseñado para mejorar las condiciones del área de trabajo en la disciplina del personal técnico dentro de toda la organización. Usar anexo 8

Formato de control del operador (check list).

El operador tiene la obligación de reportar diariamente los problemas y anomalías presentadas en el equipo a través del formato de reporte del operador.

Se registran los datos siguientes:

- Horómetro inicial y final del equipo.
- Información de producción, metros perforados
- Cantidad de combustible y aceite abastecidos
- Horas de parada operativa
- Horas de paradas mecánicas

Los cuales tienen códigos determinados.

Además de estos datos siguiendo los conceptos del TPM se incluye en estas cartillas la rutina del mantenimiento preventivo inicial antes de empezar a operar el equipo. En este reporte. Usar el anexo 9

Formato de engrase diario.

Con la cartilla de la tabla 12, el lubricador tiene la obligación de lubricar diariamente el equipo realizando los pasos establecidos en la guía y utilizando el formato para el registro de actividades.

Se evaluarán puntos o partes de alguna articulación defectuosa para su intervención correctiva programada.

Se registran principalmente lo siguiente:

- Puntos de engrase normal.
- Puntos de engrase con deficiencia.
- Estados de pines y bocinas.

Usar el anexo 10.

Formato de control del técnico operativo.

El reporte diario del técnico de la tabla 9, indica la inspección de rutina del mecánico y/o electricista realizada en Jumbo Troidon 55XP el cual se entrega al final de cada guardia y esta es revisada por el supervisor mecánico.

Principales datos entregados:

- Tiempo inicial y final de la intervención del equipo
- Lista de repuestos utilizados.
- Estado del equipo
- Horómetro.

Tabla 9: Reporte de trabajo diario por equipo

 REPORTE DE TRABAJO										
EQUIPO:					MARCA:					
PLACA:					MODELO:					
HR DIESEL:		HR. PERC:		HR. ELEC:		KM:				
FECHA:					GUARDIA:					
					TRABAJO EN HORA MUERTA			SI		
								NO		
HORA INICIO DE TRABAJO:										
					ESTADO INICIAL DEL EQUIPO			ESTADO FINAL DEL EQUIPO		
HORA FINAL DE TRABAJO:					STBY	INOP	OP	STBY	INOP	OP
DESCRIPCION DEL TRABAJO (MANTTO PREV/CORRECT PROGRAMADO, ENGRASE Y INSPECCION)										
PARADAS POR FALLA DE EQUIPO										
PARADA IMPORTANTE										
DESCRIPCION					H.INICIO	H.FINAL	SISTEMA		SI	NO
ITEM	REPUESTOS IMPORTANTES UTILIZADOS				CANTIDAD		NP	SAP		
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
ITEM	ACEITES				CANTIDAD		NP	SAP		
1										
2										
3										
4										
5										
ITEM	NEUMATICOS/MEDIDA		CODIGO		COCADA (MM)		MARCA		CODIGO SAP	
					EXT	INT				
POS1										
POS2										
POS3										
POS4										
POS5										
POS6										
POS7										
OBSERVACIONES										
7										
8										
9										
10										
11										
ELABORADO POR :					REVISADO POR :			APROBADOR POR :		
NOMBRE Y CARGO:					NOMBRE Y CARGO:			NOMBRE Y CARGO:		
FIRMA:					FIRMA:			FIRMA:		
FECHA:		FECHA:			FECHA:		FECHA:			

Formato de control del supervisor.

El reporte del supervisor se utiliza como una verificación de las actividades realizadas por los operadores, técnicos mecánicos y/o electricistas, de este reporte se obtendrá un resumen diario, el cual se podrá conocer los siguientes datos:

- Estado de horómetros.
- Las horas trabajadas del equipo.
- Las horas efectivas de trabajo del personal.
- Las horas de parada de equipo por falla.
- El consumo diario de combustibles y lubricantes Las actividades realizadas.

Tabla 10: Control del supervisor

 REPORTE DE STATUS DE EQUIPOS// JUMBOS												
Fecha:		Supervisor O' Tec. Líder:						Turno:				
TEM	COD.	INTERNC	EQUIPO	MARCA	DESCRIPSION	H.INC	H.FINAL	HR.DIE	HR.PER	HR.ELE	OBSERVACIONES	TECNICOS
1												
2												

Formato de control de pedidos de repuestos (backlog).

En este formato se registran los repuestos que requiere el equipo según el daño en que se encuentre para su cambio (emergencia, urgencia por monitoreo y para stock), se registran los siguientes datos:

- Información del equipo.
- El problema del equipo
- El tipo de falla
- El sistema del componente
- El tipo de programación
- Lista de repuestos

Tabla 11: Control de pedido de repuestos

CIA. MINERA LINCUNA	BACKLOG Y SOLICITUD DE REPUESTOS			
DESCRIPCION DE EQUIPO				
EQUIPO: _____		MODELO: _____		
HOROMETRO: _____		FECHA: _____		
DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y ACCIONES A TOMAR				
PROBLEMA: (Qué no funciona o funciona mal?) _____				
CAUSA DE FALLA: (Por qué no funciona?, o qué causa que no funcione?) _____				
ACCION: _____				
TIEMPO ESTIMADO DE INTERVENCION POR MECANICO: _____		NUMERO DE PERSONAS: _____		
TIEMPO ESTIMADO DE INTERVENCION POR ELECTRICO: _____		NUMERO DE PERSONAS: _____		
TIEMPO ESTIMADO DE INTERVENCION POR SOLDADOR: _____		NUMERO DE PERSONAS: _____		
SISTEMA Y/O COMPONENTE				
Motor <input type="checkbox"/>	Mandos finales <input type="checkbox"/>	Dirección <input type="checkbox"/>	Cabina <input type="checkbox"/>	Cisterna de agua <input type="checkbox"/>
Eléctrico <input type="checkbox"/>	Tren de rodaje <input type="checkbox"/>	Frenos <input type="checkbox"/>	Neumático <input type="checkbox"/>	Cisterna de Comb. <input type="checkbox"/>
Transmisión <input type="checkbox"/>	Neumáticos <input type="checkbox"/>	Herramientas <input type="checkbox"/>	Perforación <input type="checkbox"/>	PM <input type="checkbox"/>
Convertidor <input type="checkbox"/>	Hidráulico <input type="checkbox"/>	Chasis <input type="checkbox"/>	Lubricación <input type="checkbox"/>	OTROS _____
PTO <input type="checkbox"/>	Implementos <input type="checkbox"/>	Suspensión <input type="checkbox"/>	Fabrica <input type="checkbox"/>	
TIPO DE PROGRAMACION				
EMERGENCIA (INMEDIATAMENTE) <input type="checkbox"/>	URGENCIA (PROXIMO PM) <input type="checkbox"/>	POR MONITOREO <input type="checkbox"/>	PARA STOCK <input type="checkbox"/>	
APROBACION				
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
TECNICO MECANICO				
SUPERV. ENCARGADO				
PLANEAMIENTO				

SOLICITUD DE REPUESTOS						
ITEM	CANT.	UNID.	DESCRIPCION DEL REPUESTO	NUMERO DE PARTE	SAP	STOCK
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
SOLICITUD DE SERVICIOS						
ITEM	DESCRIPCION DEL SERVICIO				PROVEEDOR	
1						
2						
3						
OBSERVACIONES: _____ _____						

Todos los formatos presentados anteriormente servirán para controlar la vida útil de los componentes. Se realizará los programas de mantenimiento preventivo y los resultados de estos se reflejarán en la disponibilidad de la perforadora y se presentarán mediante los indicadores de disponibilidad mecánica, utilización y eficiencia operativa.

Alimentación de la base de datos (historial de equipo).

Toda la información recopilada pasa en forma ordenada a una base de datos, que luego a través de una macro creada en una hoja de cálculo, se puede obtener el historial de equipos, consumo de materiales, repuestos, actividades realizadas por el personal, trabajos pendientes, etc. Esta base de datos es fundamental para el seguimiento y mejora de la programación del mantenimiento preventivo, los reportes mensuales de consumos de materiales, repuestos, lubricantes, trabajos de reparación mayor, indicadores de mantenimiento (disponibilidad mecánica, utilización y eficiencia operativa), etc.

Tabla 12: Control de registro OT

COMPAÑIA MINERA LINCUNA PLANTAMIENTO DE MTO		Generar Plantilla	LEÑAR	Registro de Orden de Trabajo en la MINA																	
		LEÑAR	NO LEÑAR																		
		LEÑAR	NO LEÑAR																		
EQUIPO	CODIGO	FECHA	HOROME TRO PERTE	HOROME TRO INICIO	HOROME TRO FIN	HORAS TRABAJADAS	HORA INICIO DIA (24 h)	HORA FIN DIA (24 h)	HORA INICIO NOCHE (24 h)	HORA FIN NOCHE (24 h)	TOTAL HORA DIA	TOTAL HORA NOCHE	ENG RAS F	HORA S TOTAL E	N° DE PARADAS	DISPO. MECANICA	UTILIZACION	MTBF	MTTR	SISTEMA DIA	DESCRIPCION DIA
FRONTONERO	JU-20	2-Ene	5977	149	149	0	8	9	20	21	1	1	1	2	0	85,00%	0,00%				Inspeccion y engrase general del equipo, se escolto el es
FRONTONERO	JU-20	3-Ene	5977	149	149	0			20	21	0	1	1	1	0	90,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	4-Ene	5977	150	150	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			Inspeccion de equipo
FRONTONERO	JU-20	5-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	7-Ene	5982	150	150	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	8-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	9-Ene	5987	152	152	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			Inspeccion de equipo
FRONTONERO	JU-20	10-Ene	5991	153	153	0			23	24	0	1	1	1	0	90,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	11-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	12-Ene	5997	155	155	0			21	22	0	1	1	1	0	90,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	15-Ene	6004	159	159	0	7	8	20	21	1	1	1	2	0	85,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	16-Ene	6007	161	161	0	9	10			1	0	1	1	0	90,00%	0,00%	0,00%			Se instala pin y perno de extension de viga, se adiciona
FRONTONERO	JU-20	17-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	18-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	19-Ene		163	163	0			21	22	0	1	1	1	1	90,00%	0,00%	0,00%	1	Sistema Hidráulico	Se cambia manguera, se adiciona aceite hidraulico
FRONTONERO	JU-20	20-Ene	6016	164	164	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			Se realiza engrase, se adiciona 5 gl de aceite hyc.
FRONTONERO	JU-20	21-Ene	6016	164	164	0	9	10			1	0	1	1	1	90,00%	0,00%	0,00%	1	Sistema Hidráulico	Se cambia manguera del block de control al cilindro de
FRONTONERO	JU-20	22-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	23-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	24-Ene	602	160	160	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			Inspeccion de equipo
FRONTONERO	JU-20	25-Ene		6008	6008	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	26-Ene	6021	166	166	0	9	10			1	0	1	1	0	90,00%	0,00%	0,00%			Inspeccion de equipo.
FRONTONERO	JU-20	27-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	28-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	29-Ene				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	30-Ene	6021	16	16	0	3	4			1	0	1	1	0	90,00%	0,00%	0,00%			colacion de cable de retorno
FRONTONERO	JU-20	31-Ene	6021	166	166	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	1-Feb	6021	166	166	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			Inspeccion de equipos
FRONTONERO	JU-20	2-Feb	6021	166	166	0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			
FRONTONERO	JU-20	3-Feb				0					0	0	1	0	0	95,00%	0,00%	0,00%			

Control de vida útil de repuestos mayores.

Un dato referencial para un buen control del mantenimiento preventivo es conocer la vida útil de cada componente y qué tiempo de vida lleva, esto va a depender mucho de las especificaciones técnicas del fabricante, condiciones de trabajo y del mantenimiento; en la siguiente tabla 13 se muestra el registro de una perforadora Jumbo Troidon 55XP.

En el formato se registran los siguientes datos:

- Código del equipo.
- Modelo
- Fecha actual del horómetro tomado
- Horómetro de percusión, diésel y compresor
- La lista de los componentes
- Promedio de horas de trabajo diario por cada sistema
- Horas de vida útil de cada componente
- Porcentaje de vida del componente

El control en la hoja de cálculo se realiza semanalmente para ver la proyección de cambio del componente antes que falle y realizar el pedido a tiempo al área de logística.

Tabla 13: Control de vida útil de componentes mayores

ANALISIS DE COMPONENTES DE MAQUINA																		
CODIGO	JU-20	ESTADO	OPERATIVO															
MODELO:	TROIDON 55XP	USUARIO	SERVITRAL	FECHA ACTUAL: <input type="text"/>														
MARCA:	RESEMIN	UBICACIÓN	HERCULES	FECHA DATOS: <input type="text"/>														
N° SERIE:	JUMBO	PROPIETARIO	LINCUNA															
		PROM. HRS/MES																
JU-20 (PER)		60.00																
JU-20 (ELEC)		80.0																
JU-20 (MOT)		50.0																
PROYECCION DE ADQUISICION DE COMPONENTES																		
COMPONENTES MAYORES	MARCA / MODELO	ESTADO	FECH. INSTAL	HTRO INSTAL	HR TRAB	HR PERC.	% DE VIDA	MES UTIL	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
MOTOR DIESEL		Comp. Original.			0.0	2 000	100.00%	40.0										
INYECTOR UNITARIO		Comp. Original.			0.0	2 000	100.00%	40.0										
TURBO COMPRESOR		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
COMPRESOR		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
BOMBA HIDROSTATICA		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
MOTOR HIDROSTATICO		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
CAJA DE TRANSFERENCIA		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
SISTEMA DE TRANSMISION		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
CILINDROS DE DIRECCION		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
EJE DELANTERO		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
DIFERENCIAL DELANTERO		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
EJE POSTERIOR		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
DIFERENCIAL POSTERIOR		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
MOTOR POWER PACK 1		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
BOMBA HIDRAULICA PRINC.		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
BOMBA HYD. ROTACION		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
SISTEMA HID. PERFOR. THC 560		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
BOMBA DE AGUA		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
PERFORADORA BRAZO 1 MANTTO		Comp. Original.			0.0	7 000	100.00%	140.0										
VIGA DE AVANCE 1		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
BRAZO 1		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
SISTEMA CABLE Avance		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
SISTEMA CABLE Retorno		Comp. Original.			0.0	4 000	100.00%	80.0										
SISTEMA CABLE TAMBORA		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
ARRANCADOR		Comp. Original.			0.0	1 000	100.00%	20.0										
ALTERNADOR		Comp. Original.			0.0	1 000	100.00%	20.0										
BATERIAS		Comp. Original.			0.0	1 000	100.00%	20.0										
LLANTAS POSTERIOR		Comp. Original.			0.0	1 500	100.00%	30.0										
LLANTAS DELANTERA		Comp. Original.			0.0	1 500	100.00%	30.0										
ESTRUCTURA		Comp. Original.			0.0	6 000	100.00%	120.0										
<p>NOTA</p> <p>Los datos dependen de :</p> <p>Calidad del operador (destreza, experiencia, etc)</p> <p>Condiciones de zona de trabajo (de vias, ventilacion, temperatura ambiente)</p> <p>Utilizacion : Los equipos son diseñados para uso adecuado (limpieza de vias, desquinche)</p> <p>Mantto: Calidad de mantto (personal con experiencia, herramientas, repuestos, imprevistos, programas de mantto)</p>																		

Cartillas de mantenimiento preventivo.

