

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO-CHILE



“DESARROLLAR UN PLAN DE MEJORA
ENFOCADO EN EL MANTENIMIENTO DE LAS
MÁQUINAS PERFORADORAS CRÍTICAS DE UNA
EMPRESA DE SONDAJE MINERO”

EDUARDO ALBERTO HERMOSILLA HEINI
MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA: ING. LUIS GUZMÁN
PROFESOR CORREFERENTE: ING. NELSON ÁLVAREZ

ENERO-2019

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi familia por su apoyo incondicional en todo este periodo de estudio. En especial a mis padres, que me han regalado la educación necesaria para tener un mejor por venir.

Agradecer a mi novia por darme siempre la fuerza para seguir adelante, sé que juntos seguiremos consiguiendo todo lo que nos propongamos.

Agradecer a mis amigos por ayudarme a desconcentrarme y así lograr sobrevivir al estrés de la Universidad.

Agradecer a mis profesores guías Don Luis Guzmán y Don Nelson Álvarez por ayudarme a consolidar este título de ingeniero.

A los Ingenieros Juan Pablo Gutiérrez y Lennin Chamorro por ayudarme a guiar este documento.

Y quisiera dedicar este logro a mi abuela Judith Q.E.P.D. que no logré terminar mis estudios antes de su partida, pero sé que siempre me estará acompañando en todos mis futuros desafíos y logros.

Resumen

En el presente documento se estudiará el funcionamiento del plan de mantenimiento de las máquinas de perforación críticas para una empresa de sondaje. Para ello se trabajará con los datos obtenidos desde faena durante el periodo de 2016 y primer semestre de 2017.

Inicialmente se realizará un diagnóstico de la visión del cliente interno del mantenimiento, para luego realizar un levantamiento de información desde las diferentes áreas de la empresa (operación, abastecimiento, mantención, entre otras).

Con esta información se determinará el modelo crítico de las máquinas perforadoras, más sus componentes críticos. Esto se obtendrá gracias a una Matriz de criticidad y el Diagrama de Pareto. Los componentes críticos son: Sistema Hidráulico; Unidad de Rotación; Rod Handler; Compresor y Top Swivel. También se obtendrán ciertas debilidades que posee la empresa tales como: mala Reportabilidad, mala Gestión del Mantenimiento y Problemas de Abastecimiento de Repuestos.

Luego se estudiarán 5 herramientas tácticas (RCM, TPM, Lean Management, RBI y BCM), con el fin de escoger la que mejor se adapta a las necesidades de la Empresa. Las herramientas escogidas son RCM y TPM.

Se estudiarán todos los pilares que conforman TPM, con el fin de seleccionar los que más se adecuen a las debilidades de la empresa. Estos pilares son: Mantenimiento Planeado; Mantenimiento Enfocado y Gestión de Sectores Administrativos.

Debido a que la implementación de estos pilares no conlleva a nuevos gastos para la empresa, no se asocian nuevos costos al área de mantenimiento.

Finalmente se diseñará una estrategia de mantenimiento a 5 años, con el fin de consolidar los pilares utilizados de dicho sistema, además de plantear el desafío de implementar los otros cinco.

Glosario

Confiabilidad: es una medida de la garantía del funcionamiento que podemos esperar de un componente.

Contexto Operativo: permite conocer todas las circunstancias reales bajo las cuales funciona el equipo.

Criticidad: es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía de procesos, sistemas y equipos.

Disponibilidad Operacional: porcentaje del tiempo en que un equipo estuvo disponible para el proceso de operación en las condiciones de seguridad y calidad establecidas.

Fallas funcionales: es un estado a partir del cual el equipo es, total o parcialmente, incapaz de cumplir los parámetros de funcionamiento definidos en sus funciones.

Funciones del activo: son las expectativas que los dueños, usuarios y mantenedores tienen con respecto al activo.

KPI (Key Performance Indicators): indicadores claves para la empresa o el negocio.

Mantenibilidad: es la probabilidad que tiene un ítem en estado de falla de ser diagnosticado y reparado con éxito en un tiempo t .

Modo de Falla: es un evento que puede ocurrir en el componente y provocar la falla funcional del equipo al que pertenece.

MTBF (*Meantime Between Failures*): tiempo medio entre las fallas de un equipo.

MTTR (*Meantime to Repair*): tiempo medio que tarda la reparación de un equipo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iii
Resumen	iv
Glosario	v
ÍNDICE.....	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
Introducción.....	1
Antecedentes de la empresa.....	2
Descripción del problema.....	4
Objetivos.....	5
1 Marco Teórico.....	6
1.1 Herramientas y parámetros para el Levantamiento de Información.....	6
1.1.1 Encuesta.....	6
1.1.2 Modelo de Tiempo	7
1.1.3 Indicadores.....	8
1.2 Técnica de Análisis de Criticidad	9
1.3 Mantenimiento Industrial.....	11
1.4 Herramientas Tácticas para el Mantenimiento Industrial	13
1.4.1 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).....	13
1.4.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	18
1.5 Datos Maestros	24
1.6 Determinación de Costos de mantenimiento	24
2 Plan de Trabajo.....	25
3 Diagnóstico inicial de la empresa.....	26
3.1 Evaluación del Cliente Interno.....	26
3.2 Levantamiento de Información	28
4 Análisis de Criticidad.....	32
4.1 Máquina Crítica	32
4.2 Componente crítico.....	35
5 Elaboración de propuestas de mejoras	42
5.1 Selección de Herramientas Tácticas	42
5.2 Selección de Pilares TPM	43
5.3 Pilares TPM a implementar	45
5.4 Manejo de los Datos Maestros.....	55

5.5	Análisis de costos de la propuesta	56
5.6	Elaboración de estrategia de mantenimiento a 5 años.	56
6	Metodología Aplicada	57
7	Conclusiones	58
8	Bibliografía.....	61
9	Anexos.....	64
9.1	Descripciones de Cargos.....	64
9.2	Organigrama Casa Matriz	75
9.3	Organigrama Faena	76
9.4	Matriz de Criticidad Original.....	77
9.5	FMECA ejemplo.....	78
9.6	Planilla de Análisis Por qué – Por qué.....	79
9.7	Encuestas de diagnóstico	80
9.8	Plan de Mantenimiento EDM 1200	86
9.9	Plan de Mantenimiento SCHRAMM T685WS-D	89
9.10	Plan de Mantenimiento LF-230	92
9.11	Reporte de Mantenimiento.....	94
9.12	Inconsistencia de información	95
9.13	Reporte de Avance.....	96
9.14	TOS EDM 1200	106
9.15	Hoja de Cálculo con Detenciones.....	107
9.16	Matriz de Criticidad Modificada.....	110
9.17	Hoja de Cálculo de MTBF	111
9.18	Matriz de Criticidad para la EDM 1200	112
9.19	Matriz de Criticidad para la EDM 1200 Multipropósito	113
9.20	Matriz de Criticidad para la SCHRAMM T685WS-D	114
9.21	Análisis ADF	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Tipos de preguntas utilizadas en las Encuestas. Fuente: [2].	6
Figura 1-2: Modelo de Tiempo. Fuente: [3].	7
Figura 1-3: Diagrama de Jack Knife. Fuente: [10].	15
Figura 1-4: Diagrama Jack Knife bilogarítmico. Fuente: [10].	16
Figura 3-1: Diagrama de Radar con los promedios de cada evaluación de los Clientes Internos. Fuente: Elaboración propia.	28
Figura 4-1: Gráfico de torta que muestra el porcentaje total del número de fallas para el turno A y el turno B. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 4-2: Gráfico de torta que muestra el porcentaje total de las horas detenidas por cada turno. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 4-3: Gráfica de torta con la Distribución del total de horas detenidas de la máquina EDM 1200 Multipropósito (1.190,4 horas de detención aproximadamente), los números superiores representan los Códigos correspondientes al mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 4-4: Gráfica de torta con la Distribución del total de horas detenidas de la máquina EDM 1200 Multipropósito, discretizado por familia. Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 4-5: Diagrama de Pareto con las horas de detención y reparación. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 4-6: Diagrama de Pareto con las cantidades de fallas ocurridas durante el periodo de estudio. Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 4-7: Diagrama de Jack-Knife. La línea vertical representa la Confiabilidad (Límite n). La línea horizontal representa la Mantenibilidad (Límite MTTR). La línea diagonal representa >80% (Pareto). Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 4-8: Análisis Demográfico para la Espera de Mecánico (COD31), donde las columnas A y B representan a los turnos de día y noche respectivamente. Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 4-9: Análisis Demográfico para la Espera de Repuestos (COD32), donde las columnas A y B representan a los turnos de día y noche respectivamente. Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 5-1: Matriz de Decisión para determinar la mejor herramienta táctica a utilizar. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 5-2: Análisis FMECA del Sistema Hidráulico, parte 1. Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 5-3: Análisis FMECA del Sistema Hidráulico, parte 2. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 5-4: Análisis FMECA del Sistema Hidráulico, parte 3. Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 5-5: Planilla Por qué - Por qué aplicada a la Unidad de Rotación. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 5-6: Planilla Por qué - Por qué aplicada al Rod Handler. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 5-7: Planilla Por qué - Por qué aplicada al Compresor. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura 5-8: Planilla Por qué - Por qué aplicada al Top Swivel. Fuente: Elaboración propia.	53
Figura 5-9: Línea de Tiempo de la estrategia de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.	56

Introducción

En la industria existen muchos procesos productivos que necesitan de diversas máquinas, lo que hace indispensable asegurar el correcto funcionamiento de éstas. Es por esto que el mantenimiento industrial se vuelve tan importante e incluso vital para la existencia de una empresa.

El personal a cargo del mantenimiento realiza diferentes tareas para lograr: el continuo funcionamiento de una máquina, disminuyendo las tasas de fallas; reducir grandes gastos en repuestos como en costos de reparación; aumentar la producción, aumentando el MTBF y disminuyendo el MTTR; además de disminuir los posibles accidentes provocados por fallas inesperadas.

Existen diferentes metodologías para realizar una mantención a una máquina, de ellas se debe escoger la más adecuada para mejorar la productividad de la empresa. Esta memoria determinará la metodología más apta para mejorar el mantenimiento de las máquinas perforadoras de una empresa de sondaje minero.

Para ello se analizará la máquina y sus componentes de mayor criticidad en la faena, para luego determinar la mejor herramienta táctica para el mantenimiento. Para esto se realizará una matriz de decisión, en la que se compararán cinco estrategias de mantenimiento diferentes: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), Mantenimiento Productivo Total (TPM), LEAN aplicado al mantenimiento, Inspección Basada en Riegos (RBI) y el Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM).

Luego de seleccionar y aplicar la mejor herramienta, se analizarán los costos que conlleva su aplicación, para luego diseñar una estrategia de mantenimiento a cinco años con el fin de mejorar los parámetros de criticidad utilizados.

Antecedentes de la empresa

La Empresa está dedicada al desarrollo, administración y ejecución de proyectos de Sondaje Minero. Su función es realizar exploraciones mineras y ver donde es la mejor ubicación para la explotación de minerales, también brindan el servicio de perforación, construcción y habilitación de pozos de agua de gran diámetro, entre otros servicios. Prestan servicios en las faenas de Minera Escondida, Los Bronces, Anglo American (cachorro), Collahuasi, y una serie de empresas que están relacionadas con el rubro minero.

Misión: Se basa en alcanzar íntegramente un desarrollo sustentable con sus clientes y conjuntamente con el equipo de trabajo, mediante nuevas tecnologías, innovaciones técnicas, la seguridad de sus colaboradores, y con su calidad de obras.

Visión: Desempeñar un trabajo con seguridad, calidad y responsabilidad social, cuidando el medio ambiente y velando por la salud de cada uno de sus colaboradores. Conjuntamente posicionarse en el país como una de las empresas líderes en el rubro minero.

Valores: Son una empresa responsable en la seguridad colectiva de sus equipos de trabajo, ya que trabajan con los más altos estándares de seguridad y cuidados del medio ambiente. Dentro de su cadena de valores se encuentra el lema “Cero errores, cero daños”, la Excelencia y la coherencia con sus actos los destacan dentro del rubro minero.

Durante el desarrollo de esta memoria de titulación, La Empresa presta servicios de exploración minera en la faena Los Bronces, Escondida, Collahuasi y Cachorro.

Para cada faena, La Empresa designa un Gerente de Proyecto, el cual está a cargo de todo el personal en faena, además de ser el principal conducto de comunicación entre La Empresa y El Cliente (ver Anexo 9.1 con la descripción del cargo).

La Empresa se divide en dos Organigramas, uno para las instalaciones de la casa matriz (Anexo 9.2) y otro para las instalaciones en faena (Anexo 9.3).

Según las descripciones de cargo aplicadas en La Empresa, serán nueve los cargos que tendrán directa participación en el mantenimiento de las máquinas, estos son:

- **Mecánico de Faena y su ayudante:** responsables de chequear los equipos diariamente y realizar reparaciones correctivas; realizar las mantenciones preventivas semanales; realizar mantención de sondas de perforación cada 250 horas; hacer mantención a camiones y equipos menores; efectuar diagnósticos mecánicos, hidráulicos y neumáticos; efectuar diagnósticos mecánicos, hidráulicos y neumáticos; tomar muestras de aceite en sondas de perforación y equipos; informar desviaciones operacionales que afecten la disponibilidad de los equipos; y ejecutar las reparaciones mecánicas e hidráulicas de equipos de sondaje y la flota.
- **Jefe de Mantenimiento:** responsable de planificar los trabajos de mantención en faenas; planificar, coordinar y controlar la mantención y reparaciones diarias de la flota en faenas; asegurar el correcto funcionamiento de los equipos; coordinar semanalmente con Encargado de Bodega, de modo que no exista desabastecimiento de repuestos en faena; administrar el personal de mantención; mantener un control de registro diario del programa

de mantención preventivo; mantener un control diario del horómetro de los equipos; asegurar pauta básica de mantención en los equipos de sondajes. Cumplir con pautas de mantención cada 200, 400, 600, 800 y 1.600 horas, según corresponda; generar un reporte diario de operatividad de equipos en faena; y elaborar análisis de causa de fallas de todos los equipos en faena.

- **Operador de la sonda y su ayudante:** responsable de revisar sonda de perforación y las herramientas y accesorios para la perforación; revisar y validar reporte de turno; y apoyar las funciones del personal de mantención (Prevía inducción por parte del Departamento de Mantención).
- **Bodegueros en Faena:** responsables de mantener el inventario de las bodegas y de faenas (De faena recibe el detalle del inventario, lleva el control y hace auditorias) y generar solicitudes de materiales para la reposición de stocks de la bodega o para solicitudes especiales.
- **Jeje de Abastecimiento Bodega Casa Matriz:** responsable de mantener el inventario de las bodegas y de faenas (De faena recibe el detalle del inventario, lleva el control y hace auditorias); generar solicitudes de materiales para la reposición de stocks de la bodega o para solicitudes especiales y controlar semestralmente el listado de stock crítico de materiales y repuestos; y controlar semestralmente el listado de stock crítico de materiales y repuestos.
- **Supervisor:** responsable de supervisar el cuidado de las herramientas, uso de implementos de protección personal; y de chequear y asegurar el correcto llenado del reporte del turno.
- **Jefe de Faena:** responsable de revisar reportes de turno antes de su envío; revisar y verificar el mantenimiento diario de las sondas de perforación y servicios (engrase, niveles de limpieza, entre otros); e instruir a los operadores en las mejores prácticas de perforación de acuerdo con el terreno a operar.
- **Gerente de Proyecto:** responsable de generar reporte diario de inventarios, informe de consumo de aditivos, combustible y otros.
- **Gerente de Operaciones:** se preocupa que el informe final es entregado al Cliente según los estándares fijados.

El resto de los cargos observables en el Organigrama Casa Matriz no serán detallados ya que no tienen relación directa con el Área de mantenimiento ni con los reportes en faena.

La Empresa utiliza el sistema de planificación empresarial SAP, pero no cuenta con una base de datos correspondiente al desempeño de las sondas, y tampoco cuenta con un registro de los gastos correspondientes al área de mantenimiento, más bien focalizan el uso de SAP en el área de abastecimiento.

Descripción del problema

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento específico según las condiciones en las que se desempeñarán sus sondas, solo se ejecutan las recomendaciones generales entregadas por los fabricantes, y no se realiza un estudio más detallado en base a cada uno de los diferentes trabajos que deberán realizar los equipos, además de no contar con un sistema de control para los mantenimientos realizados.

En cuanto al presupuesto de mantenimiento por faena, se trabaja con una cifra histórica igual para cada trabajo, imposibilitando optimizar los costos por faena, o bien plantear el funcionamiento de máquinas en “Stand By”.

Objetivos

El propósito principal de esta memoria de titulación es desarrollar un plan de mejora enfocado en el mantenimiento de las máquinas perforadoras críticas de una empresa de sondaje minero.

