



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

**FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE PERFORADORA JUMBO
TAMROCK DT 820 CON EL FIN DE MEJORAR SU DISPONIBILIDAD EN
MINERA DESIERTO DE HIERRO UBICADA EN LA REGIÓN DE ATACAMA,
CIUDAD DE COPIAPÓ.**

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

Profesor guía: Sr. Osvaldo Duran Artigas

Sebastián Humberto Vega Salgado

Copiapó, Chile 2023

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mis padres y abuelos quienes fueron mi pilar fundamental en toda mi carrera y mi formación como persona y a la familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria en mi vida, a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación como persona y como profesional. A mi hijo el cual es mi motivo de seguir avanzando en este camino profesional de seguir perfeccionándome.

Atte.

Sebastián Humberto Vega Salgado.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida por dejarme lograr este gran avance, para poder seguir avanzando como profesional de esta área. Gracias a mis padres Alex Vega, Jessica Salgado quienes fueron mi pilar fundamental en este proceso y a mi abuela Idolia Álvarez quien fue muy importante en mi proceso de desarrollo como persona y futuro profesional. A mi profesor guía don Osvaldo Duran quien me ayudó desde el momento en que inicie mi carrera para poder entender y aplicar cada materia desarrollada quien fue mi guía en mi proyecto de tesis.

Por último, a Universidad de Atacama quien fue la desarrolladora de esta carrera la cual fue conformada por buenos profesores y buen material en clases.

Atte.

Sebastián Humberto Vega Salgado.

Índice General

CAPÍTULO I.....	1
MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1. Introducción.	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Formulación del Problema.	2
1.3.1. Problema General.....	2
1.3.2. Problemas Específicos.	2
1.4. Objetivos del Proyecto.	2
1.4.1. Objetivo General.	2
1.4.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4.3. Problema.	3
1.4.4. Limitaciones del Proyecto.....	3
CAPITULO II	4
DESCRIPCION DE LA EMPRESA	4
2.1. Descripción del proyecto.	4
2.1.1. Principales componentes del proyecto.....	4
2.1.2. Etapa de operación.	5
2.1.3. Planta de beneficio.	6
2.1.4. Centro de operación.	7
2.2. Jumbo Tamrock DT-820.....	11
CAPÍTULO III.....	12
MARCO TEÓRICO	12
3.1. Bases Teóricas.....	12
3.1.1. Disponibilidad.....	12
3.1.2. Mantenimiento General.....	12
3.1.3. Las 5S.....	14
3.1.4. Mantenimiento en TPM.	15
3.2. Tipos de Mantenimiento	20
3.2.1. Mantenimiento Predictivo.....	20
3.2.2. Mantenimiento Preventivo.....	20

3.2.1.1. Tipos de Mantenimiento Preventivo.....	22
3.2.3. Mantenimiento Correctivo.....	23
3.3. Frecuencia de Mantenimiento.....	23
3.4. Indicadores de Mantenimiento.....	23
3.4.1. Historial de Mantenimiento.....	23
3.4.2. Análisis de Criticidad.....	24
3.4.3. MTBF (Mean Time Between Failures).....	24
3.4.4. MTTR (Mean Time to Repair).....	24
3.4.5. Disponibilidad.....	25
CAPÍTULO IV	26
MARCO METODOLÓGICO.	26
4.1. Indicadores.....	26
4.2. Métodos.....	26
4.3. Flota de equipos Tamrock dt 820.....	26
4.3.1. Muestra.....	26
4.4. Técnicas para recolección de información.....	26
4.4.1. Observación directa.....	26
4.4.2. Entrevistas.....	27
4.4.3. Encuestas.....	27
4.4.4. Análisis de criticidad.....	27
4.4.5. La causa raíz.....	27
4.6. Organigrama de la empresa.....	29
4.6.1. Situación actual del taller de mantenimiento.....	29
4.6.2. Situación actual del mantenimiento a los equipos de perforación.....	30
4.7. Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	30
4.7.1. Evaluación contexto operacional de los equipos de perforación.....	30
4.7.2. Relación entre área mantenimiento y operaciones.....	32
4.7.3. Información de equipos de perforación analizados.....	33
4.7.4. Identificación de equipos de perforación críticos.....	35
4.7.5. Metodología utilizada para recolección de información.....	36
4.7.6. Evaluación de la disponibilidad de los equipos críticos de perforación.....	39

4.7.7. Indicadores actuales de mantenimiento de los equipos.....	41
4.7.8. Determinación del origen de fallas de los equipos críticos, decisión de usar metodología TPM en el área de mantenimiento.	42
CAPÍTULO V.....	47
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	47
5.1. Gestión de mantenimiento propuesta.	47
5.1.1. Organización Estructural.....	47
5.1.2. Metodología para la implementación del TPM en el área de mantenimiento.	49
5.2. Mejora continua.	57
5.3. Programa de mantenimiento autónomo.	58
5.4. Mantenimiento Planificado	61
5.4.1. Mantenimiento Preventivo.....	61
5.4.2. Mantenimiento Predictivo	63
5.4.3. Cobertura de avance del proyecto	64
5.4.4. Indicadores del TPM.....	66
5.4.5. Las ordenes de trabajo.....	66
5.5. Mantenimiento de calidad.....	71
5.6. Entrenamiento y Capacitación del Personal.....	71
5.7. Seguridad laboral y medio ambiente.....	72
5.8. Áreas administrativas.....	73
5.9. Organización del equipo de trabajo.....	74
CAPÍTULO VI	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXO A	79
Formato encuestas realizadas al Mantenimiento.....	79
ANEXO B.....	87
Encuestas de Evaluación del Mantenimiento.....	87

Índice de imágenes

Imagen 1 Jumbo Tamrock DT-820.	11
Imagen 2 Jumbo Tamrock DT- 820.	11

Índice de ecuaciones

Ec.1 Mean Time Between Failures.	24
Ec.2 Mean Time to Repair.	25
Ec.3 Disponibilidad.....	25

Índice de figuras

Figura N°1: Minera Bella Ester	7
Figura N°2: Emplazamiento del área de proyecto.	8
Figura N°3: Emplazamiento propiedades Mineras.	9
Figura N°4: Ubicaciones referenciales.	9
Figura N°5: Isométrico instalación vías de acceso a la mina.....	10
Figura N°6: Isométrico vías de evacuación.	10
Figura N°7: Disponibilidad.....	12
Figura N°8: Toma de muestra de aceite motor.	20
Figura N°9: Tipos de Mantenimiento	20
Figura N°10: Flujo de trabajo de Mantenimiento Preventivo.....	21
Figura N°11: Flujo de trabajo de mantenimiento Correctivo	23
Figura N°12: Diagrama de ISHIKAWA Baja Disponibilidad.....	28
Figura N°13: Organización Área Mantención.	29
Figura N°14: Organización.	47

Índice de gráficos

Gráfico N°1: Mantenimientos Perforadoras.	32
Gráfico N°2: Evaluación Organización Actual.....	39
Gráfico N°3: Pareto tipos de fallas Jumbo Tamrock.	40
Gráfico N°4: Análisis de Aceite.....	65
Gráfico N°5: Cambio de Filtros.	65
Gráfico N°6: Servicios Preventivos.	65

Índice de tablas

Tabla N°1: Equipos de Perforación.	30
Tabla N°2: Mantenimientos Predictivos.	31
Tabla N°3: Mantenimientos Inicial.....	31
Tabla N°4: Registro mensual de fallas de CA 30 - Criticidad.	34
Tabla N 5: Matriz de Criticidad.	36
Tabla N°6: Criterios de Evaluación.	37
Tabla N°7: Evaluaciones Inicio.	38
Tabla N°8: Fallas Según Sistemas.	40
Tabla N°9: Matriz de criticidad JUMBO TAMROCK DT820.....	41
Tabla N°10: Disponibilidad Equipos.	42
Tabla N°11: Tipos de planes de Mantenimiento.....	44
Tabla N°12: Detalles de Fallas de los Equipos.	45
Tabla N°13: Hoja de AMFE DT820.	46
Tabla N°14: Personal de Mantenimiento.	48
Tabla N°15: Cronograma de Entrenamiento TPM.	50
Tabla N°16: Organigrama estructural equipo TPM.....	51
Tabla N°17: Implementación seri (Clasificar)	53
Tabla N°18: Implementación seiton (Ordenar).....	54
Tabla N°19: Implementación seiso (Limpieza).	55
Tabla N°20: Implementación seiketsu (Estandarizar).	56
Tabla N°21: Avance de implementación de las 5S.....	57
Tabla N°22: Inspección pre marcha.....	59
Tabla N°23: Inspecciones chek list.	60
Tabla N°24: Tipo de mantenimiento según análisis de criticidad.	61
Tabla N°25: Inversión de fabricación de líneas hidráulicas.	62
Tabla N°26: Horas Análisis Aceite.....	64
Tabla N°27: Cobertura de análisis de Aceite.	64
Tabla N°28: Indicadores de gestión de mantenimiento con la implementación.....	66
Tabla N°29: Resultado final de datos de las encuestas realizadas a cada campo del mantenimiento.....	67

Tabla N°30: Diagrama de radar de auditoria al final.	68
Tabla N°31: Diagrama de proceso de OT.	69
Tabla N°32: Costo de mantenimiento preventivo Mensual.	70
Tabla N°33 Orden de trabajo correctiva.	70
Tabla N°34: Entrenamiento Personal.	72

RESUMEN

La disponibilidad de los equipos en toda actividad minera es crucial., depende en muchos casos de la efectividad en el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. El objetivo principal proponer mejoras para reducir las paradas imprevistas e incrementar la disponibilidad de los equipos al igual que reducir los tiempos de reparación de perforación de la empresa Minera Desierto De Hierro, que se localiza a 56 km en línea recta al Noreste de la ciudad de Copiapó, Comuna y Provincia de Copiapó, III Región de Atacama, además de desarrollar las bases para la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo. Lo anterior nace con la finalidad de prevenir y predecir fallas en los equipos críticos de perforación, para así mejorar la disponibilidad de estos y así no detener el proceso productivo. Para que un programa de mantenimiento predictivo tenga éxito se requiere compromiso absoluto de la alta gerencia, buenos informes e historia de los equipos, personal dedicado y calificado, con seguimiento, un buen sistema de apoyo con tecnología y OT (orden de Trabajo) completas incrementar el conocimiento y medirlo a todo el personal. Se realizó un diagnóstico de la situación actual del mantenimiento recopilando información de sus características, averías, indicadores de gestión de mantenimiento que permita controlar el nivel de cumplimiento de los programas, la muestra estuvo constituida por los equipos críticos de la empresa, que motivaron la justificación del presente trabajo de titulación, la recopilación de los datos que nos facilitaron dar con el marco teórico. Posterior mente se elaboró la metodología donde se diseñó, definió el tipo de proyecto se enfoca a la gestión de mantenimiento basado en la filosofía del TPM. Se realizó un estudio de la disponibilidad de los equipos que es baja, las fallas por rotura de flexibles y por mantenimientos mal desarrollados por falta de experiencia en realizar mantenimiento, a los equipos críticos, como son las perforadoras. Por último, se analizaron dichas causas que originan las fallas de los equipos y en base a estas se propusieron actividades que permitan la no ocurrencia de las fallas de los equipos. De los resultados obtenidos se observó la mejora a los problemas encontrados en la gestión de la empresa de cada uno de los problemas, se logra el aumento de disponibilidad esperada y mejoramiento de acortar plazo de reparación en fallas del sistema hidráulico.

Palabras claves: Disponibilidad mecánica, horas programadas, indicadores claves de rendimiento, utilización, MTBF, MTTR.

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) **TPM:** es un sistema de mejora continua, basado en un concepto de origen japonés, que se centra en el mantenimiento y funcionamiento de los equipos.
- h) **FMEA:** Es un método de análisis en identificar fallas y saber sus posibles causas.
- i) **Overhaul:** Es proceso de restauración de un equipo iniciando su vida útil en cero
- j) **MTBF:** Es tiempo medio de fallas del equipo en un periodo de tiempo.
- k) **MTTR:** Es el tiempo medio en que se demora la reparación de un equipo.
- l) **CMMS:** Gestión de mantenimiento computarizado donde se llevará un control de forma segura.
- m) **ISO9001:** Norma estandarizada basada a gestión de calidad.
- n) **IPERC:** Es una metodología de identificar peligro, evaluar sus riesgos y a la vez realizar controles antes que se produzca un accidente.
- o) **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.
- p) **Check List:** Es un formato de verificación que es más usado con el operador del equipo identificando daños, fugas y funcionamiento.
- q) **Backlog:** Es un término usado en la ingeniería de mantenimiento que se relaciona a las tareas pendientes que se debe reprogramar.
- r) **OT:** Término abreviado usado en la programación de trabajos (orden de trabajo).
- s) **PM:** Es una abreviatura usada refiriéndose a mantenimiento preventivo.
- t) **KPI:** Es significado de indicadores clave de rendimiento que sirve para medir la gestión.

CAPÍTULO I

MARCO INTRODUCTORIO

1.1. 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 y su capital humano; las inspecciones se realizan de forma irregular, y las reparaciones se producen solo después de que se descompone 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, 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 a los equipos planificar acciones antes de que se produzcan averías en los equipos. Un programa de mantenimiento preventivo eficiente gestiona el tiempo de inactividad para que no afecte a la producción.

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, se puede 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. Implementar el mantenimiento preventivo es mejorar la disponibilidad de la perforadora Jumbo Tamrock DT - 820, y otros indicadores como disponibilidad mecánica, dicha mejora permite además adaptar las tareas de inspección y mantenimiento periódico para prevenir las paradas imprevistas.

1.2. Planteamiento del Problema.

La compañía minera desierto de hierro dedicada a extraer mineral (minería subterránea) ubicada en la región de Atacama, ciudad de Copiapó. Cuenta con equipos Jumbo Tamrock DT – 820. No manejar con una buena gestión Planificación de mantenimiento se hace notar en la falta de repuestos de alta rotación, mantenimiento preventivo y correctivos. En respuesta al servicio técnico se tiene demasiadas horas de pérdida por mantenimiento correctivo, La información muestra indicadores de mantenimiento inexactos, 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.

1.3. Formulación del Problema.

1.3.1. Problema General.

Falta de planificación del mantenimiento de la flota de perforadoras.

1.3.2. Problemas Específicos.

- Como optimizar las habilidades, capacidades y desenvolvimiento del personal en el área de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de minera desierto de hierro con el objetivo de alcanzar estándares de mantenimiento.
- Realizar clasificación, selección, distribución y orden en el área de taller, almacén para mejorar el mantenimiento de los equipos

1.4. Objetivos del Proyecto.

1.4.1. Objetivo General.

- Propuesta de un plan de mantenimiento para la perforadora Jumbo Tamrock DT820 para mejorar su disponibilidad en la compañía Minera Desierto De Hierro.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Establecer planes de capacitación, entrenamiento al personal involucrado en el taller de mantenimiento, cumpliendo las normas y conservación del medio ambiente para disminuir los accidentes.
- Desarrollar criterios de evaluación de los equipos más críticos, para poder predecir o prevenir posibles fallas.
- Establecer la implementación y ejecución de las 5S para mejorar los tiempos operativos y gestión administrativa.

1.4.3. Problema.

El no contar con un plan de mantenimiento influye en todo el proceso de producción como monetario hacia la empresa por lo que Implementar un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de mejorar la disponibilidad de la perforadora Jumbo Tamrock DT - 820, debido a que el mantenimiento que actualmente se brinda al equipo es solamente correctivo que va en contra al mantenimiento especificado por fábrica y complicando su vida útil. Se realiza para mejorar la disponibilidad del equipo Jumbo Tamrock DT - 820 con un correcto plan de mantenimiento en base a metodología de fabricante.

Al mejorar la disponibilidad mecánica, la utilización del equipo Jumbo Tamrock DT - 820 será positivo para la operación, (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 Tamrock DT - 820 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.

1.4.4. Limitaciones del Proyecto.

Limitada por el poco tiempo y horario de estadía en la empresa porque se trabaja en un régimen de 7 días de trabajo por lo que no se cuenta con información de reparaciones de equipos en los demás turnos, el historial de las otras áreas como logística no se encuentra completa lo cual limita el proyecto al realizar recopilaciones de consumo de repuestos, insumos y otros, no se cuenta con historial de cambio de cada componente según el manual de mantención de la maquinaria. La rotación constante de personal encargado de los archivos del área de mantenimiento mina desconocen la ubicación de la información de años anteriores.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA EMPRESA

2.1. Descripción del proyecto.

El yacimiento minero Bella Ester, explota mineral de hierro por medio de minera subterránea aplicando el método sub-level Stoping-LBH. Cabe indicar que el yacimiento es conocido desde el año 1960, habiendo sido explotado en esa época y hasta 1976 por la Compañía Minera Santa Fe, empresa que embarcaba el mineral de hierro de alta ley (63% de Fe) en el puerto punta de totoralillo. En 1969 se construyó una pequeña planta de concentración magnética, que operó del mismo modo hasta 1976, luego en 2012 Minera Desierto De Hierro toma la operación hasta el día de hoy de este yacimiento para su explotación.

2.1.1. Principales componentes del proyecto.

- A. Área Mina: El sublevel stoping es un método en el cual se excava el mineral por tajadas verticales dejando el caserón vacío, por lo general de grandes dimensiones, particularmente en el sentido vertical. El mineral arrancado se recolecta en zanjas emplazadas en la base del caserón, desde donde se extrae según diferentes modalidades, el sistema se compone de:
- Galerías o subniveles de perforación.
 - Rampa de acceso a los subniveles de perforación.
 - Chimenea cara libre.
 - Fortificación.
- B. Campamento: El campamento contempla la instalación de pabellones de dormitorios, baños, casino y servicios (agua, luz, alcantarillado). La infraestructura se implementará en 8 unidades tipo container.
- C. Planta de Beneficio.
- Chancador primario
 - Chancador secundario
 - Chancador terciario
 - Etapa de Concentración Magnética
- D. Botadero de estériles: Tendrá una superficie de 14.5 Ha, una capacidad máxima de 5.662.865 m³, equivalentes a 10.193.157 ton, y una altura final de 69 m.

2.1.2. Etapa de operación.

Área Mina:

a) Excavaciones:

- Perforación y Tronadura: Para la perforación en las operaciones de rebaje de piso se consideran principalmente perforadoras manuales tipo Jack leg.
- Sostenimientos: Para el sostenimiento de las excavaciones abiertas, se contempla la utilización de pernos Split set 4 y 8 pies y pernos rosca de 22 mm de diámetro y 2.0, 2.5 o 3.0 m de largo cementados; malla de alambre tipo bizcocho 10006, selección que se realizará en terreno en función de las condiciones que presente la roca.

b) Desarrollo rampa y labores de preparación mina:

- Perforación de Avance.
La perforación de avance para los desarrollos de labores de secciones se efectuará en forma mecanizada, utilizando un Jumbo de perforación electrohidráulico de 2 brazos.
- Carguío de Explosivos.
El personal cuenta con la respectiva licencia de manipulador de explosivos, con instrucción específica en el transporte, uso y manejo de explosivos y con los equipos de protección personal y elementos de seguridad definidos para esta operación en el Reglamento de Seguridad Minera y en la reglamentación interna.
- Acuñaadura.
Antes de extraer la marina, se riega la misma y se acuña la frente, para lo cual se utiliza barretillas del largo adecuado y apoyados con la plataforma de levante mecanizada. Se realiza una revisión permanente de los sistemas de fortificación, Perno-Malla y otros, con la finalidad de detectar daños y de esta forma intervenir a tiempo y dar solución oportuna.
- Sistema de Ventilación.
El concepto de ventilación aplicado es ingresar aire fresco por medio de ducto de ventilación hacia la frente, es decir, un sistema de ventilación impelente, realizando la extracción de aire viciado través de un túnel.

- **Extracción de Marina.**

Se utiliza un sistema compuesto de un LHD de 7 yd³ para el carguío y para la extracción de marinas se usará camiones de 14 m³ de capacidad.