De esta forma se realiza el programa de mantenimiento preventivo programado y correctivo programado y entrega de cartillas en función al tipo de mantenimiento a realizarse. Usar anexo 1, anexo 2 y anexo 3.

Tabla 14: Tipos de mantenimiento preventivo programado

PERCUSION		DIESEL		COMPRESORA	
PM50	50 Hrs	PM125	125 Hrs	PM125	125 Hrs
PM500	500 Hrs	PM1	250 Hrs	PM1	250 Hrs
		PM2	500 Hrs	PM2	500 Hrs
		PM3	1000 Hrs	PM3	1000 Hrs

3.4.5 Macros de programación y cumplimiento de mantenimiento preventivo.

El desarrollo de la macro (figura 84) se realizó para planificar y posteriormente programar el mantenimiento preventivo correspondiente a la hora de trabajo.

La digitación de datos para actualización de mantenimiento preventivo solo se aplica en las siguientes columnas:

Columna H para digitar la hora del último mantenimiento.

Columna I para digitar la fecha del último mantenimiento.

Columna N para digitar la hora actualizada.

Columna M para digitar la fecha actualizada.

El resultado de la digitación se examina en las siguientes columnas:

Columna J certifica el ciclo de mantenimiento preventivo.

Columna P indica la cantidad de hora que falta o el desfase del mantenimiento planificado.

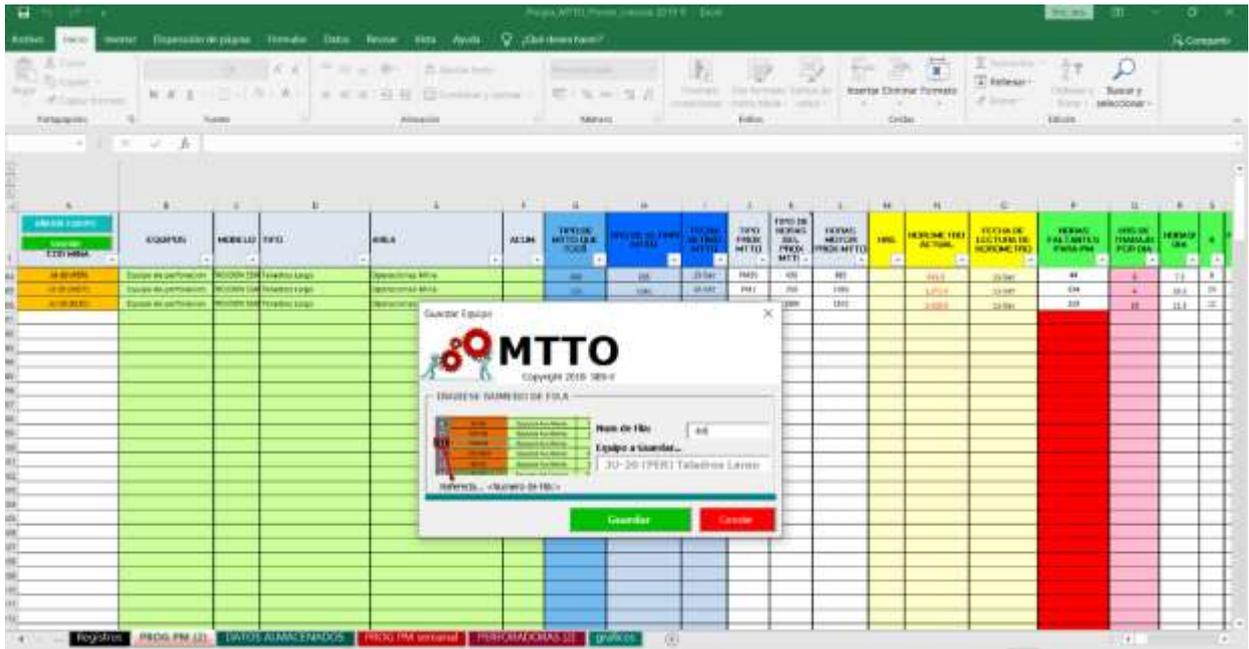


Fig. 84. Macros de programación de mantenimiento preventivo

De la figura 85 mostrada, se elaboró un cuadro en hoja de cálculo con el propósito de controlar el cumplimiento del mantenimiento programado dentro de los márgenes establecidos ± 10 horas de hora programada.

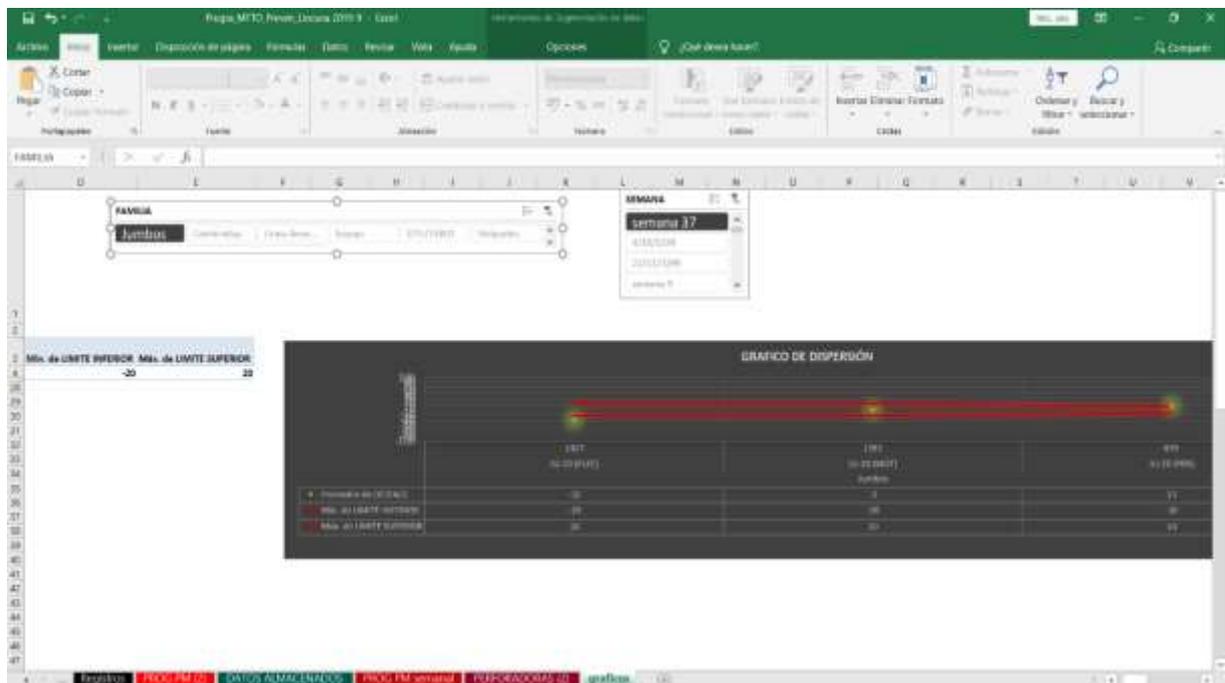


Fig. 85. Control de precisión de servicio de mantenimiento preventivo programado

3.4.6 Macros de indicadores de mantenimiento (disponibilidad mecánica, utilización y eficiencia operativa).

Dentro de la macro (figura 86) se registra los indicadores de mantenimiento que servirá para el área de gestión de la empresa.

Se mostrará los siguientes datos:

- Fecha y horómetros.
- Tiempo de hora de parada
- Descripción de trabajo o falla registrada con su respectivo sistema
- El horario

Y se entrega como dato consolidado:

- Disponibilidad mecánica
- Eficiencia operativa
- Utilización

Ecuaciones 1, 4 y 5 para calcular los indicadores:

$\text{Disponibilidad Mecánica (\%)} = \frac{\text{Horas Programadas de trabajo} - (\text{Total horas por mantenimiento})}{\text{Horas Programadas de trabajo}} \times 100\%$
$\text{Utilizacion (\%)} = \frac{\text{Horas Programadas de trabajo}}{\text{Horas Proyectadas}} \times 100\%$
$\text{Eficiencia Operativa (\%)} = \text{Disponibilidad Mecánica} \times \text{Utilizacion}$

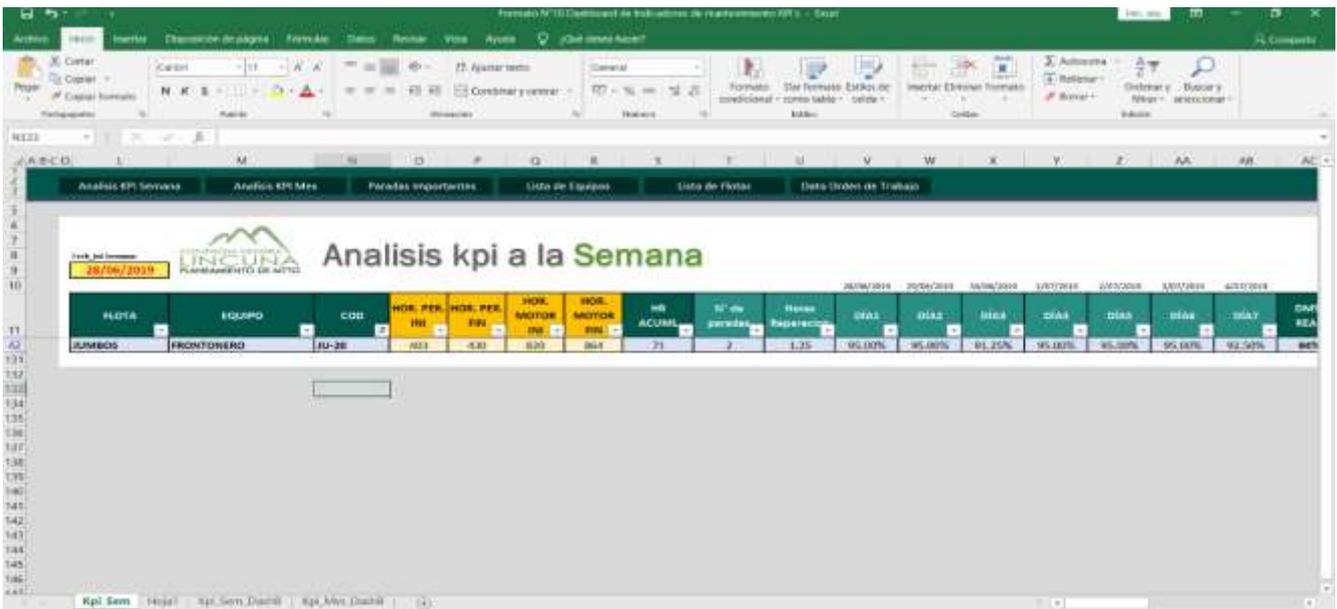
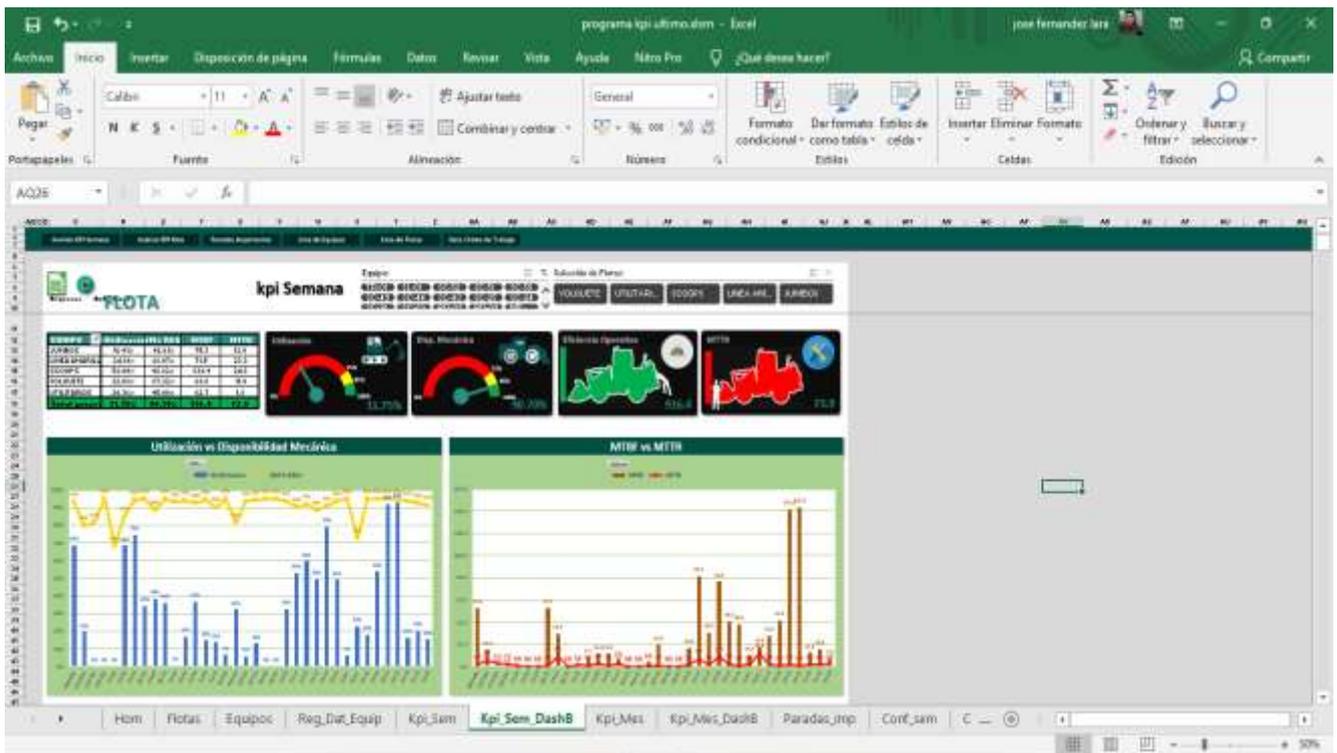


Fig. 86. Macros de indicadores de mantenimiento

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados en relación con las variables de estudio.