Para alcanzar dicho propósito se deberá:

- ✓ Definir los activos de la empresa, su política de mantenimiento y la condición operacional a través de un levantamiento de información.
- ✓ Identificar la máquina perforadora de mayor criticidad y sus componentes.
- ✓ Determinar un plan de mejora para dicha máquina.
- ✓ Establecer un procedimiento para el manejo de los datos maestros.
- ✓ Analizar los costos que conlleva aplicar el plan de mejora planteado.
- ✓ Diseñar una estrategia de mantenimiento a cinco años.

1 Marco Teórico

Siguiendo con el orden de los objetivos específicos de la memoria, inicialmente se presentarán unas herramientas utilizadas en el diagnóstico inicial de La Empresa, junto con la definición de los KPI obtenidos en el Levantamiento de Información; a continuación se expone qué es y cómo se realizará el Análisis de Criticidad para las máquinas perforadoras de la empresa; luego se mencionará qué se entiende por Mantenimiento y los tipos de herramientas tácticas que se utilizarán en el plan de mejora; posteriormente se definirá el concepto de Datos Maestros aplicable al mantenimiento; para finalmente mostrar cómo se determinarán los costos asociados al mantenimiento.

1.1 Herramientas y parámetros para el Levantamiento de Información

A continuación se presentan las herramientas utilizadas durante el Diagnóstico de la Empresa, junto con el Levantamiento de Información, además de presentar los indicadores utilizados para el análisis de este documento.

1.1.1 Encuesta

Con el fin de conocer la visión de los clientes internos del mantenimiento se utilizará una encuesta, esta se define como *“un método científico de recolección de datos de carácter cuantitativo que permite recopilar información sobre opiniones, creencias y/o actitudes de los sujetos estudiados e indagar acerca de temas múltiples, tales como pautas de conducta o consumo, prejuicios sociales, trayectorias académicas, laborales, sociales, entre otros aspectos.”* [1].

Las Encuestas cuentan con un determinado número de preguntas, las que se pueden agrupar de la siguiente forma:

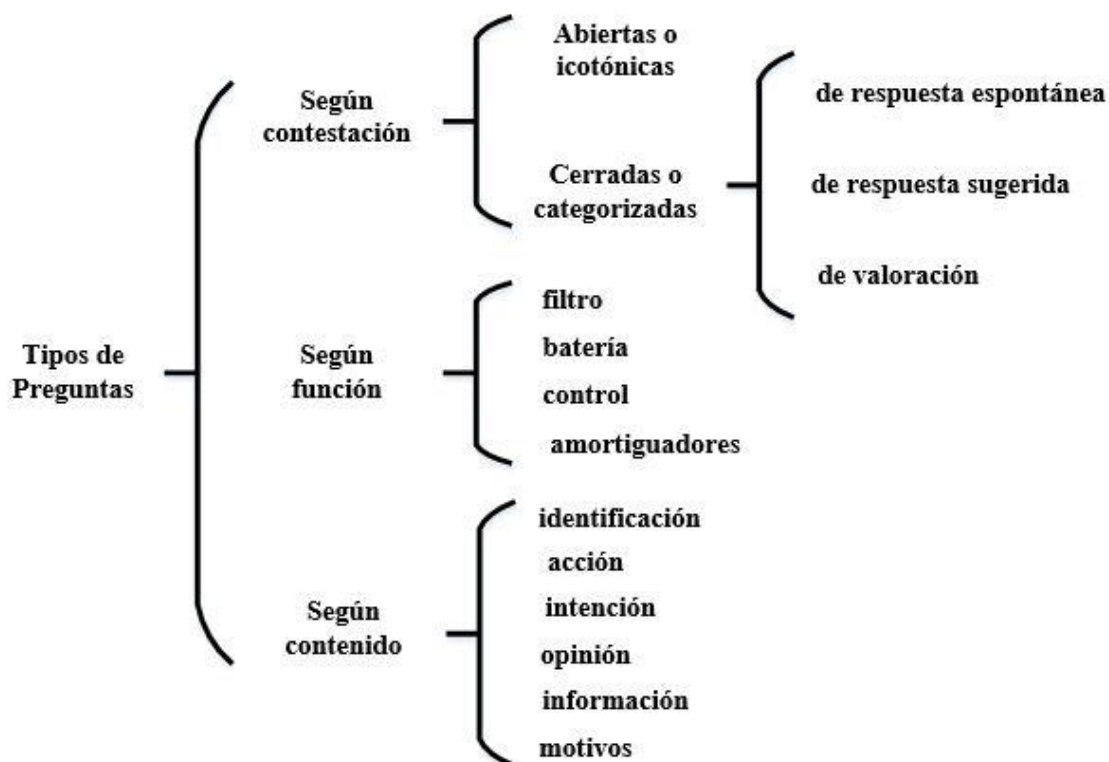


Figura 1-1: Tipos de preguntas utilizadas en las Encuestas. Fuente: [2].

Con el fin de facilitar el posterior análisis y en base a lo expuesto en la Figura 1-1, la Encuesta utilizará preguntas cerradas con niveles de valoración para luego resumir todas las respuestas en un diagrama de radar.

1.1.2 Modelo de Tiempo

En la industria, una buena práctica es dividir los tiempos totales de trabajo según las posibles utilizaciones que se les dará, esto permite observar los tiempos afectados por Paradas Planeadas o No, además de conocer el tiempo real de Operación. A esta división se le conoce como Modelo de Tiempo (Figura 1-2).

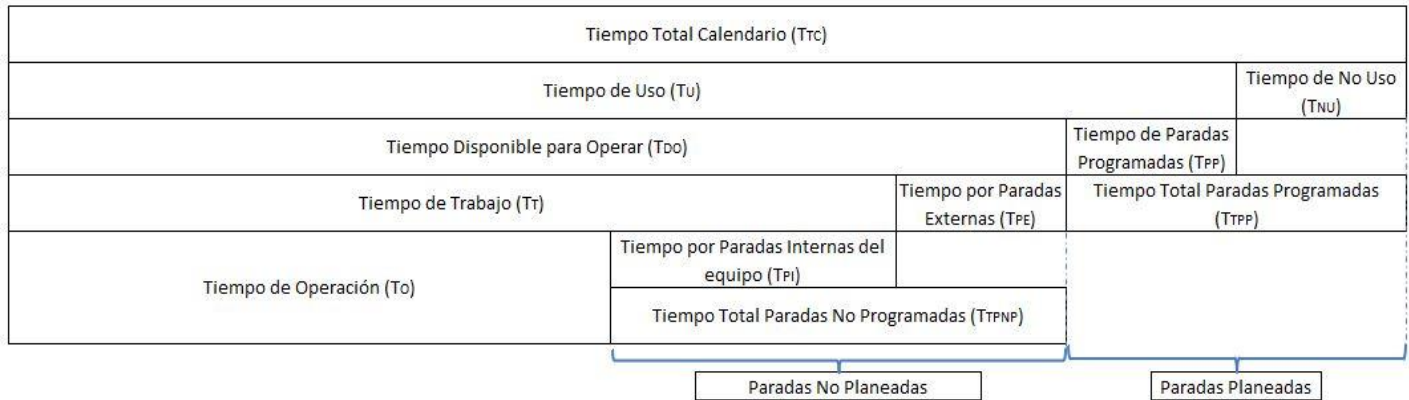


Figura 1-2: Modelo de Tiempo. Fuente: [3]

Del que se define:

- **Tiempo Total Calendario (T_{TC}):** tiempo total disponible por calendario para trabajar (12 horas por turno).
- **Tiempo de Uso (T_U):** tiempo de manipulación del equipo ($\sum_{i=1}^{56} COD_i$).
- **Tiempo de No Uso (T_{NU}):** tiempo en que el equipo no fue utilizado ($T_{TC} - T_U$).
- **Tiempo de Paradas Programadas (T_{PP}):** tiempo utilizado para reparaciones u otras necesidades programadas ($COD_{11} + COD_{44}$).
- **Tiempo de Disponible para Operar (T_{DO}):** tiempo planificado para operar ($T_U - T_{PP}$).
- **Tiempo por Paradas Externas (T_{PE}):** tiempo en que el equipo no pudo trabajar por condiciones externas ($COD_{16} + COD_{17} + COD_{21} + COD_{23}$).
- **Tiempo de Trabajo (T_T):** tiempo en que se utiliza el equipo para realizar su trabajo ($T_{DO} - T_{PE}$).
- **Tiempo Total Paradas Programadas (T_{TPP}):** suma entre las paradas programadas y el tiempo de no uso ($T_{PP} + T_{NU}$).
- **Tiempo de Operación (T_O):** tiempo real de operación ($T_{DO} - T_{TPNP}$).
- **Tiempo por Paradas Internas del equipo (T_{PI}):** detenciones por fallas del equipo ($(\sum_{i=31}^{48} COD_i) - COD_{44}$).
- **Tiempo Total Paradas No Programas (T_{TPNP}):** suma entre las detenciones por fallas, y las detenciones independientes del equipo ($T_{PI} + T_{PE}$).

Los COD_i que se mencionan en alguna de las definiciones anteriores corresponden a los Códigos que La Empresa utiliza para reconocer los trabajos de Mantenimiento realizados por los mecánicos en faena, estos serán presentados en la sección 3.2.

1.1.3 Indicadores

Los indicadores (KPI) “*permiten determinar cuantitativamente el grado de cumplimiento de las directrices de alineamiento con el negocio. Estos indicadores deben:*

- *Ser métricas estandarizadas y rastreables a lo largo del tiempo.*
- *Posibilitar el establecimiento de objetivos cuantificables y revisables en el tiempo.*
- *Estar asociados a las directrices de alineamiento.*
- *Estar limitados a los factores que son esenciales para determinar el grado de alineamiento con el negocio.*
- *Actuar como señales de alerta que ayuden a anticipar problemas.*

Un error habitual es tender hacia la definición de muchos indicadores por lo que la recomendación es limitar el número de KPI para mantener la atención y foco adecuado en cada uno de ellos.” [4].

Para el caso de La Empresa, su principal indicador para medir el rendimiento de una máquina es la Disponibilidad Operacional. Con el fin de mejorar el análisis para esta memoria de titulación, se sumarán los KPI Tiempo Medio entre Fallas y Tiempo Medio para Reparación.

A continuación, se definirán estos indicadores:

- **Tiempo Medio entre Fallas (MTBF):** “*este parámetro establece el período promedio entre dos fallas de un elemento en un contexto de funcionamiento dado; las letras MTBF corresponden a Meantime Between Failures.*” [5]. Se calculará según la Fórmula (1.1).

$$MTBF(h) = \frac{T_{DO} - T_{PI}}{T_{PI}} \quad (1.1)$$

- **Tiempo Medio para Reparación (MTTR):** “*el tiempo medio para reparación (Meantime to Repair) es la relación entre el tiempo total de intervenciones por restauración, y el número total de reparaciones. Este índice debe aplicarse a equipos cuyo tiempo de reparación es significativo con respecto al tiempo de operación.*” [5]. Se obtendrá según la Fórmula (1.2).

$$MTTR(h) = \frac{T_{PI}}{N^{\circ} \text{ de detenciones}} \quad (1.2)$$

- **Disponibilidad Operacional (A):** “*se define disponibilidad operacional de un equipo, conjunto de equipos o línea de producción, al porcentaje del tiempo en que estuvo disponible para el proceso de operación en las condiciones de seguridad y calidad establecidas.*” [5]. Se obtendrá según la Fórmula (1.3).

$$A = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad (1.3)$$

1.2 Técnica de Análisis de Criticidad

Las técnicas de análisis de criticidad son herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan [6].

La Criticidad es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo. [6].

A continuación, se expone una guía práctica para poder estimar el Grado de Criticidad (GC) según Pistarelli [7], ésta será adaptada según el contexto de este documento y se aplicará para determinar el modelo de sonda crítica para la compañía, para ello se deben cuantificar una serie de factores, estos son:

1. Seguridad y Medio Ambiente

Evaluar si al producirse una falla, se generan consecuencias que pueden afectar la integridad física de personas y/o perjudicar al medio ambiente.

Peso Relativo: 10

Impacto: Si hay Riesgo = 10; Si no hay Riesgo = 0

2. Producción

Se debe determinar si la avería de la unidad funcional provoca una disminución de la capacidad productiva. La unidad funcional se considera individualmente, no asumiendo la existencia de otras unidades redundantes (Stand-By).

Peso Relativo: 7

Impacto: ALTO = 10; MEDIO = 5; BAJO = 0

3. Calidad

Analizar el proceso de falla completo y evaluar si puede verse perjudicada la calidad del producto.

Peso Relativo: 7

Impacto: ALTO = 10; MEDIO = 5; BAJO = 0

4. Perdidas / Daños

Ciertas averías provocan daños o pérdidas en el sistema que ocasionan gastos extraordinarios, aunque no afectan la producción ni la calidad.

Peso Relativo: 7

Impacto: ALTO = 10; MEDIO = 5; BAJO = 0

5. Equipos Redundantes (Stand-By)

Un equipo redundante es aquel que se encuentra instalado y fuera de servicio, pero presto a funcionar si se ve afectada la unidad funcional protegida. El proceso de conmutación

puede ser automático o bien a través de simples y rápidas maniobras, sin causar perjuicio en la seguridad o capacidad productiva.

Peso Relativo: 4

Impacto: Si existe = 0; Si no existe = 10

6. Régimen de Marcha

El concepto de continuidad se relaciona con el ciclo de trabajo de la unidad funcional analizada. Si la misma funciona por un tiempo mayor al 75% de la duración del proceso al cual pertenece, se considerará "continuo".

Peso Relativo: 4

Impacto: Si es continuo = 10; Si no es continuo = 0

7. Frecuencia de Falla

Es preciso estimar la frecuencia de las detenciones (debidas a cualquier avería) de la unidad, durante su régimen de trabajo normal.

Peso Relativo: 3

Impacto: ALTO = 10(> 6 fallas/año); MEDIO = 5(>2 fallas/año); BAJO = 0(<2 fallas/año)

8. Equipos de Reserva

Verificar si las partes más importantes de la unidad funcional (motor, bomba, ventilador, válvulas, etc.) se encuentran disponibles en el Almacén de Repuestos para ser sustituidas en caso de que la unidad funcional quede fuera de servicio; y sin que esto perjudique la capacidad productiva o la calidad del producto.

Peso Relativo: 4

Impacto: Si existe = 0; Si no existe = 10

9. Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

Debe estimarse el tiempo aproximado en reparar la unidad dañada, considerando las fallas más frecuentes que pueda sufrir.

Peso Relativo: 2

Impacto: 1(<2 horas); 4(≥ 2 y <4); 7(≥ 4 y <8); 10 (>8 horas)

Luego, utilizando la Matriz de Criticidad (Anexo 9.4), se obtendrá la suma del producto entre el Peso(P) por el Impacto(I) de cada factor, resultando en su Grado de Criticidad (GC). Se definen las siguientes tres categorías para el Grado de Criticidad:

Clase A: $GC \geq 160$

Clase B: GC entre 100 y 159

Clase C: $GC \leq 99$

1.3 Mantenimiento Industrial

En base a lo expresado por J. Moubray [8] y A. Pistarelli [5], se puede definir al mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, asegurando que continúen haciendo lo que los usuarios quieren que hagan, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. Esto se logra reparando o reemplazando los componentes que hayan fallado o los que se espera que fallen.

El mantenimiento busca realizar las acciones correctas en el momento preciso, ya que el desempeño de las máquinas o componentes difiere entre ellos, es por esto por lo que nacen distintos Tipos de Mantenimiento buscando maximizar la disponibilidad operacional. Algunos de estos Mantenimientos son:

Mantenimiento Correctivo

“Consiste en la reparación de averías o fallos funcionales a medida que se van produciendo. El personal encargado de identificar los defectos generalmente es el operador de la máquina, y es quien avisa al personal especializado para que realice la reparación. En otras oportunidades el propio operador de la máquina repara alguna de las fallas.

Las acciones deliberadas y no controladas del mantenimiento correctivo fuerzan la necesidad de contar con excesivo personal de mantenimiento. Además, muchas reparaciones no siempre resultan definitivas y se transforman en fallos crónicos. Un excesivo mantenimiento correctivo tiende a incrementar el número de equipos en paralelo (Stand-By) lo que provoca a su vez, elevados niveles de capital inmovilizado.

Se dificulta la confección de presupuestos debido a la aleatoriedad de los eventos: todo lo cual incrementa los gastos de operación y mantenimiento.

Presenta como característica positiva que se necesita poco planeamiento; aunque en ciertas ocasiones las averías repentinas provocan un impacto desfavorable en la operación, deteniéndola y generando grandes pérdidas en cantidad y calidad.

Por lo general se debe proceder en forma acelerada aumentando el riesgo de accidentes.” [5].

Mantenimiento Preventivo

“Se pretende disminuir la frecuencia de las paradas no programadas aprovechando el momento más oportuno, tanto para Producción como para Mantenimiento. Permite, además, preparar herramientas, repuestos e insumos y seleccionar al personal más capacitado.

Como parte del mantenimiento preventivo se encuentran los servicios de inspección cíclicos, conservación y restauración de un ítem para prevenir, detectar o corregir defectos.