Las marinas se enviarán a destino en función de su contenido: si el material transportado es estéril, estos van al botadero dispuesto y habilitado por estos efectos, si el material es mineral, este será transportado a la planta concentradora.

- c) **Unidades de producción.**

Las unidades de producción son las cámaras de producción, también llamadas caserones cuyas medidas aproximadas son 50 a 70 m de longitud, 45 a 60 m de alto y una potencia variable de 12 a 30 m. Estas unidades estarán separadas entre sí a través de pilares de seguridad, cuya medida será determinada por los estudios geotécnicos (entre 8 y 10 m de largo por la potencia de ancho y a todo el alto de la cámara de producción).

2.1.3. Planta de beneficio.

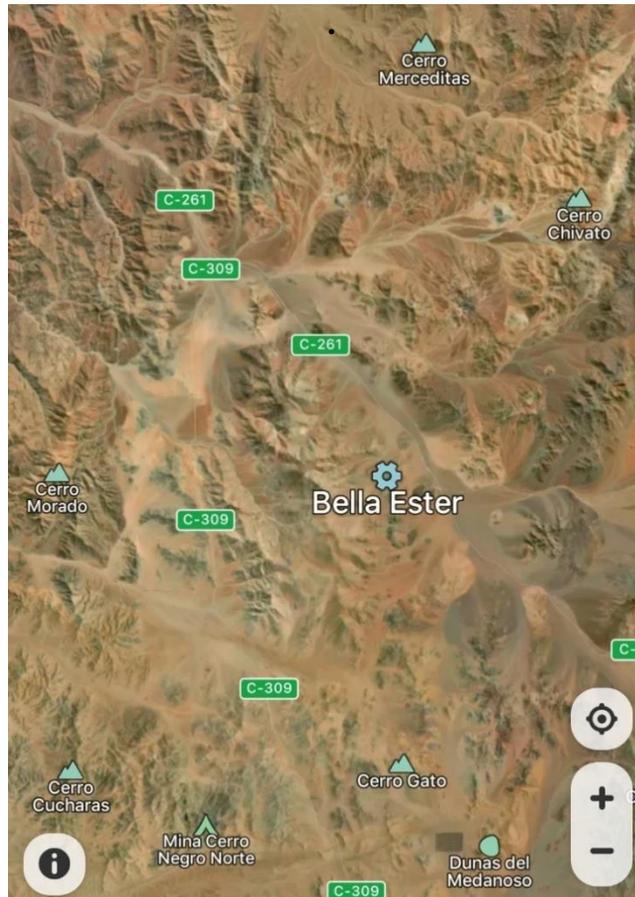
- a) **Chancador primario:** El mineral proveniente de los desmontes son vaciados en una tolva de 30 m³ de capacidad, para posteriormente pasar a un Grizzly de barras que lo clasifica en la siguiente distribución de tamaños: Material mayor a 6” pulgadas, pasa a chancado primario; material menor a 6” pasa a chancado secundario.
- b) **Chancador secundario:** El material triturado proveniente del chancado primario que tiene una granulometría inferior a 6”, son procesados en esta etapa por un chancador de cono en circuito cerrado, provisto de un harnero. Posteriormente este material pasa a la primera etapa de preconcentración.
- c) **Chancador terciario:** El material proveniente de la etapa anterior es llevado a chancadores verticales en circuito cerrado con dos harneros, posteriormente este material pasará a la Planta de Concentración Magnética.
- d) **Etapa de Concentración Magnética:** La planta considera un sistema de concentración de mineral de hierro mediante 6 tambores magnéticos. En esta fase se generarán tres tipos de materiales: concentrado de hierro, middling (concentrado de baja ley) y rechazo planta. El concentrado de hierro será acopiado

para ser posteriormente despachado a Puerto punta de totoralillo, el middling será reprocesado en parte de la planta magnética y el rechazo será llevado a botadero de estéril.

2.1.4. Centro de operación.

Se localiza a 56 km en línea recta al Noreste de la ciudad de Copiapó, Comuna y Provincia de Copiapó, III Región de Atacama, en las coordenadas 7.023.750 N y 379.750 E (Datum WGS 84), a una altura media de 900 m.s.n.m.

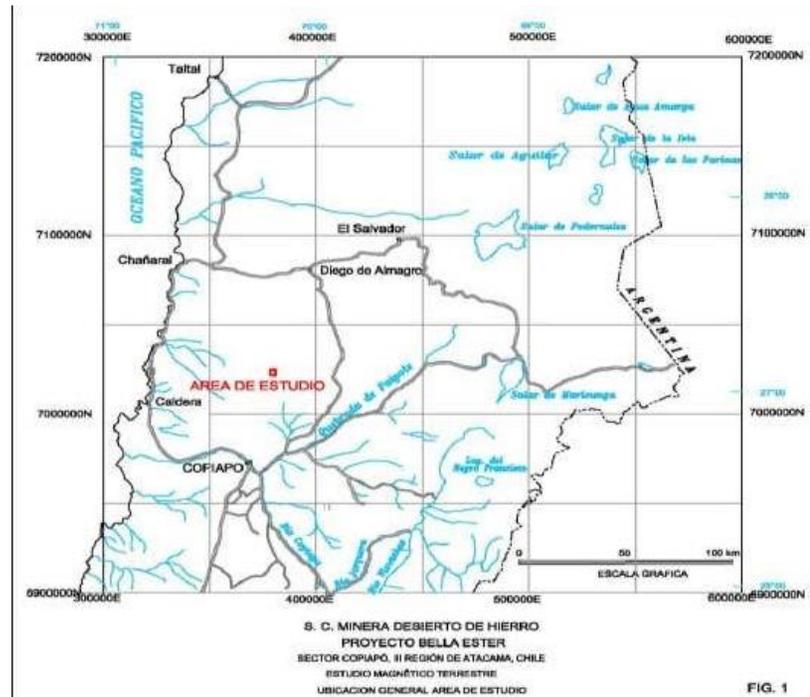
Figura N°1: Minera Bella Ester



Fuente: Mapcarta.com

La existencia de un yacimiento de hierro explotable con valor comercial, así como de una planta ya aprobada para el beneficio del mineral extraído, cuya producción cubrirá parte de la alta demanda de concentrado de hierro existente en el mercado internacional.

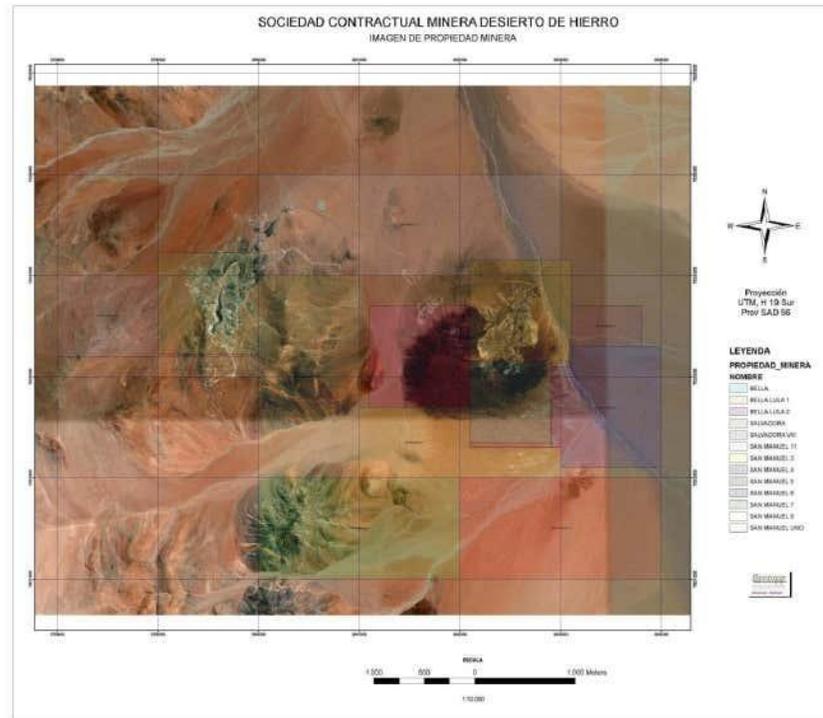
Figura N°2: Emplazamiento del área de proyecto.



Fuente: Sernageomin.cl

El yacimiento se ubica al sur del Distrito Minero Sierra Desierto, área donde se emplazan numerosos yacimientos de hierro, en general asociados a estructuras tabulares y cuerpos, amparado por las propiedades Salvadora 1 al 20, San Manuel 6, San Manuel 11, Salvadora VIII y San Manuel 11, todas inscritas en el Conservador de Minas de Copiapó pertenecientes a la Sociedad Contractual Minera Desierto de Hierro.

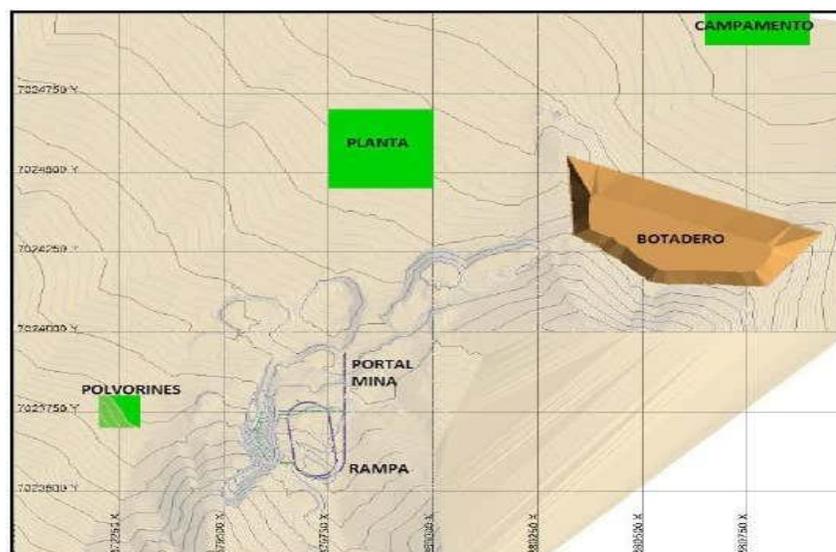
Figura N°3: Emplazamiento propiedades Mineras.



Fuente: Sernageomin.cl

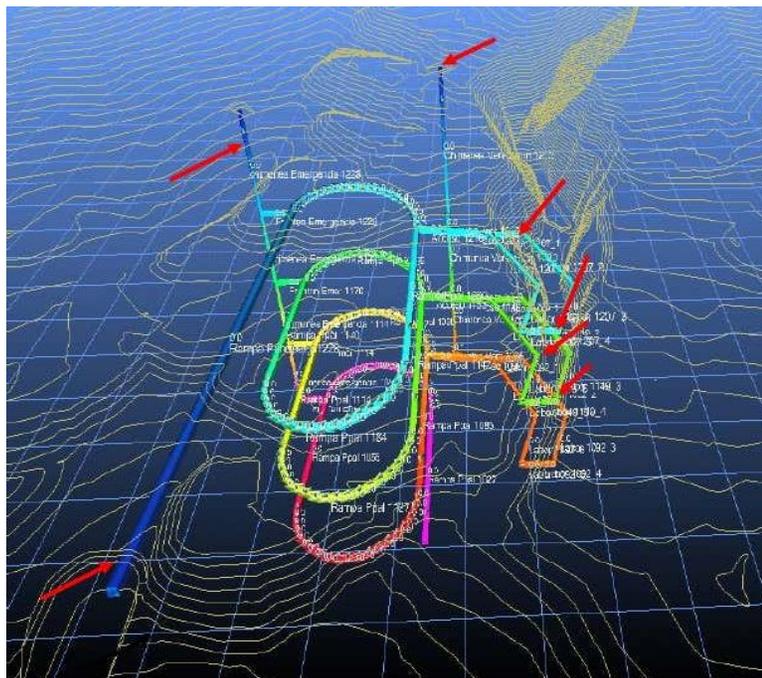
Al área del proyecto se accede desde la ruta C-17 desde Copiapó hacia Inca de Oro, tomando aproximadamente en el Km 65 la ruta C-261 y recorriendo 37km en dirección Noroeste.

Figura N°4: Ubicaciones referenciales.



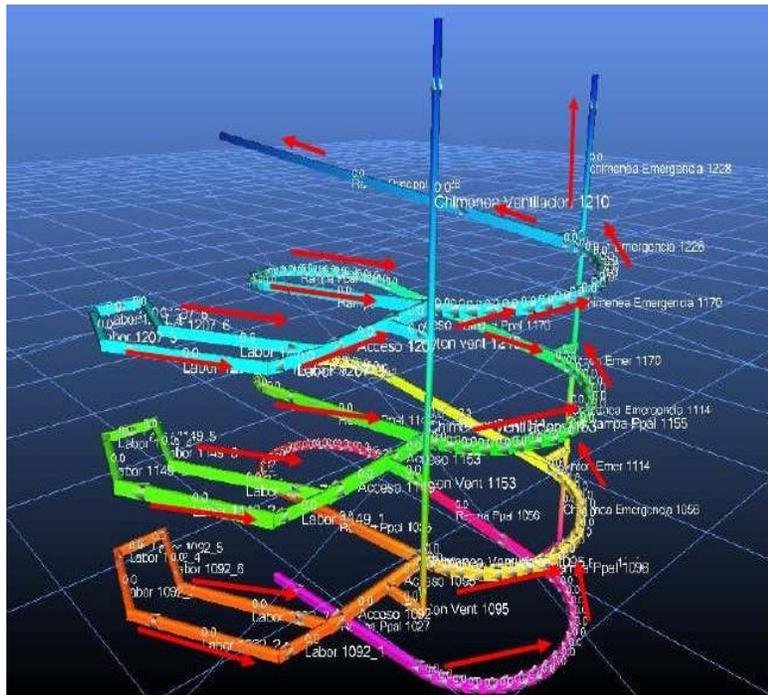
Fuente: Sernageomin.cl

Figura N°5: Isométrico instalación vías de acceso a la mina.



Fuente: Sernageomin.cl

Figura N°6: Isométrico vías de evacuación.



Fuente: Sernageomin.cl

Estas vías deben permitir el ingreso y salida del personal en cualquier época del año, lo cual muestra las zonas en donde trabajan estos equipos en condiciones extremas.

2.2. Jumbo Tamrock DT-820.

Imagen 1 Jumbo Tamrock DT-820.



Fuente: rocktechnology.sandvik.

Imagen 2 Jumbo Tamrock DT- 820.



Fuente: rocktechnology.sandvik.

El equipo de perforación DT820 es un jumbo electrohidráulico de 2 brazos, diseñado para rápidas y precisas excavaciones de túneles y cavernas de áreas de 12 a 110 m². El equipo de perforación DT820 está equipado con sistema de perforación hidráulica. El modelo Sandvik DT820 se puede usar para perforación frontal, cruzados y perforación de tiros para pernos.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

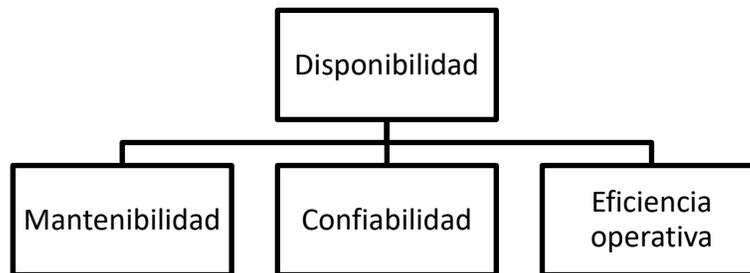
3.1. Bases Teóricas.

3.1.1. 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.

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

Figura N°7: Disponibilidad



Fuente: [1]

3.1.2. 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.

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 está 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. 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.

3.1.3. Las 5S

La metodología “cinco eses” fue desarrollada en Japón y cada una de las “S” hace referencia a una acción a realizar para implantar este método: Clasificación, Organización, Limpieza, Estandarizar y Seguir Mejorando.

1ª S - Clasificación (Seiri)

Consiste en identificar y clasificar los materiales indispensables para la ejecución del proceso. El resto, se considerará material innecesario y por lo tanto se eliminará o separará, a partir de ese momento, se realizará un inventario estándar de cada puesto de trabajo. De esta forma, el trabajador dispone de las herramientas que realmente necesita y ya no existirán otros elementos que puedan dificultar su trabajo.

2ª S - Organización (Seiton)

En segundo lugar, se procede a ordenar los materiales indispensables, facilitando las tareas de encontrar, usar y reponer estos útiles. Con ello se consigue eliminar tiempos no productivos asociados a la búsqueda de materiales y desplazamientos innecesarios. Se debe marcar la ubicación de cada material, componente o herramienta, para ello nos servimos de etiquetas, moldes, dibujos, señales, etc.

3ª S - Limpieza (Seiso).

Es indispensable localizar y eliminar la suciedad del puesto de trabajo, así como su correcto mantenimiento. Disponer de un estándar adecuado de limpieza y organización repercute directamente en la motivación del personal, además de reducir en gran medida los accidentes y lesiones.

4ª S - Estandarizar (Seiketsu).

El proceso de estandarizar trata de distinguir fácilmente una situación “normal” de una “anormal”, es decir, el personal debe ser capaz de discernir cuando las tres eses anteriores se están aplicando correctamente y cuando no.

Es imprescindible que todo el personal de planta disponga de la formación adecuada para identificar este tipo de situaciones. De esta forma, el personal se siente más valorado y aumenta su motivación. A su vez, los operarios son más polivalentes y son capaces de detectar pequeños fallos en su puesto, que a posteriori pudieran desencadenar problemas más graves.

5ª S - Seguir mejorando (Shitsuke).

Las 5S no tienen un fin definido. Es un ciclo que se repite continuamente y en el que se debe de disponer de una disciplina para mantener un puesto de trabajo ordenado y limpio y el éxito en la implantación de las 5S, genera un espacio de trabajo mucho más agradable, se reducen stocks, accidentes y se aumenta la productividad y satisfacción del personal de la empresa. Por ello la prioridad es mantener esta disciplina de una forma rigurosa y constante.

3.1.4. Mantenimiento en TPM.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de mejora continua, basado en un concepto de origen japonés, que se centra en el mantenimiento y funcionamiento de los equipos, se basa en la idea de que todos los empleados deben participar en el mantenimiento de su propio entorno de trabajo. Esto significa que los miembros de los equipos individuales de todos los niveles de gestión deben participar en las inspecciones periódicas, el mantenimiento preventivo y los sistemas de revisión de cualquier máquina o equipo utilizado en el trabajo.

también requiere la aplicación de nuevos métodos para detectar posibles problemas, como el mantenimiento predictivo, mediante el estudio de las tendencias operativas o el análisis de los datos de las máquinas para adoptar medidas preventivas. Además, la metodología TPM implica mejorar la formación de los operarios para que las máquinas funcionen con mayor eficacia y eficiencia. Por último, el TPM incluye la mejora de la comunicación entre departamentos para garantizar un flujo de información fluido entre todos los miembros del equipo. “el Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un enfoque holístico del mantenimiento de equipos, que aspira a lograr procesos de producción casi perfectos”.

Este pilar también es llamado kobetsu kaizen y desarrolla el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Gestión de la calidad total, llegando a la causa raíz de los problemas, con previa planificación de la meta y el tiempo de logro. El pilar del TPM de mejoras enfocadas, aporta metodologías para llegar a la raíz de los problemas, permitiendo identificar el factor a mejorar, definirlo como meta y estimar el tiempo para lograrlo, de igual manera, posibilita conservar y transferir el conocimiento adquirido durante la ejecución de acciones de mejora.

Estas actividades están dirigidas a mejorar gran variedad de elementos, como un proceso, un procedimiento, un equipo o componentes específicos de algún equipo detectando acertadamente la pérdida y ejecutando un plan de acción para su eliminación. El TPM se sustenta en ocho pilares.