Se presenta los resultados obtenidos en la **propuesta técnica para mejorar el mantenimiento de la perforadora Jumbo Troidon 55xp en una mina subterránea para el año 2020.**

De acuerdo con las variables de estudio identificados, se realiza el análisis descriptivo de los resultados, los cuales se muestran en la tabla 15.

Tabla 15: Variables e indicadores

Variable Dependiente	Variables Independientes	Indicadores	Unidades
Disponibilidad de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP	Disponibilidad mecánica de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP	DM	%
	Eficiencia operativa de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP	E	%
	Utilización de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP	U	%

Analizando los resultados proyectados con la implementación de la mejora y aplicando los indicadores del Benchmarking del mantenimiento, el resultado es de 80% mantenimiento preventivo y 20 % mantenimiento correctivo; de la ecuación siguiente:

$$100\% = \# \text{ PM} + \# \text{ CM}$$

(6)

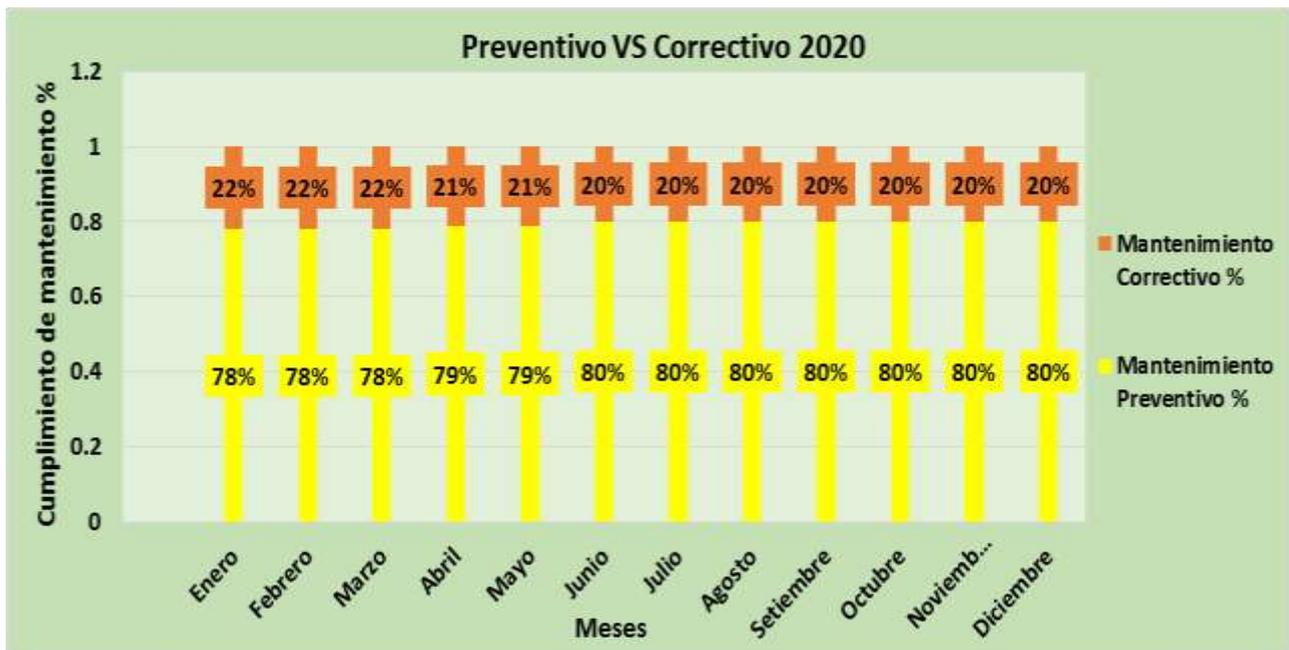


Fig. 87. Comparativo entre mantenimiento preventivo y correctivo proyectado 2020

4.1.1 Resultado general de indicadores de mantenimiento.

Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo al equipo Jumbo Troidon 55 XP los resultados proyectados son positivos para la confiabilidad que debe brindar al área de operaciones.

En lo general el objetivo de mostrar buenos resultados en los indicadores de mantenimiento se basa todo a una buena gestión donde se determina los siguiente:

- Mejorar la fiabilidad del equipo.
- Disminución de costo.
- Intervalos más extensos para el remplazo del equipo.
- Detectar las fallas y repararlos antes que ocurra.
- Brindar una disponibilidad optima y confiable

Con las ecuaciones (1), (4) y (5) se demostrará los resultados proyectados:

$$\text{Disponibilidad Mecanica (\%)} = \frac{\text{Horas Programadas de trabajo} - (\text{Total horas por mantenimiento})}{\text{Horas Programadas de trabajo}} \times 100\%$$

$$\text{Utilizacion (\%)} = \frac{\text{Horas Programadas de trabajo}}{\text{Horas Proyectadas}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia Operativa (\%)} = \frac{\text{Disponibilidad Mecánica} \times \text{Utilización}}{100}$$

Tabla 16: Resultado de indicadores proyectado para el año 2020

Cuadro de resultados de indicadores de mantenimiento proyectado para el año 2020																	
Meses	Sistema Percusion:		Sistema Diesel:				Sistema Compresora:				Horas de Mantenimiento Correctivo	Total Horas	Horas Programadas de Trabajo	Horas Proyectadas	Disponibilidad Mecánica (%)	Utilizacion (%)	Eficiencia Operativa (%)
	PM50	PM125	PM125	PM250	PM500	PM1000	PM125	PM250	PM500	PM1000							
Enero	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	660	545	88%	83%	73%
Febrero	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	660	545	88%	83%	73%
Marzo	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	660	545	88%	83%	73%
Abril	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	660	545	88%	83%	73%
Mayo	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	660	545	88%	83%	73%
Junio	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	660	545	88%	83%	73%
Julio	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	660	545	88%	83%	73%
Agosto	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	660	545	88%	83%	73%
Setiembre	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	660	545	88%	83%	73%
Octubre	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	660	545	88%	83%	73%
Noviembre	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	660	545	88%	83%	73%
Diciembre	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	660	545	88%	83%	73%
Costo Total												936	7,920		88%	83%	73%
												Proyectado			89%	83%	74%

4.1.2 MTBF (Tiempo medio entre fallas).

Tiempo medio entre fallas indica el intervalo de tiempo del equipo que funciona correctamente antes de la aparición de una falla.

Al implementar el plan de mantenimiento preventivo se va a controlar las fallas donde los resultados proyectados del MTBF serán en las horas del mantenimiento programado, donde el Jumbo Troidon 55XP va a detener sus operaciones. Por lo tanto, su MTBF proyectado es de 50 horas para el sistema de percusión, 125 horas para el sistema diésel y 125 horas para el sistema compresora (hidráulico), esto quiere decir que Jumbo Troidon solo dejara de producir en su mantenimiento preventivo.

Con la formula (2) se demostrará los resultados proyectados

$$\text{MTBF (Hr)} = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Numeros de Fallas}}$$

En tabla 17 se muestra los resultados óptimos proyectados de MTBF por cada sistema cumpliendo su mantenimiento preventivo.

Tabla 17: Resultado de MTBF proyectados para el año 2020

MTBF (Tiempo medio entre fallas)			
Meses	Sistema Percusion (Hr)	Sistema Diesel (Hr)	Sistema Compresora (Hr)
Enero	50	125	125
Febrero	50	125	125
Marzo	50	125	125
Abril	50	125	125
Mayo	50	125	125
Junio	50	125	125
Julio	50	125	125
Agosto	50	125	125
Setiembre	50	125	125
Octubre	50	125	125
Noviembre	50	125	125
Diciembre	50	125	125

4.1.3 Disponibilidad mecánica de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP.

El seguimiento de los mantenimientos que se realicen en las horas adecuadas, en tiempo correspondiente y los técnicos capacitados en el equipo, resulta favorable la disponibilidad mecánica del equipo con la implementación del programa de mantenimiento y sus cartillas correspondientes.

Los datos de la tabla 18 muestra el 61 % de disponibilidad mecánica en el año 2018 hacen referencia al promedio de 12 meses del año 2018 lo cual su índice no es positivo para la producción del equipo.

En la tabla 18 y en la figura 88 se muestra el aumento de la disponibilidad mecánica proyectado para el 2020 estableciéndose un 28 % debido a los mantenimientos preventivos programados que se realizarán al **Jumbo** Troidon 55XP

Tabla 18: Cuadro de indicadores de mantenimiento disponibilidad

FLOTA	MODELO	Año	Utilización %	Eficiencia Operativa %	Disponibilidad Mecánica %
Jumbos	Troidon 55XP	2018	36%	22%	61%
Jumbos	Troidon 55XP	2020	83%	74%	89%

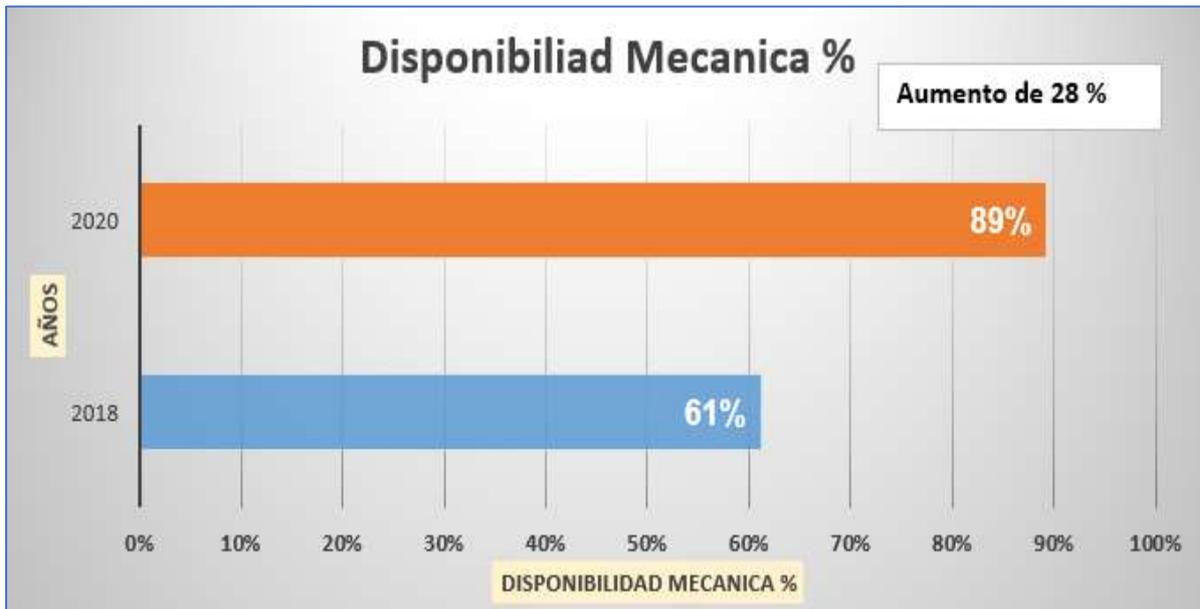


Fig. 88. Indicadores de mantenimiento disponibilidad promedio del año 2018 y 2020

4.1.4 Eficiencia operativa de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP.

Se asegura la eficiencia operativa del equipo debido a que la probabilidad de falla que se presenta va a ser menor, porque en cada mantenimiento preventivo programado se preverá alguna anomalía antes que algo suceda y con ello se dará confiabilidad del equipo al cliente interno que es el área operaciones.

Los datos de la tabla 19 muestra el 22 % la eficiencia operativa en el año 2018, hacen referencia al promedio de 12 meses del año 2018 lo cual su índice no es positivo para la producción del equipo.

En la tabla 19 y en la figura 89, se muestra el aumento proyectado de la eficiencia operativa de un 52 % debido a la mejorar de los mantenimientos y las respuestas inmediatas a las fallas con personal técnico capacitado.

Tabla 19: Cuadro de indicadores de mantenimiento Eficiencia operativa.

FLOTA	MODELO	Año	Utilización %	Eficiencia Operativa %	Disponibilidad Mecánica %
Jumbos	Troidon 55XP	2018	36%	22%	61%
Jumbos	Troidon 55XP	2020	83%	74%	89%



Fig. 89. Indicadores de la eficiencia operativa promedio del año 2018 y 2020

4.1.5 Utilización de las perforadoras Jumbo Troidon 55XP.

Se asegura la utilización del equipo debido a la operatividad del equipo y la minimización de las fallas que se presentan y que serán resueltas en poco tiempo, su utilización para el área operativa será de mayor provecho, como se sabe todo equipo con una alta utilización será rentable en una empresa.

Los datos de la tabla 20 muestra el 36 % de utilización en el año 2018, hacen referencia al promedio de 12 meses del año 2018 lo cual su índice no es positivo para la producción del equipo.

En la tabla 20 y en la figura 90, se muestra el aumento proyectado de la eficiencia operativa en un 47 % el aumento del porcentaje de utilización hace referencia a una buena producción para la empresa.

Tabla 20: Cuadro de indicadores de mantenimiento utilización.