Se realiza a espacios de tiempo, horas, ciclos, etc. regulares bien definidos y sin importar el estado del ítem a mantener. Normalmente con el equipo o instalación fuera de servicio y sustituyendo o reparando cíclicamente los componentes. En algunos equipos es necesario justificar cierta rentabilidad económica para su aplicación.” [5].

Mantenimiento Predictivo

“Propone que es posible detectar síntomas prematuros de desperfectos o desajustes, algún tiempo antes de que se produzca una detención no deseada. Se presume que ciertos componentes “avisan” antes de llegar a la falla operacional (funcional).

Si estamos “atentos” y los componentes realmente “avisan”, entonces por medio de herramientas tecnológicas adecuadas, podremos monitorear la curva de su estado. Se busca determinar con anticipación la mayor cantidad de fallas potenciales.

A partir de la detección de la falla incipiente, es posible estimar el tiempo de vida hasta la falla operacional, y en consecuencia, contar con el tiempo suficiente para programar su reemplazo o su reparación. Para equipos prioritarios, se realiza estimaciones por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas y determinar la frecuencia exacta de inspección.” [5].

Mantenimiento Proactivo

“Consiste en monitorear propiedades de ciertos parámetros en los componentes antes de decidir una intervención. Sin embargo, en este caso y a diferencia del predictivo, se pretende determinar la causa “más” raíz que puede provocar una falla sintomática con el fin de desviar una tendencia indeseable.

Con el mantenimiento predictivo logramos anticiparnos a la falla funcional, pero muchas veces la situación del elemento que se monitorea es irreversible. En lugar de ello, el mantenimiento proactivo busca anticiparse y establecer con la debida antelación, la causa raíz de falla.” [5].

Además de los distintos Tipos de Mantenimiento, se le asocian una serie de conceptos, estos son:

- **Contexto Operativo:** *“debe ser documentado (redactado) claramente antes de enumerar las funciones evitando la redacción exagerada pero asegurando que pueda ser comprendido por cualquier persona del ámbito industrial...permite conocer todas las circunstancias reales bajo las cuales funciona el equipo.” [3].*
- **Funciones del activo:** *“son las expectativas que los dueños, usuarios y mantenedores tienen con respecto al activo...La norma SAE JA 1012 establece que las funciones primarias (específicas) del activo son la razón de su adquisición...Por su lado, las funciones secundarias se refieren a temas menos evidentes (no menos importantes) como control, seguridad, protección, capacidad de contención, información, apariencia, eficacia, integridad, cumplimiento de leyes o estándares ambientales, etc. En muchas ocasiones, la consecuencia del incumplimiento de una función secundaria es más grave que el incumplimiento de una función primaria.” [3].*
- **Fallas funcionales:** *“es un estado a partir del cual el equipo es, total o parcialmente, incapaz de cumplir los parámetros de funcionamiento definidos en sus funciones. También se conoce como estado de falla y es la manera (o forma) en que la función puede no cumplirse. Las fallas funcionales pueden ser fallas parciales en las que el activo aún funciona pero con un nivel de desempeño inaceptable.” [3].*

- **Modo de Falla:** *“es un evento (causa raíz) que puede ocurrir en el componente y provocar la falla funcional del equipo al que pertenece. La causa raíz puede ser de índole física, humana o administrativa. Es de esperar que suceda una falla funcional por más de un motivo, vale decir, por más de un modo de falla”* [3].
- **Confiabilidad:** *“también conocida como fiabilidad, resulta ser una medida de la garantía de funcionamiento que podemos esperar de un componente al cabo de un tiempo de utilización partiendo de un estado satisfactorio.”* [5].
- **Mantenibilidad:** *“es un parámetro estadístico que se define como la probabilidad que tiene un ítem en estado de falla de ser diagnosticado y reparado con éxito en un tiempo t , y en el contexto de operación establecido.”* [5].

1.4 Herramientas Tácticas para el Mantenimiento Industrial

En esta sección se describirán dos herramientas tácticas aplicadas al mantenimiento (RCM y TPM) las cuales serán utilizadas en el plan de mejora a desarrollar. De la primera se utilizarán algunas técnicas que permitirán encontrar los componentes críticos, y las causas raíz de sus fallas. De la segunda se analizará que pilares se implementaran en la empresa (inicialmente) con el fin de generar un plan de mejora para el área de mantenimiento.

1.4.1 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

“El RCM es un método estructurado, deductivo y participativo que define la estrategia de mantenimiento más apropiada para cada equipo actuando en su contexto operativo real.

No busca únicamente resolver problemas de confiabilidad, va más allá de ello e introduce un cambio cultural respecto a los conceptos a tener en cuenta al momento de pensar en Mantenimiento.

Otro aspecto importante es que, aunque las empresas cuenten con personal altamente capacitado para resolver problemas, carecen de práctica para aplicar métodos que puedan integrar los conocimientos dispersos en las mentes de los colaboradores. Sólo una integración verdadera del conocimiento puede reducir el riesgo de falla y los costos de mantenimiento.

El RCM prioriza el análisis de aquellos modos de falla cuyas consecuencias afectan la seguridad de las personas o impactan sobre el medio ambiente.

Ventajas y Desventajas del RCM

*Un análisis RCM, con adecuado rigor, es capaz de identificar más del 95% de los modos de falla de un sistema y proponer con éxito más del 90% de las estrategias de mantenimiento. Los activos físicos analizados bajo RCM demuestran tener un menor riesgo de seguridad y un menor impacto en el medio ambiente. En muchos casos se produce una rápida reducción de los gastos de mantenimiento y un aumento considerable de la confiabilidad y disponibilidad. Se reducen los tiempos de reparación, seleccionando aquellas **tareas exclusivamente necesarias para sostener las funciones del equipo**. Aumenta el conocimiento técnico de los integrantes del grupo.*

La profundidad alcanzada en la definición de los modos de falla depende del grado de experiencia y capacidad técnica (de diagnóstico) de los participantes, Si el estudio de los modos de falla no es riguroso, suelen omitirse los potenciales errores humanos que el grupo tiende a ocultar. Ciertos

análisis se tornan extensos por lo que nunca es recomendable revisar subsistemas simultáneamente.” [3].

Pistarelli presenta varios instrumentos que sirven para dar soporte a RCM, a continuación de describirán las herramientas que serán utilizadas en esta memoria de título.

- **Principio de Pareto**

“El principio de Pareto establece que, en la mayoría de los casos, un problema es originado por un grupo pequeño de un total de causas posibles. El diagrama que surge como consecuencia de aplicar este principio se denomina Diagrama de Pareto y permite identificar las causas de mayor importancia y magnitud capaces de provocar el efecto o inconveniente estudiado.

Según este principio, y en cualquier conjunto de elementos, eventos o causas, unos pocos factores son más significativos que el resto; razón por la cual, se los llamas los pocos y significativos. También conocida como regla del 80-20, asegura que casi siempre existen pocas ($\approx 20\%$) causas que contribuyen mayoritariamente ($\approx 80\%$) a generar el efecto total.” [3].

Para construir un diagrama de Pareto se debe: [3].

1. Definir el problema a estudiar
2. Listar todos los eventos (o causas) y la pérdida parcial con que contribuye cada uno
3. Sumar las pérdidas parciales para obtener la pérdida total del conjunto
4. Ordenar los eventos (o causas) descendientemente de acuerdo con la pérdida que provoca cada uno.
5. Calcular el porcentaje que representa cada evento (causa) con respecto al total (100%).
6. Hacer la suma acumulada de las contribuciones porcentuales desde la mayor a la menor.
7. Confeccionar un diagrama de barras con la pérdida de cada evento ordenado descendientemente y seleccionar los eventos (o causas) cuya suma acumulada sea igual o mayor al 80% de la pérdida total.

Los datos obtenidos del Diagrama de Pareto sentarán las bases para la siguiente técnica.

- **Diagrama Jack Knife**

Según lo descrito por Rodrigo Pascual [9] y con el ejemplo otorgado por Marcello Córdova [10] se obtiene que: el Diagrama Jack Knife es un método para analizar el tiempo de inactividad o indisponibilidad de equipos o sistemas usando diagramas de dispersión. La elaboración de este diagrama preserva el esquema de clasificación de los diagramas de Pareto, y a su vez aporta contenidos adicionales con respecto a las frecuencias de fallas y tiempo medio de reparación. Mediante la aplicación de valores límites, los diagramas de dispersión pueden ser divididos en cuatro cuadrantes, los que permiten clasificar las fallas en:

Leve – Poco Frecuente: es la zona donde el N° de detenciones y las duraciones de ellas son cortas y pocas, las razones de paradas que estén en esta zona son de menor importancia con respecto al resto.

Grave: esta zona es donde el tiempo de las detenciones es extenso, por lo cual la Mantenibilidad es ineficiente.

Crónico: esta zona es donde es frecuente las detenciones por fallas de un mismo componente, por lo cual su confiabilidad es baja.

Grave – Crónica: en esta zona se encuentran las detenciones las que involucran la ineficiencia de mantenibilidad, y la reducción de confiabilidad, la cual se refleja en una no disponibilidad.

El tiempo en que el equipo está detenido por mantenimiento correctivo (D_i) para el i -ésimo modo de falla puede ser calculado como:

$$D_i = n_i \cdot MTTR_i \quad (1.5)$$

Donde n_i y $MTTR_i$ corresponden al número de fallas y el tiempo medio de reparación respectivamente. Los límites correspondientes a n y $MTTR$ se obtienen según:

$$\text{Límite } MTTR = \frac{\text{Suma Total del Tiempo de Paradas}}{\text{Suma del N° Total de Paradas}} \quad (1.6)$$

$$\text{Límite } n = \frac{\text{Suma del N° Total de Paradas}}{\text{N° Total de Razones}} \quad (1.7)$$

Estos límites permiten observar los niveles de confiabilidad ($\text{Límite } n$) y mantenibilidad ($\text{Límite } MTTR$) de cada componente estudiado.

Al generar el diagrama de dispersión con estos datos se obtiene lo siguiente:

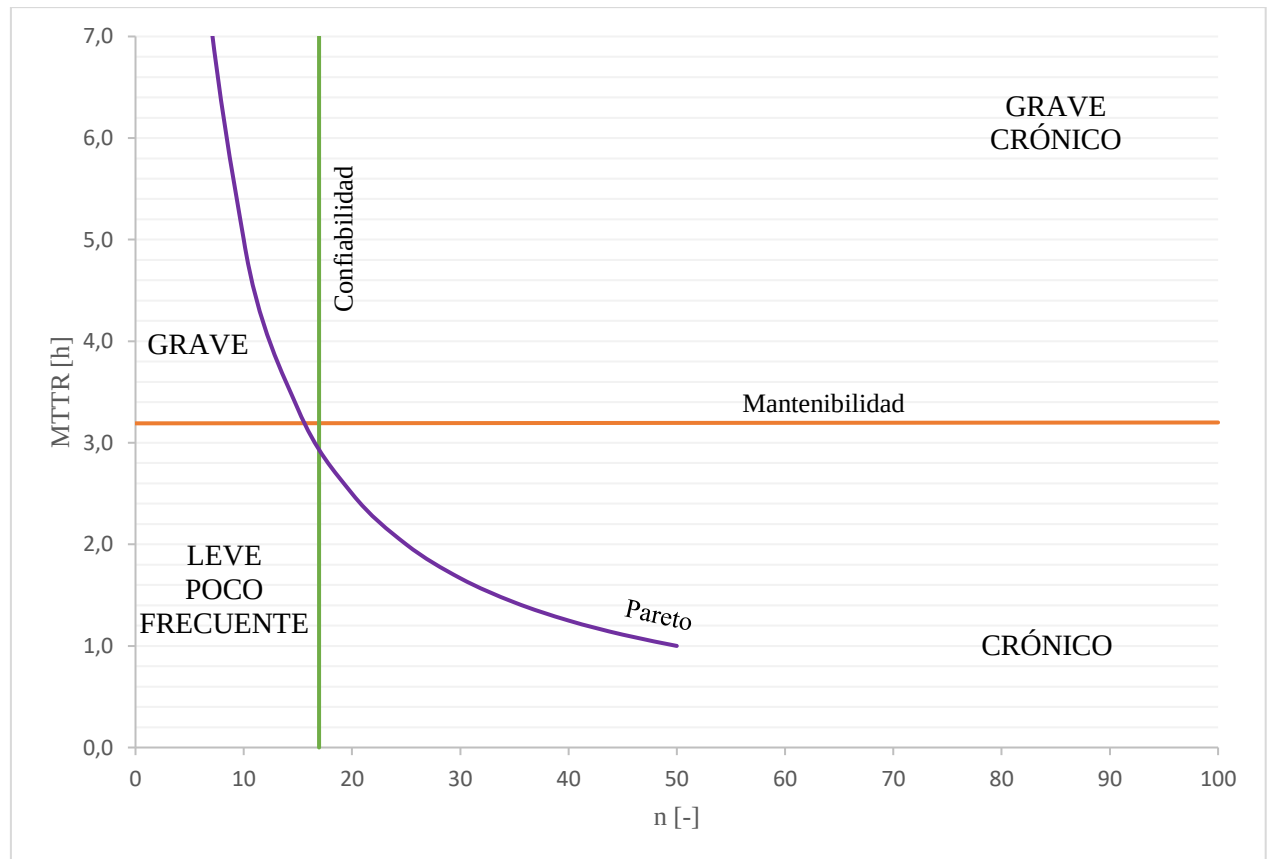


Figura 1-3: Diagrama de Jack Knife. Fuente: [10].

Las curvas con D_i constantes son representadas por hipérbolas (línea morada), con ellas se pueden determinar qué componentes están por sobre determinados tiempos, esto último nos permite generar una curva que represente al menor de los tiempos pertenecientes al 80% de Pareto.

Ahora bien, una forma alternativa de mostrar la Figura 1-3 es utilizando la escala logarítmica. Tenemos que la ecuación 1.5 puede ser expresada como:

$$\log D_i = \log n_i + \log MTTR_i \quad (1.8)$$

Es decir, en un gráfico bilogarítmico, las hipérbolas (D_i constantes) aparecerán como rectas.

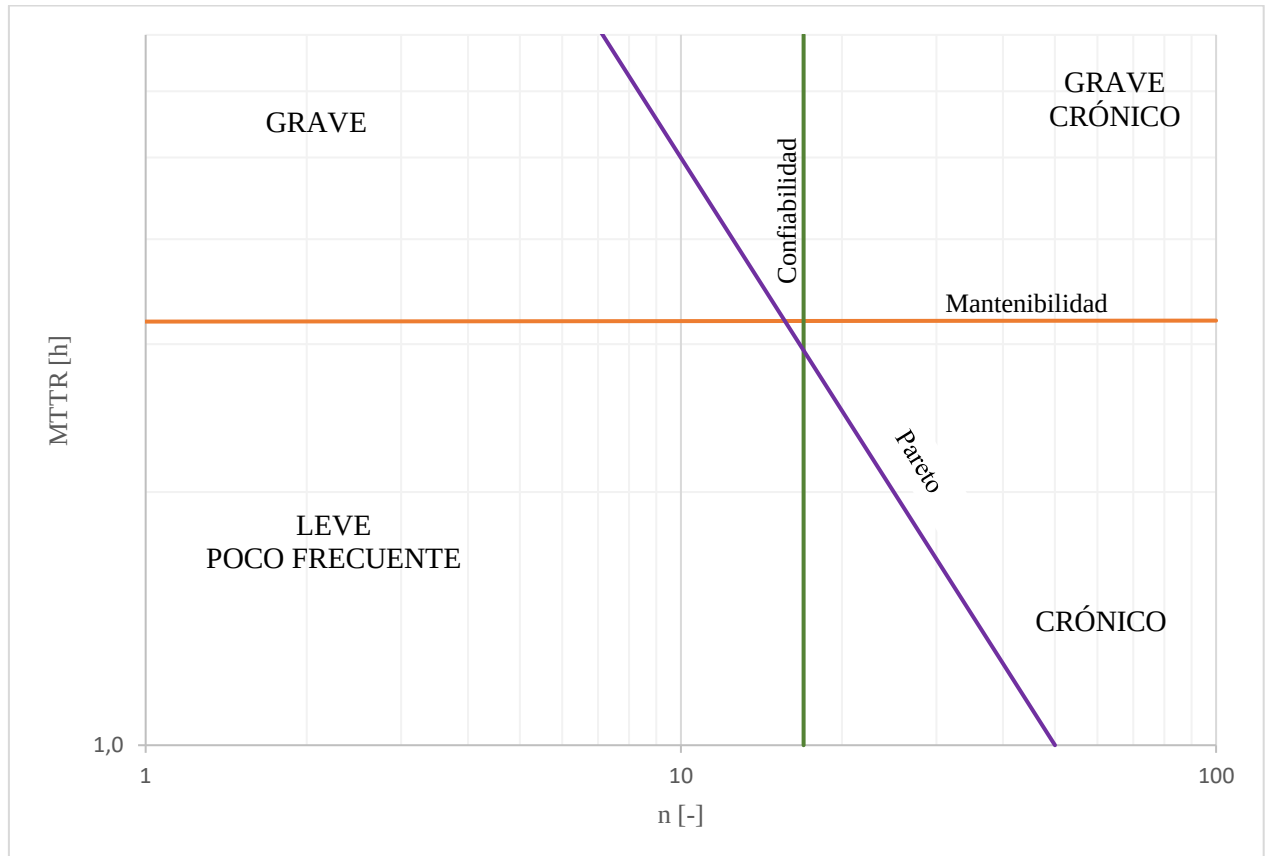


Figura 1-4: Diagrama Jack Knife bilogarítmico. Fuente: [10].