1. Mejoras enfocadas o mejora orientada.

Este pilar también es llamado kobetsu kaizen y desarrolla el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Gestión de la calidad total, llegando a la causa raíz de los problemas, con previa planificación de la meta y el tiempo de logro. El pilar del TPM de mejoras enfocadas, aporta metodologías para llegar a la raíz de los problemas, permitiendo identificar el factor a mejorar, definirlo como meta y estimar el tiempo para lograrlo, de igual manera, posibilita conservar y transferir el conocimiento adquirido durante la ejecución de acciones de mejora. Estas actividades están dirigidas a mejorar gran variedad de elementos, como un proceso, un procedimiento, un equipo o componentes específicos de algún equipo; detectando acertadamente la pérdida y ejecutando un plan de acción para su eliminación.

2. El Mantenimiento Autónomo.

Está enfocado por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

El mantenimiento autónomo puede prevenir:

- ✓ Contaminación por agentes externos.
- ✓ Rupturas de ciertas piezas.
- ✓ Desplazamientos.
- ✓ Errores en la manipulación.

3. Mantenimiento planeado.

Su principal eje de acción es el entender la situación que se está presentando en el proceso o en la máquina, teniendo en cuenta un equilibrio costo-beneficio. Mantenimiento planeado, consiste en un conjunto sistemático de actividades programadas, con el propósito de acercar progresivamente la empresa a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones. Este conjunto de labores será ejecutado por personal especializado en mantenimiento.

Los principales objetivos del mantenimiento planeado son:

- ✓ Reducir el coste de mantenimiento.
- ✓ Reducción de la espera de los trabajos.
- ✓ Eliminar radicalmente los fallos.

4. Control inicial.

Responsable de la gestión de los proyectos, consta básicamente en volver eficiente la gestión de estos e implementar en la práctica, la gestión del conocimiento, es decir, lo aprendido en las máquinas y procesos nuevos, gracias al registro y consulta del historial de errores y aciertos. Desde este pilar se pretende reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento, así como incluir los equipos en proceso de adquisición para que su mantenimiento sea el mínimo, teniendo en cuenta el ciclo de vida del activo

Se pretende con este pilar, asegurar que los equipos de producción a emplear sean:

- ✓ Fiables
- ✓ Fáciles de mantener
- ✓ Fáciles de operar
- ✓ Seguros

Con cuatro etapas cíclicas de implantación, se busca lograr un arranque vertical (arranque rápido, libre de problemas, correcto desde el principio)

5. Mantenimiento de la calidad.

Es una estrategia de mantenimiento que tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del MC (Mantenimiento de calidad) buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos"

regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

El mantenimiento de calidad se basa en:

Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad. Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para "cero defectos" y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos. Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a las situaciones de anormalidad potencial.

Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

6. Entrenamiento.

Correcta instrucción de los empleados relacionada con los procesos en los que trabaja cada uno. El objetivo principal en este pilar es aumentar las capacidades y habilidades de todo el personal, dando instrucciones de las diferentes actividades de la empresa y como se hacen.

Algunas ventajas que se obtienen son:

- ✓ Formar personal competente en sus actividades y en la mejora continua de su área de responsabilidad.
- ✓ Estimular el autodesarrollo del personal.
- ✓ Desarrollar recursos humanos que puedan satisfacer las necesidades de trabajo futuras.
- ✓ Estimular la formación sistemática del personal.

7. TPM en oficinas.

Es llevar toda la política de mejoramiento y mejoras en la eficiencia a los procesos administrativos, entendidos como "fábricas de procesamiento de información" (papelerías, órdenes, etc.). Su objetivo es lograr que se corrijan los problemas que restan eficiencia a estos procesos, desde la gerencia y a todos los departamentos administrativos y actividades de soporte, ya que son estos procesos administrativos los que facilitan o entorpecen las actividades en la primera línea, además es importante que se entienda que

la metodología TPM no solo va dirigidas actividades en la planta de producción. Estas mejoras buscan un fortalecimiento de estas áreas, al lograr un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena de valor y las actividades de soporte. Para ello se fundamenta en cinco actividades nucleares,⁸ que a su vez están asociados a los pilares de la metodología:

- ✓ Mejora orientada
- ✓ Mantenimiento autónomo
- ✓ Entrenamiento
- ✓ Dotación flexible de personal
- ✓ Medición de rendimientos

Estas actividades nucleares son, a diferencia de los pasos de los restantes pilares, no necesariamente secuenciales en su desarrollo.

8. Seguridad y medio ambiente.

Trata las políticas medioambientales y de seguridad regidas por el gobierno, la seguridad y el medio ambiente se enfocan en buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo.

Los principales objetivos son:

- ✓ Cero accidentes.
- ✓ Cero contaminaciones.

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.

3.2. Tipos de Mantenimiento

3.2.1. Mantenimiento Predictivo.

Es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en los equipos y procesos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo

Método de mantenimiento proactivo basado en datos y diseño para analizar el estado de los equipos continuamente y predecir posibles averías.

Figura N°8: Toma de muestra de aceite motor.

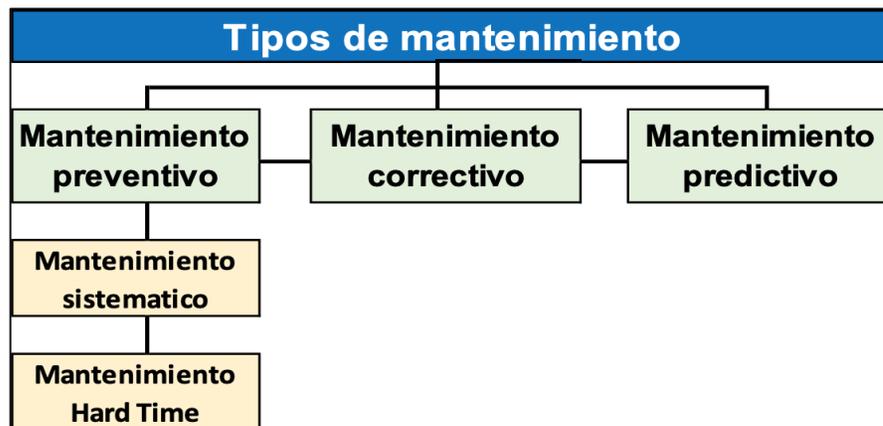


Fuente: finning.cl.

3.2.2. 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.

Figura N°9: Tipos de Mantenimiento



Fuente: [9].

Figura N°10: Flujo de trabajo de Mantenimiento Preventivo.



Fuente: [9].

Características del mantenimiento preventivo:

- 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 según horas de trabajo del equipo, 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 del equipo.
- 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:

- 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:

- 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.

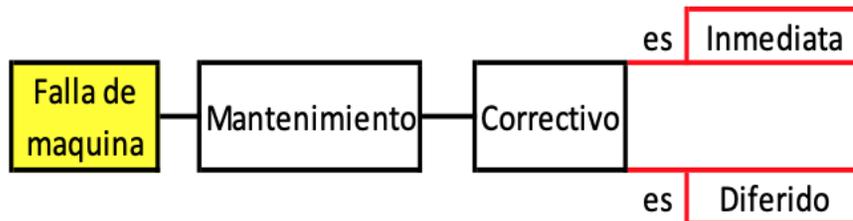
3.2.1.1. Tipos de Mantenimiento Preventivo.

- **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).

3.2.3. 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.

Figura N°11: Flujo de trabajo de mantenimiento Correctivo



Fuente: [9].

3.3. 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).

3.4. Indicadores de Mantenimiento.

3.4.1. 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.

3.4.2. 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.

3.4.3. 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.

$$\frac{\text{TIEMPO TOTAL DISPONIBLE}-\text{TIEMPO INACTIVO}}{\text{NUMERO DE PARADAS}} \quad \text{Ec.1.}$$

3.4.4. 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.

$$\frac{\text{TIEMPO TOTAL DE MANTENIMIENTO}}{\text{NUMERO DE REPARACIONES}} \quad \text{Ec.2.}$$

3.4.5. Disponibilidad.

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 es la siguiente:

$$\frac{MTBF}{MTBF*MTTR} \quad \text{Ec.3.}$$

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO.

4.1. Indicadores.

Tenemos como indicador: MTTR y MTTF, Disponibilidad. Ejecución de mantenimiento preventivo, entrenamiento y capacitación del personal de área de mantenimiento.

4.2. Métodos.

- Microsoft Word. (para procesar la información)
- Microsoft Exel. (para procesar la información)
- Microsoft Power Point. (para presentaciones)

4.2.1. Diseño de proyecto.

El presente proyecto corresponde al método pre – experimental, que busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice en el proyecto. Se dirigen los esfuerzos para generar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de perforación Jumbo Tamrock DT - 820.

4.3. Flota de equipos Tamrock dt 820.

Para el proyecto de título incluye a los equipos de perforación críticos de la Minera Desierto De Hierro.

4.3.1. Muestra.

En el presente proyecto se trabajó con el 100% de la flota de Tamrock dt 820 objeto del estudio esta información como número es clave. Está representada por los equipos críticos que son de Perforación Jumbo Tamrock DT - 820.

4.4. Técnicas para recolección de información

Se revisó y recolecto información relacionada con los equipos de perforación de la empresa entre las técnicas de recolección son:

4.4.1. Observación directa.

Población encuestada, es constituida por el personal de cada área de mantenimiento y operaciones.

- Jefe de Maquinaria.

- Supervisor de turno.
- Mecánico Nivel 1.
- Mecánico Nivel 2.
- Eléctrico Nivel 1.
- Eléctrico Nivel 2.
- Operadores Equipos.

4.4.2. Entrevistas.

Esta es la técnica aplicada al proyecto como forma de obtener información como testimonios, opiniones, experiencias y documentación acerca del estado del mantenimiento y condiciones de los equipos de perforación. Se solicitó autorización de administrador de contrato para entrevistar a personal del proyecto en curso para así poder conocer la problemática.

4.4.3. Encuestas.

Se utilizó esta técnica para recopilar información escrita del área de mantenimiento, complementando a las entrevistas realizadas por ello se elaboró documentos como cuestionarios con el fin de que el personal pudiera expresarse y dar a conocer sus ideas, opiniones de forma precisa para poder contribuir con el objetivo propuesto en el capítulo N°1.

4.4.4. Análisis de criticidad.

Esta Técnica permitió analizar e identificar el nivel de criticidad y la importancia de los equipos de perforación, tomando en cuenta los factores como cantidad de fallas, tiempo promedio de fallas, disponibilidad de repuestos, efectividad, backlog, seguridad de personal, equipos y ambiente.

4.4.5. La causa raíz.

Implica encontrar las causas fundamentales del problema para identificar e implementar soluciones

4.5. Evaluación mantenimiento de equipos Jumbo.

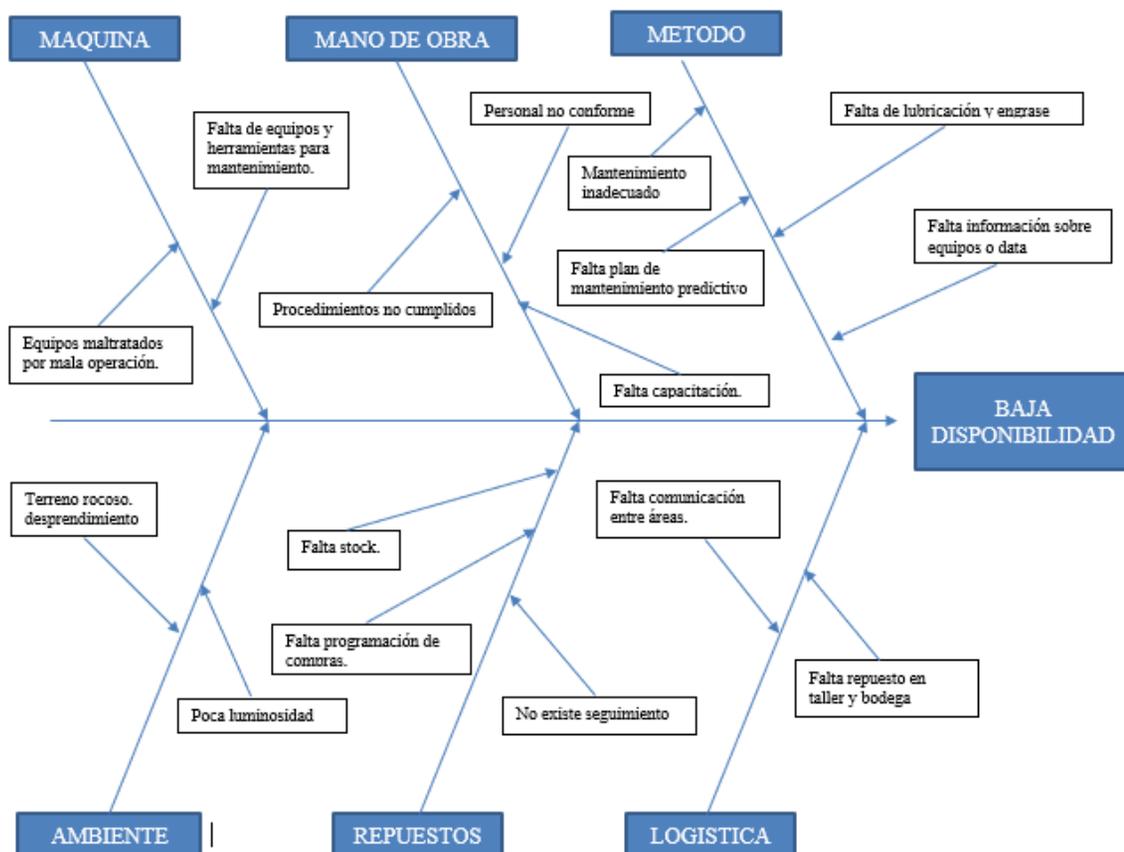
El proyecto se basa de la flota de perforadoras Jumbo Tamrock DT - 820, está conformado por 10 unidades las cuales son primordiales ya que es el principal equipo para realizar explotación de la mina y trabajan en situaciones severas. Los cuales trabajan en

diferentes frentes de acuerdo al requerimiento de la operación en el avance de la explotación de la mina.

Los costos que se generan en el periodo del proyecto por la detención de equipos por cada hora que estuvieron fuera de servicio, incrementa los costos de mantenimiento, las fallas que se presentan son: Mecánicas, Hidráulicas, Eléctricas, Estructurales y Neumáticos.

Para poder lograr entender mejor en cuales son los fallos que generan la baja disponibilidad se estableció un diagrama Ishikawa, en el cual se observa las causas de esta baja disponibilidad de los equipos, se observan como problemas principales la falta de stock de repuestos e insumos en bodegas y como también la mano de obra y la escasa capacitación del personal para estos equipos.

Figura N°12: Diagrama de ISHIKAWA Baja Disponibilidad.



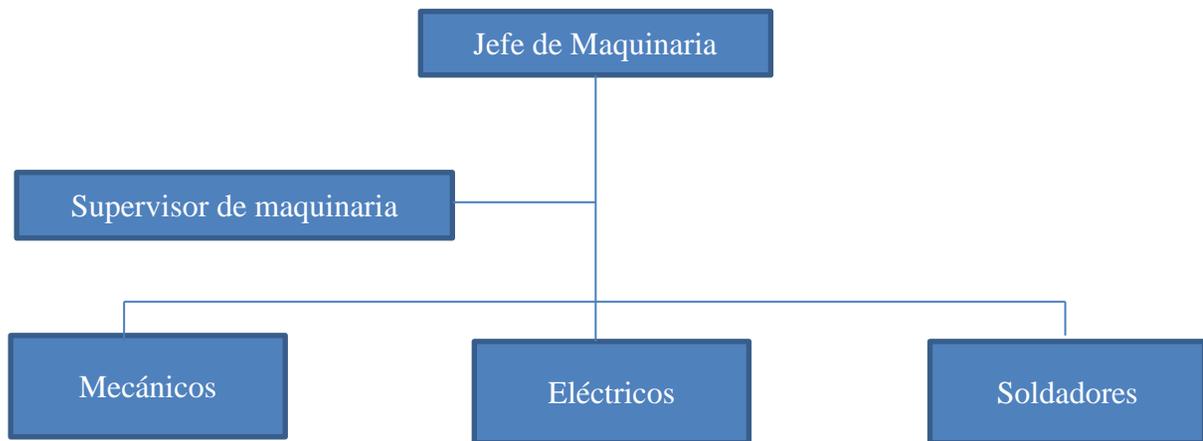
Fuente: creación propia.

En este diagrama conocido como espina de pescado es una herramienta visual el cual nos deja observar la causa raíz de la baja disponibilidad de equipos de perforación.

4.6. Organigrama de la empresa.

El organigrama del área de mantenimiento se puede apreciar en la siguiente figura N°13, la cual nos muestra el Antes de la Organización y como está compuesta.

Figura N°13: Organización Área Mantención.



Fuente: elaboración propia.

4.6.1. Situación actual del taller de mantenimiento.

En el taller se carece de señalización de las áreas y puestos de trabajo por lo que los trabajos se combinan y esto puede ocasionar un accidente al no estar atento a los trabajos al realizar.

La bodega de faena no existe orden, por lo que los repuestos, elementos y componentes no se encuentran clasificados y no existe conocimientos si son o no los repuestos para estos equipos, los apilamientos son incorrectos por lo que dificulta aún más encontrar lo que se busca para una mantención y esto genera tiempos muertos y daño en los repuestos e insumos necesarios para el mantenimiento.

No cuenta con zona de lavado de equipos y esto dificulta realizar un correcto mantenimiento y no cuentan con chek list, para determinar si el equipo tiene fugas de aceite, combustible, líquido refrigerante, y al entorpecer trabajos de mantenimiento como tomas de presión chequeos de niveles y todos los parámetros básicos.

El área de soldadura se encuentra junto al área de mantenimiento donde utilizamos líquidos y gases inflamables siendo esto una condición insegura.

Mecánicos y eléctricos no cuentan con todas las herramientas necesarias para el mantenimiento y poca organización para encontrar herramientas del taller.

4.6.2. Situación actual del mantenimiento a los equipos de perforación.

El estudio está conformado por 10 equipos de perforación. El mantenimiento preventivo y predictivo es ineficiente por lo que tenemos más mantenimientos correctivos con altas pérdidas de producción.

Planificación con poca experiencia esto provoca mal planificación de mantenimientos solicitud de repuestos erróneas sin stock en bodega como componentes e insumos básicos mantener información sobre equipos en sistema para conocimiento de supervisores y de mantenedores. Bodegas sin orden de ingreso o decodificados los repuestos e insumos.

4.7. Procesamiento estadístico y análisis de datos.

4.7.1. Evaluación contexto operacional de los equipos de perforación.

Se describe la situación actual en que se encuentran los equipos y lo que ocurre en el área de mantenimiento para realizar el análisis del proyecto se observan todos los equipos y se realizan entrevistas a personal de mantenimiento y de operaciones.

Los equipos trabajan en turnos de 12 horas día 12 horas noche por lo que estos equipos trabajan durante todo el día en situaciones de altas temperaturas humedad en terrenos rocosos de difícil accesibilidad con desprendimientos de materiales rocosos por asentamientos del cerro.

Tabla N°1: Equipos de Perforación.

Ítems	Numero interno	Descripción del equipo	Marca	Modelo
1	CA20	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
2	CA25	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
3	CA26	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
4	CA30	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
5	CA38	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
6	CA40	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
7	CA45	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
8	CA50	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
9	CA55	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820
10	CA60	Jumbo perforador	Sandvik-Tamrock	DT820

Fuente: Elaboración propia.

a) Situación del mantenimiento correctivo.

La falta de una gestión de mantenimiento se refleja en el aumento de este tipo de mantenimiento la inapropiada programación de mantenimiento, falta de inspecciones y carencia de revisiones preventivas. Las actividades que se realizan en las reparaciones imprevistas en el momento que ocurre la falla en terreno.

b) Situación del mantenimiento preventivo.

La falta de planificación y la secuencia respectiva para la ejecución, carencia de programas de mantenimiento necesario, carencia de formatos.

c) Situación mantenimiento predictivo.