FLOTA	MODELO	Año	Utilización %	Eficiencia Operativa %	Disponibilidad Mecánica %
Jumbos	Troidon 55XP	2018	36%	22%	61%
Jumbos	Troidon 55XP	2019	83%	74%	89%

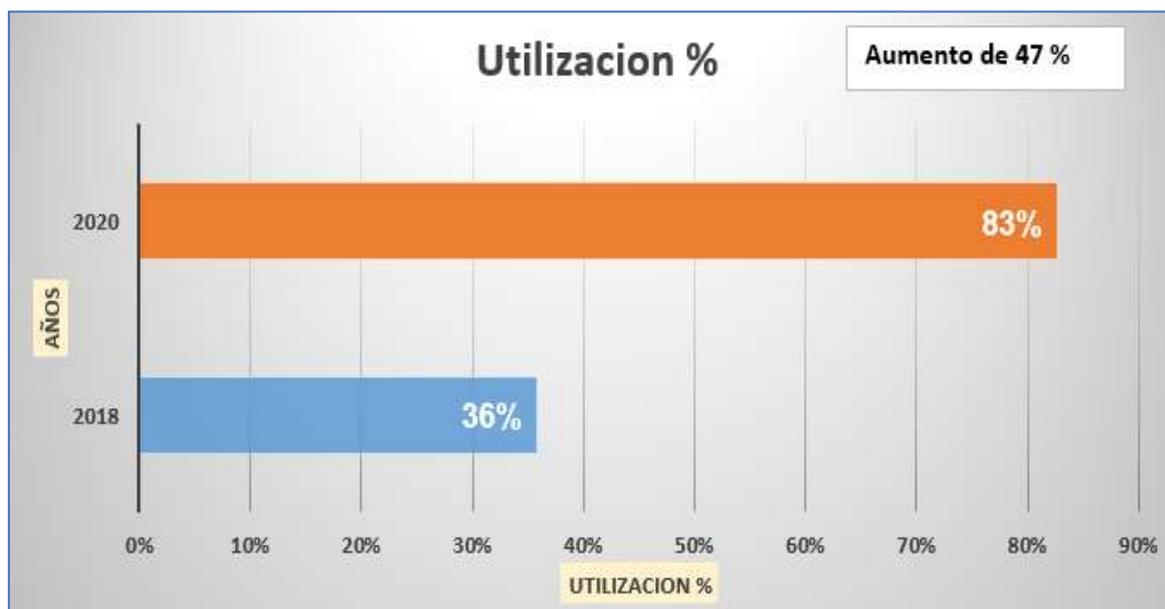


Fig. 90. Indicadores de utilización promedio del año 2018 y 2019.

4.2. Análisis económico-financieros.

4.2.1 Inversión.

Capacitación técnica.

Tabla 21: Costo de capacitación técnica

Capacitación Técnica					
Capacitación	Nº de personas	Tiempo (Horas/día)	Costo Unitario / hora (S/.)	Número de Días de Capacitación	Total (S/.)
Capacitación:					
Especialista en el tema	1	4	100.00	2	800.00
Jefe de mantenimiento	1	4	35.00	2	280.00
Ingeniero de planamiento	2	4	30.00	2	480.00
Operarios de mantenimiento	8	4	20.00	2	1,280.00
Total de Costo					S/2,840.00

En la tabla 21 indica el costo de la capacitación técnica que se tiene que brindar al personal que será involucrado en la propuesta de mejora.

Capacitación tecnológica y mejora de procesos.

Tabla 22: Costo de capacitación tecnológica y mejora de procesos

Capacitación Tecnológica y Mejora de Procesos					
Capacitaciones	N° de personas	Tiempo (Horas/día)	Costo Unitario / hora (S/.)	Número de Días/semana	TOTAL (S/.)
Facilitadores capacitación	1	4	100.00	2	800.00
Recursos Tecnológicos		4	30.00	2	240.00
Recurso Materiales (Proyector)		4	40.00	2	320.00
Operarios	8	4	20.00	2	1,280.00
Total de Costo					S/2,640.00

En la tabla 22 indica los equipos tecnológicos y personas de apoyo necesarios que se van a requerir en la capacitación del personal.

Mano de obra para el mantenimiento preventivo.

Tabla 23: Costo de mano de obra para mantenimiento preventivo

Costo de Mano de Obra del Mantenimiento Preventivo Programado					
Personal	Salario por hora (S/.)	Nro.	Salario Mensual (S/.)	Total Mensual (S/.)	Salario Anual (S/.)
Gerente de Servicio	35.00	1	8,400.00	8,400.00	100,800.00
Jefe de mantenimiento	30.00	1	7,200.00	7,200.00	86,400.00
Tecnico 1	15.00	2	7,200.00	7,200.00	86,400.00
Tecnico 2	10.00	2	4,800.00	9,600.00	115,200.00
Electricista 1	20.00	1	4,800.00	4,800.00	57,600.00
Preventivo	20.00	1	4,800.00	4,800.00	57,600.00
Lubricador	18.00	3	4,320.00	12,960.00	155,520.00
Total Mano de Obra		10		S/52,560.00	S/630,720.00

En la tabla 23 indica los costos de la mano de obra del personal que estará involucrado en la propuesta de mejora desde el responsable del área hasta el último personal operativo.

Mantenimiento preventivo programado.

Tabla 24: Costo para realizar el mantenimiento preventivo programado

Costo de Mantenimiento Preventivo Programado					
Mantenimiento PM	Costo C/U (S/.)	Nro. Mensual	Costo Mensual (S/.)	Nro. Anual	Salario Anual (S/.)
Sistema Percusion:					
Mantenimiento PM 50 Horas	700.00	4	2,800.00	48	33,600.00
Mantenimiento PM 500 Horas	3,200.00	1	3,200.00	12	38,400.00
Sistema Diesel:					
Mantenimiento PM 125 Horas	900.00	3	2,700.00	36	32,400.00
Mantenimiento PM 250 Horas	2,200.00	2	4,400.00	24	52,800.00
Mantenimiento PM 500 Horas	3,100.00	1	3,100.00	12	37,200.00
Mantenimiento PM 1000 Horas	4,200.00		0.00	6	25,200.00
Sistema Compresora:					
Mantenimiento PM 125 Horas	1,000.00	3	3,000.00	36	36,000.00
Mantenimiento PM 250 Horas	2,200.00	2	4,400.00	24	52,800.00
Mantenimiento PM 500 Horas	3,200.00	1	3,200.00	12	38,400.00
Mantenimiento PM 1000 Horas	3,600.00		0.00	6	21,600.00
Total			S/.26,800.00		S/.368,400.00

Documentación y registro de datos.

Tabla 25: Costo por documentación y registro de datos

Costo por Documentación y Registros				
Documentacion	Cant X mes	Costo C/U (S/)	Costo Mensual (S/.)	Total (S/.)
Check List de Jumbo	30	1.00	30.00	360.00
Engrase diario	30	1.00	30.00	360.00
Reporte de trabajo	30	1.00	30.00	360.00
Control de supervicion	30	1.00	30.00	360.00
Control de pedido de repuestos	20	1.00	20.00	240.00
Cartilla de mantenimiento	20	1.00	20.00	240.00
Total de Costo				S/.1,920.00

Herramientas y equipos para realizar el mantenimiento.

Tabla 26: Herramientas y equipos para el mantenimiento

Herramientas/Equipos					
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Costo Mensual (S/.)	Costo Anual (S/.)
Lijas	und	120	0.96	115.20	1,382.40
Juego de llaves Stylson	und	3	100.00	300.00	3,600.00
Llave francesa	und	5	50.00	250.00	3,000.00
Llaves mixtas	und	10	30.00	300.00	3,600.00
Llaves corona	und	4	50.00	200.00	2,400.00
Juego de alicates	und	3	30.00	90.00	1,080.00
Juego de desarmadores	und	5	40.00	200.00	2,400.00
Comba	und	2	50.00	100.00	1,200.00
Juego de Martillos	und	3	40.00	120.00	1,440.00
Juego de cincel	und	3	30.00	90.00	1,080.00
Llaves alen	und	4	30.00	120.00	1,440.00
Grasa	und	40	2.00	80.00	960.00
Gasolina	kg	40	3.00	120.00	1,440.00
Lubricante	L	40	0.80	32.00	384.00
Cinta aislante	L	15	1.00	15.00	180.00
Soldadura estaño	und	15	1.00	15.00	180.00
Fajas	und	10	10.00	100.00	1,200.00
Cables	und	30	1.00	30.00	360.00
Filtros	m	150	2.00	300.00	3,600.00
Wipe	und	30	0.50	15.00	180.00
Trapo industrial	und	30	0.50	15.00	180.00
Desengrasante	und	3000	0.19	576.00	6,912.00
Abrillantador	L	2000	0.05	96.00	1,152.00
Juego de llaves tipo dado	L	2	100.00	200.00	2,400.00
Catalizador	und	4000	0.06	256.00	3,072.00
Soldadura de acero	und	20	1.00	20.00	240.00
Soldadura de polímero	und	20	1.00	20.00	240.00
Masillas	und	500	0.10	48.00	576.00
Silicona	kg	12	1.00	12.00	144.00
Soplete	L	2	100.00	200.00	2,400.00
Mamelucos	und	12	50.00	600.00	7,200.00
Engranajes	und	15	10.00	150.00	1,800.00
Otros	und			1,500.00	18,000.00
Total de Costo				S/.4,785.20	S/.75,422.40

Inversión para implementar el proyecto.

Tabla 27: Inversión del proyecto

CUADRO DE RESUMEN DE GASTO POR IMPLEMENTACION	
Descripción	Monto
Costo de Capacitación Técnica	S/.2,840.00
Costo de Capacitación Tecnológica	S/.2,640.00
Costo de Mano de Obra Mtto. Preventivo Programado	S/.630,720.00
Costo de Mantenimiento Preventivo	S/.368,400.00
Costo de Documentación Implementada	S/.1,920.00
Costo de Herramientas/Equipos	S/.75,422.60
Costo Total	S/.1,081,942.60

4.2.2 Rentabilidad de la inversión.

Ingresos no percibidos por paradas imprevistas.

Tabla 28: Ingresos no percibido por paradas imprevistas

Ingresos Dejadoss de Percibir por Paradas Imprevistas en el Año 2017									
Meses	Nº de Paradas	Total Tiempo de Parada (Hr)	Costo X Hr/parada (S/.)	Costo por equipo (S/.)	Mano obra X parada (2 Tec.) (S/.)	Costo mano de obra (S/.)	Produccion X hora (S/.)	Costo por produccion (S/.)	Costo Total
Enero	20	258	315.00	81,270.00	20.00	5,160.00	600.00	154,800.00	S/.241,230.00
Febrero	25	260	315.00	81,900.00	20.00	5,200.00	600.00	156,000.00	S/.243,100.00
Marzo	22	260	315.00	81,900.00	20.00	5,200.00	600.00	156,000.00	S/.243,100.00
Abril	19	259	315.00	81,585.00	20.00	5,180.00	600.00	155,400.00	S/.242,165.00
Mayo	20	258	315.00	81,270.00	20.00	5,160.00	600.00	154,800.00	S/.241,230.00
Junio	22	260	315.00	81,900.00	20.00	5,200.00	600.00	156,000.00	S/.243,100.00
Julio	25	263	315.00	82,845.00	20.00	5,260.00	600.00	157,800.00	S/.245,905.00
Agosto	23	257	315.00	80,955.00	20.00	5,140.00	600.00	154,200.00	S/.240,295.00
Setiembre	20	259	315.00	81,585.00	20.00	5,180.00	600.00	155,400.00	S/.242,165.00
Octubre	24	258	315.00	81,270.00	20.00	5,160.00	600.00	154,800.00	S/.241,230.00
Noviembre	21	260	315.00	81,900.00	20.00	5,200.00	600.00	156,000.00	S/.243,100.00
Diciembre	20	258	315.00	81,270.00	20.00	5,160.00	600.00	154,800.00	S/.241,230.00
Total			S/.979,650.00	S/.62,200.00	S/.1,866,000.00				
Costo Total									S/.2,907,850.00

Ingresos no percibidos con la implementación del proyecto (proyectado).

Tabla 29: Ingresos no percibidos proyectado

Ingresos Dejadoss de Percibir por Paradas Programadas Proyectado al año 2020																
Meses	Sistema Percusion:		Sistema Diesel:				Sistema Compresora:				Mantenimient o Correctivo	Total Horas	Costo x Hrs de Equipo (S/.)	Mano obra X parada (2 Tec.) (S/.)	Produccion X hora (S/.)	Costo X parada
	PMS0	PM125	PM125	PM250	PMS00	PM1000	PM125	PM250	PMS00	PM1000						
Enero	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Febrero	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Marzo	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Abril	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Mayo	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Junio	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Julio	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Agosto	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Setiembre	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Octubre	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Noviembre	5	7	7	8	10		7	8	10	12	4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Diciembre	5	7	7	8	10	12	7	8	10		4	78	330.00	27.00	700.00	S/.82,446.00
Costo Total												936	S/.989,352.00			

Mejora en los ingresos debido a paradas programadas.

Tabla 30: Resumen de ingresos no percibidos proyectado

Ingresos no Percibidos - Resumen	
Ingresos no Percibidos Paradas Imprevistas 2017	S/.2,907,850.00
Ingresos no percibidos Paradas Programadas Proyectado 2020	S/.989,352.00
Total Beneficio	S/.1,918,498.00

Costos de mantenimiento 2017.

Tabla 31: Costos de mantenimiento preventivo correctivo 2017

Costo de Mantenimiento Preventivo/Correctivo-2017			
Meses	N° de Paradas	Total Tiempo de Parada	Costo X mantenimiento correctivo (S/.)
Enero	20	258	55,000.00
Febrero	25	260	52,000.00
Marzo	22	260	47,000.00
Abril	19	259	45,000.00
Mayo	20	258	49,000.00
Junio	22	260	46,000.00
Julio	25	263	48,000.00
Agosto	23	257	52,000.00
Setiembre	20	259	53,000.00
Octubre	24	258	54,000.00
Noviembre	21	260	52,000.00
Diciembre	20	258	57,000.00
Total			S/.610,000.00

Costo de mantenimiento proyectado con la implementación del proyecto.

Tabla 32: Costos de mantenimiento proyectado al 2020

Costo Mantenimiento Preventivo / Correctivo-2020 Proyectado					
Mantenimiento PM	Costo C/U (S/.)	Nro. Mensual	Costo Mensual (S/.)	Nro. Anual	Salario Anual (S/.)
Sistema Percusion:					
Mantenimiento PM 50 Horas	700.00	4	2,800.00	48	33,600.00
Mantenimiento PM 500 Horas	3,200.00	1	3,200.00	12	38,400.00
Sistema Diesel:					
Mantenimiento PM 125 Horas	900.00	3	2,700.00	36	32,400.00
Mantenimiento PM 250 Horas	2,200.00	2	4,400.00	24	52,800.00
Mantenimiento PM 500 Horas	3,100.00	1	3,100.00	12	37,200.00
Mantenimiento PM 1000 Horas	4,200.00		0.00	6	25,200.00
Sistema Compresora:					
Mantenimiento PM 125 Horas	1,000.00	3	3,000.00	36	36,000.00
Mantenimiento PM 250 Horas	2,200.00	2	4,400.00	24	52,800.00
Mantenimiento PM 500 Horas	3,200.00	1	3,200.00	12	38,400.00
Mantenimiento PM 1000 Horas	3,600.00		0.00	6	21,600.00
Total			S/26,800.00		S/368,400.00

Beneficio con la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 33: Beneficio de la implementación del plan de mantenimiento preventivo

Costo de Mtto. Preventivo / Correctivo - Resumen	
Costo de Mantenimiento Preventivo/Correctivo-2017	S/.610,000.00
Costo Mantenimiento Preventivo / Correctivo-2020 Proyectado	S/.368,400.00
Total Beneficio	S/.241,600.00

Rentabilidad de la inversión.