Con esta técnica se determinarán los componentes críticos para la máquina.

- **Efectos de los Modos de Falla y Análisis de Criticidad (FMECA)**

El FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) “es una técnica metódica de análisis que permite determinar los potenciales problemas de un equipo y sus componentes asociados. Plantea los efectos que tienen los fallos sobre la instalación y las posibles acciones para eliminarlos o controlarlos. Es considerada una técnica de análisis “base cero” porque no tiene en cuenta solamente los fallos que se han manifestado alguna vez, sino que procura estudiar los que, no habiendo ocurrido, tienen cierta probabilidad de hacerlo.” [11].

En el Anexo 9.5 se presenta una hoja ejemplo de análisis por FMECA a un subsistema de bomba de agua [11]. A continuación se listan los pasos básicos para realizar dicho análisis: [11].

1. **Describir el proceso y enumerar las funciones:** es necesario hacer una descripción cualitativa y cuantitativa del proceso bajo análisis. Ver columnas 1, 2 y 3 del ejemplo.
2. **Identificar los “modos de falla potenciales”:** se identifican los “modos de falla” potenciales para cada una de las funciones de la columna 4. Nótese las comillas utilizadas para los modos de falla. Es muy importante destacar que la metodología FMECA llama así a las condiciones que no permiten satisfacer las especificaciones declaradas en las funciones y que no necesariamente son la causa raíz de falla.
3. **Describir los efectos:** como consecuencia de la manifestación de los modos de falla. Cada modo de falla tiene un efecto (síntoma) cuya descripción debe ser correctamente declarada (columna 5). La metodología establece, además, una graduación numérica (S entre 1 y 10) para cuantificar la severidad del efecto. Se considera 1 si el efecto es prácticamente imperceptible por el personal de operación y 10 para los casos en que el fallo tiene consecuencias sobre la seguridad o las reglamentaciones vigentes (columna 6).
4. **Establecer las causas raíz:** se deben describir todas las causas potenciales de fallo para cada modo de falla. Las causas deben ser enumeradas de forma concisa.
Se aplica también una ponderación numérica (O entre 1 y 10) para determinar la probabilidad de ocurrencia de la causa raíz. Cuando la probabilidad es muy escasa o remota, el valor adoptado es 1; se reserva el valor de 10 para los casos en que el fallo se producirá seguramente. Columnas 7 y 8 respectivamente.
5. **Identificar lo que hoy se está haciendo:** es importante describir las medidas que al momento del análisis se realizan para controlar los efectos (columna 9). Es decir, qué se está haciendo para evitar la falla al momento del análisis.
6. **Determinar la probabilidad de no detección:** de acuerdo con el punto anterior. Las técnicas de monitoreo, prevención o detección de fallas nunca son 100% confiables. Por razones técnicas o humanas cada una de las medidas adoptadas para controlar los efectos de los fallos (tanto la causa como sus consecuencias) tienen cierta probabilidad de éxito. Esta probabilidad estimada se vuelca en la columna 10 de la planilla de trabajo.
Cuando es altamente probable que la causa raíz / modo de falla no sean detectados, la ponderación será 10, dejando el 1 para situaciones en las que resulta muy probable que el fallo sea advertido.
7. **Calcula el RPN (Risk Priority Number):** el RPN es un número adimensional que se obtiene como el producto de la severidad (S), la probabilidad de ocurrencia (O) y la probabilidad de la detección (D).

$$RPN = S \cdot O \cdot D \quad (1.4)$$

Se calcula para las causas de fallo y permite dar prioridad a aquellos que tienen mayores consecuencias. Generalmente los valores por debajo de 100 no requieren acción inmediata (luego de evaluar costo-beneficio).

8. **Recomendar acciones:** con mejor costo beneficio para combatir las causas raíz y sus potenciales consecuencias, comenzando por aquellos de mayor número RPN (columna 12). Se recomienda, de todas maneras, tener siempre en cuenta los efectos cuyo índice de severidad sea mayor a o igual a 8, aunque la valoración del RPN haya dado menor a 100 o al valor aceptado como límite.
9. **Volcar las acciones de mantenimiento en un Plan:** identificando fecha de ejecución y responsable (especialidad-nombre).

10. **Revisar:** con cierta periodicidad (anual, por ejemplo) los análisis FMECA y Plan de Mantenimiento propuesto, siendo que el contexto operativo pueda sufrir cambios de relevancia.

El proceso de análisis por FMECA es obligatorio revisarlo periódicamente, aun habiendo implementado las medidas correctivas para asegurar que hayan alcanzado los valores RPN establecidos como límite. Es posible que las acciones sugeridas en un principio no hayan generado los RPN deseados, por lo que se recomienda una iteración permanente del proceso.

Con esta técnica se estudiarán los modos de fallas de los componentes más complejos que resulten críticos.

- **Técnica del Por qué – Por qué**

“Se utiliza para análisis simples o iniciales, aunque siempre debe procurarse la evidencia que ratifique la respuesta a cada pregunta.

*El proceso deductivo que propone el método se materializa por medio de una planilla de registro en la que se vuelcan inicialmente los datos de cabecera junto a una breve descripción del fenómeno. Luego, hay 5 niveles o rondas de **por qué**. Si a través de su evidencia una respuesta resulta afirmativa. Se vuelve a cuestionar en el nivel siguiente **por qué** pudo haber ocurrido, y así sucesivamente.*

Se considera un método lineal porque hay cierta tendencia a postular una sola respuesta para cada pregunta: vale decir, una sola causa. Su ventaja más importante es la versatilidad, pudiéndose aplicar en infinidad de temas inclusive fuera del ámbito industrial.” [3].

En el Anexo 9.6 se observa la Planilla de Análisis Por qué – Por qué [3].

Con esta técnica se obtendrán las causas raíz de las fallas de los componentes críticos de menor complejidad.

1.4.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

“Se originó, desarrolló y optimizó en Japón en la industria automotriz con la finalidad de mejorar los procesos productivos y alcanzar altos niveles de calidad. Implementar TPM requiere la participación de todos los niveles y sectores de la organización.

Su objetivo es aumentar la eficiencia integral de los activos fijos instalados y, con ello, la competitividad y flexibilidad de la empresa.

Se requiere que la persona asuma compromisos diferentes y logre una evolución en su forma de afrontar el trabajo; un cambio cultural profundo en sentido vertical desde las más altas esferas de la empresa hasta el colaborador de menor responsabilidad.

Uno de los objetivos más importantes es eliminar los defectos (físicos y metodológicos) de tipo crónicos para alcanzar estándares de calidad y eficiencia supremos.

El Mantenimiento Productivo Total se compone de 8 “Pilares” que son los canales conductores que vinculan el accionar de los sectores funcionales de la compañía” [3]. Estos son:

- Mantenimiento Autónomo (MA)
- Mantenimiento Planeado (MP)
- Mejora Enfocada (ME)
- Gestión Temprana o Inicial (GT)
- Mantenimiento para la Calidad (MC)
- Capacitación y Desarrollo (C y D)
- Gestión de los Sectores Administrativos (GSA)
- Higiene, Seguridad y Medio Ambiente (HSMA)

En la sección 5.2 se seleccionan tres de los ocho pilares, a continuación se detallan los Pilares seleccionados:

• ***Mantenimiento Planeado***

“El propósito del Pilar Mantenimiento Planeado es el “cero averías”. Además, se buscan reducir gastos operativos y de mantenimiento. Con una planificación rigurosa, el Mantenimiento Planeado puede reducir drásticamente el tiempo de ejecución de los trabajos, el consumo de repuestos y el riesgo de accidentes. Durante el despliegue del Mantenimiento Planeado, el departamento de mantenimiento puede ocuparse de mejorar la Gestión Administrativa de los procesos internos del sector. El Mantenimiento Preventivo Periódico y el Mantenimiento Basado en Condición juegan un papel protagónico. El TPM propone establecer el MTBF (con limpieza, lubricación y ajustes regulares) para establecer intervalos seguros de mantenimiento preventivo y predictivo. En la práctica, esto aún es válido para los casos en que la dispersión de las fallas es baja. Además de estabilizar el MTBF, es preciso que haya baja dispersión, lo cual se logra eliminando o “limpiando” algunos modos de fallas con un buen nivel de Condición Básica.” [3]

Para una correcta implementación de este pilar, se deben seguir los pasos propuestos en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Seis Pasos del Pilar: Mantenimiento Planeado de TPM. Fuente: [3].

PILAR: MANTENIMIENTO PLANEADO		
PASO 1	Evaluar el Equipo, su contexto operativo y las condiciones iniciales	Definir un criterio para priorizar equipos.
		Seleccionar los equipos y definir su contexto operativo.
		Reunir datos históricos y medir la duración de las fallas.
		Establecer el MTBF del equipo y fijar metas.
		Definir objetivos e indicadores de mantenimiento.
PASO 2	Suprimir el deterioro y corregir deficiencias	Apoyar al MA para consolidar la Condición Básica.
		Proponer mejoras y rediseños que aumenten el MTBF.
		Erradicar las fallas crónicas con métodos de mejora continua.
		Proponer mejoras para los procesos de operación
PASO3		Establecer una base de datos para las fallas.
		Crear un sistema para el manejo de datos.

	Crear o mejorar el Sistema de Información	Proponer un modelo de Gestión de la Información (Planificación del Mantenimiento).
		Controlar los gastos de mantenimiento (presupuesto, gasto real y desvíos).
		Administrar datos técnicos (historial, planos, despieces), repuestos y materiales.
PASO 4	Mejorar el proceso de Mantenimiento Periódico	Desarrollar un Modelo Funcional para la Gestión del Mantenimiento Preventivo Periódico (MPP) incluyendo flujogramas, técnicas de decisión, planes, instructivos, etc.
		Elaborar un plan de mantenimiento periódico en base a criterios de prioridad
		Desarrollar estándares de inspección para los especialistas de mantenimiento.
PASO 5	Mejorar el proceso de Mantenimiento Basado en Condición (Preventivo / Proactivo)	Desarrollar un modelo funcional de Mantenimiento Basado en Condición incluyendo flujogramas, técnicas de diagnóstico, programas y procedimientos.
		Evaluar las técnicas proactivas y predictivas vigentes, y proponer mejoras.
		Ampliar el modelo para aquellos modos de falla cuyas características técnicas y económicas lo permitan.
		Investigar técnicas alternativas de diagnóstico.
PASO 6	Optimizar integralmente el proceso "Mantenimiento Planeado"	Evaluar la Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad de los sistemas prioritarios.
		Cuantificar el beneficio de las tareas preventivas y predictivas.
		Plantear objetivos de mejora para los costos de mantenimiento.

- **Mantenimiento Enfocado**

“Las actividades de este Pilar orientan los esfuerzos de un grupo de personas para resolver problemas específicos, concretos y de cierta complejidad. Se forma un equipo interdisciplinario con personal de producción, especialistas de mantenimiento, ingenieros o cualquiera que conozca y tenga alguna vinculación con el tema a resolver. Luego, se aplica un método del tipo “paso a paso” basado en el conocido Ciclo de Deming o PHVA (Planificar – Hacer – Verificar – Actuar).” [3].

Este Pilar consta de 7 pasos para su implementación, los cuales se observan en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Siete Pasos del Pilar: Mantenimiento Enfocado de TPM. Fuente: [3] .

PILAR: MANTENIMIENTO ENFOCADO		
PASO 1	Seleccionar el tema (Proyecto de Mejora "XX")	Seleccionar la pérdida, problema o defecto a corregir.
		Darle un nombre al Proyecto y definirlo: Proyecto "XX".

		Verificar que no exista en marcha otro proceso de mejora asociado al mismo tema.
		Planificar las actividades que desarrollará el grupo de trabajo.
PASO 2	Formar el Grupo de Trabajo	Reunir el personal idóneo que participará del Proyecto.
		Difundir la convocatoria al resto de la organización.
		Establecer con el grupo, el alcance y los objetivos del Proyecto.
		Obtener el respaldo necesario por parte de Dirección.
PASO 3 (V)	Medir el estado actual y proponer objetivos de mejora	Evaluar la situación actual (recolectar datos e información).
		Cuantificar la pérdida o el riesgo actual.
		Confeccionar un informe cuantitativo del problema (pérdida o riesgo).
		Plantear objetivos concretos, medibles y alcanzables.
		Informar a la Dirección sobre la situación actual y sobre los resultados esperados al finalizar el despliegue (Objetivos).
PASO 4 (A)	Analizar las causas del problema (Diagnóstico)	En mejoras sobre Equipos, asegurar condición básica.
		Diagnosticar el problema por medio de:
		- Diagrama Causa - Efecto - Análisis de Mecanismos de Falla - Técnica del ¿Por qué - Por qué? - Análisis FMEA - Análisis Causa - Raíz de Falla - Tormenta de Ideas
		Hacer un Pareto con las causas detectadas.
PASO 5 (P)	Planificar las acciones de mejora	Formular un Plan de Acción en función del Pareto.
		Proponer varias alternativas de mejora para cada causa detectada.
		Hacer un análisis de riesgo para cada mejora propuesta.
		Definir un responsable para implementar cada acción.
		Gestionar las acciones integralmente (Diagrama de Gantt).
		Dar soporte técnico y administrativo a las mejoras.
PASO 6 (H)	Implementar las mejoras propuestas	Compartir las propuestas de mejora con el personal del sector y lograr un compromiso.
		Proveer los recursos suficientes para realizar las mejoras.
		Implementar las mejoras.
		Verificar si las mejoras fueron efectuadas de acuerdo con el Plan.
PASO 7	Evaluar los resultados del Plan contra los Objetivos	Medir los resultados usando los mismos indicadores del Paso 3.
		Compara los resultados con los objetivos.
		Si los objetivos no se alcanzan, volver al Paso 4.
		Comunicar las metas alcanzadas a toda la Organización.

		Sostener los resultados en el tiempo, implementando o modificando procedimientos de trabajo (Producción, Mantenimiento, Calidad, etc.).
--	--	---

• **Mejora Gestión de Sectores Administrativos**

“Este Pilar orienta sus esfuerzos en dos sentidos. El primero apunta a mejorar la eficiencia integral de las tareas administrativas de soporte, reduciendo trabajos innecesarios, demoras, pérdidas energéticas, retrabajos, costos, etc. El segundo, propicia crear ámbitos de trabajo saludables y cómodos. Los trabajadores permanecen muchas horas en sus puestos – en ocasiones más de lo necesario – por lo que debe procurarse que el lugar sea grato y genere el gusto por trabajar.” [3].

Para una correcta implementación de este pilar, se deben seguir los pasos mostrados en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Cuatro Pasos del Pilar: Gestión de los Sectores Administrativos de TPM. Fuente: [3].

PILAR: GESTIÓN DE LOS SECTORES ADMINISTRATIVOS		
PASO 1	Situación Actual	Estudiar las funciones principales del Sector, considerando proveedores (outputs), clientes (inputs) y recursos internos.
		Diseñar un Proceso que represente al Sector y que incluya inputs, outputs, recursos e indicadores de seguimiento (Eficiencia / Eficacia).
		Dividir el Proceso en Subprocesos y establecer las funciones principales.
		Cuantificar el tiempo y los recursos requeridos para cada Subproceso.
		Identificar y eliminar las tareas innecesarias o los trabajos no productivos.
		Resolver rápidamente los problemas de fácil solución.
		Identificar los tiempos muertos y las restricciones del proceso.
PASO 2	Plantear Objetivos y Priorizar	Redefinir las funciones y metas del Proceso y cada Subproceso.
		Priorizar los Subprocesos posibles de optimizar, conforme lo analizado en el Paso 1. Escoger aquellos con mayor retorno de beneficios.
		Establecer objetivos de Eficiencia y Eficacia, medibles y alcanzables y definir Puntos de Control
PASO3	Acciones de Mejora	Estudiar y proponer acciones para optimizar la Eficiencia y Eficacia de las tareas administrativas.
		Estudiar y proponer acciones para reducir los costos del sector.
		Investigar acciones de mejora para eliminar pérdidas o problemas complejos; implementar Pilar ME.
		Propiciar un ámbito de trabajo saludable y agradable. Aplicar estrategia de las 5S
		Dotar a los talentos humanos de Polivalencia, a través de Planes de Capacitación y Desarrollo (incluye “training in job”). Apoyarse en el Pilar C y D.
		Utilizar la Polivalencia de talentos en los picos de demanda laboral.