La carencia en la aplicación del estudio de análisis de aceite de motor, transmisión, hidráulico, diferenciales, chequeos de neumáticos con herramientas adecuadas. No se usa ningún tipo de análisis o técnica para prevenir las detenciones. Se aplican estas técnicas:

Tabla N°2: Mantenimientos Predictivos.

ítems	Descripción	Técnica predictiva
1	Sistema de combustible.	Análisis de filtros
2	Sistema de motor.	Análisis de aceite
3	Sistema de refrigeración.	Análisis de fluido
4	Sistema de transmisión.	Análisis de aceite
5	Sistema hidráulico.	Análisis de aceite y filtros, chequeo de líneas con rose.
6	Sistema eléctrico.	Limpieza de áreas y conectores eléctricos.
7	Neumáticos.	Chequeo de desgaste y presiones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°3: Mantenimientos Inicial

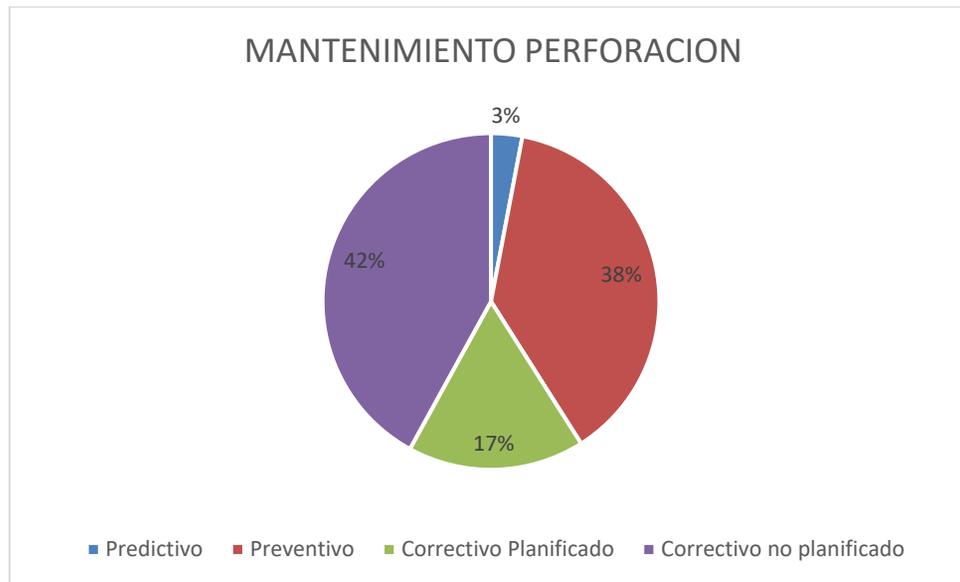
Mantenimiento	%
Predictivo	3 %
Preventivo	38 %
Correctivo Planificado	17 %
Correctivo No Planificado	42 %
TOTAL	100%

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Estos porcentajes obtenidos por la empresa Desierto De Hierro en donde nos comprueban que tenemos un alto mantenimiento correctivo no planificado.

Se observa en el siguiente Grafico N°1 el tipo de mantenimiento aplicado en los equipos en los cuales el correctivo es uno de los porcentajes más altos, con más pérdidas de producción

Gráfico N°1: Mantenimientos Perforadoras.



Fuente: Elaboración propia.

4.7.2. Relación entre área mantenimiento y operaciones.

La relación que existe entre ellos, se basa en la disponibilidad de equipos en el proceso de perforación para no detener la producción. En el área de mantenimiento está supeditado a un cronograma de producción de los equipos, operaciones asigna los equipos con días de anticipación para que mantenimiento coordine los mantenimientos respectivos y provea los equipos necesarios para tener la capacidad de producción programada por operaciones.

Los problemas generados por estas áreas son:

- Falta de coordinación entre ellas para realizar mantenimientos preventivos y correctivos en el equipo.
- Falta de información de los equipos, chequeo de operadores e informe respectivo de incidentes.
- Falta de programación para intervenir un equipo.

La coordinación es entre jefe de maquinaria y jefe de operación por lo que estos están encargados de comunicar verbalmente o por correo a cada supervisor de área, para analizar la situación y tomar las decisiones respectivas.

4.7.3. Información de equipos de perforación analizados.

Identificados los equipos de la flota de perforación en investigaciones realizadas recopilación de las fallas de cada equipo para un periodo de un año.

(enero-diciembre.2019), de manera de completar la información y situación actual en que se encuentran estos equipos. Se realizó a través de hojas de cálculo de mantenimiento, los informes del área de mantenimiento son incompleta debido a falta de control y carencia de formatos.

Se consideraron paradas no programadas relacionados con los equipos en el proyecto, se realizó un informe de fallas con la finalidad de identificar cuáles son los equipos que presentan mayor cantidad de averías y que tan seguido ocurren.

En la siguiente tabla N°4 se muestra el historial de fallas de los equipos en un periodo de un mes como muestra en cada uno de los equipos en el año 2019. Donde podemos revisar unidad, fecha inicio y fecha termino, hora y descripción del evento y al sistema que pertenece tal evento si es motor, transmisión, hidráulico, periféricos, llantas, averías que han sido críticas para el equipo y vital para la producción generando pérdidas.

Tabla N°4: Registro mensual de fallas de CA 30 - Criticidad.

Equipo	Fecha de Parada	Hora de Parada	Fecha de arranque	Hora de arranque	Descripción de la falla	Sistema	Criticidad	Tipo de mantenimiento
CA30	03/03/2019	09:00	03/03/2019	22:00	Rotura de flexible	Hidráulico	2	correctivo
CA30	06/03/2019	10:00	07/03/2019	09:00	Rotura de flexible	Hidráulico	1	correctivo
CA30	10/03/2019	12:00	10/03/2019	16:00	Fuga de aceite	Hidráulico	2	correctivo
CA30	15/03/2019	09:00	15/03/2019	13:00	Mantenimiento programado 250 HRS	Mecánico	3	preventivo
CA30	16/03/2019	12:00	16/03/2019	16:00	Sin aire acondicionado	Eléctrico	3	Correctivo
CA30	18/03/2019	10:00	19/03/2019	22:00	Rotura de cilindro levante	Hidráulico	1	correctivo
CA30	22/03/2019	15:00	22/03/2019	18:00	Rotura de flexible	Hidráulico	1	correctivo
CA30	24/03/2019	14:00	24/03/2019	16:00	Neumático pinchado	Mecánico	1	correctivo
CA30	25/03/2019	20:00	26/03/2019	12:00	Fuga de aceite	Hidráulico	1	correctivo
CA30	28/03/2019	17:00	28/03/2019	00:00	Rotura de flexible	Hidráulico	2	correctivo
CA30	29/03/2019	09:00	29/03/2019	14:00	Perdida de movimiento	Eléctrico	2	correctivo
CA30	30/03/2019	22:00	30/03/2019	00:00	Falta de aceite de motor	Mecánico	3	correctivo
CA30	31/03/2019	04:00	31/03/2019	09:00	Falla alternador	Eléctrico	1	correctivo

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

CRITICIDAD	
1	Urgente
2	Crítico
3	Normal

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

En la tabla N°4, se muestra los historiales de las fallas que presentan un mes como muestra, donde se especifica la unidad, fecha de inicio y término, hora de inicio y hora de término, descripción de la falla y al sistema que pertenece sea hidráulico, mecánico, eléctrico, llantas, averías que han sido criticas para el equipo y vital para la producción generando perdidas. Se miden según su criticidad y tiempo de reparación toda esta información obtenida por parte de Minera Desierto de Hierro.

4.7.4. Identificación de equipos de perforación críticos

Se realiza la identificación de perforadoras críticas en la faena minera, a los cuales se debe llevar la mejora de la gestión de mantenimiento, para aplicar nuevas estrategias para generar un mayor impacto, lograr un mejor desempeño y funcionamiento de estos, por lo que se realizó un análisis de criticidad.

Realizamos la identificación de equipos críticos con la metodología de criticidades basada en el riesgo. Lo cual nos permite jerarquizar sistemas y optimizar recursos existentes. La matriz de criticidad que comprende una serie de factores ponderados desarrollados para establecer cuáles son los críticos, consiste en llenar para cada uno una matriz organizada de factores y criterios ponderados en las áreas de mantenimiento y operaciones.

Los factores evaluados en esta etapa son los que define la situación de los equipos analizados en el periodo de proyecto (2019), los parámetros en evaluación son:

Área de mantenimiento:

- Frecuencia de fallas (FF)

Área de operaciones:

- Flexibilidad operacional (FO)
- Impacto operacional (IO)
- Impacto en seguridad, ambiente e higiene.

Tabla N 5: Matriz de Criticidad.

1.0	Frecuencia de fallas	Puntaje
1.1	POBRE: si tiene más de 5 fallas en 1000 horas	4
1.2	PROMEDIO: si tiene más de 3 a 4 fallas en 1000 horas	3
1.3	BUENA: si tiene hasta 2 fallas en 2000 horas	2
1.4	EXCELENTE: si tiene 0 a 1 falla en 1000 horas	1
2.0	Impacto operacional	Puntaje
2.1	La falla obliga a detener el equipo	1
2.2	La falla afecta más de un sistema	0.75
2.3	La falla genera sobre tiempo	0.50
2.4	La falla requiere un mantenimiento programado	0.25
2.5	La falla se puede programar para otro día	0.12
3.0	Flexibilidad operacional	Puntaje
3.1	La operación se detiene	5
3.2	Existe forma de aguantar y continua con retraso	3
3.3	La operación puede continuar sin problemas	1
4.0	Costo mantenimiento	Puntaje
4.1	Hasta un máximo de \$ 4.000.000	4
4.2	Hasta un máximo de \$ 2.500.000	3
4.3	Hasta un máximo de \$ 1.200.000	1
5.0	Impacto de seguridad, ambiente e higiene	Puntaje
5.1	Afecta la seguridad humana externa e interna, requiere alertar.	8
5.2	Afecta ambiente e instalaciones	7
5.3	Afecta instalaciones daños severos	5
5.4	Provoca daños menores	3
5.5	No provoca ningún tipo de daños a personas o ambiente	1

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Color	Criticidad del equipo	Marque la opción
Rojo	Critico (Ponderación Total \geq 70%)	
Amarillo	Semi Critico ($50\% \leq$ ponderación Total $< 70\%$)	
Verde	No Critico ($33\% \leq$ ponderación Total $< 50\%$)	

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

4.7.5. Metodología utilizada para recolección de información

Para hacer un diagnóstico de área de mantenimiento y operaciones se realizó una auditoria, en la cual participaron de la encuesta personal de mantenimiento y operaciones para saber en el estado que se encuentran.

La encuesta consta de 80 preguntas el cual es necesario aplicar esta técnica de recolección de datos referentes a los siguientes criterios que consta de 8 áreas, las cuales sirvieron para calificar estos son:

1. Operación del mantenimiento.
2. Planeamiento del mantenimiento.
3. Ejecución del mantenimiento.
4. Habilidades del personal de mantenimiento.
5. Abastecimiento del mantenimiento.
6. Herramientas y medios de prueba.
7. Control técnico de equipos.
8. Seguridad.

Los valores de la evaluación de mantenimiento de los criterios propuestos que se obtuvo, facilito el análisis, lo que permitió construir grafica de radar para visualizar el mantenimiento de la empresa. Toma de decisiones y mejoras en la gestión del mantenimiento. Gráfico N°2.Pag.39. La puntuación tiene como valor mínimo 0.0 y el máximo es 10. Para la evaluación del mantenimiento de cada criterio. Como se menciona en la tabla N°6.

Tabla N°6: Criterios de Evaluación.

Evaluaciones								
Evaluados	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Jefe de Maquinaria	4.8	4.2	4.8	4.8	4.2	4.6	4.4	6.0
Planificador	4.0	4.4	4.2	4.8	3.6	4.2	4.6	5.6
Supervisor	5.2	4.4	4.4	4.4	3.4	4.2	4.4	5.4
Bodeguero	3.8	4.8	4.4	4.8	4.0	4.0	4.0	5.6
Mecánico I	4.6	3.8	4.6	4.0	4.0	3.8	4.2	5.2
Mecánico II	4.3	3.0	4.6	4.4	4.1	4.2	4.0	5.6
Eléctrico I	4.8	4.6	4.8	5.2	4.2	3.4	3.8	5.2
Eléctrico II	4.5	4.2	4.9	5.5	4.1	3.9	3.6	5.0
Soldador	3.6	5.0	4.8	4.2	4.0	4.4	4.8	5.2
Operador	3.8	4.6	4.6	5.6	3.8	4.4	4.4	5.0
Operador	3.8	5.2	3.8	4.4	3.6	3.8	4.2	5.2
Promedio	4.3	4.4	4.5	4.7	3.9	4.0	4.2	4.4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°7: Evaluaciones Inicio.

Criterios de la Evaluación					Puntos	Porcentaje
SI	Excelente	Alto	Siempre	Cumple Totalmente	10	100 %
	Muy Bueno		A menudo	Cumple a menudo	8	80 %
	Bueno	Medio	Parcialmente	Cumple regularmente	6	60%
	Regular		Regularmente	Cumple a veces	4	40 %
	Malo	Bajo	Raramente	Cumple poco	2	20 %
NO	Muy Malo		Nunca	Incumple totalmente	0	0 %

Fuente: Elaboración propia

Los criterios de cada campo se promediaron determinando valores mínimos y máximos, los promedios de cada evaluación fueron procesadas llegando a un promedio general.

Los resultados del promedio general de la encuesta son de 4.3 ubica al mantenimiento en la zona calificada como regular, asimismo, debemos tener tendencia a mejorar como mínimo subir a la zona de bueno.

Las encuestas realizadas a cada campo del mantenimiento, siendo el abastecimiento el caso más crítico con un 39 % de calificación. La categoría seguridad se llega hasta un 44 % y es una situación la cual debe mejorarse. Tabla N°6. Pag.37

Gráfico N°2: Evaluación Organización Actual.



Fuente: Elaboración Propia

4.7.6. Evaluación de la disponibilidad de los equipos críticos de perforación

Podemos observar que hay equipos con alto índice de averías, debido a un mantenimiento inapropiado que se viene practicando en esta faena, por falta de una gestión de mantenimiento esto se refleja en los rendimientos y en la baja productividad.

La baja disponibilidad de los equipos en el periodo del proyecto tiene un promedio de 86% teniendo como resultado una baja confiabilidad y una disminución de la producción, se procede a realizar un análisis por el tipo de fallas obtenida en el proceso las culés fueron clasificadas por el tipo de falla sea mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural, neumáticos, con el objetivo de determinar cuál, de estos tipos, es la que más se repite con mayor frecuencia y ocasiona demoras y pérdidas.

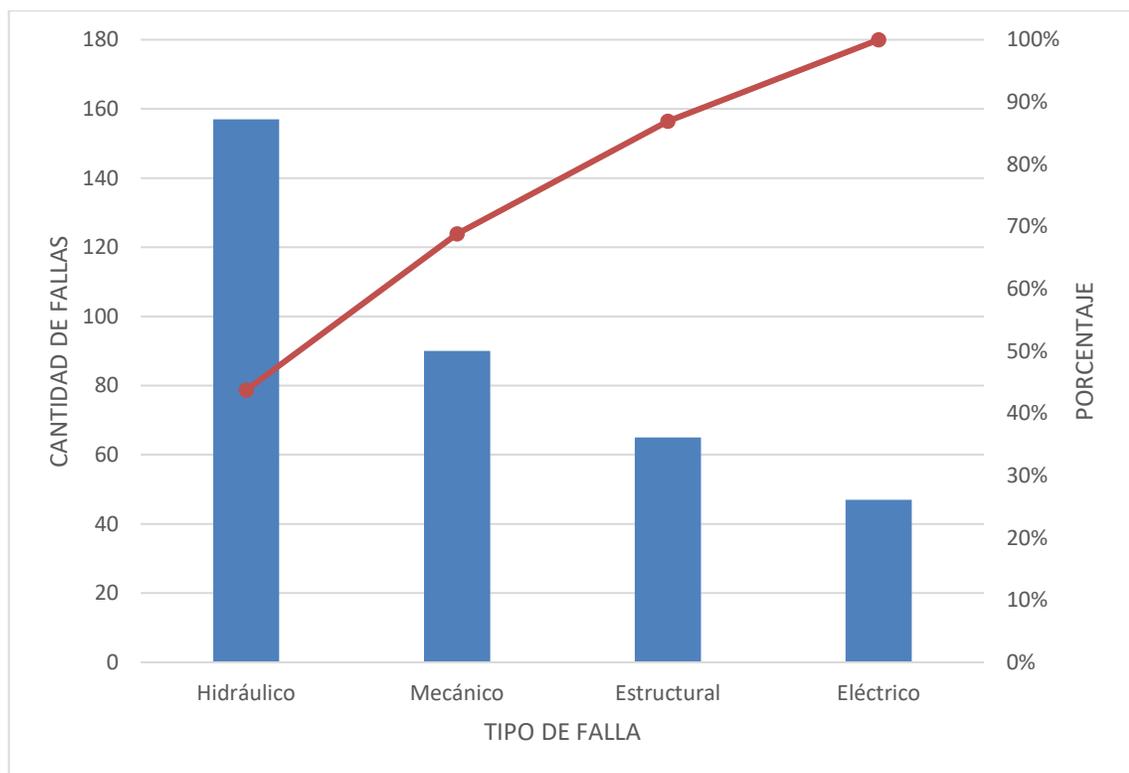
La gráfica N°3, se observa que el 43.7 % de las fallas que presentan los equipos son de grupo hidráulico, a seguidas por mecánico con 21.7% esto quiere decir que la parte hidráulica de los equipos es la que está afectando la confiabilidad y la disponibilidad.

Tabla N°8: Fallas Según Sistemas.

Descripción	Cantidad de fallas
Hidráulico	157
Mecánico	90
Estructural	67
Eléctrico	47
Total	359

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Gráfico N°3: Pareto tipos de fallas Jumbo Tamrock.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°9: Matriz de criticidad JUMBO TAMROCK DT820.

1.0	Frecuencia de fallas	puntaje	Criterio seleccionado	puntos
1.1	POBRE: si tiene más de 5 fallas en 1000 horas	4	1.1	4
1.2	PROMEDIO: si tiene más de 3 a 4 fallas en 1000 horas	3		
1.3	BUENA: si tiene hasta 2 fallas en 2000 horas	2		
1.4	EXCELENTE: si tiene 0 a 1 falla en 1000 horas	1		
2.0	Impacto operacional	puntaje		
2.1	La falla obliga a detener el equipo	1	2.1	1
2.2	La falla afecta más de un sistema	0.75		
2.3	La falla genera sobre tiempo	0.50		
2.4	La falla requiere un mantenimiento programado	0.25		
2.5	La falla se puede programar para otro día	0.12		
3.0	Flexibilidad operacional			
3.1	La operación se detiene	5	3.2	3
3.2	Existe forma de aguantar y continua con retraso	3		
3.3	La operación puede continuar sin problemas	1		
4.0	Costo mantenimiento	puntaje		
4.1	Hasta un máximo de \$ 4.000.000	4	4.3	1
4.2	Hasta un máximo de \$ 2.500.000	3		
4.3	Hasta un máximo de \$ 1.200.000	1		
5.0	Impacto de seguridad, ambiente e higiene	puntaje		
5.1	Afecta la seguridad humana externa e interna, requiere alertar.	8	5.5	1
5.2	Afecta ambiente e instalaciones	7		
5.3	Afecta instalaciones daños severos	5		
5.4	Provoca daños menores	3		
5.5	No provoca ningún tipo de daños a personas o ambiente	1		

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Color	Criticidad del equipo	Marque la opción
Rojo	Critico (Ponderación Total ≥ 7.25)	X
Amarillo	Semi Critico ($2.5 \leq$ ponderación Total < 7.25)	
Verde	No Critico ($0.5 \leq$ ponderación Total < 2.5)	

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

4.7.7. Indicadores actuales de mantenimiento de los equipos.

En la metodología de evaluación del mantenimiento del presente proyecto fue realizado al control de la disponibilidad de los equipos con los indicadores de gestión de mantenimiento como el tiempo promedio entre falla MTTF y tiempo promedio reparar MTTR de los equipos más críticos.