Tabla 34: Rentabilidad de la inversión

Rentabilidad de la Inversión	
Beneficio por Ingresos no Percibidos	S/.1,918,498.00
Beneficio por Mtto. Preventivo Programado	S/.241,600.00
Rentabilidad Anual	S/.2,160,098.00
Rentabilidad Mensual	S/.180,008.17

4.2.3 Análisis de la rentabilidad del proyecto.

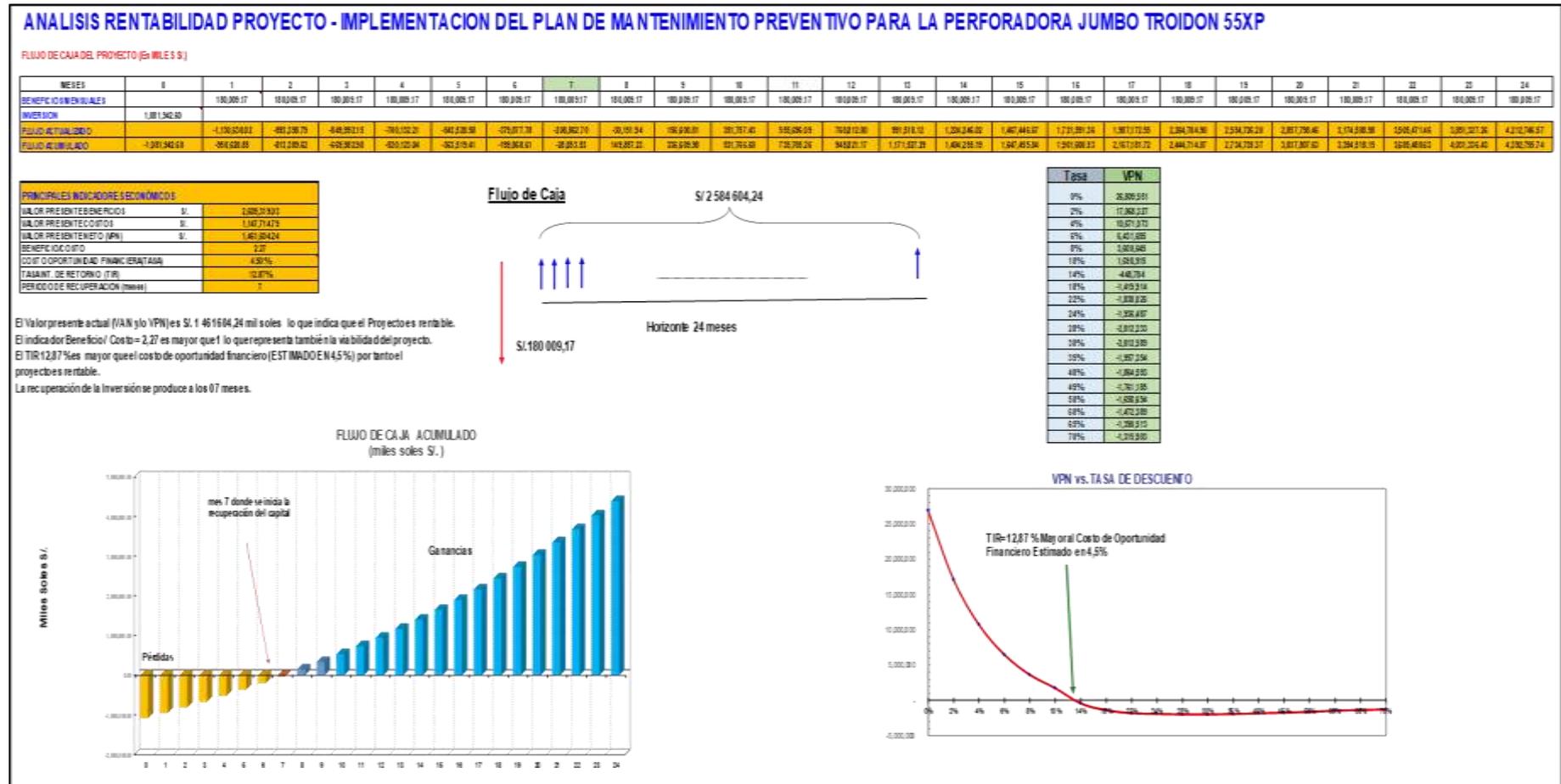


Fig. 91. Análisis económico financiero del proyecto

4.2.4 Conclusión de análisis financiero.

Para implementar la propuesta de mejora en un plan de mantenimiento preventivo se requiere de S/. 1 081 942,6 inversión que será afectada por el costo de oportunidad financiero (COF), de acuerdo con la tasa de los bancos, es de 35% anual y de 4,5% mensual.

Como se puede observar en la figura 65 el TIR (Tasa Interna de Retorno) es de 12,87%, superior al costo de oportunidad financiero; el VAN (Valor Actual Neto) es igual a S/ 2 584 604,24, superior a la inversión; el periodo de retorno de la inversión es de 7 meses y además se tiene un beneficio costo de $2.25 > 1$. De estos indicadores se deduce que el proyecto es viable.

Del análisis se puede concluir que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el Jumbo Troidon 55XP resulta viable y se sustenta con los indicadores financieros obtenido en la figura 65.

4.3. Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación.

La falla del equipo puede costar a las empresas cientos, incluso miles de dólares cada día que están fuera de servicio. Por eso es importante tener un programa de mantenimiento preventivo de equipos, con ello es fácil terminar con un tiempo de inactividad inesperado en los trabajos y un costo adicional para la empresa. Si bien los programas de mantenimiento preventivo pueden ser un poco molesto y difícil de planificar en función de los trabajos, la priorización del mantenimiento de los equipos puede evitar mayores costos en el futuro.

La razón más importante para programar el mantenimiento de los equipos es que controla los costos.

Las perforadoras bien mantenidas y otros tipos de equipos minimizan los costos de reparación y tiempo de inactividad debido a que las piezas se revisan regularmente. Por lo

tanto, sabrá de antemano si es necesario reemplazar algo y puede programarlo antes de que se convierta en un problema. El mantenimiento regular también ayuda a prolongar la vida útil del equipo, mantener el equipo en garantía y controlar los intervalos de servicio. Teniendo esto en cuenta, es importante descubrir con qué frecuencia y cuándo programar el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo (PM) ayuda a anticipar el cambio y el desgaste. Las acciones correctivas se toman continuamente para garantizar la fiabilidad y el rendimiento. El mantenimiento preventivo implica inspecciones sistemáticas regulares, modificación y reemplazo de componentes, así como pruebas y análisis de rendimiento.

Un programa de mantenimiento preventivo exitoso extiende la vida útil de los equipos de construcción y minimiza el tiempo de inactividad no programado causado por la falla del equipo. Los beneficios de un programa de PM adecuado incluyen:

- Mejora en la confiabilidad de equipos y sistemas.
- Reducción de averías inesperadas.
- Disminución en el reemplazo de piezas caras
- Vida extendida del equipo
- Valor de reventa mejorado
- Mejor gestión de inventario de piezas.

El mantenimiento preventivo es más que el mantenimiento regular, como lubricar y cambiar los filtros. Un programa de mantenimiento preventivo (PM) adecuado incluye un enfoque intencional para la gestión de equipos desde el momento en que se compra el equipo hasta el final de su vida útil.

Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir cualquiera o todos estos servicios de atención al cliente:

- Contratos de mantenimiento y reparación total
- Programas de inspección de maquinaria
- Inspecciones del sitio

- Servicio de campo
- Servicio en tienda
- Tecnología de diagnóstico
- Análisis de fluidos SOS incluyendo combustible, aceite y refrigerantes
- Análisis fallido
- Análisis de productos a bordo
- Monitoreo de condición
- Recopilación de información electrónica
- Datos de inspección de la máquina
- Datos históricos de reparación
- Reconstrucciones de componentes
- Seguimiento de componentes
- Reparación especializada de herramientas y equipos
- Software de gestión de equipos
- Seminarios de formación para clientes
- Videos de entrenamiento y seguridad

Parte de un programa de mantenimiento preventivo efectivo es identificar las posibles causas de la avería de la maquinaria. Al identificar las probables causas de falla antes de que ocurran, puede ahorrar cientos o miles de dólares y mantener flujos de trabajo consistentes.

Hay tres tipos de fallas en la maquinaria, la causa y soluciones se enumeran a continuación.

- **Falla repentina** es cuando la maquinaria se rompe sin previo aviso. Por lo general, la razón es obvia. La pieza se arregla o se reemplaza, y el equipo se devuelve al servicio.
- **El fallo intermitente** ocurre esporádicamente. Esta detención ocurre al azar, y puede ser difícil de identificar la causa. Las fallas intermitentes son frustrantes, costosas en el tiempo de inactividad y generalmente se pueden prevenir anticipando la causa y abordándolas durante el mantenimiento.

- **Las fallas graduales** se pueden prevenir por completo mediante el mantenimiento de rutina y las inspecciones. Se observa que las piezas y componentes de desgaste están cerca del final de su vida útil y se reemplazan antes de que ocurra el fallo.

Estos tres tipos de fallas en la maquinaria casi siempre se deben a una de las tres causas principales:

- **El fallo inducido térmicamente**, es cuando las temperaturas extremas causan averías en el equipo. Esto suele suceder durante grandes fluctuaciones de temperatura, como cuando una máquina se pone en marcha en un clima frío y se calienta. También ocurre cuando el equipo se sobrecalienta. Se pueden preparar periodos extremadamente calientes o fríos durante el mantenimiento y, a menudo, se pueden prevenir las fallas térmicas.
- **El fallo inducido mecánicamente**, es fácil de reconocer y también es fácil de prevenir asegurándose que los componentes de la maquinaria se mantengan reemplazando las piezas cuando sea necesario, lubricando según sea necesario y apretando los sujetadores, así como asegurando que las partes móviles estén alineadas correctamente. Las fallas mecánicas a menudo ocurren debido a un esfuerzo excesivo, vibración, choque, colisión y abuso del operador.
- **El fallo errático**, es el más difícil de predecir y detectar. Esto ocurre en tiempos aleatorios y bajo condiciones variables. Las fallas más erráticas de la maquinaria son el resultado de sobrecargas repentinas en los sistemas hidráulicos o eléctricos. Con los componentes electrónicos, muchas fallas erráticas provienen de fallas en el software o hardware que se pueden prevenir mediante el uso de equipos de diagnóstico durante el mantenimiento regular de la maquinaria.

La anticipación de las fallas está en el corazón de todos los programas de mantenimiento preventivo. El conocimiento exhaustivo de los sistemas de su maquinaria es la clave para anticipar qué es probable que falle si se ignora el mantenimiento adecuado. Los acuerdos

de mantenimiento preventivo de Cat de MacAllister Machinery lo ayudan a anticipar y predecir problemas antes de que dejen su equipo inoperable.

El conocimiento exhaustivo del producto es invaluable cuando se trata de implementar un programa de mantenimiento preventivo efectivo. A menudo, obtener esta información vital es tan simple como encontrarla en el manual del equipo de la máquina que se ha investigado y documentado para aislar los problemas y prescribir el mantenimiento preventivo adecuado.

Tomarse el tiempo para leer y comprender el manual del equipo debe ser un principio fundamental en un plan de mantenimiento preventivo. Los manuales prescribirán los intervalos de servicio recomendados para cada componente de la máquina, qué productos de servicio usar y cuáles son las condiciones de funcionamiento aceptables para el equipo. Los manuales del propietario también son una gran fuente de información para la solución de problemas. Los manuales no solo prescriben los pasos y las técnicas de mantenimiento, sino que a menudo tienen un desglose o diagramas de flujo de lo que se debe hacer durante un mal funcionamiento.

Otro recurso valioso para familiarizarse con las máquinas es involucrar a los operadores de las máquinas. A menos que esté en los controles diariamente, no es probable que tenga el conocimiento íntimo de las idiosincrasias y peculiaridades de cada máquina. Los operadores diarios tienen una "sensación" de la máquina. Los operadores detectan cuándo algo anda mal, y te lo dirán. Escucharlos y apreciar su aporte es una sabia estrategia de mantenimiento preventivo.

Detener la operación y tratar un problema sospechoso entre los períodos de mantenimiento programados puede suponer un ahorro enorme en los costos de falla y las pérdidas subsiguientes.

Los operadores de maquinaria conocedores son más productivos y causan menos desgaste en la maquinaria que los trabajadores sin capacitación. Los operadores expertos también estarán más seguros para sí mismos y para otros que trabajan cerca. Los

operadores debidamente capacitados serán más respetuosos con los equipos y serán más propensos a cuidarlo antes, durante y después de las tareas asignadas. Esto ahorra dinero en reparaciones y reemplazo.

La capacitación del operador debe estar integrada en su programa de mantenimiento preventivo. Los operadores deben saber algo más que cómo iniciar y operar su maquinaria. Deben conocer qué tareas de mantenimiento cotidianas y de rutina son necesarias y cómo realizarlas sin falta.

La capacitación del operador puede incluir una revisión del manual del operador, la demostración de los sistemas y todos los controles. Las pruebas también pueden ser parte de la capacitación para garantizar que los operadores hayan adquirido las habilidades adecuadas, incluidas las tareas de mantenimiento antes y después de la operación.

Además, las listas de verificación para los operadores son herramientas valiosas, por lo que los pasos de mantenimiento menores pero importantes se realizan y no se olvidan.

El proceso de entrenamiento no tiene por qué ser complicado o largo. La comunicación clara sobre las limitaciones de una máquina, así como la instrucción sobre los controles y los sistemas de monitoreo, ayudarán a aumentar la vida útil de las máquinas que resultan de vital importancia para la empresa.

Los operadores capacitados son reporteros de primera línea de cualquier daño o señal de advertencia temprana de que una máquina se dirige hacia una falla. Los operadores capacitados para reconocer los indicadores de falla y para llamar su atención son seguros excepcionales de que los problemas menores y de bajo costo no se conviertan en problemas grandes y costosos.

Mantener registros de servicio detallados es un componente importante en su plan de mantenimiento preventivo. Es imposible realizar un seguimiento mental de qué tipo de servicio se ha realizado en su maquinaria, y eso incluye cuándo se realizó el mantenimiento y cuándo se debe volver a realizar.