PASO 4	Consolidar las Mejoras	Una vez implementada la Polivalencia funcional, evaluar nuevamente la estructura administrativa (funciones y carga de trabajo).
		Crear un ámbito de trabajo para proponer objetivos desafiantes.
		Someter el Proceso Administrativo a la mejora continua.
		Aplicar técnicas de resolución de problemas ante los desvíos.

1.5 Datos Maestros

El concepto de Datos Maestros no es exclusivamente asociable al mantenimiento, más bien, hace referencia a toda información necesaria para la gestión de un trabajo o acción. Esta información es manejada normalmente por un sistema de planificación de recurso empresariales (ERP por sus siglas en inglés). Para el caso de La Empresa, ellos utilizan la ERP llamada SAP, la cual en su módulo Plant Maintenance [12] describe los Datos Maestros aplicados al Mantenimiento, siendo los más básicos los siguientes [13]:

- **Ubicaciones técnicas:** representan el lugar en el que se realiza una tare de mantenimiento.
- **Equipos:** son las máquinas y componentes de los que se requiere realizar el mantenimiento y obtener informes.
- **Contadores o puntos de medida:** servirán para controlar determinadas magnitudes de los equipos. Por ejemplo, horómetros, kilometrajes, etc.
- **Lista de material:** listas de componentes de un equipo o para la planificación de los materiales de recambio de una hoja de ruta o de la orden.
- **Puestos de trabajo:** encargados de la realización de las tareas de mantenimiento. Pueden ser internos o externos.
- **TOS (Technical Object Structure):** estructura técnica de una máquina, permite conocer los sistemas y componentes que forman a la máquina.
- **Codificaciones:** códigos utilizados para cada uno de los componentes de una máquina, como para sus insumos.

1.6 Determinación de Costos de mantenimiento

Al analizar los costos por mantener una máquina, se deben tomar en cuenta los siguientes tipos:

Costos de Almacenamiento (Ca): costos por tener en el inventario los repuestos necesarios para la mantención y reparación de un equipo.

Costos de Fallas (Cf): costos que se generan al detener la producción debido a una falla en un equipo que paraliza toda la planta, o un proceso productivo. Este engloba los costos para suplir la producción perdida y el valor de las horas que han dejado de producir.

Costos de Intervención (Ci): costos relacionados con la labor del mantenimiento, es decir, los costos de mano de obra, los materiales o insumos necesarios, etc.

Costos de Sobreinversión (Csi): costos obtenidos al invertir en un nuevo diseño para un equipo en busca de un aumento en su confiabilidad.

Costo Global (Cg): suma de todos los costos descritos anteriormente.

2 Plan de Trabajo

Inicialmente se realizará un diagnóstico de la empresa con el fin de conocer cuál es la visión que tienen los clientes internos (Gerentes de Proyecto y Área Administrativa) del área de mantenimiento. Luego se recolectarán los datos correspondientes al funcionamiento de las máquinas durante el año 2016 y mediados del 2017, además de los flujos de inventario en cada faena. Estos datos serán ordenados y analizados con el fin de encontrar la máquina y sus componentes críticos para la empresa.

Una vez identificado los componentes críticos, se utilizará una herramienta táctica enfocada en el mantenimiento, con el fin de mejorar el desempeño de dichos componentes.

Luego se analizará los costos que conlleva aplicar dicha herramienta. Y así diseñar una estrategia de mantenimiento a cinco años.

3 Diagnóstico inicial de la empresa

En esta sección se presenta cómo y qué se obtuvo de la información general de la empresa, como de su diagnóstico inicial.

3.1 Evaluación del Cliente Interno

Para conocer cuál es la evaluación que tiene el Cliente directo del Área de Mantenimiento, se realizó una encuesta dirigida al Gerente de Operaciones; al Gerente de Administración y Finanzas; como a los Gerentes de Proyecto de cada faena. Para ello se utilizará una encuesta de respuesta cerrada (Anexo 9.7), en las que se pide evaluar, entre 1 y 5, once aspectos referentes al Departamento de Mantención, estos son:

1. Plan de Mantenimiento
2. Duración de las Detenciones
3. Costos de Mantenimiento
4. Disponibilidad de los equipos
5. Disponibilidad de los repuestos
6. Calidad de las mantenciones
7. Cumplimiento de expectativas de clientes
8. Diagnóstico en Faena
9. Reportabilidad
10. Gestión del Mantenimiento
11. Personal de Mantenimiento

En el Anexo 9.7 también se encuentran todas las encuestas realizadas. A continuación, en la Tabla 3-1, se presenta el promedio para cada uno de los aspectos.

Tabla 3-1: Resumen de las evaluaciones realizadas por los Clientes internos del Área de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Aspectos:	GO	GAF	GLB	GCA	GCO	Promedio
Plan de mantenimiento	4	4	4	3	3	3,6
Duración de las Detenciones	3	3	2	4	3	3,0
Costos de mantenimiento	4	3	4	3	3	3,4
Disponibilidad de los equipos	4	3	3	3	2	3,0
Disponibilidad de los repuestos	2	1	3	2	1	1,8
Calidad de las mantenciones	4	5	5	4	4	4,4
Cumplimiento de expectativas de clientes	3	4	4	3	3	3,4
Diagnóstico en Faena	4	4	5	3	3	3,8
Reportabilidad	2	1	3	2	2	2,0
Gestión del mantenimiento	3	2	4	3	2	2,8
Personal de mantenimiento	4	5	5	4	4	4,4

Con el fin de obtener una mejor representación de las diferencias entre los aspectos, se presenta el siguiente Diagrama Radar:

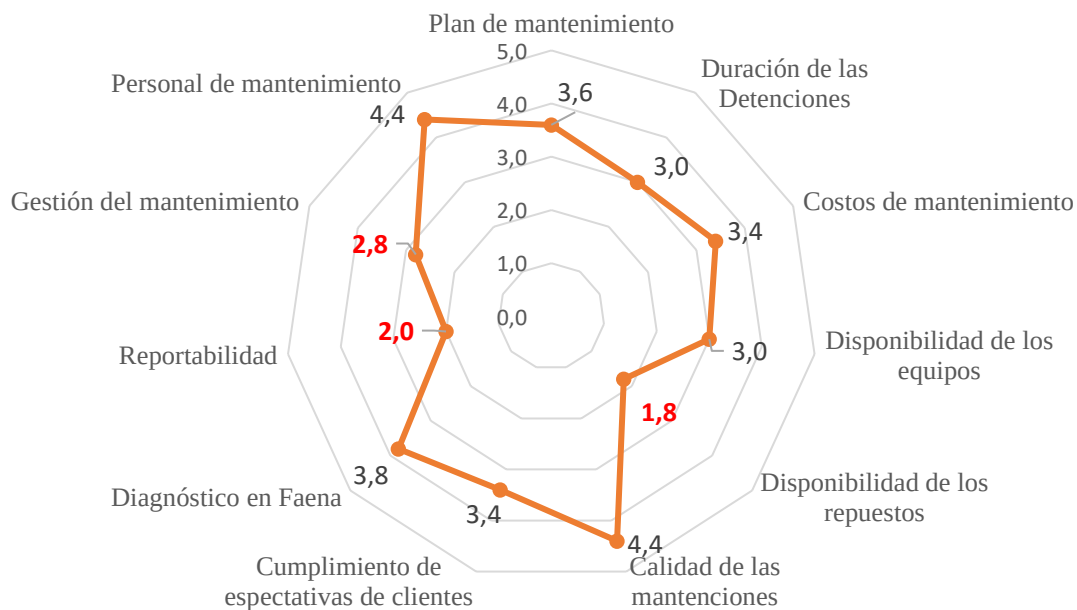


Figura 3-1: Diagrama de Radar con los promedios de cada evaluación de los Clientes Internos. Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio, los promedios menores a 3 tendrán principal urgencia para ser mejorados. El resto de los aspectos se plantarán como desafíos para la empresa.

De la Figura 3-1 se obtienen 3 aspectos a mejorar: Disponibilidad de los Repuestos; Reportabilidad y Gestión del Mantenimiento, en orden ascendente. Se busca mejorar estos aspectos con el Plan de Mejora.

3.2 Levantamiento de Información

Para todo tipo de análisis, se trabajará con distintos tipos de información (reportes de avance, inventarios, reportes de mecánicos, entre otros) correspondiente al año 2016 y el primer semestre del 2017.

La Empresa trabaja con cuatro modelos de Sonda: EDM1200 [14]; LF-230 [15]; SCHRAMM T685WS-D [16] y DG-2000 SP [17]. Además de dos tipos de Sonda; Perforación por Diamantina “DDH” (más costosa y lenta, ya que permite obtener un testigo que entregará información del mineral) y Perforación por Aire Reverso “RC” (utilizado para encontrar nuevos yacimientos ya que se limita a verificar si hay o no mineral y de qué ley, es menos costoso que el anterior) [18].

Tabla 3-2: Agrupación de los modelos de sondas según el tipo de perforación con las que trabajan. Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Tipo de Sonda	
	Diamantina (DDH)	Aire Reverso (RC)
EDM 1200	x	x
LF-230	x	
SCHRAMM T685WS-D		x
DG - 2000	x	

De la Tabla 3-2 se puede observar que solo el modelo EDM 1200 es capaz de trabajar en los dos tipos de perforación (DDH y RC), esto es posible gracias a una modificación que se le hace al modelo original permitiéndole ser acondicionada para perforar con Aire Reverso, a este tipo de sonda se les llama multipropósito.

La Empresa cuenta con once sondas EDM 1200, de las cuales ocho son de diamantina y tres son multipropósito; dos LF-230; dos DG-2000 SP y dos SCHRAMM T685WS-D.

Los Planes de Mantenimiento actuales de La Empresa para cada modelo de sonda se encuentran en los Anexos 9.8, 9.9 y 9.10, estos planes fueron entregados por los fabricantes de cada modelo, y no cuentan con una discriminación según el tipo y el lugar de trabajo en el que se desempeñará la sonda.

Como se mencionó en los Antecedentes de la Empresa, durante el periodo de estudio La Empresa prestó sus servicios a cuatro faenas mineras (Tabla 3-3), estas están ubicadas por sobre los 3.000[m] de altura del nivel del mar, lo que modifica la presión ambiental, como la densidad del aire y su composición.

Tabla 3-3: Características geográficas de las faenas a las que la empresa presta servicios. Fuente: Elaboración propia.

Faena Minera	Distancia a la ciudad más cercana [km]	Altura por sobre el nivel del mar [m]	Tiempo estimado desde la ciudad a la faena [h]
Los Bronces	65	4.000	2,5
Escondida	170	3.100	4
Collahuasi	135	4.500	3,5
Cachorro	175	3.000	4

Además se debe tomar en cuenta que al encontrarse lejos de una ciudad, la disponibilidad de los repuestos se ve limitada a los que estén existentes en las bodegas, maximizando la necesidad de contar con un correcto control de los repuestos críticos para las distintas máquinas.

Del área de mantenimiento se obtienen los reportes entregados por los mecánicos en faena (llamados “Registro de Mantenimiento Correctivo”, Anexo 9.11). Estos reportes se entregan al cambio de turno, pero solo si el cliente lo solicita. Durante el periodo de estudio solo la faena Los

Bronces solicitó dichos reportes, estos entregan información de las sondas PD-101; PD-02; PD-04 y PD-07, correspondiente al 30,7% del total de máquinas estudiadas.

Debido a que esta información no supera el 50% del total de máquinas, no se pudo utilizar como base en el estudio. Pero si permitió observar una diferencia entre los reportes entregados por los Operadores y el reporte del Mecánico (ver Anexo 9.12). Lo que fomenta una mejora en la reportabilidad de las intervenciones mecánicas.

Desde la Gerencia de Operaciones se obtienen los Reportes de Avance entregados por los operadores de cada faena divididos por máquina (Anexo 9.13). Estos reportes cuentan con 88 Códigos, los que dan constancia de los consumos del mes, como también de la distribución de los tiempos por cada turno. Para el presente estudio, se tomarán 18 códigos correspondientes al área de mantenimiento (hacen mención directa a componentes de la máquina, ver el Anexo 9.14 con el TOS de la EDM 1200) presentados en la Tabla 3-4:

Tabla 3-4: Códigos incluidos en el Reporte de Avance que tienen directa relación con el Área de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

COD	Descripción	COD	Descripción
31	Espera de Mecánico	40	Falla Winche WireLine
32	Espera de Repuesto	41	Falla Winche Principal
33	Falla de Motor Diesel	42	Falla Implementación
34	Falla Sistema Hidráulico	43	Falla Estructura
35	Falla Sistema Eléctrico	44	Mantenimiento Preventivo
36	Falla Unidad de Rotación	45	Falla Llave de Corte
37	Falla Prensa de Barras	46	Falla Sistema de Avance Fino
38	Falla Rod Spinners	47	Falla Bomba de Inyección
39	Falla Bomba de Lodo	48	Otro Mantenimiento

Estos códigos fueron transcritos al documento “Hoja de Cálculo con Detenciones” (Anexo 9.15) para determinar si las indicaciones planteadas por los operadores correspondían a los códigos mencionados, y más importante aún, si correspondían al área de mantenimiento.

Fue necesario filtrar los datos, ya que se descubrió que el 73% de todos los reportes atribuidos al área de mantenimiento realmente correspondían a este (516 reportes totales), 11% no presentaban ningún tipo de especificación de la falla, 12% correspondían al área de operaciones y un 4% eran Outlayer.

Con el 73% de los datos se determinará la Disponibilidad Operacional de los equipos, además de su MTBF y MTTR.

Cabe mencionar que estos reportes no solicitan registrar el horómetro de la máquina, ni menos detallar cual fue la parte exacta que fallo, es decir, el operador solo menciona que fallo el sistema completo y se lo asigna a un Código (ejemplo: COD_{36} : Falla en la Unidad de Rotación), **por lo tanto imposibilita subdividir cada componente en sus respectivas partes** (filtros, rodamientos, sellos, entre otros).

Se le solicita a Bodega todos los movimientos de repuestos e insumos desde la bodega central, como de cada una de las bodegas instaladas en las faenas, con el fin de determinar si se cumple con los stocks necesarios para realizar los mantenimientos preventivos establecidos por la empresa. Pero, con la información entregada, no fue posible determinar si se cumplía o no con el plan de mantenimiento, esto debido a un cambio en el personal a cargo de los inventarios, el que no contaba con todos los inventarios anteriores, por lo tanto solo entregó los inventarios a partir de septiembre del 2016 (10 de los 18 meses estudiados), y en ellos se apreciaban inconsistencias entre un mes y otro, por lo que no fue una fuente confiable de información. **Será necesario plantear una mejora en el control de stocks críticos por faena.**

Al departamento de Abastecimiento se les solicita un historial de compras de repuestos, con el fin de conocer los gastos asociados al mantenimiento. Se obtuvo una base de datos desordenada, con ítems repetidos que hacían alusión a los mismos repuestos. Se intento filtrar y ordenar dicha base de datos sin resultados favorables debido a confusa rotulación de los ítems. **Se acordó con Gerencia tomar como costos de Mantenimiento a las pérdidas generadas con cada detención (\$4.000.000 aproximadamente por cada hora en que la máquina está detenida). Pero se planteó el desafío de mejorar la base de datos del Área de Abastecimiento.**

Del Departamento de Finanzas se obtuvo el presupuesto general asociado al mantenimiento de las sondas correspondiente a \$10.000.000 mensuales por faena, esta es una cifra histórica, y no hace ningún tipo de diferencia entre los distintos proyectos. Debido a que no se estudiarán las partes de cada componente, y sus respectivos modos de falla. **Se incluirá en el plan de mejora una manera de estudiar este presupuesto a futuro.**

4 Análisis de Criticidad

Inicialmente se determinará la Máquina Crítica utilizando una Matriz de Criticidad modificada, para luego, utilizando el Diagrama de Jack Knife, determinar el o los componentes críticos de dicha máquina.

4.1 Máquina Crítica

Como se mencionó en el Marco Teórico, es necesario adaptar la Matriz de Criticidad debido a que se estudiarán los modelos de sonda en su totalidad, y no las partes que la componen. Es por esto que los factores de: Seguridad y Medio Ambiente; Producción; Calidad; Perdidas; Equipos Stand-By; Régimen de Marcha y Equipos de Reserva, serán iguales para todas las sondas. Por lo tanto, se definen las siguientes categorías para el Grado de Criticidad:

Clase A: $GC \geq 460$

Clase B: GC entre 400 y 459

Clase C: $GC \leq 399$

A continuación, se expondrá el porqué del uso de cada factor y sus respectivos valores de Peso e Impacto, los que formarán la nueva Matriz de Criticidad (Anexo 9.16):

1. Seguridad y Medio Ambiente

Como se puede observar en los Valores de La Empresa, este factor es muy importante, y por lo tanto tiene un peso relativo de 10.