Tabla N°10: Disponibilidad Equipos.

Ítems	Equipo	Horas trabajadas	N°. de fallas	Hora Mantto. Programado	Horas Mantto no programado	MTBF tiempo medio entre parada	MTTR tiempo promedio de reparación	Disponibilidad mecánica
1	CA20	3329,4	292	126	445	11,4	2,0	85%
2	CA25	3322,8	393	122	456	8,5	1,5	85%
3	CA26	3269,8	214	107	435	15,3	2,5	86%
4	CA30	3344,8	359	118	464	9,3	1,6	85%
5	CA38	3491,6	193	120	350	18,1	2,4	88%
6	CA40	3437,3	249	125	367	13,8	2,0	87%
7	CA45	3420	270	133	400	12,7	2,0	87%
8	CA50	3385,8	177	129	340	19,1	2,6	88%
9	CA55	3397	138	145	428	24,6	4,2	86%
10	CA60	3305,6	192	138	450	17,2	3,1	85%

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

De esta tabla contiene las horas que toma cada equipo para la reparación como muestra donde observamos que el MTTR mínimo es 1,5 y el máximo 4,2 Horas.

Asimismo, podemos observar que el equipo CA30 tiene hasta 464 horas de reparación, el total de disponibilidad de los 10 equipos en este momento es de 86%.

4.7.8. Determinación del origen de fallas de los equipos críticos, decisión de usar metodología TPM en el área de mantenimiento.

Proceso basado en cuadro comparativo de las características básicas de cada filosofía: mantenimiento productivo total TPM, Mantenimiento Clase Mundial (MCM) y mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, a través de un análisis de las metodologías de acuerdo a las necesidades y objetivos de la empresa se selecciona la filosofía que mejor se ajusta a la situación actual de la faena.

El mantenimiento productivo total promueve el trabajo en equipo para poder cumplir con los objetivos de la mejora continua dando resultado un mejor ambiente de trabajo, encaminado a mejorar aspectos de mantenibilidad eficiencia, seguridad para el trabajador

y desarrollando responsabilidad con el cuidado del medio ambiente, permitiendo definir las causas de los problemas presentado por los equipos críticos para ello se utilizó el mantenimiento planificado, para que especifique las actividades que se desarrollan, tiempo aproximado de duración de las mismas, número de personas para cada actividad y costos asociados, respuestas, materiales necesarios e instrucción como hacerlo. Las constantes amenazas de las paradas de los equipos que generan tiempos perdidos por causa de las paradas inesperadas, la cual se adopta la metodología de trabajo cero averías la cual consiste en aplicar a cada uno de los equipos críticos un sistema de mantenimiento preventivo planificado el cual se basa en establecer las condiciones a la que está sometido dicho equipo (CBM= Mantenimiento basado en condición) o las experiencias pasadas vividas por los operadores o técnicos (TBM = Mantenimiento basado en el tiempo)

Cuando se produce averías se almacena en una base de datos en la hoja de cálculo, para garantizar una trazabilidad de ocurrencias; es importante tener claro que el área de mantenimiento obtiene la causa raíz de problema se realizan mejoras si el caso lo permite; a diferencia del mantenimiento autónomo a que participa en el proyecto de las averías y al realizarlas mejoras se actualizan en conjunto a mantenimiento planeado los estándares de inspección, limpieza o lubricación.

Tabla N°11: Tipos de planes de Mantenimiento.

Ítems	TPM	MCM	RCM	Conclusión
Aspectos Técnicos	Desempeño del equipo	Mejora de actividades y procesos	Mejora el rendimiento operacional de los activos.	TPM: es más apropiado cuando existe una gran pérdida por problemas de los equipos. MCM: es más apropiado cuando existe deficiencia en la calidad del producto sobre todo la percibida por el cliente RCM: es más apropiado cuando el mantenimiento que se ha aplicado no es confiable.
Aspectos Económicos	Reducción de Costos	Reducción de Costos	Optimización de los costos de mantenimiento	TPM: es recomendable cuando existe una fuente acometividad pues una reducción de los costos en 10 % equivale aproximadamente al doble en aumento de ingresos. MCM: es más apropiado cuando desea ampliar la cuota de mercado de la empresa. RCM: es más apropiado cuando se desea a largo plazo el aumento de la relación costo/Beneficio
Resolución del problema	Deductiva	Inductiva	Deductiva	TPM: busca solucionar un determinado problema a través de un estudio físico mecánico que está ampliamente explicado en el estudio realizado. MCM: busca solucionar un problema y después aplicarlo aprendido para todos los problemas similares. RCM: busca solucionar un problema a través de la evaluación de consecuencias y así determinar las estrategias más adecuadas al contacto de la operación.
Tipo de Gestión	Departamental	Interdepartamental	Departamental	TPM: involucra directamente los departamentos de producción, mantenimiento ingeniería. MCM: involucra todos los departamentos de la empresa. RCM: involucra al departamento de mantenimiento y de producción.
Herramientas preferentemente utilizadas	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de inventarios • Producción sincronizada • Control visual • 5S 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación y programación proactiva • Análisis de causa raíz • Herramientas de confiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis causa- raíz • Análisis de confiabilidad y riesgo • Análisis de modos y efectos de fallos (AMEF) 	Herramientas como un sistema de recomendaciones y participación son utilizadas por ambos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°12: Detalles de Fallas de los Equipos.

1.0	FALLAS		Cantidad
1.1	Suciedad	Manchas, polvo, basura, aceite, barro, oxido	10
1.2	Vibración	Corrosión, desgaste. Rose, deformación.	8
1.3	Anomalidad	Ruido anormal, calentamiento, vibración, olor extraño presión corriente eléctrica	12
1.4	Adherencia	Obstrucción, fijación, acumulación, despegado, problemas	14
1.5	Daño	Ralladura, aplastamiento, deformación	25
2.0	Condiciones Básicas		Cantidad
2.1	Lubricación	Falta de aceite, aceite sucio, no se conoce el aceite, aceite inapropiado	10
2.2	Suministro de lubricante	Daños por deformación de boquillas de llenado	12
2.3	Medidor de nivel	Suciedad, daños, no poseer indicador, no se aprecia marca de mínimos máximos	6
2.4	Ajuste y aprietes tapa de sitio de suministro	Mala colocación de tapa excesivo apriete o torque, corrosión, falta arandela, desgaste excesivo	8
3.0	Lugar Difícil de Acceder		Cantidad
1.5	Limpieza	Estructuras de máquinas, protecciones, posiciones, espacios	12
1.5	Inspección	Estructuras, posicionamiento, ubicación de aparatos de medida, falta de indicaciones adecuadas	10
1.5	Lubricación	Posición de la boca de lubricación, altura orificio de salida de aceite descartado espacio	6
1.5	Apriete de tuercas y otros	Protecciones, tamaño, apoyo, espacio	8
1.5	Operación	Posición de la máquina, controles, válvulas, interruptores	12
1.5	Regulación	Mal ubicado el manómetro, medidor sin escalas y tolerancia permitidas no se marcan condiciones críticas y de seguridad em los instrumentos	6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra las fallas ocurridas en los equipos de perforación según motivo de ocurrencia indica motivo y cantidad de ocurrencia.

Tabla N°13: Hoja de AMFE DT820.

Nombre del Equipo: Jumbo Tamrock CA50				
Sistema: MOTOR				
PIEZA	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA
Cigüeñal	Transmitir potencia al eje	Perdida de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Desbalanceo • Detonaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta vibración. No mantiene una buena condición de operación. • Deformación del eje debido a las detonaciones, pérdida de potencia.
Biela	Transmitir potencia al cigüeñal	Perdida de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Fricción • Detonación 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre calentamiento. • Altas vibraciones • Deformaciones
Pistón	Transmitir la potencia al eje	Perdida de compresión	<ul style="list-style-type: none"> • Motor no comprime 	<ul style="list-style-type: none"> • Falla al arrancar • Para de motor • Motor no arranca
Culata	Recubre el volumen donde se produce la combustión	Perdida de volumen de compresión	<ul style="list-style-type: none"> • Baja compresión 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecalentamiento • Parada de motor • Perdida de potencia • Parada de motor

Fuente: Elaboración Propia

Para tomar una acción preventiva no hay que esperar la ocurrencia de una avería, entonces para mantener los equipos en condiciones estándares se realizará un sistema de reporte diario, que consiste en el que el operador mediante el uso de sus tres sentidos (vista, oído, olfato) informe mediante este mecanismo cualquier tipo de anomalía, tales como fugas, ruidos, olores fuera de lo normal.

Cada reporte levantado tiene sus prioridades de criticidad y son planificados en los mantenimientos de los equipos o incluidos dentro de la semana, si existen riesgos de seguridad; en algunos casos esta reparación puede necesitar compra de repuestos o mano de obra externo.

Además, realizará un sistema de reporte diario, los técnicos responsables del área realizarán inspecciones rutinarias a los equipos. Se realizarán chequeos diarios en los horarios de colación de cada operador a la vez de reparaciones o backlog que sean posibles de alcanzar a instalar en dicho horario.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Gestión de mantenimiento propuesta.

Se sugiere de la implementación de un plan de mantenimiento basado en el TPM, como estrategia para los equipos de perforación de la empresa, se deberá tener en cuenta las necesidades de cambio e implementación que ésta requiere en cuanto a estructura.

Para que los trabajos sean eficientes se debe controlar y planificar las acciones llevadas a cabo en el mantenimiento para así reducir costos en mano de obra, paradas imprevistas, cero accidentes. La propuesta está enfocada en los siguientes aspectos que se deben cambiar.

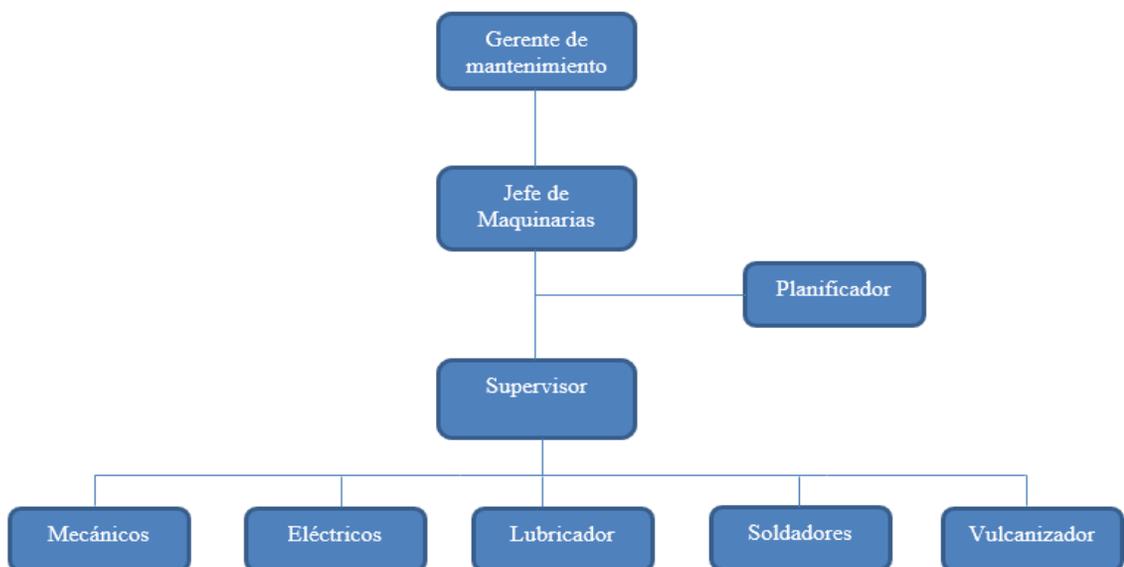
5.1.1. Organización Estructural.

A continuación, se da a conocer un organigrama estructural para la empresa que va acorde a la necesidad, se busca organizar de una forma que permita que los trabajos realizados por el personal sean de una manera eficiente y rápida.

La distribución de personal de mantenimiento de acuerdo a las funciones atribuidas para el taller de mantenimiento.

Además, es importante tener en cuenta que todo el personal debe estar capacitado y entrenado de acuerdo a la especialidad que es asignado para que puedan realizar sus funciones en el área de trabajo o en la actividad programada.

Figura N°14: Organización.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°14: Personal de Mantenimiento.

Cargo	Cantidad
Gerente de mantenimiento	1
Jefe de Maquinaria	1
Planificador	1
Mecánicos	4
Eléctricos	2
Vulcanizador	1
Soldador	1
Lubricador	1
Total	12

Fuente: Elaboración Propia

los problemas encontrados en el área de mantenimiento son los siguientes:

- Las actividades de mantenimiento preventivo no son realizadas con lo que genera que los equipos presenten averías con mayor frecuencia. Debido a que no se cumple con las actividades principales teniendo como resultado la disminución de la vida útil de los equipos.
- La empresa no tiene planificación que permita controlar, medir las actividades de mantenimiento que se realizan a cada equipo.

Considerando lo antes planteado y de acuerdo a lo expuesto se aplicó la metodología del mantenimiento productivo total TPM aplicada a los problemas encontrados a lo largo del proyecto, donde se analizaron la criticidad de los equipos y de las fallas, diagrama Pareto y análisis de fallas, encuestas anónimas para observar los problemas.

Luego de describir los problemas principales; en este capítulo se tomarán la medida correctiva y se tomara algunas distintas para prevenir futuros problemas, se desarrollarán algunos pasos para mejorar la gestión actual de mantenimiento y dar las pautas concretas para una mejor adaptación del TPM en el área de mantenimiento. Los puntos que se detallan son mantenimiento autónomo, planificado, calidad, educación y formación, medio ambiente y seguridad, organización, son considerados como los puntos más importantes a desarrollar.

5.1.2. Metodología para la implementación del TPM en el área de mantenimiento.

La implementación del TPM promueve el trabajo en equipo para poder cumplir con los objetivos de la mejora continua, dando como resultado un mejor ambiente de trabajo, encaminado a mejorar aspectos de mantenibilidad, eficiencia, seguridad para el trabajador y desarrollar responsabilidad con el cuidado del medio ambiente, para poder cumplir con el TPM se debe cumplir ciertas etapas:

Etapas 1: Decisión de aplicar TPM.

La empresa busca alternativas de mejoras que le permita ser competitivas en el mercado, para poder obtener los resultados deseados es necesario plantear un programa basado en el mantenimiento productivo total.

Es compromiso de la alta gerencia, jefes, supervisores, personal administrativo, personal técnico y operativo, a participar y dar los recursos necesarios para permitir la implementación del TPM, en el área de mantenimiento como piloto para futuro.

Etapas 2: Campaña de difusión del programa TPM al personal implicado.

Con la finalidad de difundir el TPM, se planifico con la jefatura de mantenimiento realizar entrenamiento de la persona con el objetivo de informar, dar a conocer lo que se requiere para dar un cambio de actitud y compromiso por el bien de todos, la duración de este entrenamiento será de 2 meses y será un proceso permanente., se ha difundido usando diversos medios como: pizarra, comunicados. Para generar que el personal se informe de cómo trabaja este método y se anime.

La primera reunión comienza con los operarios, supervisores, administrativos, donde se analizarán los siguiente. impartidas por el jefe de maquinaria, de la concientización del equipo de supervisores, administrativos, personal de mantenimiento y operarios en la importancia del TPM los beneficios y mejora que tiene esta. Si bien es cierto al inicio del mantenimiento autónomo, el personal de mantenimiento serán los humanos mayores de los operarios, ya que adiestraran, supervisaran y corregirán las labores básicas como; lubricación, ajustes, limpieza, etc.

De los resultados de la implementación del TPM se ve reflejado en incremento de la producción, disminución de los costos. del incentivo hacia personal es a través de premios por los logros obtenidos del TPM en el área de mantenimiento.

Los responsables de entrenar al personal son: coordinador TPM, personal de mantenimiento para el tema de mantenimiento autónomo y supervisores, ellos elaboraran el material para el entrenamiento y solicitaran los requerimientos el material para el entrenamiento y solicitaran los requerimientos de insumos como computadoras, proyectores, material didáctico. La reunión para la alta dirección donde participará la gerencia, asesores otras personas interesadas se programará dos sesiones: primera etapa de sensibilización, análisis costo beneficio, duración del programa, etapas y desempeño de la alta dirección TPM. La segunda sesión será de objetivos del proyecto a corto plazo mediano plazo, sistemas de incentivos, mantenimiento autónomo.

Tabla N°15: Cronograma de Entrenamiento TPM.

Sesiones	Temas	Tiempo	Fecha
Sesión I	<ul style="list-style-type: none"> ➤ TPM ➤ Introducción, Generalidades del TPM ➤ Misión del programa TPM ➤ Características y beneficios del TPM ➤ Taller 1 	1 hora	10 de Nov-2019
Sesión II	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mantenimiento autónomo ➤ Beneficios del mantenimiento autónomo ➤ Etapa de implantación ➤ Taller 2 	1 hora	15 de nov-2019
Sesión III	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mantenimiento Planificado ➤ Beneficios del mantenimiento planificado ➤ Etapas de implantación ➤ Taller 3 	1 hora	19 de nov-2019
Sesión IV	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Funciones del personal ➤ Responsabilidades del personal ➤ Taller 4 	1 hora	22 de nov-2019
Sesión V	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indicaciones de calidad para trabajar ➤ Taller 5 	1 hora	26 de nov-2019

Fuente: Elaboración Propia.

Etapas 3. Establecimiento de equipos de trabajo.

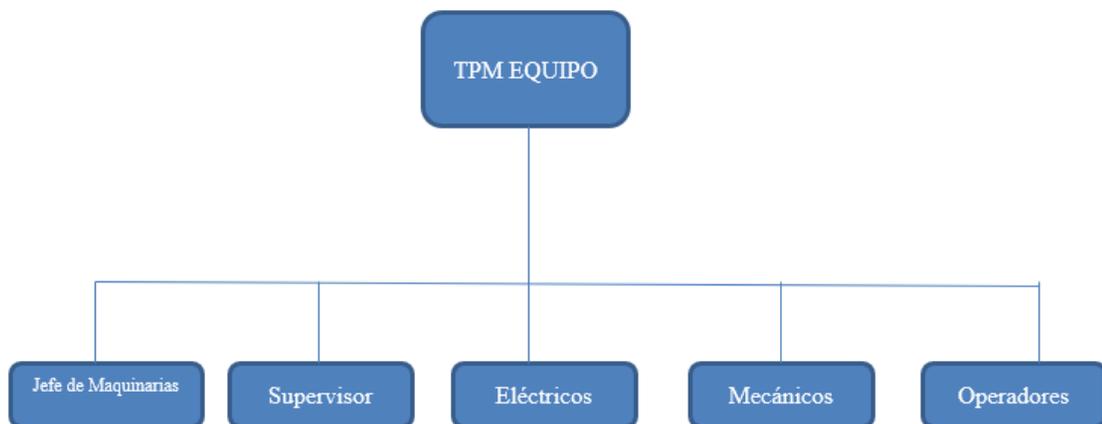
Se procede por parte de la jefatura de mantenimiento a indicar los componentes principales del TPM a desarrollarse, establecer los grupos de trabajo a través de sus

conocimientos, capacitaciones, experiencias, la comunicación entre ellos y el personal que está realmente comprometido con el cambio de la empresa.

El mantenimiento autónomo comprende actividades de lubricación inspección y limpieza etc. El líder es responsable de proporcionar la planificación y las herramientas para llevar las actividades de mantenimiento controlar las mejoras y actualizar las informaciones en los tableros de control.

El líder de mantenimiento planificado debe tener conocimiento de gestión de mantenimiento, análisis de fallas, costos de mantenimiento, conocimiento de mantenimiento preventivo y predictivo.

Tabla N°16: Organigrama estructural equipo TPM.



Fuente: Elaboración Propia.