Los registros de servicio documentados le permiten mantener una imagen precisa del historial de una máquina en particular. El servicio de rutina y de intervalos regulares debe escribirse en un folleto que se guarda en su centro de mantenimiento o incluso en la propia máquina. Esto debe incluir la fecha, el tipo de servicio que se realizó, las partes que se reemplazaron, cuándo se requiere el próximo servicio regular y las anotaciones sobre cualquier peculiaridad o irregularidad que se haya observado.

Los registros de servicio no solo proporcionan un registro cronológico del mantenimiento de las máquinas. Los registros detallados de mantenimiento le brindan pruebas documentadas de que su maquinaria se ha mantenido de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Esto es importante para las operaciones diarias, pero también respalda firmemente cualquier reclamo de garantía en el que pueda haber una disputa de que una falla mecánica fue causada por la negligencia en realizar el mantenimiento requerido.

La documentación de tareas de servicio se puede hacer usando un lápiz en el libro mayor de papel. Puede estar en un archivo de computadora usando una hoja de cálculo o almacenado en un archivo manual guardado en el cajón de su oficina junto con otros documentos relacionados con la máquina. Los folletos pequeños colocados en la máquina son comunes. Las pizarras blancas en las paredes de las oficinas son otra técnica simple y comprobada para ver los programas de mantenimiento de equipos pesados de un vistazo.

CONCLUSIONES

1. Se implementa un plan de mantenimiento preventivo el cual resulto satisfactorio con resultados proyectados, mostrándose que el equipo mantendrá su **disponibilidad** en el tiempo de trabajo.
2. El plan de mantenimiento preventivo resulto de forma correcta y con el tiempo apropiado. Se está previniendo las fallas antes que se presenten inesperadamente, evitando que la **disponibilidad mecánica** se vea afectada. Se supera al promedio del año 2018 (61%) llegando alcanzar 89% de disponibilidad mecánica para el año 2020.
3. El plan de mantenimiento preventivo resulto de forma correcta y con el tiempo apropiado se está previniendo las fallas antes que se presenten inesperadamente para que la **eficiencia operativa** no se vea afectada. Se supera al promedio del año 2018 (22%) llegando alcanzar 74% de **eficiencia operativa** para el año 2020.
4. El plan de mantenimiento preventivo resulto de forma correcta y con el tiempo apropiado. Se está previniendo las fallas antes que se presenten inesperadamente evitando que la **utilización** se vea afectada. Se supera al promedio del año 2018 (33%) llegando alcanzar 83% de **utilización** para el año 2020.

5. Los resultados proyectados de la disponibilidad, disponibilidad mecánica, eficiencia operativa y utilización se encuentran dentro del rango satisfactorio de la gestión de mantenimiento.

Tabla 35: Promedio de indicadores de mantenimiento

Indicadores de mantenimiento	Optimo	Equipo
Disponibilidad mecánica	85 % a 95%	Disponibilidad
Eficiencia operativa	65 % a 80%	
Utilización	75% a 85%	
Disponibilidad mecánica	50% a 84%	Disponibilidad deficiente
Eficiencia operativa	30% a 64%	
Utilización	40% a 74%	
Disponibilidad mecánica	0% a 49%	NO disponible
Eficiencia operativa	0% a 39%	
Utilización	0% a 49%	

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir con el plan de mantenimiento para que la disponibilidad del equipo no se vea afectada.
2. Analizando los resultados obtenidos y proyectándose a mejorar la gestión de mantenimiento se recomienda adquirir un software que ayude a disminuir el tiempo de la planificación.
3. Se recomienda realizar una auditoria en la gestión de mantenimiento con la finalidad de identificar falencias en proceso proponiendo mejoras de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ángel Colli, (2014, May 10) “Máquina perforadora jumbo” disponible: <https://es.scribd.com/document/373273409/Maquina-Perforadora-Jumbo>
- [2] Bsg Intitute, “Indicadores de Confiabilidad Propulsores en la Gestión Del Mantenimiento,” Lima, 2018.
- [3] Adriana. M, “Que es el metodo de las 5s y como funciona,” España, 2019.
- [4] Sandvik, (2011, Jun 15) “Equipos de perforación subterránea y emperadores,” disponible: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-y-emperadores/>
- [5] Resemin SAC, (2017, Mar 14) “Troidon 55” disponible: https://resein.com/index.php?route=product/product&product_id=63
- [6] Izaguirre Neira Javier, Aplicación de herramientas de calidad de una fábrica de refrigeradoras para reducir fallos en el producto final, Lima, 2016.
- [7] Sexo Luis Felipe, “Confiabilidad integral del activo,” Cuba, 2006
- [8] Temblay Javier Francisco, “Procedimiento operación con Jumbo PR-OPE -12 F&S Minería,” Chile, 2012.
- [9] Salazar Albornoz José Luis, “Manual de Mantenimiento,” Lima, 2014.
- [10] Magno Gutiérrez Klenyis. I, Diagnóstico de análisis de fallas a los equipos pesados de la gerencia de materiales de la empresa Orinoco Iron.S.C. S, Venezuela, 2006.
- [11] Minera Lincuna SAC, Informe técnico CIA Minera Lincuna, Lima, 2014.
- [12] Osorio Esteban Roy Sergio, Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la perforadora Diamantina Superdrill H600 De La Empresa Maqpower S.A.C, Huancayo, 2006.
- [13] G. Vie, “Perforaciones de los grandes subterráneos y los métodos y maquinarias modernas”, Colegio Superior de Investigación Científica, España, Informe de construcción Vol.26 No 255,1973.
- [14] Tolentino Gamarra Jorge, “Libro de Mantenimiento industrial,” Sencico, Lima, 2004.
- [15] Ventura Zegarra Enrique, “Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados,” Lima, 2015.
- [16] Equipo Minero, (2015, May 01) “Las perforadoras hidráulicas se abren camino con diseños nuevos y materiales más resistente” disponible: <https://www.equipo->

minero.com/contenidos/las-perforadoras-hidraulicas-se-abren-camino-con-disenos-nuevos-y-materiales-mas-resistentes/

- [17] Belén Muñoz Abella, “Mantenimiento industrial,” España, 2019.
- [18] Barreda Beltrán Salvador, “Plan de mantenimiento en la confiabilidad (R.C.M) en la edar de nules Vilavella,” España, 2015.
- [19] Manuel Pinzón, “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, diciplina modernas aplicadas en el mantenimiento,” Colombia, 2006.
- [20] Tournon Javier, (2016, Mar 09) “Definición del OEE” disponible: <https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>
- [21] Resemin Sac, “Manual de Jumbo Troidon 55XP.” Peru, 2014.
- [22] Fuenmayor Edgar, “Calculando la frecuencia optima de mantenimiento o reemplazo preventivo,” Lima, 2010.
- [23] Carla Sanchez, (2018, nov 27) “Que tipos de mantenimiento predictivo existen” disponible: <https://www.predictive-sigma.com/2018/11/27/blog-tipos-demantenimiento/>
- [24] Todo mecánica, (2016, jul 08) “Las herramientas del buen mecánico” disponible: <https://www.todomecanica.com/blog/218-las-herramientas-del-buen-mecanico.html>
- [25] Inamar, “Equipos de levante y transporte de carga.” Chile, 2012.
- [26] Alexis Larez, “Análisis de criticidad parte 1,” Valencia, 2017.
- [27] Pablo Ballesteros, “Gestión logística para mejorar la competitividad,” Colombia, 2004.
- [28] Sistema de gestión de calidad, Norma ISO 9001:2008.
- [29] Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, Norma OHSAS 18001:2007.

ANEXO 1: CARTILLAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PERCUSIÓN)



Mantenimiento Preventivo Sit. Perforacion 50 y 500 hrs

NÚMERO DE SERIE:	COD. INTERNO:	FECHA: / /
HORÓMETRO M:	HORÓMETRO C:	HORÓMETRO P:
		HORA INICIO:
		HORA FINAL:

Realizar el servicio diario

Para realizar el trabajo de mantenimiento preventivo el jumbo se debe de lavar antes
Proteger los componentes eléctricos durante el lavado.

MATERIALES/HERRAMIENTAS/EQUIPOS

Item	Componente / Instrumento	N/P	Cant.	Und.	PM50	PM500	Obs.
1	PISTON ROD	55066836	2	UN	X	X	
2	SELLOS DE AGUA (5)	73410145	5	UN	X	X	
3	FILTRO DE SEPARADOR DE LODOS HIDROBOL	77012151	1	UN	X	X	
4	FILTRO SISTEMA HIDROBOLT	77006843	1	UN		X	
5	KIT DE SELLOS FILTRO DE HIDROBOLT	55098713	1	UN		X	
6	FILTRO DE SISTEMA DE LAVADO	77012153	1	UN		X	
7	TRAPO INDUSTRIAL		1	KG	X	X	
8	NITROGENO		1	L-Gl	X	X	
9	CAJA DE HERRAMIENTA PARA PERFORADORA		1	KIT	X	X	
10	CAJA DE HERRAMIENTA DE MECANICO		1	KIT	X	X	
11	CAJA DE ORING PULGADAS Y MILIMETRICAS		1	UN	X	X	
12	CAJA DE HERRAMIENTAS DE ELECTRICISTA		1	UN	X	X	
13	MANGUERAS HIDRAULICAS (MUESTRA)		1	KIT	X	X	
14	MEDIDOR DE COCADAS DE NEUMATICOS		1	UN	X	X	
15	KIT DE SELLOS PERFORADORA		1	KIT		X	
16	DESILZADERA DE VIGA		8	UN		X	
17	GRASA		2	KG	X	X	

PERFORADORA

ITEM	PROCEDIMIENTO	PM50	PM500	OBSERVACIONES
1	Cambio de sellos de agua (05 unidades)	X	X	
2	Cambio de Guide Ring	X	X	
3	Cambio de acumuladores		X	
4	Inspeccionar la presion de nitrogeno en los acumuladores	X	X	
5	Cambio de kit de sellos de perforadora		X	
6	torque de pernos de la perforadora	X	X	
7	Evaluar condiciones del Shank	X	X	
8	Inpeccionar la guia (Coupling) de bronce	X	X	
9	Torque de tirantes sujetadores de la perforadora	X	X	
10	Torquear pernos de acumuladores y motor de rotacion	X	X	
11	Verificar fugas de aceite y eliminarlas	X	X	
12	Revision de la perforadora en General	X	X	
13	Test de presiones de la perforadora		X	

SISTEMA DE PERFORACION

ITEM	PROCEDIMIENTO	PM50	PM500	OBSERVACIONES
BRAZO				
1	Verificar holguras de los pines y bocinas del brazo	X	X	
2	Torque de pernos del brazo boom	X	X	
3	Revisar funcionamiento de paralelismo automatico	X	X	
4	Verificar fugas de aceite eliminarlas	X	X	
5	Inspeccionar la condicion de las mangueras y conectores	X	X	
6	Verificar el protector de las mangueras del brazo boom	X	X	
7	Verificar la holgura del tubo del telescopico	X	X	
8	Libricar (engrase) de todos los puntos articulaciones del brazo boom	X	X	
VIGA DE AVANCE DE LA PERFORADORA				
1	torque de pernos de viga de la perforadora	X	X	
2	Cambiar deslizadoras		X	
3	Ajuste de los cables de retorno y avance	X	X	
4	Verificar y/o cambiar los patines y los rieles	X	X	
5	Verificar estado de los guidores de barra	X	X	
6	Verificar el funcionamiento de topes mecanicos	X	X	
7	Ajuste de mangueras hidraulicas tambora de viga	X	X	
8	Verificar fugas de aceite y eliminarlas	X	X	

SISTEMA DE AGUA Y BARRIDO

ITEM	PROCEDIMIENTO	PM50	PM500	OBSERVACIONES
1	Limpiar el filtro tipo Y de ingreso de agua	X	X	
2	Verificar manometro de presion de entrada de agua.	X	X	
4	Verificar la vavula de flujo de agua	X	X	
5	Limpieza exterior de motor electrico en bomba de agua.	X	X	

SISTEMA ELECTRICO

ITEM	PROCEDIMIENTO	PM50	PM500	OBSERVACIONES
1	Limpieza general del tablero electrico principal	X	X	
2	Limpieza de interna de panel de instrumentos.	X	X	
3	Verificar componentes eléctricos de tablero de control.	X	X	
4	Limpieza de conectores eléctricos de 440 voltios	X	X	
5	Verificar los acoplamiento de conectores del equipo.	X	X	
6	Verificar que los switch de presión este limpios	X	X	
7	Verificar el estadode las luces de transito, perforacion y emergencia	X	X	
8	Ajuste de bornes de baterias	X	X	
9	Verificar el estado de Baterias	X	X	
10	Verificar alternador y arrancador.	X	X	
11	Revisar condición de baterias.Bornes	X	X	

NOTA:	Tecnicos	tiempo
PM50:	2 Tec. Mecanicos	5 Hrs
	1 Tec. Electricista	
PM50:	3 Tec. Mecanicos	8 Hrs
	1 Tec. Electricista	

Nombre: Planneamiento	Nombre: Supervisor	Nombre: Técnico Responsable

ANEXO 2: CARTILLAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (DIESEL)



Mantenimiento Preventivo Sit. Diesel 125, 250, 500 y 1000 Hrs

NÚMERO DE SERIE:	COD. INTERNO:	FECHA: / /
HORÓMETRO M:	HORÓMETRO C:	HORÓMETRO P:
		HORA INICIO:
		HORA FINAL:

Realizar el servicio diario
 Para realizar el trabajo de mantenimiento preventivo el jumbo se debe de lavar antes
 Proteger los componentes eléctricos durante el lavado.