2. Producción

Ya que cada sonda trabaja por si sola (sin equipos en Stand-By), cada detención que esta sufra, disminuirá la producción de toda la faena, es por esto por lo que tiene un peso relativo de 9.

3. Calidad

La calidad se entenderá como la capacidad de obtener un testigo apto para ser entregado al cliente, y tendrá un peso relativo de 7.

4. Perdidas / Daños

Cada posible pérdida o daño generado en la sonda, podría causar detenciones muy extensas debido a la distancia a la que se encuentran las faenas respecto a las ciudades, es por esto por lo que su peso relativo será de 8.

5. Equipos Redundantes (Stand-By)

La Empresa no trabaja con equipos en Stand-By, es por esto por lo que este factor será constante para todas las sondas, y su peso relativo será de 4.

6. Régimen de Marcha

Ya que todas las sondas pueden ser tomadas como “continuas”, este factor será constante para todas las sondas, y su peso relativo será de 3.

7. Frecuencia de Falla

Este factor será reemplazado por el Tiempo Medio de Buen Funcionamiento, y tendrá un peso relativo de 8.

Su Impacto se medirá como: ALTO = 10(<50 horas); MEDIO = 5(entre 50 y 60 horas); BAJO = 0(>60 horas)

8. Equipos de Reserva

La existencia de equipos en reserva afectará directamente en los tiempos de reparación, es por esto por lo que este factor se aplicará con un peso relativo de 7.

9. Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

Debido a que mientras más tardan en reparar el equipo, mayores serán las pérdidas por falta de producción, este factor tendrá un peso relativo de 7.

Para determinar la máquina más crítica, se analizará el comportamiento de tres modelos de sonda, EDM-1200 Diamantina, EDM-1200 Multipropósito y SCHRAMM, ya que durante el periodo de estudio los modelos LF-230 y DG-2000 no fueron utilizados.

La información para el análisis se basó en los Reportes de Avance hechos por los operadores, ya que estos detallan el uso total del tiempo durante el turno.

Se divide el periodo de estudio en 78 semanas (siendo la semana 1 desde 04-01-2016 hasta el 10-01-2016, y la semana 72 desde el 26-06-2017 hasta el 02-07-2017), en cada semana se registran el total de horas detenidas por reparaciones y por esperas de repuestos, además del total de detenciones realizadas. Con esto se obtienen los indicadores para cada máquina por separado (ver archivo “MTBF Periodo de Estudio tiempo completo”, el Anexo 9.17 muestra el resumen final de dicho archivo).

Tabla 4-1: Valores promedios durante el periodo de estudio (01/01/2016 - 30/06/2017). Aquí se presenta la Disponibilidad (A), Detención más Reparación (D+R), Espera de Repuesto (E), MTTR y MTBF. Fuente: Elaboración propia.

	A	D+R	E	MTTR(h)	MTBF(h)
EDM Diamantina	94,4%	76,0%	24,0%	3,79	65,31
EDM Multipropósito	90,4%	81,6%	18,4%	5,40	49,94
SCHRAMM	90,1%	67,7%	32,3%	6,51	57,44

En los Anexos 9.18, 9.19 y 9.20 se observan las Matrices de Criticidad aplicadas a cada modelo de sonda, según los datos entregados en la Tabla 4-1. **De aquí se obtiene que el único modelo de sonda de Clase A es la EDM 1200 Multipropósito, por lo tanto, será este el modelo crítico para La Empresa.**

Con el fin de observar posibles diferencias entre los turnos (día A o noche B) y las faenas, se realizó un Análisis Demográfico. Al estudiar los turnos se obtiene lo siguiente:

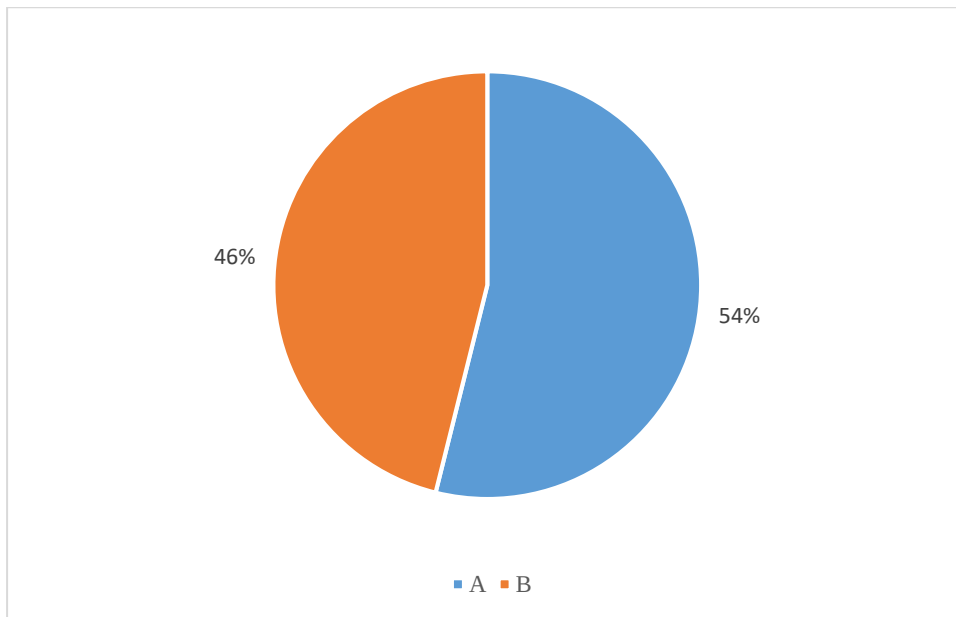


Figura 4-1: Gráfico de torta que muestra el porcentaje total del número de fallas para el turno A y el turno B. Fuente: Elaboración propia.

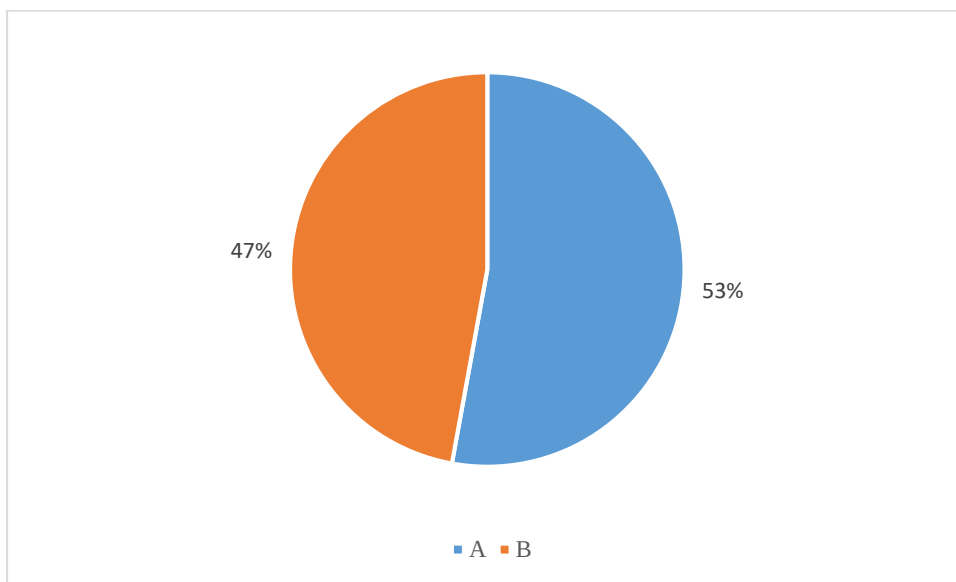


Figura 4-2: Gráfico de torta que muestra el porcentaje total de las horas detenidas por cada turno. Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 4-1 y la Figura 4-2 se observa que no existe una gran diferencia entre ambos turnos, por lo tanto no será necesario enfocarse específica y únicamente en uno de ellos.

Debido a que los modelos EDM 1200 multipropósito se utilizan principalmente en la exploración de nuevos yacimientos, estas máquinas van rotando su ubicación según las necesidades de los clientes, por lo tanto no se hace necesario estudiar el comportamiento de una faena en concreto. Además, el análisis por turnos demuestra que no se observan grandes diferencias entre el actuar de los mecánicos en faena, sin importar el turno o ubicación.

4.2 Componente crítico

Al resumir el comportamiento de los 18 puntos correspondientes al mantenimiento, en los equipos EDM – 1200 Multipropósito se obtiene lo siguiente:

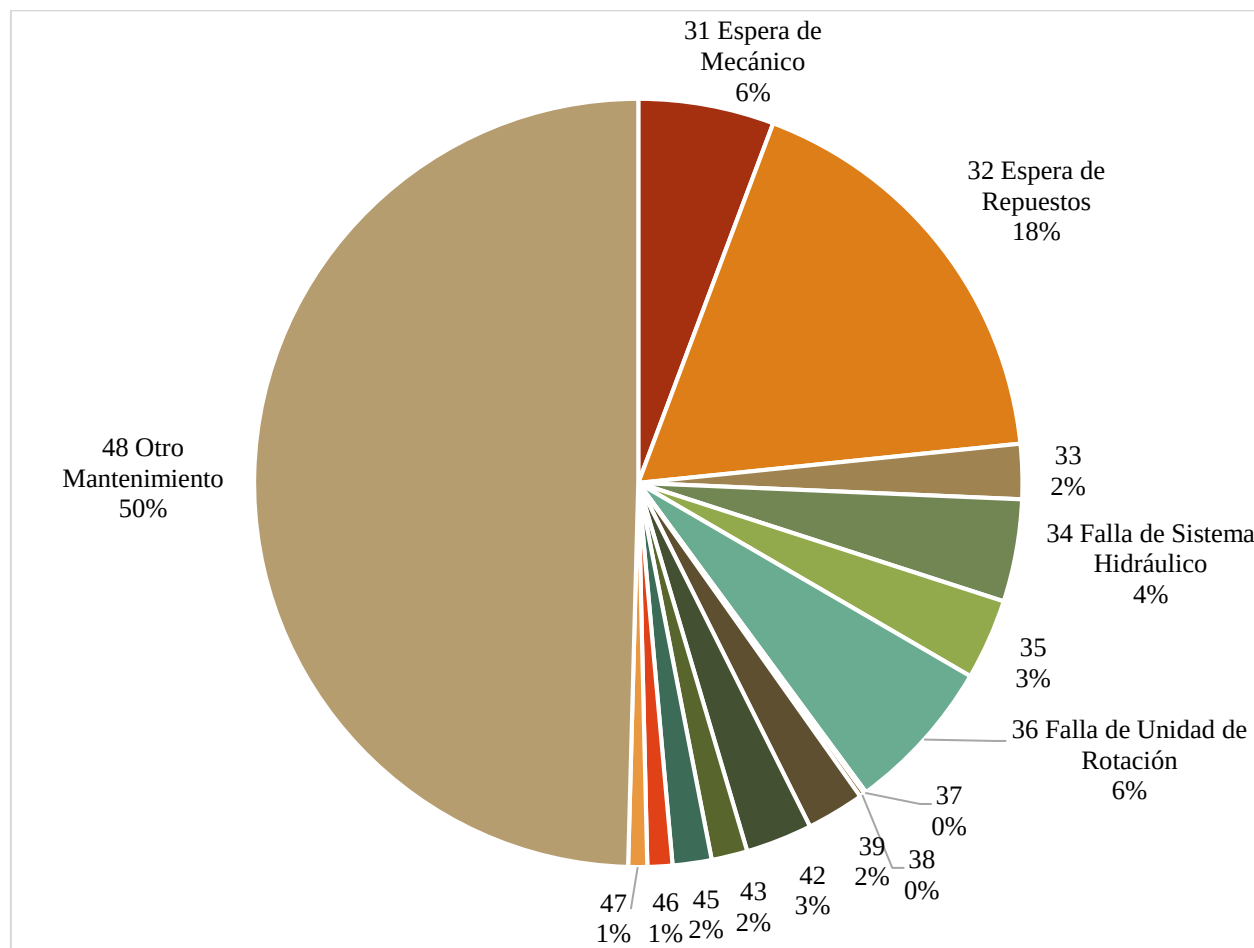


Figura 4-3: Gráfica de torta con la Distribución del total de horas detenidas de la máquina EDM 1200 Multipropósito (1.190,4 horas de detención aproximadamente), los números superiores representan los Códigos correspondientes al mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Es posible observar que las principales detenciones durante el periodo de estudio se debieron a Esperas de Repuesto (COD_{32} / 18%) y a Otros Mantenimientos (COD_{48} / 50%), siendo esta última muy amplia en cuanto a componentes. Es por esto por lo que fue necesario discretizar y agrupar los datos según cinco familias (componentes) con la mayor cantidad de eventos (esto fue observado mientras se generaba la base de datos). Estas familias son: Top Swivel; Bottom Swivel; Rod Handler; Generador y Compresor.

Al graficar dichas familias se obtiene:

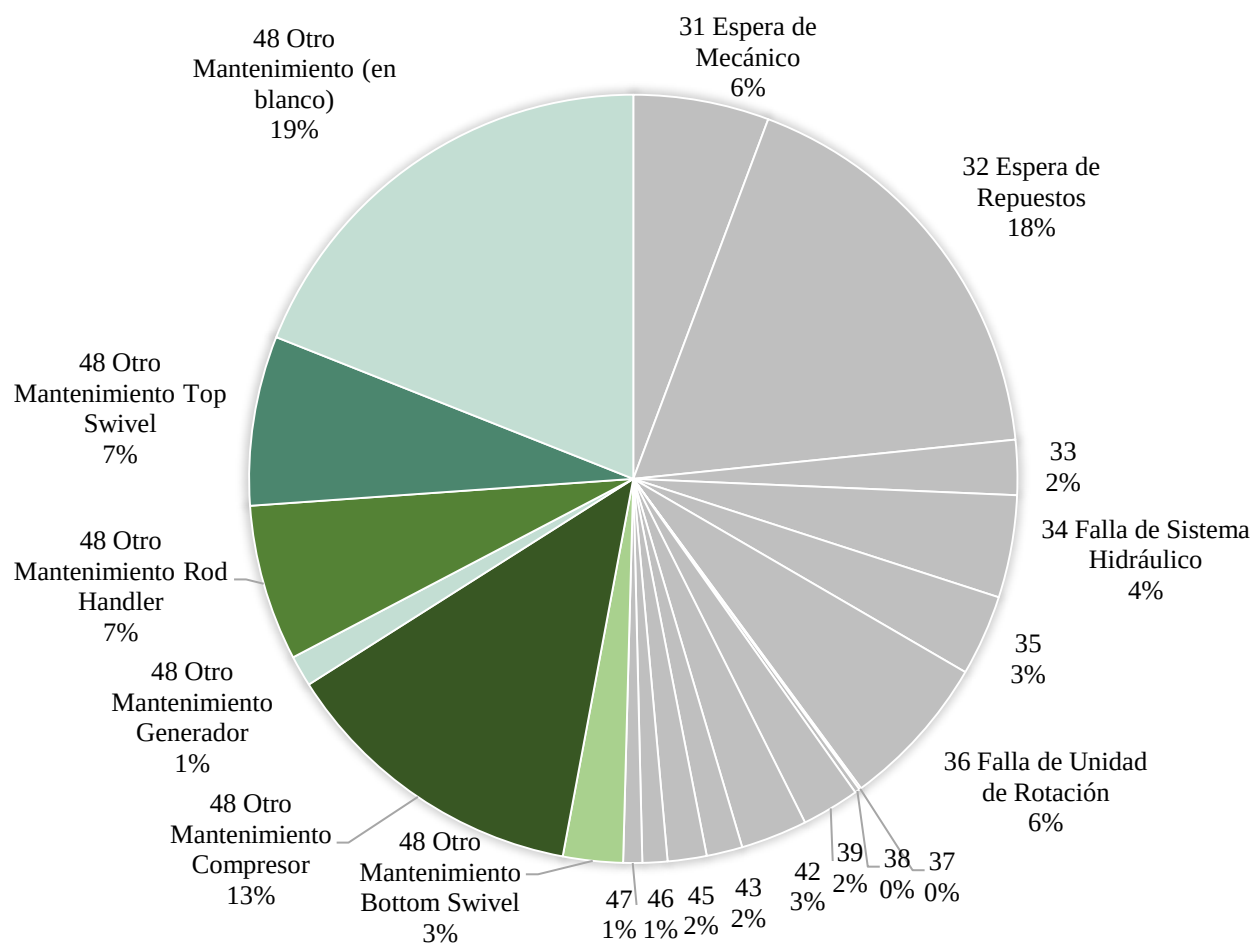


Figura 4-4: Gráfica de torta con la Distribución del total de horas detenidas de la máquina EDM 1200 Multipropósito, discretizado por familia. Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos se utilizará el Diagrama de Pareto para determinar los componentes críticos, esto es:

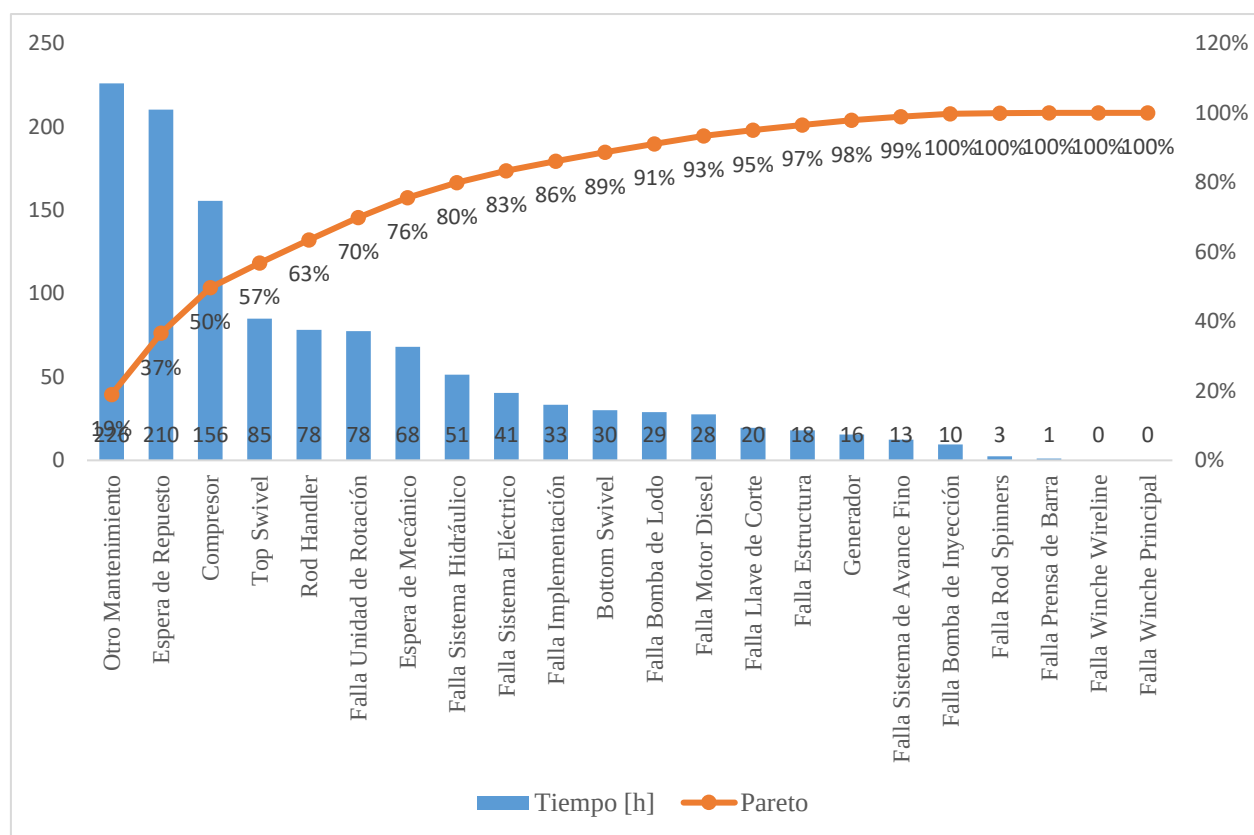


Figura 4-5: Diagrama de Pareto con las horas de detención y reparación. Fuente: Elaboración propia.

También se aplicará el Diagrama de Pareto con la Cantidad de Fallas (eventos) sucedidos en el periodo de estudio, esto es:

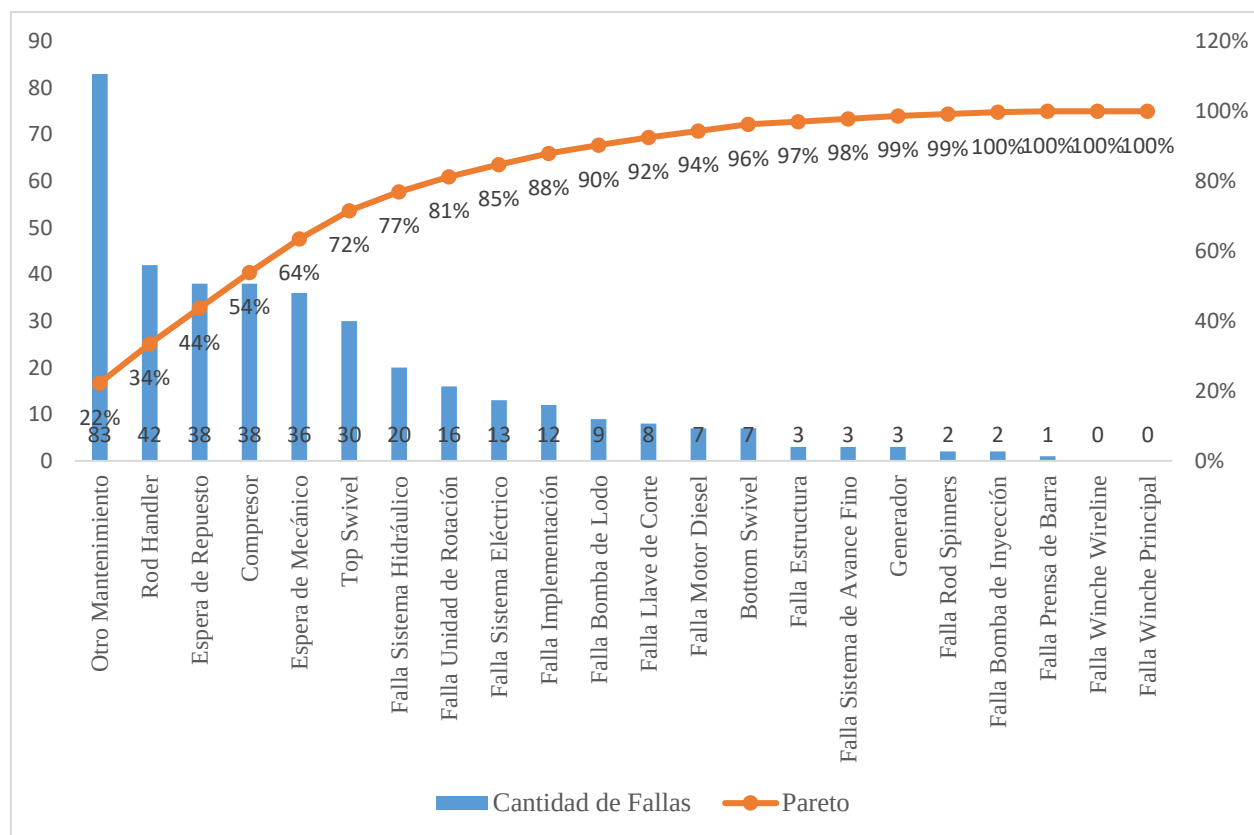


Figura 4-6: Diagrama de Pareto con las cantidades de fallas ocurridas durante el periodo de estudio. Fuente: Elaboración propia.

De ambos diagramas se puede observar que los componentes que pertenecen al tramo 80-20 son: Otro Mantenimiento; Espera de Repuesto; Espera de Mecánico; Sistema Hidráulico; Unidad de Rotación; Rod Handler; Compresor y Top Swivel.

Con la ayuda del método Jack-Knife se obtiene una visión mas clara de las deficiencias presentes en cada componente.

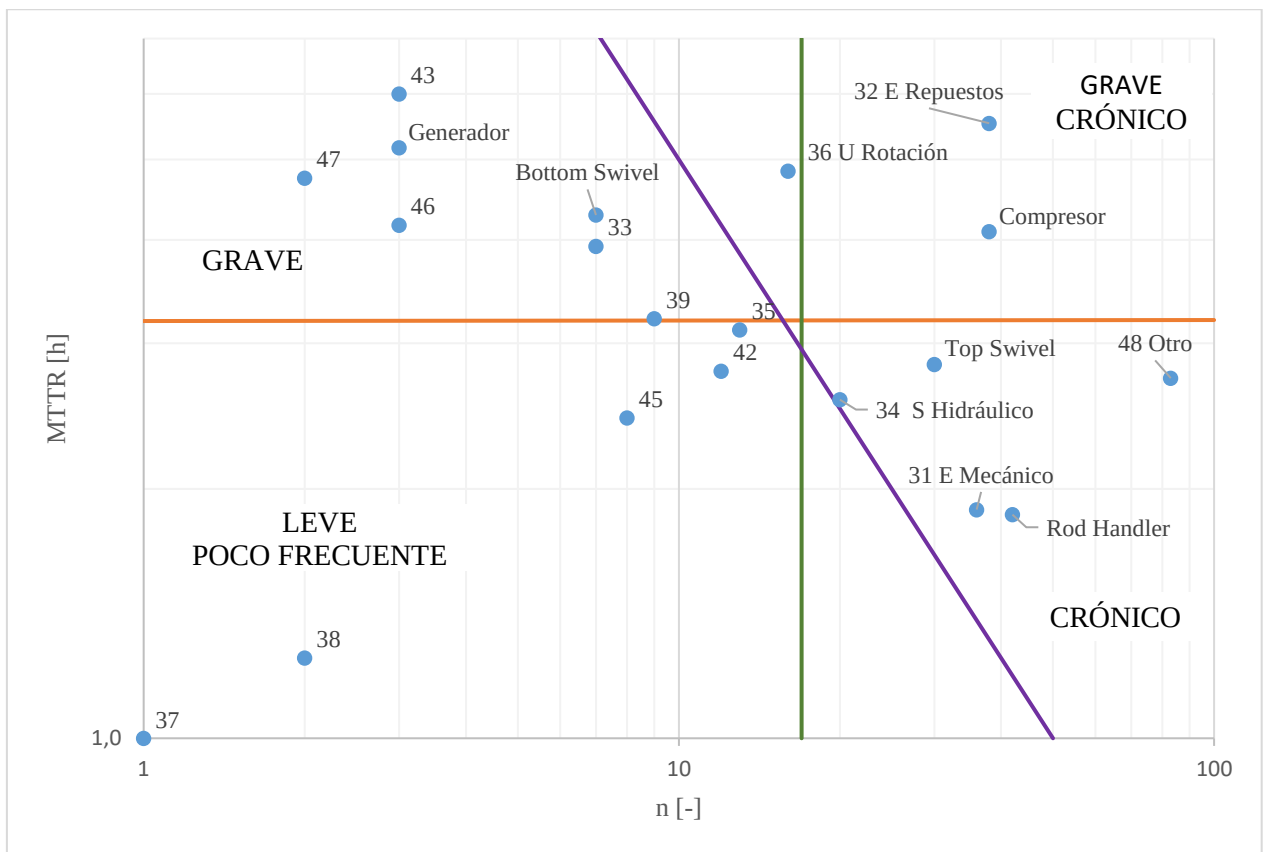


Figura 4-7: Diagrama de Jack-Knife. La línea vertical representa la Confiabilidad (Límite n). La línea horizontal representa la Mantenibilidad (Límite MTTR). La línea diagonal representa $>80\%$ (Pareto). Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 4-7 se obtiene que Unidad de Rotación (COD_{36}) como el Compresor presentan deficiencias en su mantenibilidad, a diferencia del Sistema Hidráulico (COD_{34}), el Top Swivel y el Rod Handler que presentan deficiencias en su confiabilidad. Estas deficiencias serán estudiadas en la sección 5.3 en el Pilar Mantenimiento Enfocado.

Los Códigos 31 y 32 representan esperas de mecánicos y de repuestos respectivamente. Es necesario realizar un Análisis Demográfico a estos datos para obtener una idea más clara de sus comportamientos. Esto es:

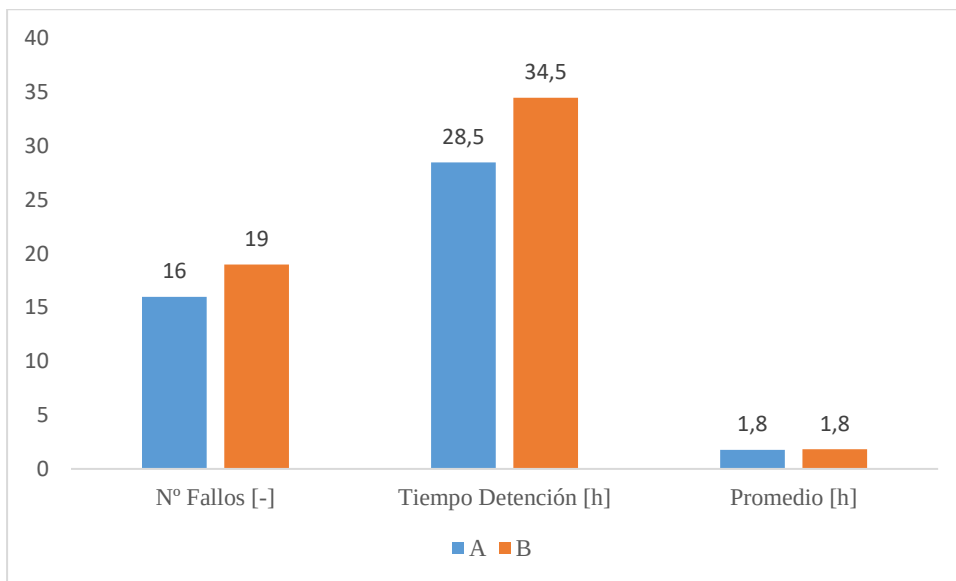


Figura 4-8: Análisis Demográfico para la Espera de Mecánico (COD_{31}), donde las columnas A y B representan a los turnos de día y noche respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

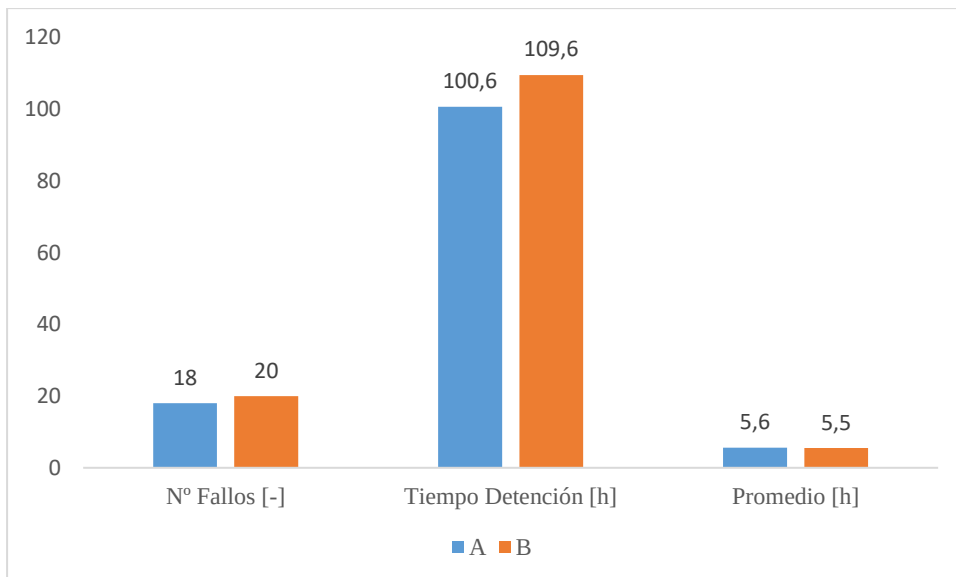


Figura 4-9: Análisis Demográfico para la Espera de Repuestos (COD_{32}), donde las columnas A y B representan a los turnos de día y noche respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que independientemente del horario en que ocurran las fallas, el tiempo de espera de mecánicos y repuestos serán iguales en promedio, por lo tanto, se mejorarán las causas generales para dichas esperas en la sección 5.3 en el Pilar Mantenimiento Planeado.

Ahora bien, esta propuesta de mejora no se enfocará en disminuir los “Otros Mantenimientos” (COD_{48}) ya que hacen referencia a diversos tipos de componentes o sucesos. Es por esto por lo que los Componentes Críticos en los que se enfocará este documento serán:

- Fallas Graves Crónicas: Compresor.
- Fallas Graves: Unidad de Rotación.
- Fallas Crónicas: Top Swivel, Sistema Hidráulico y Rod Handler.

Cabe mencionar que los componentes Compresor; Rod Handler y Top Swivel, son accesorios necesarios para la perforación con Aire Reverso y no forman parte de los componentes originales de la máquina EDM 1200.

5 Elaboración de propuestas de mejoras

En esta etapa se seleccionará la Herramienta Táctica para el Mantenimiento que ayude a mejorar el comportamiento de la máquina crítica y sus componentes críticos. Para luego generar una estrategia de mantenimiento a cinco años.

5.1 Selección de Herramientas Tácticas

Con el fin de generar un plan de mejoramiento continuo, se realizó una investigación de 5 herramientas tácticas para el mantenimiento; Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM); Mantenimiento Productivo Total (TPM); Lean Management; Inspección Basada en Riesgo (RBI) y Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM).