De la elaboración de estos equipos de trabajo, se realiza en forma voluntaria con los operadores que trabajan en el área de mantenimiento y de operaciones que estén dispuestos a formar parte del equipo Humano de trabajo o grupo TPM estará conformado de 4 a 6 integrantes. El objetivo principal del equipo TPM es analizar e identificar los problemas en los equipos y dar soluciones o propuestas para su mejoramiento. El jefe es quien dirigirá las actividades del equipo TPM y a su vez estará encargado de la conformación del mismo personal dispuesto a formar parte.

Etapas 4. Establecimiento de los Objetivos.

Conjuntamente se establecerá los siguientes objetivos:

- Mejorar la gestión de mantenimiento existente en la empresa.
- Fomentar una nueva cultura de mantenimiento en el personal.

- Establecer estándares de lubricación, limpieza de los equipos.
- Conseguir un ambiente de trabajo limpio, ordenado y amigable.

Etapas 5. Preparación del plan piloto.

Se estableció un programa para la implementación de los pilares de mantenimiento autónomo, planificado y de la metodología de las 5S con lo cual se logrará mayor orden, disciplina y eficiencia en el lugar de aplicación; lo cual será el piloto que nos permite alcanzar los objetivos planteados para una implantación posterior del programa TPM.

Se seleccionaron los equipos de perforación, como piloto para implementación por ser equipos críticos y de alta capacidad de operatividad.

Etapas 6. Arranque formal del programa TPM.

Para iniciar con el programa TPM, la alta gerencia se realizó una reunión de presentación de plan piloto de implementación, donde participaron el gerente, jefe de maquinaria, personal técnico y colaboradores, en la iniciación del programa TPM, se planifica un acto de inicio como punto de partida para la implantación del programa el mismo que promete al personal para el cambio de mentalidad, responsabilidad y cooperación.

Etapas 7. Mejora de la efectividad del equipo.

La disponibilidad del equipo se verá mejorada una vez que se cumpla con los objetivos de TPM, logrando tener una alta rentabilidad de los equipos

Tabla N°17: Implementación seri (Clasificar)

	Objetivo	Acción	Indicador	Unidad	Programación	Actual	Min.	Esperado	Max.
1	Reducir las necesidades de espacio, stock y almacenamiento	Se realizó la toma de fotografías de los resultados del área de trabajo.	Comparación visual	%	Mensual	75%	75%	85%	100%
2	Clasificar descriptivamente los equipos herramientas y elementos necesarios e innecesarios.	Se realizó la clasificación de los objetos necesarios e innecesarios junto a una descripción detallada cantidad y justificación.	Procedimiento proceso de cambio	%	Semanal	75%	75%	85%	100%
3	Identificar los elementos necesarios de los innecesarios para la producción y mantenimiento en el área	Se realizó la jornada de selección manifestando objetos innecesarios de necesarios llenando tarjetas rojas	Tarjetas de colores	%	Semanal	75%	75%	85%	100%
4	Decidir que se hará con los materiales incensarios en el área de selección y clasificación	Se llevó a cabo una reunión con el personal implicado para determinar si el material innecesario se venderá tirara transferirá, reparara etc.	Diagrama de flujo clasificación	%	Semanal	80%	75%	85%	100%
5	Provocar en el personal un mayor sentido de la clasificación	Se motivó a los empleados involucrados a la constante de uso frecuente clasificación de los objetos de uso frecuente.	Tarjetas rojas	%	Semanal	75%	75%	85%	100%

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Tabla N°18: Implementación seiton (Ordenar)

	Objetivo	Acción	Indicador	Unidad	Programación	Actual	Min.	Esperado	Max.
1	Facilitar las tareas de mantenimiento de los equipos y disminuir los tiempos entre paros	La elaboración de archivos con sus características técnicas, historial de su mantenimiento y fallas de los equipos en el área de mantenimiento.	Historial de equipo	%	Semanal	75%	75%	85%	100%
2	Facilitar la compra, movimiento y administración de equipos repuestos, materiales y herramientas.	La implementación de un sistema de codificación para todo los elementos y accesorios de los equipos.	codificación	%	Mensual	80%	75%	85%	100%
3	Conocer de manera detallada los recursos con que cuenta el área de mantenimiento.	Se realizó el inventario de todos los repuestos, equipos, herramientas y otros	inventarios	%	Mensual	75%	75%	85%	100%
4	Ordenara de manera sistemática todos los objetos necesarios que se han clasificado	La elaboración de mapas mostrando la disposición de los equipos, maquinaria, materiales y demás objetos en base a su frecuencia de uso	Mapa 5S	%	Mensual	75%	75%	85%	100%
5	Crear elementos de control visual que permitan organizar de una manera practica todos los elementos clasificados	La realización de marcas de ubicación cantidad e identificación a todas las áreas, equipos y objetos que se están organizando en almacén. Se realizo la señalización y acondicionamiento del área de mantención.	Marcación de colores marcación de ubicación	%	Mensual	75%	75%	85%	100%
6	Facilitar al mecánico, operador búsqueda y almacenaje de las distintas herramientas que deba manipular.	La instalación de plantillas de contornos de las herramientas, materiales e instrumentos que el mecánico usa con frecuencia en el taller.	Marcación de contornos		Mensual	75%	75%	85%	100%

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Tabla N°19: Implementación seis (Limpieza).

	Objetivo	Acción	Indicador	Unidad	Programación	Actual	Min.	Esperado	Max.
1	Incentivar actividades de limpieza y mantenimiento para determinar puntos de referencia y ser un punto de partida	La realización de un programa de limpieza y mantenimiento inicial delegando responsabilidades por cada zona entre los mecánicos, operadores de acuerdo a una planificación.	Planificación de jornada de limpieza	%	Mensual	80%	75%	85%	100%
2	Facilitar y optimizar las actividades de limpieza en el mantenimiento mediante la elaboración de procedimientos y especificaciones para equipos.	La relación de procedimientos, diagramas e instrucciones específicas que sean necesarias para cada particular actividad de limpieza llevada a cabo para el mantenimiento preventivo.	Manual de limpieza fotográficas, mapas y diagramas.	%	Semanal	80%	75%	85%	100%
3	Optimizar el proceso para solicitar reparaciones o ajustes, así como reducir el tiempo de respuesta para la ejecución de las revisiones y reparaciones.	La elaboración de formatos de protocolos para solicitar una reparación o ajuste, así como para ordenar las reparaciones o ajustes requeridos por el programa de mantenimiento.	Orden de trabajo, solicitud de reparación	%	Semanal	80%	75%	85%	100%
4	Brindar a los operarios herramientas mantener un servicio constante y de calidad informando oportunamente las fallas que ocurran.	La información a los operadores la función que cumplen los procedimientos de solicitud de reparación, así como instruirlo en su correcto uso.	Solicitud de reparación	%	Semanal	80%	75%	85%	100%
5	Contribuir a establecer una metodología de inspección y revisión del programa de mantenimiento y de documentación de la información obtenida.	La implementación de formatos procedimientos para la realización de visitas y revisiones que permita su agilización y recopilar información para la programación de las actividades de limpieza y mantenimiento preventivo.	Formatos control de visita, control de revisión	%	Semanal	80%	75%	85%	100%

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Tabla N°20: Implementación seiketsu (Estandarizar).

	Objetivo	Acción	Indicador	Unidad	Programación	Actual	Min.	Esperado	Max.
1	Dejar responsabilidades para el mantenimiento de las condiciones alcanzadas de los 3 primeros pilares.	La elaboración de un tablón de gestión visual para registrar avances de cada pilar implantado. Delegar responsabilidades a cada trabajador de acuerdo al manual de limpieza y diagrama de distribución de trabajo de limpieza y mantenimiento.	Tablón de gestión visual, manual de limpieza, diagrama de distribución de trabajos	%	Mensual	70%	75%	85%	100%
2	Fijar criterios para la realización de las actividades de limpieza y mantenimiento, así como los tiempos para su realización.	La definición del seguimiento de actividades de mantenimiento y limpieza que se le debe dar a cada equipo e instalaciones específicamente, los plazos y tiempos que se deberán cumplir para mantenerla en funcionamiento constante.	Programación de mantenimiento preventivo.	%	Semanal	75%	75%	85%	100%
3	Facilitar el uso por parte de todas las personas de las herramientas de gestión de programa mantenimiento preventivo.	La comunicación a todas las personas involucradas con operaciones y mantenimiento los procedimientos que deberán seguir y que los ayudarán en su actividad de limpieza y mantenimiento en su lugar de trabajo.	Procedimiento de mantenimiento y limpieza.	%	Semanal	70%	75%	85%	100%
4	Vincular los estándares establecidos de limpieza y mantenimiento a sistemas de control visual.	La realización de marcaciones especiales en herramientas y maquinaria para especificar el uso de procedimientos, estandarizar las actividades de limpieza y mantenimiento preventivo.	Fotografías tablón de gestión visual.	%	Mensual	75%	75%	85%	100%

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Tabla N°21: Avance de implementación de las 5S.

Área	1S	2S	3S	4S	5S
Almacén	✓	✓	✓	✓	✓
Taller	✓	✓	✓	✓	
Oficinas	✓	✓	✓		

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Mejora continua.

Maximizar la efectividad de los equipos, basado en la mejora continua, centrado en la eliminación de cualquier pérdida existente, las mejoras se basan en:

- ✓ Planificar, Hacer, Verificar, Actuar.

Para la mejora continua es seleccionar el problema más importante a resolver. Es decir que si existen una serie de problemas que necesiten mayor atención, para los cuales se realizaron el estudio.

De la realización de la estructura del proyecto se debe definir el tema y a quienes afecta la implementación de una nueva estructura interfuncional, que los trabajadores de toda la empresa se interrelaciones o estén involucrados en el proceso productivo.

Del análisis de la situación actual y de la identificación de las pérdidas asociadas con el problema, para eso se debe investigar los historiales de las fallas, reportes de paradas y estadísticas de producción que fueron estudiados en el capítulo anterior.

Del diagnóstico del problema de estudio, es importante porque se deben establecer las condiciones básicas que aseguren el funcionamiento correcto. Adicionalmente se deben de eliminar las causas de deficiencia y deterioro acelerado. Utilizar las diferentes técnicas analíticas que existen por que sean necesarias para poder diagnosticar de forma correcta el problema ya definido.

Del plan de acción deberá contener el problema seleccionado, las causas y las posibles soluciones, deberá ser detallado para asignar los recursos y las tareas a los diferentes integrantes de los equipos.

De la implementación de las mejoras después que el plan de acción esté terminado con todos los detalles y con la disposición de los recursos físicos y humanos se procede a poner en marcha el plan de acción, lo cual ya establecido como piloto.

5.3. Programa de mantenimiento autónomo.

Se elaboró un programa de actividades diarias para ser ejecutadas por el operador del equipo, de estas actividades el operador adquiere conocimientos en limpieza, inspecciones, controles y labores diarias pre servicio, la finalidad es descubrir fallos tempranos que a veces pasan desapercibidos en los equipos, los cuales son almacenados en los reportes de inspección de los mecánicos.

Del manual de entrenamiento realizado para los conductores de los equipos, enfocado al mantenimiento preventivo de su equipo y en la correcta operación de estos, lo que hace costumbre de preservar, disminuir los costos por elementos y mantenimiento. los componentes de un manual de mantenimiento autónomo y de operación para los equipos de perforación según el horómetro del equipo.

a) Preinspección antes de puesta en marcha.

A pesar que cada equipo se realiza una inspección al detenerse por parte del mecánico un chequeo general, el operador debe realizar algunas revisiones básicas, que le permitan una certeza de que el equipo funcionara sin inconvenientes. Por lo general estas revisiones son de limpieza, inspección visual, medición de niveles aceite, refrigerante, estado de los neumáticos.

Antes de disponer a dar marcha al equipo, el operador debe realizar las pruebas con el equipo encendido, antes de partir y cada cambio de turno.

Otro objetivo que se cumple es tener elementos de juicio para garantizar la trazabilidad en caso de falla.

Tabla N°22: Inspección pre marcha.

Inspección de mantenimiento a cargo del operador		
a. Inspección visual del equipo antes de arranque		√ / X
1.	Compartimiento del motor: observar fugas de aceite o combustible, partes flojas, cables sueltos, exceso de suciedad, sistema afex.	
2.	Sistema de enfriamiento: observar fugas, estado del radiador, abolladuras, suciedad, etc., mangueras, abrazaderas flojas.	
3.	Sistema Hidráulico: observar fugas, estado general de mangueras, roturas o rozamiento, varillas flojas	
4.	Diferenciales observar fugas.	
5.	Chequeo de torre por algún golpe o fallas de estructuras. neumáticos	
b. Mantenimiento diario		
1.	Revisar el nivel de fluidos.	
2.	Fugas aceite motor	
3.	Fugas aceite transmisión	
4.	Fugas aceite Hidráulico	
5.	Radiador comprobar niveles de refrigerante.	
6.	Chequeos de batería y bornes de conexión	
7.	Filtros de ACC.	
8.	Tanque de combustible, drenar agua de filtros, llenar estanque a final de turno.	
9.	Correas del equipo chequeo de estado	
10.	Chequeo de testigos al poner en partida equipo.	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°23: Inspecciones chek list.

Área Mantenimiento		Registro de inspección diaria Jumbo Tamrock.		
Contrato:				
Fecha de inspección:		Horómetro:		
Servicio a ejecutar			Bueno	Malo
Cabina				
1	Verificar estado de suciedad al interior de cabina, área limpia.			
2	Filtros de cabina interior y exterior ver estado de saturación limpiar si amerita.			
3	Cinturón de seguridad: verificar buen estado y ajuste apropiado.			
Motor				
4	Verificar nivel aceite motor.			
5	Tanque de combustible: drenar agua de fondo de este.			
6	Separador de agua drenar			
7	Filtro de aire: verificar estado limpiar si es necesario.			
8	Ante filtro de aire chequeo y limpieza si es necesario.			
9	Tanque de refrigerante: revisar nivel rellenar si es necesario.			
10	Depósito de limpia parabrisas: verificar nivel llenar si es necesario.			
Sistema Hidráulico				
11	Tanque hidráulico: revisar si tiene fugas o rajaduras, revisar nivel de aceite.			
12	Cilindros hidráulicos: verificar daños, rayaduras, desgaste o ajuste.			
13	Líneas hidráulicas: verificar si existen fugas, roce o daños en mangueras.			
Sistema de transmisión/ neumáticos				
14	Verificar estado de neumáticos			
15	Verificar diferenciales fugas			
16	Verificar pernos de neumáticos			
17	Chequeo de golpes a la estructura			
18	Chequeo de presiones de neumáticos			
19	Chequeo de área neumáticos			
Sistema eléctrico				
20	Baterías: revisar bornes, cables			
Implementos				
21	Verificar estado de las torres de perforación y desgaste de barras			
Pruebas de equipo en funcionamiento				
1	Motor: verificar ruidos, vibraciones, calentamiento, y emisión de humos anormales			
2	Horómetro: verificar lectura con el motor en marcha			
3	Luces: comprobar si funcionan correctamente.			
4	Alarma de retroceso: verificar funcionamiento correcto.			
5	Bocina: comprobar sonido que pueda escucharse con motor encendido.			
6	Limpia parabrisas: verificar estado y funcionamiento.			
7	Indicadores y medidores de cabina: verificar funcionamiento.			
8	Neumáticos verificar si tiene cortes			
9	Perforadora verificar ruidos extraños			
Observaciones:				
<hr/> Nombre Operador, Firma.				

Fuente: Elaboración Propia.

b) Reparaciones Básicas

Los operadores por lo general deben saber sobre las partes del equipo y códigos que aparecen en tablero, por lo que en cualquier eventualidad el debería informar de forma correctas el problema para que el equipo de mantenimiento valla con todas las herramientas necesarias a la avería, para esto necesita constar de una linterna para inspeccionar de buena forma y un flexómetro para tomar medidas.

5.4. Mantenimiento Planificado

El mantenimiento planificado logro, un proceso eficiente para que la empresa tenga una flota rentable y operativa, en la cual está incluido la organización, estrategia, planificación y la ejecución del mantenimiento, se realizó el seguimiento y monitoreo de las actividades de los equipos y de las posibles fallas que puedan ocurrir en el desarrollo del programa de mantenimiento, las cuales nos permitió implantar a la mejora continua

El mantenimiento que tiene por finalidad de reparar las averías en forma rápida y rentable económica para la empresa, cuya inversión se verá reflejada en el incremento de la producción y de la disponibilidad de equipos, con la prevención de cero accidentes y lesiones al trabajador; ya que esta tiene responsabilidad de mantener en buenas condiciones operativas a los equipos. En la implementación de mantenimiento planificado se realizó a los equipos más críticos según criticidad lo cual fue materia de proyecto.

Tabla N°24: Tipo de mantenimiento según análisis de criticidad.

Ítem	Tipo de equipo según análisis criticidad	Tipo de mantenimiento según análisis de criticidad
1	Critico	Predictivo/Preventivo
2	Semi critico	Predictivo/Preventivo
3	No critico	Correctivo Programado

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

5.4.1. Mantenimiento Preventivo.

Del conjunto de intervenciones realizadas de forma periódica o sistemática en un equipo tal. Con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paradas imprevistas. Consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta cero averías las actividades a realizarse son:

- La realización de inspecciones diarias, periódicas, para corregir problemas de averías. Mediante las inspecciones diarias en las cuales se pueden verificare los

estándares necesarios para el arranque del equipo, previo a esto se deberá cumplir con los estándares de limpieza, lubricación y calibración.

- De las actividades de mejora continua deberán ser aplicadas en las áreas de mantenimiento lo cual es el encargado de verificar y controlar que la planificación sea la correcta y que se realicen todas las rutinas de mantenimiento como fueron planificadas.
- De la actualización de formatos para realizar el control estadístico de las fallas más frecuentes para identificarlas y eliminarlas.

Del mantenimiento preventivo que se realiza en las líneas hidráulicas, son las que más causan detenciones con perdida ya que estas son problemáticas de todos los días por el motivo de no tenerlas en stock o no contar con alguien especializado para este caso. Se toman las siguientes recomendaciones para dar una solución a una problemática.

Para la obtención de mejores tiempos y mejorar aún más la disponibilidad de los equipos, se propone la inversión de desarrollar un área especializado en fabricación de flexibles.

Se toma en cuenta:

- ✓ Personal enviado a calificar para esta área.
- ✓ Máquinas de fabricación de líneas hidráulicas.
- ✓ Insumos para abastecer las necesidades a fabricar.

Al invertir en estos 3 aspectos podremos reducir tiempos largos de fallas por fabricación de líneas hidráulicas, las cuales son enviadas a fabricar a Copiapó al área industrial, perdiendo el tiempo de traslado el combustible consumido en el traslado cada vez que existe una avería de estos tipos que es frecuente. Teniendo fuera de servicio un equipo por horas y al invertir podríamos tener esto solucionado en menos horas.

Tabla N°25: Inversión de fabricación de líneas hidráulicas.

Equipo	cantidad	costos
Cursos de fabricación de flexibles	2	1.000.000
Máquina de prensado	1	4.000.000
Máquina de cortar líneas	1	2.000.000
insumos mínimos inversión	Min.	3.000.000
Total		10.000.000

Al ver el total de esta inversión preventiva es de 10.000.000 de pesos lo que se vería reflejado en disminuir los tiempos de detenciones acortar los tiempos de falla.

Teniendo en cuenta que un equipo a estado más de 6 horas fuera de servicio por una reparación de flexible.

Esta mejora influirá en tener una mejor disponibilidad de equipos, mejorando la producción con menos tiempos de detención.

Mejoras que se verían reflejadas:

- ✓ Mejor disponibilidad.
- ✓ Menor tiempo de reparación.