MATERIALES/HERRAMIENTAS/EQUIPOS

Item	Componente / Instrumento	N/P	Cant.	Und.	125	250	500	1000	Obs.
1	FILTRO DE ACEITE MOTOR	4701244	1	UN	X				
2	FILTRO DE COMBUSTIBLE (2)	69038400	2	UN	X				
3	SEPARADOR DE AGUA DE COMBUSTIBLE	77027600	1	UN	X				
4	PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE	77012153	1	UN	X				
5	FILTRO DE ADMISIÓN I	77007055	1	UN	X				
6	FILTRO DE ADMISIÓN II	77007056	1	UN	X				
7	FILTRO DE TRANSMISIÓN HIDROSTATICO	77794282	1	UN		X			
8	FILTRO DE RETORNO TRANSMISIÓN HIDROST	BG00668292	1	UN		X			
9	PLATE GASKET	66794282	1	UN			X		
10	EMPAQUE DE TAPA BALANCINES	8H-7521	1	UN				X	
11	TRAPO INDUSTRIAL		1	KG	X	X	X	X	
12	NITROGENO		1	L.GI	X	X	X	X	
13	CAJA DE HERRAMIENTA DE MECANICO		1	KIT	X	X	X	X	
14	CAJA DE ORING PULGADAS Y MILIMETRICAS		1	UN	X	X	X	X	
15	CAJA DE HERRAMIENTAS DE ELECTRICISTA		1	UN	X	X	X	X	
16	MANGUERAS HIDRAULICAS (MUESTRA)		1	KIT	X	X	X	X	
17	MEDIDOR DE COCADAS DE NEUMATICOS		1	UN	X				
18	DESENGRASANTE		8	UN	X	X	X	X	
19	GRASA		2	KG	X	X	X	X	
20	LAINAS PARA CALIBRAR VALVULA		1	UN				X	

MOTOR DIESEL:

ITEM	PROCEDIMIENTO	Und.	125	250	500	1000	Obs.
1	Cambiar filtro de admisión primario (si es necesario).		X				
2	Cambiar filtro de admisión secundario (si es necesario).		X				
3	Chequear fugas de aceite y combustible en sistema de admisión		X				
4	Cambio de aceite de motor		X				
5	Cambio de filtros de aceite de motor		X				
6	Cambio de filtros de petróleo		X				
7	Revisar el filtro separador de agua		X				
8	extraer muestra de muestra de aceite de motor.		X				
9	Limpieza del panel de enfriador de motor de transmisión			X			
10	Revisión de polea del alternador		X	X			
11	Limpieza de filtro de admisión de aire		X	X			
12	Limpieza enfriador de aceite de motor		X	X			
13	Verificar estado de Shut off		X	X			
14	Verificar y limpiar catalizador.		X	X			
15	Revisar estado de fajas de ventilador.		X	X			
16	Verificar y ajustar abrazaderas de entrada de aire.		X	X			
17	Verificar y ajustar abrazaderas de escape		X	X			
18	Revisar estado de faja del alternador		X	X			
19	Revisar estado de gomas de la base del motor.		X	X			
20	Realiste de pernos de soporte de Motor.				X		
21	Chequear fugas de aceite y combustible en las bomba de Inyección.				X		
22	Verificar ajuste de los pernos del múltiple de admisión.					X	
23	Verificar ajuste de los pernos del múltiple de escape.					X	
24	Chequear fugas de aceite y combustible en las bomba de Inyección.					X	
25	Calibración de válvulas de admisión y escape.					X	
26	Calibración de altura de inyectores.					X	
27	Comprobación de funcionamiento de sensor de temperatura de motor.					X	
28	Verificar estado de paletas de turbo.					X	
29	Limpieza del tanque de combustible.					X	
30	Limpieza respiradero de motor.					X	

TRANSMISIÓN

ITEM	PROCEDIMIENTO	Und.	125	250	500	1000	Obs.
1	torquear pernos de soporte de motor y bomba hidrostáticos		X				
2	Verificar desgaste de pines y bocinas de articulación central		X				
3	Limpieza enfriador de aceite hidráulico		X	X			
4	Verificar nivel de aceite hidráulico (añadir si es necesario)		X	X			
5	Revisar la presión hidráulica de carga (15 Bar).		X	X			
6	Limpieza los conectores y cables eléctricos de bomba y motor hidrostático.		X	X			
7	Torquear tuercas de ruedas neumáticas		X				
8	Verificar y cambiar manguera de admisión				X		
9	Cambio de aceite de sistema hidrostático.				X		
10	Cambio de filtro de sistema hidrostático.				X		
11	Revisar condición de eje oscilante				X		
12	Revisar presión de sistema Hidrostático (300 Bar).					X	
13	Verificar el caudal de la bomba Hidrostático					X	
14	Verificar presiones de neumáticos y remanete		X		X		

SISTEMA HIDRÁULICO

ITEM	PROCEDIMIENTO	Und.	125	250	500	1000	Obs.
1	Verificar nivel de aceite hidráulico (añadir si es necesario)		X				
2	Revisar el frenos de servicio		X				
3	Revisar el frenos de parqueo		X				
4	Verificar fugas de aceite por componentes hidráulicos:		X				
5	Verificar las bombas Hidráulicas.		X				
6	Verificar los cilindros Hidráulicos.		X				
7	Limpieza enfriador de aceite hidráulico.		X				
8	Verificar mangueras de grasa en la articulación central.			X			
9	Revisar presión hidráulica de carga de acumuladores.				X		
10	Revisar torque de pernos de bombas hidráulicas.				X		
11	Verificar vástagos de cilindros hidráulicos				X		
12	Revisar mangueras de alta presión					X	
13	Cubrir mangueras de que estén sufriendo rozamiento					X	
14	Verificar presiones de sistema hidráulica					X	
15	Verificar velocidad de cilindro de dirección					X	

ESTRUCTURA

ITEM	PROCEDIMIENTO	Und.	125	250	500	1000	Obs.
1	Limpieza la grasa sobresaliente en los puntos de engrase.		X				
2	Limpieza total del Equipo		X				
3	Engrase total (crucetas, perforadora, art.central, boom, cardan, etc)		X				
4	Vericar presión hidráulica de estabilizadores y sus válvulas		X				
5	Verificar grietas en el chasis o por soldaduras			X			
6	Comprobar engrase de pines de articulación central.				X		
7	Comprobar engrase de pines de eje oscilante.				X		
8	Comprobar engrase de pines de brazo.				X		
9	Chequear ajuste de pernos de eje oscilante.				X		
10	Revisar condición de vigas				X		
11	Revisar pernos soporte del motor eléctrico					X	

SISTEMA ELECTRICICO

ITEM	PROCEDIMIENTO	Und.	125	250	500	1000	Obs.
1	Limpieza general de la cabina del operador.		X				
2	Limpieza de interna de panel de instrumentos.		X				
3	Verificar los circuitos eléctricos de tablero de control.		X				
4	Limpieza de conectores eléctricos de 220 voltios		X				
5	Verificar que los switch de presión este limpios		X				
6	Revisar panel, luces precaución y switches de seguridad		X				
7	Ajustar bornes de la batería		X				
8	Ajuste de bornes de baterías		X				
9	Revisar alternador y arrancador.		X				
10	Revisar condición de baterías. Bornes		X				
11	Revisar conexiones electricas			X			
12	Revisar el selector de marchas y velocidades			X			
13	Verificar estado de faros y porta-faros.				X		
14	Limpieza la alarma de retroceso.				X		
15	Evaluar funcionamiento de switch de presión de la transmisión.					X	
16	Evaluación y mantenimiento del arrancador.					X	
17	Evaluación y mantenimiento del alternador.					X	
18	Verificar el estado de los Harness de la transmisión.					X	
19	Verificar el estado de los harness del tablero de control.					X	
20	Evaluar el funcionamiento de switch de presión de frenos.					X	

NOTA:	Técnicos	tiempo
PM125	2 Tec. Mecánicos 1 Tec. Electricista	8 Hrs
PM1=250	3 Tec. Mecánicos 1 Tec. Electricista	10 Hrs
PM2=500	3 Tec. Mecánicos 1 Tec. Predictivo 1 Tec. Electricista	12 Hrs
PM3=1000	3 Tec. Mecánicos 1 Tec. Predictivo 1 Tec. Electricista	13 Hrs

Nombre:	Nombre:	Nombre:
Planneamiento	Supervisor	Técnico Responsable

ANEXO 3: CARTILLAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (COMPRESORA)



Mantenimiento Preventivo Sit. Compresor 125, 250, 500 y 1000 Hrs

NÚMERO DE SERIE:	COD. INTERNO:			FECHA: / /
HORÓMETRO M:	HORÓMETRO C:			HORÓMETRO P:
				HORA INICIO:
				HORA FINAL:

Realizar el servicio diario

Para realizar el trabajo de mantenimiento preventivo el jumbo se debe de lavar antes
Proteger los componentes eléctricos durante el lavado.

MATERIALES/HERRAMIENTAS/EQUIPOS

Item	Componente / Instrumento	N/P	Cant.	Und.	125	250	500	1000	Obs.
1	FILTRO SECADOR DE AIRE	55037833	1	UN	X				
2	FILTRO DE AIRE II	55071791	1	UN	X				
3	KIT (FILTRO DE ACEITE Y FILTROS DE AIRE)	BG00323348	1	UN	X				
4	FILTRO DE AIRE I	55071773	1	UN	X				
5	STRAINER SEPARADOR DE LODOS	BG00871972	1	UN		X			
6	FILTRO DE RETORNO	73833256	1	UN			X		
7	FILTRO DE ALTA PRESIÓN	81558479	1	UN			X		
8	FILTRO SEPARADOR DE ACEITE	BG00333740	1	UN			X		
9	FILTRO DEL SISTEMA DE PERCUSIÓN	55199068	1	UN			X		
10	SELLOS DE FILTRO DE RETORNO HIDRAULICO	77017602	1	UN				X	
11	KIT DE SELLOS FILTRO DE ALTA	86930549	1					X	
12	FILTRO RESPIRADOR	55199066	1					X	
13	TRAPO INDUSTRIAL		1	KG	X	X	X	X	
14	CAJA DE HERRAMIENTA DE MECANICO		1	KIT	X	X	X	X	
15	CAJA DE ORING PULGADAS Y MLIMETRICAS		1	UN	X	X	X	X	
16	CAJA DE HERRAMIENTAS DE ELECTRICISTA		1	UN	X	X	X	X	
17	MANGUERAS HIDRAULICAS (MUESTRA)		1	KIT	X	X	X	X	
18	MEDIDOR DE COCADAS DE NEUMATICOS		1	UN	X				
19	DESENGRASANTE		8	UN	X	X	X	X	
20	GRASA		2	KG	X	X	X	X	

CHASIS

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	125	250	500	1000	Obs.
1	Limpieza General del Equipo	X				
2	Engrase total (crucetas, perforadora, art.central, boom, cardan, etc)	X				
3	Revisar grietas en el chasis o por soldaduras	X				
4	Limpia la grasa sobresaliente en los puntos de engrase.	X				
5	Verificar estabilizadores y sus valvulas check	X				

SISTEMA HIDRAULICO

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	125	250	500	1000	Obs.
1	Verificar nivel de aceite hidraulico (añadir si es necesario)	X				
2	Verificar fugas de aceite en las mangueras, conectores y cañerías	X				
3	Evaluar cintos de mangueras hidraulicas	X				
4	Cambiar filtro de retorno hidraulico			X		
5	Cambiar filtro de alta presión hidraulico			X		
6	Cambiar oring de porta filtro de presión			X		
7	Cambiar respirador del tanque hidráulico			X		
8	Cambiar aceite hidraulico en su totalidad				X	
9	Limpia el tanque hidraulico.				X	
10	Evaluar el estado de sensor de temperatura				X	
11	Revisar el estado del sensor de nivel de aceite.				X	

SISTEMA ELECTRICO

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	125	250	500	1000	Obs.
1	Revisar la iluminacion de traslado, emergencia y perforacion	X				
2	Limpia el tablero principal electrico	X				
3	Revisar el funcionamiento de horometros (contadores)	X				
4	Revisar el motor electrico del Power Pack	X				
5	Evaluar la bateria y sus bornes	X				
6	Revisar el estado de los componentes electricos del tablero de media tension.	X				
7	Limpieza general de tablero electrico de media tension.			X		

COMPRESOR

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	125	250	500	1000	Obs.
1	Cambio de filtro separador de aceite	X				
2	Verificar el filtro de aire primario	X				
3	Verificar el filtro de aire secundario	X				
4	Drenar el agua acumulada en la linea de aire	X				
5	Limpia el enfriador de aceite de la compresora	X				
6	Revisar las presiones y temperatura de operación		X			
7	Cambiar de aceite de compresor		X			
8	Limpia el motor electrico del compresor		X			
9	Cambio de filtro separador de agua sist. de aire			X		
10	Cambio de filtro de aceite de compresor			X		
11	Revisar el estado de los termostatos de alarma y parada de emergencia			X		

SISTEMA DE BARRIDO Y REFRIGERACION POR AGUA

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	125	250	500	1000	Obs.
1	Limpia el strainer de saturacion de agua	X				
2	Revisar el switch de presion de agua.	X				
3	Rvisar estado de los sellos de agua	X				
4	Evaluar el estado del controlador de flujo de agua			X		
5	Limpia el motor electrico en bomba de agua.			X		

NOTA:	Tecnicos	tiempo
PM125	2 Tec. Mecanicos 1 Tec. Electricista	8 Hrs
PM1=250	3 Tec. Mecanicos 1 Tec. Electricista	10 Hrs
PM2=500	3 Tec. Mecanicos 1 Tec. Predictivo 1 Tec. Electricista	12 Hrs
PM3=1000	3 Tec. Mecanicos 1 Tec. Predictivo 1 Tec. Electricista	13 Hrs

Nombre: Planneamiento	Nombre: Supervisor	Nombre: Técnico Responsable

ANEXO 4: COTIZACIONES DE LOS CURSOS DE MANTENIMIENTO



ESCUELA AMERICANA DE
INNOVACION S.A.C.
CAL. CESAR LOPEZ ROJAS NRO.
457 INT. 3
tel.
cursos@eai.edu.pe

COTIZACION N°102

Razón Social: OSORIO LARA ELVIS ORLANDO

Dirección: -

RUC / DNI: 46664090

Email: -

Fecha Emisión: 23-07-2019 14:57

Condición Pago: Depósito a cuenta

Guía Remisión: -

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VIJ	PIJ	DTO.	IMPORTE
7750020000612	CURSO DE GESTION DEL MANTENIMIENTO Y 5 s	12		336.66	0.00	S/ 2840



ESCUELA AMERICANA DE
INNOVACION S.A.C.
CAL. CESAR LOPEZ ROJAS NRO.
457 INT. 3
tel.
cursos@eai.edu.pe

COTIZACION N°115

Razón Social: OSORIO LARA ELVIS ORLANDO

Dirección: -

RUC / DNI: 46664090

Email: -

Fecha Emisión: 18-05-2019 11:22

Condición Pago: Depósito a cuenta

Guía Remisión: -

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VIJ	PIJ	DTO.	IMPORTE
7750020000615	CURSO DE MEJORA DE PROCESOS	9		293.33	0.00	S/ 2640

ANEXO 5: COTIZACIÓN DE HERRAMIENTAS



Lima, 02 de Mayo de
2019

COTIZACIONN° 0015187

Señores,
COMPANÍA MINERA LINCUNA S.A.