5.4.2. Mantenimiento Predictivo

De las técnicas usada en mantenimiento predictivo para pronosticar el lugar futuro de la falla de un componente de los quipos, de tal forma que dicho componente puede reemplazarse, con un plan justo antes que falle, así el tiempo muerto de los equipos se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestre una relación predecible con el ciclo de vida del componente. La frecuencia de mantenimiento predictivo será la misma que el programa preventivo por cada equipo 250 horas, por lo que se toma las muestras de aceite para su análisis la cual se efectuará cuando el programa de mantenimiento preventivo corresponda.

a) Análisis de las muestras de aceite:

Del sistema estudiado de los equipos hidráulicos, tren de potencia y motor son sistemas cerrados, lo que significa que buena parte del desgaste de los componentes se original daños y fallas severas teniendo un lugar internamente para detectar el desgaste y otros problemas que puedan ocurrir dentro de los sistemas, se tiene que efectuar un estudio de análisis de aceite regularmente. El análisis de aceite, se focaliza en la detección de tres grupos de partículas principales.

- Los contaminantes permiten diagnosticar fugas en el sistema de inyección y refrigeración como también las condiciones de la combustión por medio de la cantidad de residuos de esta. Los contaminantes pueden ser en el caso del aceite de motor: agua, hollín, sílice

- Los componentes característicos del aceite: por medio de las partículas por millón (ppm) de los aditivos del aceite en las muestras de este, es posible determinar su estado y durabilidad.

Tabla N°26: Horas Análisis Aceite.

Sector	Intervalo recomendado	Tipo de aceite
Motor	250 horas	15w40
Transmisión	500 horas	Hd30
Sistema hidráulico	500 horas	Hd10
Diferencial	500 horas	80w90

Fuente: Elaboración Propia

- El componente de desgaste: por medio de la determinación de las partículas por millón que existen en el aceite de elementos como hierro, cobre, plomo entre otros es posible diagnosticar fallas en componentes específicos y su desgaste, lo que permite reemplazar la implementación de ciertas rutinas del mantenimiento preventivo.

Esto permite buscar dentro de los sistemas y localizar las áreas de los problemas, permitiendo mantener un funcionamiento adecuado de los sistemas.

El análisis de aceite de los equipos consta de una serie de pruebas destinadas a identificar medir la contaminación y degradación de una muestra de aceite.

5.4.3. Cobertura de avance del proyecto

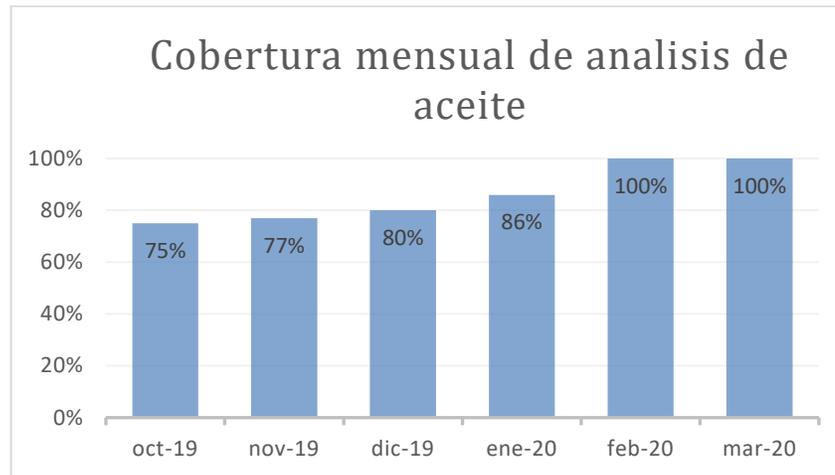
Resumen de lubricación, servicio, filtros y desfase de mantenimientos de los meses de octubre a marzo 2020.

Tabla N°27: Cobertura de análisis de Aceite.

Consolidación de las coberturas de muestreo, filtros y servicios mecánicos.						
Fechas	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20
Cobertura de muestreo de análisis de aceites.	75%	77%	80%	86%	100%	100%
Cobertura de ejecución de cambios de filtros	80%	84%	86%	90%	95%	98%
Cobertura de la calidad del servicio mecánico preventivo.	68%	72%	82%	90%	100%	100%

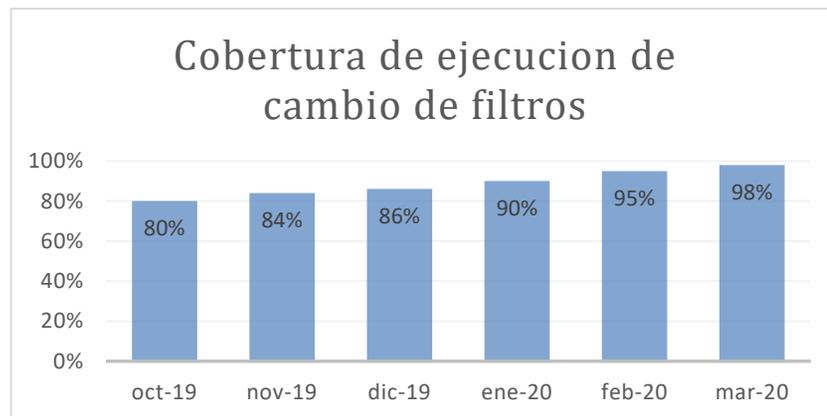
Fuente: Minera Desierto De Hierro.

Gráfico N°4: Análisis de Aceite.



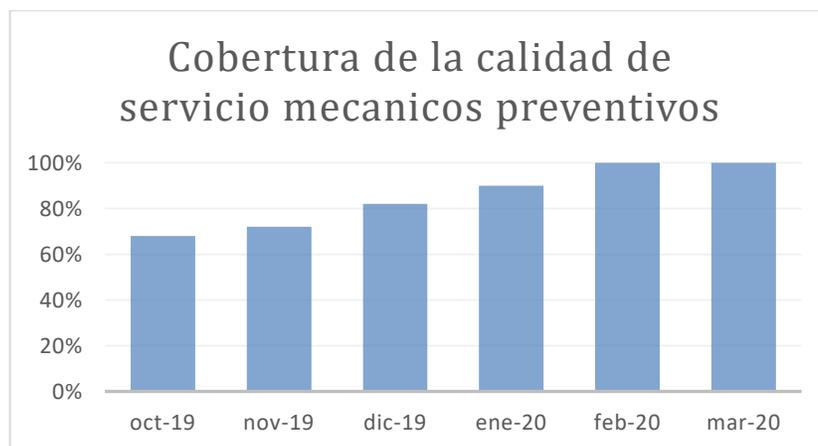
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°5: Cambio de Filtros.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°6: Servicios Preventivos.



Fuente: Elaboración propia

5.4.4. Indicadores del TPM

De los indicadores definidos, se analizaron los resultados del OEE de los procesos de perforación, específicamente en la reducción de todas las pérdidas de disponibilidad y desempeño. Para lograr los objetivos de OEE, el pilar ha lanzado equipos de trabajo cuyo objetivo inicial ha sido reducir las pérdidas más críticas de disponibilidad.

5.4.5. Las ordenes de trabajo

De los trabajos de mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo los podemos contabilizar por las ordenes de trabajo. Este documento es muy importante, ya que inicia la etapa de un mantenimiento, en el cual se debe programar los recursos para su ejecución.

Se debe concientizar a los mecánicos de los equipos con estos documentos son muy útiles, pues su gestión nos da a conocer cuál es el número de órdenes acabadas respecto a las ordenes generadas, es importante hacer seguimiento a las ordenes gestionadas.

Tabla N°28: Indicadores de gestión de mantenimiento con la implementación.

	Indicador	Formula	Objetivo		Anterior	Min.	Esperado	Max	alcanzado
1	Tiempo medio para fallar MTTF	N° fallas /periodo de tiempo	Incrementar la vida útil del equipo	hora	22	24	40	48	41
2	Tiempo medio para reparar MTTR	Σ tiempo reparación/periodo de tiempo	Reducir el tiempo de reparación	Hora	3	8	2.5	2	4.1
3	Disponibilidad de los equipos (A)	MTTF/ (MTTF+ MTTR)	Medir disponibilidad del equipo	%	86%	75%	85%	100%	91%
5	Numero de órdenes de trabajo atendidas	N° ordenes atendidas N° ordenes vencidas	Medir la eficacia del planeamiento	%	54%	50%	65%	85%	65%
6	Capacitación personal de mantenimiento	Σ H-H capacitaciones Σ H-H Disponible	Medir las horas de capacitación	%	25%	50%	65%	85%	65%

Fuente: Minera Desierto De Hierro.

El indicador disponibilidad fue superado y se ha conseguido llegar al valor de 91%. Este indicador cuantifica los efectos de los ajustes de mantenimiento como aspecto positivo o de fallas como aspecto negativo siendo positivo en el proyecto.

Se puede ver el resultado de las encuestas realizadas al finalizar el proyecto es de 6.0 lo cual se encuentra en la zona calificada como bueno, con la metodología de mejora continua. Al finalizar el proyecto se puede evaluar los objetivos y analizar, revisar los indicadores. Establecer los acuerdos de las iniciativas y establecer las metas.

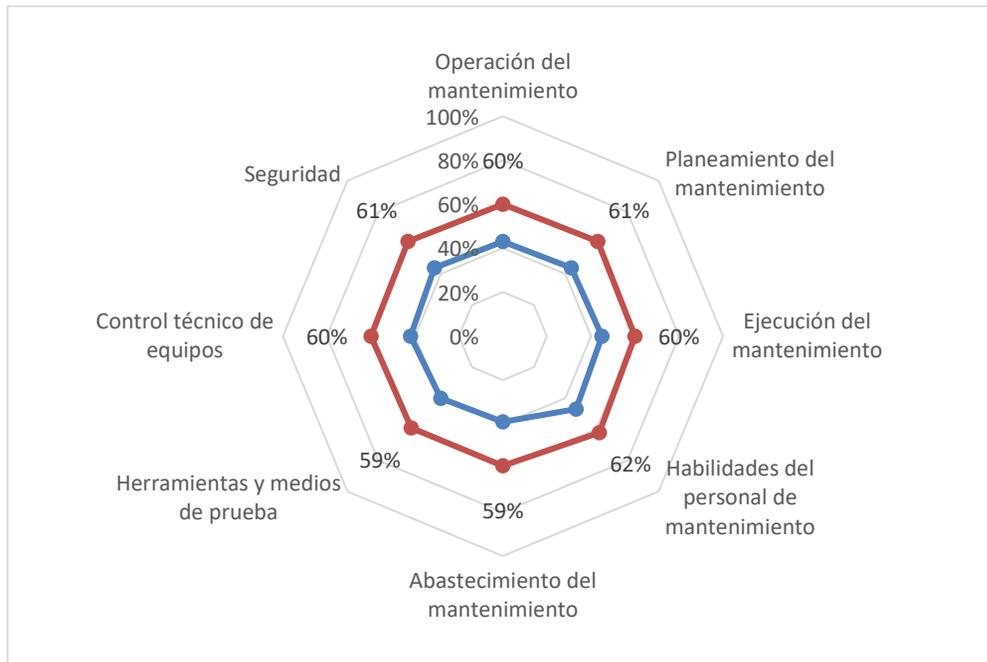
Se puede observar las mejoras con que fue realizado el proyecto luego de aplicar las acciones correctivas. Muestra la evolución de los criterios de mantenimiento en el proceso de mejora continua, basado en el TPM, que fortalece las áreas de mantenimiento que se viene implementando en la empresa.

Tabla N°29: Resultado final de datos de las encuestas realizadas a cada campo del mantenimiento.

Evaluados	Evaluaciones							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Jefe de Maquinaria	6,2	5,9	6	6,2	5	5	6,2	6,4
Planificador	6,4	6,6	6,2	6,4	5,9	6,2	6	6,3
Supervisor	6,3	6,1	6	6,2	6	6	5,9	6
Bodeguero	6,6	6	5,6	6,6	6	6	6,2	6,4
Mecánico I	5,6	6,4	5,9	5,9	6	6	5,9	6
Mecánico II	5,4	5,9	6	6,2	6,1	6,4	6,1	6
Eléctrico I	5,8	6	5,9	6	6,1	6	5,9	5,8
Eléctrico II	6	5,9	6,2	6,5	6,2	5,9	5,9	5,8
Soldador	6,2	5,9	5,9	6	6,2	6,2	5,8	5,9
Operador	5,8	5,9	6	6,2	6	5,9	6,4	6,1
Operador	6	6,2	6,1	5,9	5,9	5,5	5,9	6,4
Promedio	6,0	6,1	6,0	6,2	5,9	5,9	6,0	6,1
PROMEDIO TOTAL	6,0							

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°30: Diagrama de radar de auditoria al final.

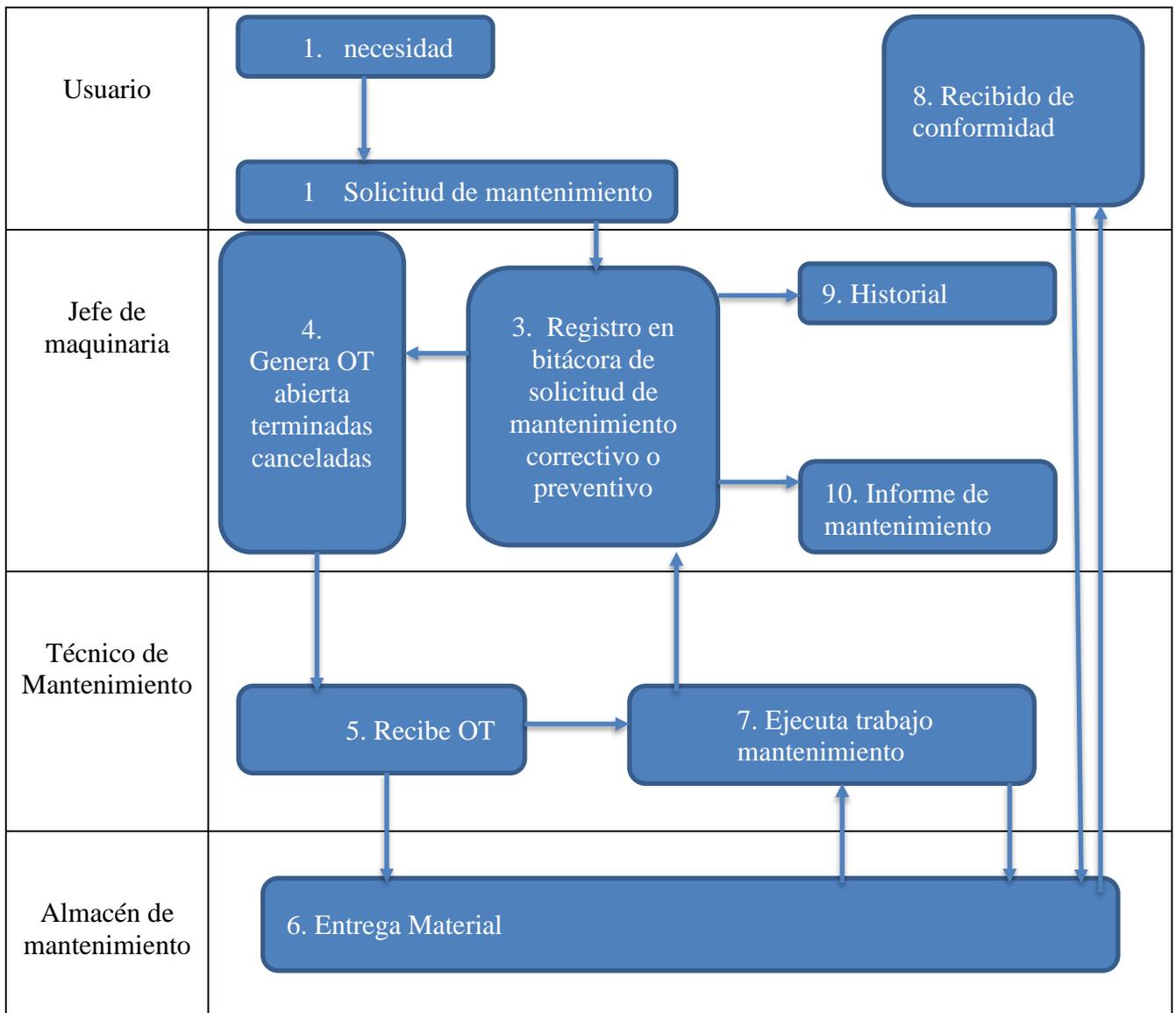


Fuente: Elaboración Propia

a) Órdenes de trabajo preventivas:

Estas órdenes cubren los mantenimientos de los equipos de perforación, dan las operaciones o instrucciones al técnico de mantenimiento debe realizar por cada uno de los tiempos de mantenimiento preventivo, se identifica con la letra MP al inicio del número de ordena además el código de equipo al cual se debe hacer el mantenimiento, indica el tipo de mantenimiento preventivo. Según los horómetros de ejecución y en ciertos casos los procedimientos del fabricante para realizar ciertas operaciones de mantenimiento.

Tabla N°31: Diagrama de proceso de OT.



Fuente: Elaboración Propia

De las órdenes son emitidas por el planificador de mantenimiento, mensualmente se debe presentar informes respecto al estado del mantenimiento preventivo, con los análisis respectivos de los indicadores.

Estas órdenes cubren los mantenimientos de los equipos, se le conoce con la letra MPD delante del número de orden del mantenimiento. La finalidad de esta orden es la de permitir la realización de mantenimiento predictivos. Se basan en el análisis de aceite.

5.5. Mantenimiento de calidad.

Mejoramiento de la calidad del mantenimiento reduciendo las variables y mejorando, utilizando las herramientas de control como formatos procedimientos, estándares y condiciones del equipo. El mantenimiento de calidad es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las acciones del producto resultante.

De la estrategia de mantenimiento de calidad principalmente de esta busca la verificación y medición de las condiciones del punto donde el producto sea cero efectos.

Del mantenimiento de calidad, se realizó acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que no genere defectos de calidad, el control se concentra en los procedimientos y métodos, mientras que el mantenimiento de calidad se concentra en las condiciones del equipo pesado

Los pasos para la implementación del mantenimiento de calidad son los siguientes:

- Identificar la situación actual del equipo
- Identificar y analiza las condiciones de los materiales, maquinarias y mano de obra. Esto es importante ponderar que tanto afectan cada uno de estos insumos en la calidad del producto.
- Identificar las acciones correctivas que se aplican a las diferentes averías.
- Implementar mejorar eficientes en los métodos de inspección. En especial en las rutinas de inspección que tendrán lugar diariamente de forma superficial como el mantenimiento autónomo.

5.6. Entrenamiento y Capacitación del Personal.

Se realizo al personal de mantenimiento capacitaciones y entrenamiento para aumentar el desempeño y la destreza se sugiere que existan capacitaciones enfocadas principalmente en nuevas tecnologías que permitan realizar un análisis y reparaciones más eficientes de los equipos.

Tabla N°34: Entrenamiento Personal.

Personal	Capacitación 1	Capacitación 2
Supervisor	Curso de Gerencia de mantenimiento	Curso de Gestión de seguridad y salud ocupacional
	Curso de Gestión de mantenimiento	Curso de Gestión de equipos pesados
	Curso de Gestión de proyectos PPM	Curso de Principios y herramientas
	Curso de Planificación y programación del mantenimiento	Curso de Gestión de compras
	Curso de Análisis de fallas	Curso de Supervisión eficaz
Mecánicos- eléctricos-soldadores	Curso de Sistemas y mandos hidráulicos	Cursos Fabricación de flexibles
	Curso de Inyección electrónica Diesel	Curso de Diagnostico electrónico
	Cursos de Control y monitoreo de neumáticos	Curso de Convertidores de torque y transmisiones
	Cursos de Soldadura MIG MAG	Curso de Tintas penetrantes
Operadores	Curso de Lubricación básica	Curso de Manejo defensivo
	Curso de Mecánica básica	Curso de neumáticos
	Curso de Seguridad industrial	Curso de Funcionamiento de sistemas de maquinas

Fuente: Elaboración Propia

5.7. Seguridad laboral y medio ambiente.

La seguridad industrial como la aplicación de medida eficaz para evitar que el trabajador no se accidente, se refiere al completo estado bienestar físico, mental, social y ambiente del trabajador. la higiene laboral es un sistema de principios y reglas que se orientan a contaminantes físicos químicos en el área laboral.