Presente

Atención ELVIS OSORIO

Correo eosorio@lincuna.com.pe

Teléfono

Celular 940045074

ITEM	CANTIDAD	MATERIALES	N° DE PARTE	PRECIO U/T	COSTO TOTAL
1	120	Lijas	BRR5007594	S/.0.96	S/.115.20
2	3	Juego de llaves Stylson	BRR5007595	S/.100.00	S/.300.00
3	5	Llave francesa	BRR5007596	S/.50.00	S/.250.00
4	10	Llaves mixtas	BRR5007597	S/.30.00	S/.300.00
5	4	Llaves corona	BRR5007598	S/.50.00	S/.200.00
6	3	Juego de alicates	BRR5007599	S/.30.00	S/.90.00
7	5	Juego de desarmadores	BRR5007600	S/.40.00	S/.200.00
8	2	Comba	BRR5007601	S/.50.00	S/.100.00
9	3	Juego de Martillos	BRR5007602	S/.40.00	S/.120.00
10	3	Juego de cincel	BRR5007603	S/.30.00	S/.90.00
11	4	Llaves allen	BRR5007604	S/.30.00	S/.120.00
12	40	Grasa	BRR5007605	S/.2.00	S/.80.00
13	40	Gasolina	BRR5007606	S/.3.00	S/.120.00
14	40	Lubricante	BRR5007607	S/.0.80	S/.32.00
15	15	Cinta aislante	BRR5007608	S/.1.00	S/.15.00
16	15	Soldadura estaño	BRR5007609	S/.1.00	S/.15.00
17	10	Fajas	BRR5007610	S/.10.00	S/.100.00
18	30	Cables	BRR5007611	S/.1.00	S/.30.00
19	150	Filtros	BRR5007612	S/.2.00	S/.300.00
20	30	Wipe	BRR5007613	S/.0.50	S/.15.00
21	30	Trapo industrial	BRR5007614	S/.0.50	S/.15.00
22	3000	Desengrasante	BRR5007615	S/.0.19	S/.576.00
23	2000	Abrillantador	BRR5007616	S/.0.05	S/.96.00
24	2	Juego de llaves tipo dado	BRR5007617	S/.100.00	S/.200.00
25	4000	Catalizador	BRR5007618	S/.0.06	S/.256.00
26	20	Soldadura de acero	BRR5007619	S/.1.00	S/.20.00
27	20	Soldadura de polímero	BRR5007620	S/.1.00	S/.20.00
28	500	Masillas	BRR5007621	S/.0.10	S/.48.00
29	12	Silicona	BRR5007622	S/.1.00	S/.12.00
30	2	Soplete	BRR5007623	S/.100.00	S/.200.00
31	12	Mam elucos	BRR5007624	S/.50.00	S/.600.00
32	15	Engranajes	BRR5007625	S/.10.00	S/.150.00
33		Otros			S/.1,500.00
TOTAL					S/.4,785.20

ANEXO 6: GUIA DE ACEITE Y LUBRICATES

SISTEMA LUBRICADO	LUBRICANTE EN USO	CAPACIDAD	
		Cant.	Unid.
Motor / Deutz BF4L914	CHEVRON DELO 400 MGX 15W-40	4.0	GAL
Sistema hidráulico	CHEVRON RANDO HD 68	34.3	GAL
Transmisión / Dana T12000	CHEVRON DELO TORQFORCE SAE 30	7.1	GAL
Diferenciales / Dana 112	CHEVRON DELO GEAR EP5 85W-140	10.0	GAL
Mandos Finales	CHEVRON DELO GEAR EP5 85W-140		GAL
Sistema de Refrigeración	--	--	--
Pedal de aceleración	HIDROLINA	0.1	GAL
Compresor de tornillo / Atlas Copco LE7	ROTO INJECT FLUID INDURANCE	1.6	GAL
Perforadora (Sist. Lubricación) / Montabert HC-50E	Chevron ARIES 100	1.6	GAL
Engrase general	CHEVRON MOLY GREASE EP2	0.5	GAL
Perforadora (Rodamiento de la transmisión de la rotación) / Montabert HC-95	MOBILITH SHC 220	S/R	-

ANEXO 7: TABLA DE TORQUE DE PERNOS

Diámetro (mm)	Paso (mm)	Clase de Resistencia	Par (Nm)	Par (Lb-pie)
10	150	10.9	80	59
12	1.75	10.9	139	103
16	2.00	10.9	347	256
20	2.50	10.9	676	499
22	2.50	10.9	920	678
24	3.00	10.9	1172	864
27	3.00	10.9	1713	1264
30	3.50	10.9	2326	1715
36	4.00	10.9	4063	2997

ANEXO 8: FORMULARIO RUTINARIO



5S Formulario Rutinaria

Nom y Apl: _____ Cargo: _____
Fecha: _____ Turno: _____

Item	Descripción	SI	NO
1	¿Hay cosas inútiles que pueden molestar en el entorno de trabajo?		
2	¿Están todos los objetos de uso frecuente ordenado, en su ubicación y correctamente identificado en el entorno laboral?		
3	¿Está todo el mobiliario: mesas, sillas, armarios ubicados e identificados correctamente en el entorno de trabajo?		
4	¿Las cosas innecesarios estan identificados correctamente?		
5	¿Hay partes de las máquinas o equipos sucios? ¿Puedes encontrar manchas de aceite, polvo o residuos?		
6	¿Está la tubería tanto de aire como eléctrica sucia, deteriorada; en general en mal estado?		
7	¿Se limpian las máquinas con frecuencia y se mantienen libres de grasa, virutas...?		
8	¿Se realizan periódicamente tareas de limpieza conjuntamente con el mantenimiento de la planta?		
9	¿Las diferentes áreas de trabajo tienen la luz suficiente y ventilación para la actividad que se desarrolla?		
10	¿Existen procedimientos escritos estándar y se utilizan activamente?		
11	¿Se realiza el control diario de limpieza?		
12	¿Está todo el personal capacitado y motivado para llevar a cabo los procedimientos estándares definidos?		
13	¿Las herramientas y las piezas se almacenan correctamente?		
14	¿Existen procedimientos de mejora, son revisados con regularidad?		
15	¿Todas las actividades definidas en las 5S se llevan a cabo y se realizan los seguimientos definidos?		

Observaciones:

Firma

ANEXO 9: CKECK LIST DE CONTROL DIARIO

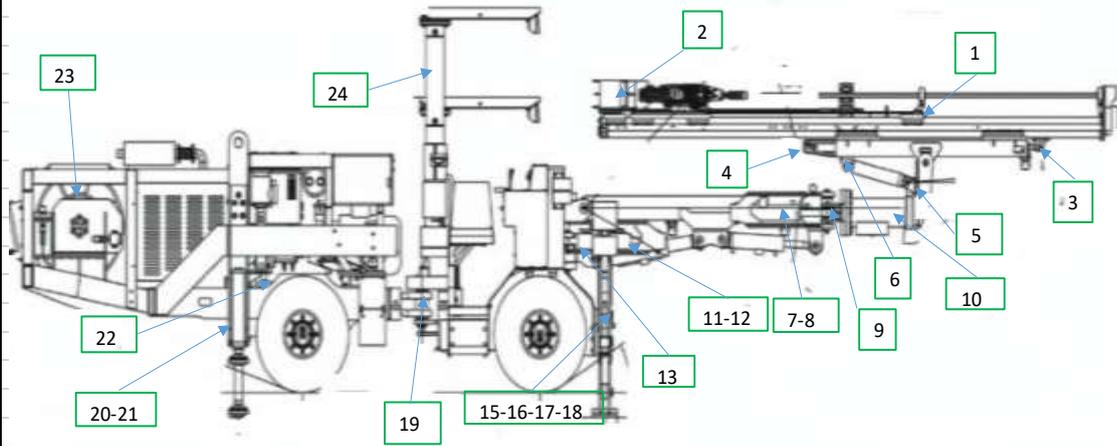
		CHECK LIST DE JUMBO			
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN					
ÁREA: MANTENIMIENTO					
EQUIPO:		FECHA:			
OPERADOR:		GUARDIA:		TURNO:	
Hor. Diesel Inicial:	Hor. Diesel Final:				
HR. Percusion Inicial:	HR. Percusion Final:	LUGAR DONDE ENCONTRÓ EL EQUIPO:			
HR. Electrico Inicial:	HR. Electrico Final:				
HR. Compresora Inicial:	HR. Compresora Final:				
SISTEMA DE ESTRUCTURA		BIEN	REGULAR	MAL	OBSERVACIONES
DAÑOS CHOQUES O RAYADURAS					
ASIENTO DEL OPERADOR					
CABINA DE OPERADOR					
TECHO DE CABINA DE OPERADOR					
ARTICULACION CENTRAL					
PINES DE ARTICULACION					
PINES DE DIRECCION					
BRAZO BOOM					
TAMBORA ELECTRICO					
TAPA DE COMBUSTIBLE					
PORTA FILTRO					
GUARDA					
LAVADO DE VIGA					
LAVADO DE EQUIPO					
SISTEMA DE TRANPORTE		BIEN	REGULAR	MAL	OBSERVACIONES
ACEITE MOTOR					
ACEITE DE TRANSMISION					
ACEITE HIDRAULICO					
COMBUSTIBLE					
FILTRO DE AIRE PRIMARIO					
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO					
FRENO DE SERVICIO					
FRENO DE PARQUEO					
FUGAS DE ACEITE DE MOTOR					
SOPORTE DE MOTOR					
VENTILADOR					
TUBO DE ESCAPE					
ESTADO DE LAS LLANTAS					
TUERCAS Y ESPARRAGOS					
SISTEMA HIDRAULICO - COMPRESOR		BIEN	REGULAR	MAL	OBSERVACIONES
CILINDRO DE LEVANTE					
CILINDRO DE DIRECCION					
PAQUETE DE MANGUERAS HIDRAULICAS					
BOMBA HIDRAULICA					
SISTEMA DE POSICIONAMIENTO					
FILTRO DE SATURACION DE ACEITE HIDRAULICO					
SISTEMA DE AVANCE ROTACION Y PERCUSION					
BUSTER DE AGUA					
ENGRASE DE POLEAS Y PINES					
NIVEL DE ACEITE DE COMPRESORA					
FILTRO DE AIRE DE COMPRESOR					
NIVEL DE ACEITE DE LUBRICACION					
REVISIÓN DE BRAZO Y PERFORADORAS		BIEN	REGULAR	MAL	OBSERVACIONES
PERFORADORA(S)					
VIGA DE AVANCE					
CABLE DE AVANCE Y RETORNO					
PERNOS DE BRAZO,VIGA COMPLETOS					
PINES Y BOCINAS ENGRASADOS					
UNIDAD DE GIRO					
CENTRALIZADORES FRONTAL					
INSPECCION DE CENTRALIZADOR DEL INTERMEDIO					
INSPECCION DE SOPORTE DE MANGUERAS					
ESTADO DE MESA DE PERFORADORA					
SISTEMA ELÉCTRICO		BIEN	REGULAR	MAL	OBSERVACIONES
BATERÍA					
FAROS Y LUCES DE OPERACION COMPLETOS Y OPERATIVOS					
CABLE DE ALIMENTACION Y CONECTORES					
TABLERO DE CONTROL					
ARRANCADOR					
ALTERNADOR					
FAJAS DEL ALTERNADOR					
FAJAS DE VENTILADOR DE MOTOR					
SISTEMA DE SEGURIDAD		BIEN	REGULAR	MAL	OBSERVACIONES
EXTINTOR					
CIRCULINA					
BOCINA					
ALARMA DE RETROCESO					
CINTURON DE SEGURIDAD					
CINTAS REFLECTIVAS					
TACOS					
CONOS DE SEGURIDAD					
BOTIQUIN					
LINEA A TIERRA					
TRABA DE DIRECCION					
LECTURA DE INSTRUMENTOS		BIEN	REGULAR	MAL	OBSERVACIONES
PRESION DE ACEITE DE MOTOR					
PRESION DE TRANSMISION					
TEMPERATURA DE MOTOR					
TEMPERATURA DE ACEITE HIDRAULICO					
VOLTIMETRO					
PRESION DE AIRE					
PRESION DE AGUA					
EQUIPO QUEDA OPERATIVO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	FALLA:			
LUGAR DONDE QUEDA:					
OBSERVACIONES:					
OPERADOR DE EQUIPO			SUPERVISOR		

ANEXO 10: CARTILLA DE ENGRASE DIARIO

CARTILLA DE ENGRASE//JUMBOS

Tecnico:

Modelo	Fecha	Hora .inicial	
Cod. Interno	Horometro	Hora .Final	
Guardia	Ubicación		



Puntos	Cantidad	Descripcion	SE engraso?	Observaciones
P-1	1	Polea de avance		
P-2	1	Tambora de avance		
P-3	1	Cil. Avance de viga lado vastago		
P-4	1	Cil. Avance de viga lado cilindro		
P-5	1	Cil. Oscilacion lado cilindro		
P-6	1	Cil. Oscilacion Lado vastago		
P-7	1	Cil. divergencia lado vastago		
P-8	1	Cil. divergencia lado cilindro		
P-9	2	Oscilante de cil.rotacion		
P-10	1	Cilindro de rotacion		
P-11	1	Cil. de levante de boom lado vastago		
P-12	1	Cil. de levante de boom lado cilindro		
P-13	2	Link laterales		
P-14	2	Link principal		
P-15	1	Cil. de gatas delanteras IZQ lado vastago		
P-16	1	Cil. de gatas delanteras IZQ lado cilindro		
P-17	1	Cil. de gatas delanteras DER lado vastago		
P-18	1	Cil. de gatas delanteras DER lado vastago		
P-19	1	Articulacion central		
P-20	1	Cilindro de gatas traseras IZQ		
P-21	1	Cilindro de gatas traseras DER		
P-22	1	Eje oscilante		
P-23	1	Cadena de tambora de cable		
P-24	1	Cilindro de techo		
P-25	1	Cilindro de direcccion lado vastago		
P-26	1	Cilindro de direcccion lado cilindro		

COMENTARIO:

Supervisor	Tecnico		

ANEXO 11: PERFORADORAS TIPO JUMBO TROIDON 55XP