Para evitar riesgos laborales en los talleres, se debe tener buenas condiciones de trabajo para mejorar la calidad de salud, trabajo y el bienestar de las personas implicadas, por lo tanto, se debe señalar las áreas de trabajo. Cartillas informativas de seguridad utilización de equipo de protección personal. Antes de realizar una actividad en el taller de mantenimiento, el mecánico tiene que realizar el llenado de su formato de identificación de peligros y evaluación de riesgo, la cual debe estar firmada y entregada antes de realizar cualquier actividad al encargado de seguridad.

De los riesgos que se encuentran expuestos el personal de mantenimiento en el área de mantenimiento son mecánicos, físicos, ergonómicos y medio ambiente.

De las sustancias peligrosas como el aceite de los motore, transmisión y diferenciales usados, presentan un peligro para la capa de los suelos.

Los riesgos que presentan son:

- Riesgo físico: como incendios con una valoración de riesgo importante y medio.

- Riesgo mecánico: desorden y protecciones sólidos y líquidos, valorados como riesgo importante o medio.
- Riesgo químico: los vapores que generan al estar expuesto a elevadas temperaturas del medio ambiente, valorado como riesgo importante o medio.

La seguridad es un conjunto de prácticas de sentido común, el elemento clave es la actitud responsable y la concentración de todos. Entre las normas que posiblemente se pueden utilizar pueden ser:

- Realizar charla de seguridad de 5 min todos los días.
- Dejar herramientas en su lugar.
- Utilizar casco, lentes, zapatos de seguridad y utilizar ropa adecuada al cargo y lugar de trabajo.
- Las máquinas de corte o rotativas tienen que tener un seguro por alguna pérdida de control. Utilizar sus protecciones de fábrica.
- La señalización al igual que las normas de seguridad, son técnicas de apoyo, pero no sustituye las medidas de prevención o de protección.

5.8. Áreas administrativas.

El mantenimiento productivo total, trata de involucrar a todo equipo productivo, en especial al personal de las áreas administrativas los cuales juegan un papel muy importante en el desarrollo de la productividad de los equipos. El personal de las áreas administrativas proporciona un eficiente control de producción y en el control de la calidad. La técnica 5S en las áreas administrativas son similares a las del área de mantenimiento.

La aplicación de las 5S en el área administración son las que no permiten desarrollar un plan de mantenimiento en estas áreas, las cuales se describen a continuación.

Orden y seleccionar (Seiri): Mantener el área de trabajo solo lo necesario, eliminar todo lo que no permite a ver el trabajo ordenado. En cada cubículo se debe tener ordenado la información y solo la necesaria.

Como ejemplo información de las ordenes de pedido de repuestos de los equipos debe tener 3 meses atrás, anteriores a este almacenamiento o reciclarlo.

Organizar y situar (Seiton): Mantener en un lugar de fácil acceso y utilizar los elementos necesarios. El fácil acceso a los implementos de uso diario no permite ser más

eficiente. Como ejemplo la información debe estar en un lugar visible, como archivadores identificados para que cualquier persona busque la información fácilmente.

Limpiar y sanear (Seiso): Mantener limpio los equipos, paredes, pisos y elementos del área. Eliminar todos los focos de generación de suciedad y contaminación que existan en las áreas de trabajo. Las rutinas de limpieza deben ser 2 veces al día en la mañana y en la tarde. También es conveniente tener separados el papel y el cartón del resto de la basura, para poder contribuir con el medio ambiente.

Estandarizar (Seiketsu): Es muy importante que en el entorno del trabajo se mantenga ordenado y sea mejorado continuamente, que no existan accidentes y la estandarización de los procesos. Establecer un proceso de limpieza mensual en el área de trabajo, por ejemplo, cada 3 meses se puede revisar información de 6 meses antes y mandarla a almacenar o reciclaje según el procedimiento adecuado.

Disciplinar y seguir (Shitsuke): Es crear una rutina de limpieza y mantenimiento de las áreas de trabajo, estos hábitos son muy importantes para promover los mejoramientos y tener un estricto control de los cumplimientos de las necesidades, disminución de los errores y el tiempo de operación de determinados procesos, un mejoramiento de las relaciones humanas y el mejoramiento continuo.

En el área administración es muy importante que las relaciones humanas puedan mejorar constantemente ya que esto les permitirá que la organización de los diferentes departamentos sea más efectiva.

5.9. Organización del equipo de trabajo

El personal de mantenimiento tomó conciencia que cada uno de sus miembros de la organización es de importancia en las labores de mantenimiento que a través del trabajo en equipo, el intercambio de experiencias y conocimientos, así como el apoyo recíproco pertenece al círculo de la calidad.

Generalmente estos grupos de trabajo están integrados entre 3 a 6 personas, las funciones principales que tendrán a su cargo estos grupos de trabajo son las siguientes:

- Identificación de problemas.
- Selección de problema a resolver.
- Análisis del problema seleccionado.
- Propuestas de solución del problema.

El personal responsable conoce bien el funcionamiento, problemas y ajustes necesarios para la operación de los equipos, para esto el personal debe estar capacitado y conocer perfectamente la forma de operar y el funcionamiento de los equipos. Como objetivo es importante que todas las personas cuenten con capacitación y entrenamiento constante en lo que se refiere a las herramientas, seguridad, sistemas hidráulicos, mecánica que integran los equipos de perforación. el personal de mantenimiento debe entender por qué y la justificación del mantenimiento. Así mismo debe existir un líder que pueda dirigir al resto del personal para la distribución de las distintas actividades.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación del TPM requiere tiempo y los resultados positivos tienen un proceso a largo plazo por lo que no se pudo obtener el resultado final para poder llegar a todos los resultados a fin al igual que la disponibilidad que se espera, se requiere el apoyo de la gerencia para seguir con el proyecto y la colaboración de los trabajadores de la empresa y los beneficios obtenidos irán mejorando aún más, mejora el ambiente de trabajo, crecimiento de la capacidad del trabajador, el operador se identifica con su equipo. Se trabaja más en equipo.

El control del indicador como el tiempo medio entre falla MTTF, permitió fijar los objetivos de la mejora basada en el TPM, lo cual permitió alcanzar los objetivos trazados de elevación de la disponibilidad de los equipos, de los datos evaluados por el método de encuesta realizada al personal de mantenimiento se muestra la situación en que se encontraba la gestión de mantenimiento, a través de la gráfica radar nos permitió ver la diferencia del área de mantenimiento.

El entrenamiento y capacitación. Charlas permitió identificar las necesidades y conocimientos del personal de mantenimiento en temas técnicos, operativos y de mantenimiento, lo cual nos sirve para disminuir las fallas funcionales y operativas de los equipos por la identificación del operador las anomalías, teniendo como resultado un aumento de la eficacia seguridad y mantenimiento continuo del equipo.

La aplicación de las 5S en el área de mantenimiento ha llegado a cambiar hábito del personal en todas las áreas, por el orden y la limpieza en las instalaciones debido a la señalización realizadas y los diagramas de los procesos propuestos en cuanto a la forma de trabajar. La propuesta del plan de mantenimiento basada en TPM para mejorar la disponibilidad tiene una influencia positiva en la gestión del mantenimiento por lo que se debe seguir con este proyecto ya que a largo plazo se lograrán mejores resultados.

El indicador disponibilidad fue superado y se ha conseguido llegar al valor de 91%. Este indicador cuantifica los efectos de los ajustes de mantenimiento como aspecto positivo o de fallas como aspecto negativo siendo positivo en el proyecto, como muestra la tabla N°28.

Recomendaciones:

La gerencia debe implantar el TPM, e involucrar a las demás áreas y darles seguimiento a las acciones planteadas.

Seguir con la motivación al personal en su formación profesional y entrenamiento continuo con capacitaciones para así seguir avanzando con nuevas tecnologías y para un beneficio de la empresa. La gerencia debe continuar con el TPM como proceso de la mejora continua.

Hacer seguimiento a indicadores como MTTF, para el cumplimiento del plan de mantenimiento, costos y eficiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Manuel Pinzón, “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplina modernas aplicadas en el mantenimiento,” Colombia, 2006.
- [2] Sexo Luis Felipe, “Confiabilidad integral del activo,” Cuba, 2006.
- [3] 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.
- [4] Sandvik, (2011, Jun 15) “Equipos de perforación subterránea y empernadores,” disponible: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-y-empernadores/>
- [5] Izaguirre Neira Javier, Aplicación de herramientas de calidad de una fábrica de refrigeradoras para reducir fallos en el producto final, Lima, 2016.
- [6] Sexo Luis Felipe, “Confiabilidad integral del activo,” Cuba, 2006
- [7] Tamblay Javier Francisco, “Procedimiento operación con Jumbo PR-OPE -12 F&S Minería,” Chile, 2012.
- [8] Salazar Albornoz José Luis, “Manual de Mantenimiento,” Lima, 2014.
- [9] 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.
- [10] Mantenimiento Total de la Producción (Tpm): Proceso de Implantación y Desarrollo Francisco Rey Sacristán.

ANEXO A

Formato encuestas realizadas al Mantenimiento

Organización del Mantenimiento

#	Organización del Mantenimiento	Puntaje	%
1	Está definido por escrito y aprobado la organización y responsabilidades del departamento de Mantenimiento.		
2	Se comprueban las responsabilidades y las tareas definidas en la organización de forma periódica para su adaptación.		
3	Están las responsabilidades y las tareas de los jefes y supervisores claramente definidas.		
4	Está suficientemente dimensionada la estructura de la dirección de mantenimiento y su equipo técnico para abordar nuevos procesos de mejora.		
5	Mantenimiento tiene un área de planificación y coordinación de trabajo y para realizar estudios de mejora y formación.		
6	El personal de Operación tiene instrucciones para llevar a cabo operaciones de mantenimiento de primer nivel y las ejecuta		
7	Las Operaciones predictivas, preventivas y correctivas se ejecutan con orden de trabajo y se imputan adecuadamente las actividades y repuestos.		
8	Mantenimiento es considerado por otras áreas para la toma de decisiones en la empresa.		
9	Los departamentos de ingeniería, operaciones y logística tienen en cuenta de forma activa a mantenimiento en nuevos estudios o instalaciones.		
10	Hay reuniones periódicas y se realizan seguimiento de los niveles de calidad de servicio de parte de otras áreas.		

Fuente: Elaboración Propia.

Planeamiento del Mantenimiento

#	Planeamiento del Mantenimiento	Puntaje	%
1	Como calificaría el planeamiento dentro de la organización de la empresa.		
2	Se planifica y se programa los trabajos de Mantenimiento para su realización.		
3	Se planifica los repuestos, herramientas, equipos necesarios y documentación adecuada para la ejecución del Mantenimiento.		
4	Se planifica las OT para todo tipo de trabajo (Mecánica, Eléctrica, Mejoras).		
5	Se planifica los tiempos para los trabajos de Mantenimiento.		
6	Se planifica el equipo que se va ejecutar el Mantenimiento.		
7	El personal de Mantenimiento acciona en base a planes y programas.		
8	Se planifica la ejecución del Mantenimiento preventivo.		
9	Se coordina con Operaciones las fechas de realización de Mantenimiento de los equipos.		
10	Se realiza reporte de planeamiento y cumplimiento del área de Mantenimiento.		

Fuente: Elaboración Propia.

Ejecución del Mantenimiento

#	Ejecución del Mantenimiento	Puntaje	%
1	El personal de mantenimiento acciona en base a planes y programas.		
2	El área de mantenimiento coordina con Operaciones para la elaboración del Programa de Mantenimiento.		
3	El área de Mantenimiento participa en planes de inversión y modernización de la empresa.		
4	Se desarrolla el Mantenimiento preventivo bajo inspección y revisión planificados.		
5	Mantenimiento tiene archivos, documentación e historial técnica de los equipos en la ejecución del mantenimiento.		
6	Mantenimiento dispone de una gran cantidad de stock de repuestos y suministros en los almacenes.		
7	Mantenimiento dispone de herramientas en buen estado para la ejecución del Mantenimiento.		
8	Se realiza limpieza y lubricación de los equipos en base a una programación de mantenimiento rutinario.		
9	Mantenimiento realiza un análisis de las fallas comunes de los equipos.		
10	Mantenimiento dispone de información suficiente sobre los costos y presupuesto del Mantenimiento.		

Fuente: Elaboración Propia.

Habilidad del Personal de Mantenimiento

#	Habilidad del personal de Mantenimiento	Puntaje	%
1	Mantenimiento de la empresa cuenta con el personal acorde a las exigencias modernas.		
2	Mantenimiento de la empresa cuenta con el personal acorde a las exigencias modernas.		
3	El personal de Mantenimiento conoce los objetivos del área y de la empresa.		
4	El personal de Mantenimiento tiene iniciativa propia, trabaja solo, es responsable de las que realiza.		
5	El personal de Mantenimiento recibe formación en nuevas tecnologías permanentemente.		
6	El personal de mantenimiento realiza seguimiento a los parámetros de operación de los equipos.		
7	El nivel que cuenta el personal en la realización del manteniendo preventivo.		
8	Se sigue rigurosamente la calificación y la habilitación del personal.		
9	El personal recibe formación en seguridad y prevención de accidentes de forma regular.		
10	El personal de Mantenimiento realiza análisis de datos de las fallas de los equipos.		

Fuente: Elaboración Propia.

Abastecimiento del Mantenimiento

#	Abastecimiento del Mantenimiento	Puntaje	%
1	Se tiene un almacén específico o diferenciado para Mantenimiento y un sistema de seguimiento de pedidos.		
2	Están todas las piezas de repuestos identificados y codificados.		
3	El stock de repuestos esta al día, accesible al personal de forma informática y disponible el valor, numero de artículos etc.		
4	Están definidos los sistemas de aprovisionamiento y lanzamiento de compras por demanda, puntos de pedido etc.		
5	Se mantienen actualizado el stock de bodegas.		
6	Los procedimientos de requerimiento son rápidos y flexibles.		
7	Se tiene facilidad y homologación suministro distintos al propio fabricante.		
8	El registro de proveedores de repuesto se encuentra actualizado.		
9	Tienen proveedores concertados que almacenen en sus dependencias los materiales y repuestos de suministro.		
10	Los procedimientos administrativos y operativos para solicitar un repuesto o un traslado son ágiles y amigables.		

Fuente: Elaboración Propia.

Herramientas y Medios de Prueba

#	Herramientas y medios de prueba	Puntaje	%
1	Se dispone de un inventario documentado y actualizado de herramientas y equipos.		
2	Se dispone de herramientas especiales y equipamiento de precisión.		
3	Esta correctamente definido el procedimiento de verificación y calibración de herramientas especiales y útiles.		
4	Se dispone de proceso de herramientas a cargo, para saber su buena utilización y responsabilidad.		
5	Dispone cada mantenedor de una caja de herramienta personal.		
6	El personal verifica periódicamente la puesta de conformidad de equipos y herramientas nuevas, usadas.		
7	Cuando necesitan un medio extraordinario de mantenimiento o transporte, lo disponen con la características y celeridad precisa.		
8	El personal realiza la solicitud de nuevas herramientas y medios.		
9	Se dispone de las herramientas que se necesitan para la realización de un Mantenimiento.		
10	Se dispone de procedimientos definidos y aprobados para su uso y operación o manipulación de herramientas.		

Fuente: Elaboración Propia.

Control Técnico de los Equipos

#	Control Técnico de los equipos	Puntaje	%
1	Se dispone de una lista de inventario de ubicación de los equipos.		
2	Cada equipo tiene un código de identificación único.		
3	Los equipos cuentan con una identificación claramente señalado.		
4	Se cuenta con un programa informático o en papel de cada equipo funcionales como reseña histórica de todos los trabajos llevados a cabo de cada uno de ellos y su costo.		
5	Tiene efectuada análisis de criticidad de equipos y estudios de averías y modos de fallos (AMFE, RCM).		
6	Se dispone de información sobre las horas pasadas, piezas consumidas y los costos de los equipos.		
7	Se cuenta con dl personal responsable del cuidado de reseñas históricas de los trabajos de Mantenimiento.		
8	Está asegurada el seguimiento y control formal de las operaciones reglamentarias y de seguridad llevada a cabo.		
9	Se audita periódicamente la situación de inventario y su documentación.		
10	Se tiene constancia formal de la adecuación de su parque de equipos a la directiva de Mantenimiento.		

Fuente: Elaboración Propia.

Seguridad

#	Seguridad	Puntaje	%
1	Existe una política de seguridad de Mantenimiento.		
2	Se ha establecido procedimiento y normativa específica para el desempeño seguro de los trabajos de Mantenimiento.		
3	Se ha evaluado los riesgos según el puesto de trabajo.		
4	Conocimiento del impacto de seguridad en el Mantenimiento de la empresa.		
5	La política de seguridad de Mantenimiento de la empresa es actualizada permanentemente.		
6	La política de seguridad para lugares confinados en Mantenimiento se aplica adecuadamente.		
7	La política de seguridad para trabajos de soldadura en Mantenimiento de la empresa.		
8	La política de seguridad contra incendios en Mantenimiento de la empresa.		
9	La política de seguridad contra sustancias nocivas en Mantenimiento de la empresa.		
10	La política de seguridad para lugares de altura en Mantenimiento de la empresa.		

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO B.

Encuestas de Evaluación del Mantenimiento

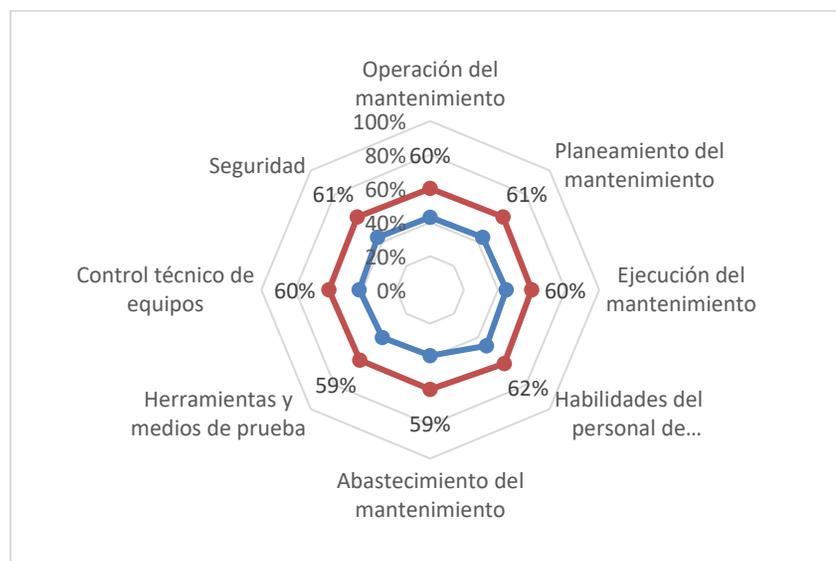
Resultado Final de las Encuestas de Evaluación del Mantenimiento

ANTES DE APLICAR			
#	Encuestas	puntaje	Puntaje/Ponderado
1	Organización del Mantenimiento	4,3	43%
2	Planeamiento del Mantenimiento	4,4	44%
3	Ejecución del Mantenimiento	4,5	45%
4	Habilidad del Personal de Mantenimiento	4,7	47%
5	Abastecimiento del Mantenimiento	3,9	39%
6	Herramientas del Mantenimiento	4	40%
7	Control Técnico de los equipos	4,2	42%
8	Seguridad	4,4	44%

Fuente: Elaboración Propia.

DESPUES DE APLICAR			
#	Encuestas	puntaje	Puntaje/Ponderado
1	Organización del Mantenimiento	6	60%
2	Planeamiento del Mantenimiento	6,1	61%
3	Ejecución del Mantenimiento	6	60%
4	Habilidad del Personal de Mantenimiento	6,2	62%
5	Abastecimiento del Mantenimiento	5,9	59%
6	Herramientas del Mantenimiento	5,9	59%
7	Control Técnico de los equipos	6	60%
8	Seguridad	6,1	61%

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.