Para determinar qué sistema de gestión es el que más se adecua a las necesidades de la empresa, se utilizará una Matriz de Decisión en las que se evaluará positivamente a cada una de las herramientas que cumplan con los siguientes criterios:

- **Vela por la Seguridad:** busca aumentar la seguridad global en la instalación.
- **Requerimiento de Especialistas:** requiere de más especialistas para poder realizar los estudios necesarios. Será mejor mientras menos especialistas se requieran para abaratar costos.
- **Cantidad de Personal:** se refiere al número de trabajadores que se requieren para poder realizar la estrategia, mientras menos, mejor.
- **Tiempo de Aplicación:** tiempo necesario para poder realizar el estudio y lograr determinar los pasos a seguir para el mejoramiento.
- **Costo:** se ve que tan económico es realizar cada estrategia, mientras más bajos sean los costos de su aplicación, mejor.
- **Base de Datos Histórica:** hace mención a la necesidad de información específica y certera que tiene la estrategia. Mientras menos dependiente de los datos sea la estrategia, será mejor.
- **Tercerización de Actividades de Mantenimiento:** se refiere a la posibilidad de independizar los trabajos de mantención del área de mantenimiento. En el contexto de trabajos en faenas, se busca una mayor independencia.
- **Seguridad de resultados:** mide que tan seguro es que se llegue a los resultados esperados.
- **Calidad:** hace referencia a la importancia que le da la estrategia a la calidad de los procesos de mantenimiento, como a la calidad de los equipos.
- **Cuidado con el Medio Ambiente:** mide el nivel de importancia que le entrega la estrategia a los efectos en el medio ambiente provocados por su aplicación.

La importancia (puntaje) de cada uno de los criterios fue acordada con el departamento de mantenimiento, basándose en los puntos importantes para la Visión de La Empresa, y en las debilidades obtenidas en el diagnóstico realizado.

Criterios	Importancia	Herramientas Tácticas				
		RCM	TPM	Lean Management	RBI	BCM
Vela por la Seguridad	9	+	+	+	+	
Requerimiento de Especialistas	1		+	+		+
Cantidad de Personal	5	+				
Tiempo de Aplicación	5					
Costo	5	+		+	+	+
Base de Datos Histórica	5	+	+	+		
Tercerización de Actividades	9		+			
Seguridad en los Resultados	5	+	+	+		
Calidad	9		+			
Cuidado con el Medio Ambiente	9	+	+		+	+
Ponderación Total		38	47	25	23	15

Figura 5-1: Matriz de Decisión para determinar la mejor herramienta táctica a utilizar. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-1 muestra la ponderación total de cada herramienta, se observa que RCM y TPM son las que obtuvieron los mayores puntajes, es por esto por lo que se utilizará una combinación de ambas en el plan de mejora. Para ello, se determinarán los Pilares de TPM con los que se trabajará, y dentro de su aplicación, se utilizará la técnica del Análisis Por qué – Por qué planteado por RCM.

5.2 Selección de Pilares TPM

Debido al alcance de este documento, será necesario seleccionar 3 de los 8 Pilares de TPM. Para ello se estudiará cuál es el principal enfoque de cada uno de ellos. Esto es:

Pilar 1. Mantenimiento Autónomo: “pretende alcanzar la autogestión plena de los operadores haciendo que asuman responsabilidades sobre las máquinas. El área de Mantenimiento transfiere inicialmente tareas de primera línea como limpieza, lubricación, purga, ajustes menores y hasta cambio de algunas piezas. Sin embargo, la eficacia, eficiencia y efectividad del trabajo autónomo será siempre responsabilidad de Mantenimiento.” [3]. Debido a que no se observan debilidades respecto a la limpieza de los componentes. No se implementará este Pilar en un comienzo. Pero si se planteará capacitar a los Operadores para que logren utilizar correctamente ciertos componentes.

Pilar 2. Mantenimiento Planeado: su objetivo es alcanzar las “cero averías” a través de una planificación rigurosa, pudiendo reducir los tiempos de ejecución de los trabajos (MTTR). Durante el despliegue del MP, el departamento de mantención puede mejorar la Gestión de los procesos internos, para sí lograr el correcto cumplimiento de los planes de mantenimiento. Este pilar ayudará a reducir las esperas de repuestos, y por consecuencia, aumentar la disponibilidad operacional de los equipos (disminuyendo el MTTR).

Pilar 3. Mejora Enfocada: “las actividades de este Pilar orientan los esfuerzos de un grupo de personas para resolver problemas específicos, concretos y de cierta complejidad” [3]. Este Pilar ayudará a mejorar el desempeño de los componentes, otorgando a su vez el conocimiento de los modos de falla de estos.

Pilar 4. Gestión Temprana: “este Pilar tiene como objetivo garantizar que las nuevas Unidades Productivas operen satisfactoriamente desde la puesta en marcha” [3]. Debido a que La Empresa no considera la adquisición de nuevos equipos, este Pilar no será utilizado.

Pilar 5. Mantenimiento de Calidad: “el objetivo principal del Pilar es evitar las pérdidas de calidad en los productos, permitiendo acercarse a la meta del cero defecto” [3]. Este pilar está más enfocado a una empresa de producción más que de servicios. Un defecto en la toma del testigo, por ejemplo, sería generado por una mala operación de la máquina más que por una falla de esta. Es por esto por lo que no se aplicará este Pilar.

Pilar 6. Capacitación y Desarrollo: “este Pilar es un soporte para articular los demás procesos del TPM. Sus acciones están dirigidas a cubrir aspectos metodológicos, aspectos técnicos y de autogestión. El departamento de RRHH debe medir los conocimientos y habilidades de cada individuo utilizando matices de habilidad” [3]. Debido al alcance de este documento, no se aplicará este Pilar, aunque según lo observado en la evaluación de los Cliente Internos, el personal de mantenimiento cumple con las expectativas. Ahora bien, siempre existe la posibilidad de seguir mejorando, por lo que se planteará como un desafío a futuro el estudio de este Pilar.

Pilar 7. Gestión de Sectores Administrativos: “este Pilar orienta sus esfuerzos en mejorar la eficiencia integral de las tareas administrativas de soporte, reduciendo trabajos innecesarios, demoras, pérdidas energéticas, retrabajos, costos, etc.” [3]. Esto ayudará directamente a disminuir la Esperas de Repuestos, asegurando que los sectores de Abastecimiento y la Gerencia de Proyectos estén al pendiente de los requerimientos de mantención.

Pilar 8. Higiene, Seguridad y Medio Ambiente: “este Pilar requiere la máxima atención. A través del apoyo metodológico a los demás despliegues del TPM, tiene como objetivo principal luchar por el “cero accidentes” y por el cuidado del medio ambiente” [3]. La empresa declara tener una baja tasa de accidentes, debido a lo cual no es la principal urgencia a mejorar. Se planteará el estudio de este Pilar a futuro.

5.3 Pilares TPM a implementar

A continuación se explicará cómo se aplicarán cada uno de los pasos correspondientes a cada Pilar seleccionado.

- ***Mantenimiento Planeado***

Paso 1. Evaluar el Equipo, su contexto operativo y las condiciones iniciales

Se establece como método para priorizar los componentes la combinación del Diagrama de Pareto junto al Diagrama de Jack Knife utilizados en la sección 4.2. Se utilizará como parámetro de medida los tiempos de detención de cada componente, aunque se espera que a futuro se trabaje con el MTBF y el MTTR de cada parte. Para ello se requiere mejorar la reportabilidad con un documento que se mencionará más adelante.

Paso 2. Suprimir el deterioro y corregir deficiencias

En general no existe gran deterioro en los componentes, más bien, es la falta de mantenciones preventivas lo que aumenta las deficiencias. Para ello se mejorará la comunicación entre el área de mantenimiento y el área de abastecimiento

Paso 3. Crear o mejorar el Sistema de Información

Con el fin de lograr una mejor base de datos del comportamiento de cada parte de los componentes de las máquinas. Se plantea como el “Reporte de Mantenimiento” como un documento añadido al “Reporte de Avance”, y obligatorio para todas las faenas. Este documento será llenado por el mecánico, y firmado por el Operador, con el fin de evitar las inconsistencias en la información. El supervisor de faena será el encargado de velar por el correcto cumplimiento y llenado de este documento. Será el Jefe de Mantenimiento el encargado de analizar dichos reportes, y plantear mejoras (de ser necesarias) al plan de mantenimiento.

Paso 4. Mejorar el proceso de Mantenimiento Periódico

De la mano con el paso 2, se le dará énfasis a la comunicación con el área de abastecimiento con el fin de disminuir las esperas de repuestos. Dentro de las obligaciones de los Jefes de Faena se encuentra el controlar los stocks críticos, por lo tanto serán ellos los encargados de velar porque mantenimiento tenga como mínimo los repuestos mencionados en sus planes de mantenimiento.

Los pasos 5 (Mejorar el proceso de Mantenimiento Basado en Condición) y 6 (Optimizar integralmente el proceso "Mantenimiento Planeado") se plantearán como desafíos a futuro para la empresa.

- ***Mantenimiento Enfocado***

Paso 1. Seleccionar el tema

Se plantearán como temas principales a cada uno de los componentes críticos: Proyecto de Mejora del Sistema Hidráulico; Proyecto de Mejora de la Unidad de Rotación; Proyecto de Mejora del Rod Handler; Proyecto de Mejora de los Compresores y Proyecto de Mejora del Top Swivel.

Se estudiarán sus principales modos de falla según la información recolectada, y la experiencia del Grupo.

Paso 2. Formar el Grupo de Trabajo

El Grupo de trabajo estará formado por el Jefe de Mantenimiento, un mecánico de faena, el encargado de bodega de la Casa Matriz, y el Gerente de Administración y Finanzas.

Paso 3. Medir el estado actual y proponer objetivos de mejora

Se utilizará toda la información recolectada para este documento, junto con los archivos generados para su análisis.

El objetivo será lograr acercar dichos parámetros a los obtenidos por el modelo original EDM 1200, que es el modelo con mejores indicadores según lo visto en la sección de Máquina Crítica.

Paso 4. Analizar las causas del problema

Para diagnosticar los problemas de cada componente, se utilizará un Análisis FMECA modificado según lo acordado con La Empresa para el Sistema Hidráulico (para facilitar la comprensión de este); y las Planillas de Análisis Por qué - Por qué al resto de componentes críticos. A continuación se presentan dichos análisis.

Análisis FMECA a Sistema Hidráulico													
Nº	Descripción Componente	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Se pudo predecir?	Efecto	S	O	D	RPN	Recomendación/Tarea	Responsable	Frecuencia
1	Circuito Hidráulico	Permitir el desplazamiento del aceite hidráulico.	Rotura de manguera hidráulica	Desgaste por roce entre mangueras y con la máquina	SI	La máquina deja de trabajar	10	5	4	200	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días
				Alta presión en las mangueras	SI	La máquina deja de trabajar	10	4	4	160	Evitar sobre exigir a la máquina	Operador	a diario
			Mangueras tapadas	Acumulación de suciedad	NO	Funcionamiento irregular de los componentes hidráulicos	5	2	10	100	Ninguna tarea recomendada	-	-
			Fuga en Niples	Mal apriete del Niple	SI	Funcionamiento irregular de los componentes hidráulicos	5	2	5	50	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días
			Fugas en llave hidráulica	Ruptura de sello	SI	Funcionamiento irregular de los componentes hidráulicos	5	3	5	75	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días
2	Estanque Hidráulico	Contener o almacenar el aceite hidráulico.	Fuga de aceite	Ruptura de sello	SI	Funcionamiento irregular de los componentes hidráulicos	5	3	5	75	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días
		Asentar los contaminantes	El drenaje no abre	El tapón se pegó al cuerpo del estanque	SI	Acumulación de suciedad en el estanque	5	2	5	50	Rutina de Inspección.	Operador	2 días
		Dejar escapar el aire retenido	Respiradero tapado	Abundante suciedad en el respiradero	SI	Impide la compensación de presión al producirse cambios en los niveles de aceite	5	5	1	25	Rutina de Inspección.	Operador	a diario

Figura 5-2: Análisis FMECA del Sistema Hidráulico, parte 1. Fuente: Elaboración propia.

Análisis FMECA a Sistema Hidráulico													
Nº	Descripción Componente	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Se pudo predecir?	Efecto	S	O	D	RPN	Recomendación/Tarea	Responsable	Frecuencia
3	Enfriador de Aceite	Controlar la temperatura del aceite hidráulico	No consigue la temperatura deseada	Filtración del agua en el aceite	SI	Altera la viscosidad del aceite	3	1	5	15	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días
		Contener completamente el aceite que fluye a través de el	Fugas de aceite	Ruptura de sello	SI	Funcionamiento irregular de los componentes hidráulicos	3	3	5	45	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días
4	Válvula K220L	Controlar el paso de aceite desde el Estanque al Enfriador	Cierre lento	Ajuste de caudal demasiado abierto	SI	Altera el funcionamiento del Enfriador de aceite	4	2	4	32	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días
			No cierra	Disco adherido a la pared superior	NO	Altera el funcionamiento del Enfriador de aceite	4	2	10	80	Realizar mantenimiento a la válvula	Mecánico	al fallar
			No abre	Disco adherido al asiento	NO	Se detiene el flujo de aceite en el sistema	8	2	10	160	Realizar mantenimiento a la válvula	Mecánico	al fallar
			No reasienta	Desalineación temporal	SI	Altera el funcionamiento del Enfriador de aceite	4	2	4	32	Levantar la válvula y restablecer luego la presión de reasiento	Mecánico	2 días
		Contener completamente el aceite que fluye a través de ella	Fuga a través del asiento de la válvula	Suciedad retenida entre la membrana y el asiento de la válvula	NO	Pérdidas de presión en el sistema hidráulico	6	2	10	120	Realizar mantenimiento a la válvula	Mecánico	al fallar
			Fuga a través del cuerpo de la válvula	Tapón de apertura manual mal cerrado	SI	Altera el funcionamiento del Enfriador de aceite	4	1	3	12	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días

Figura 5-3: Análisis FMECA del Sistema Hidráulico, parte 2. Fuente: Elaboración propia.

Análisis FMECA a Sistema Hidráulico													
Nº	Descripción Componente	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Se pudo predecir?	Efecto	S	O	D	RPN	Recomendación/Tarea	Responsable	Frecuencia
5	Válvula PVG32	Controlar el paso de aceite desde el Estanque al Circuito Hidráulico	Cierre lento	Ajuste de caudal demasiado abierto	SI	Altera el desplazamiento del cabezal	6	2	4	48	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días
			No cierra	Disco adherido a la pared superior	NO	Altera el desplazamiento del cabezal	6	2	10	120	Realizar mantenimiento a la válvula	Mecánico	al fallar
			No abre	Disco adherido al asiento	NO	Se detiene el flujo de aceite en el sistema	8	2	10	160	Realizar mantenimiento a la válvula	Mecánico	al fallar
			No reasienta	Desalineación temporal	SI	Altera el desplazamiento del cabezal	6	2	4	48	Levantar la válvula y restablecer luego la presión de reasiento	Mecánico	2 días
		Contener completamente el aceite que fluye a través de ella	Fuga a través del asiento de la válvula	Suciedad retenida entre la membrana y el asiento de la válvula	NO	Pérdidas de presión en el sistema hidráulico	6	2	10	120	Realizar mantenimiento a la válvula	Mecánico	al fallar
			Fuga a través del cuerpo de la válvula	Tapón de apertura manual mal cerrado	SI	Pérdidas de presión en el sistema hidráulico	6	1	3	18	Rutina de Inspección.	Mecánico	2 días

Figura 5-4: Análisis FMECA del Sistema Hidráulico, parte 3. Fuente: Elaboración propia.

Hoja de Análisis POR QUÉ - POR QUÉ										
Sistema / Código:		COD 36		Coordinador:		Jefe de Mantenimiento				
Equipo / Subsistema:		Unidad de Rotación		Fecha de Análisis:		15/07/2017		Revisión: 1		
Descripción del fenómeno:		El día 7 de Marzo del 2017 hubieron problemas con la unidad de rotación, esta se detuvo, y no fue posible repararla en terreno. Se debió desarmar la unidad de rotación para ser reparada en Santiago						Observaciones:		
#	1° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	2° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	3° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	4° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	5° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No
A	Falta de aceite en la Unidad de Rotación	NO								
B	El Cabezal está atascado	SI	No se le realizo mantención a tiempo	NO						
C			No se lubricó durante su uso	SI	No se requería según lo estipulado en el manual	NO				
D					El Operador no utilizó lubricante	SI	No había lubricante	SI	No se solicitó a Bodega	NO
E									No había lubricante en Bodega	SI
F										

Figura 5-5: Planilla Por qué - Por qué aplicada a la Unidad de Rotación. Fuente: Elaboración propia.

Hoja de Análisis POR QUÉ - POR QUÉ										
Sistema / Código:		COD 48		Coordinador:		Jefe de Mantenimiento				
Equipo / Subsistema:		Rod Handler		Fecha de Análisis:		15/07/2017		Revisión: 1		
Descripción del fenómeno:		El día 13 de febrero del 2017, no fue posible seguir utilizando el Rod Handler ya que no contaba con su cadena de sujeción. Luego de reponer dicha cadena, se pudo continuar con el trabajo.						Observaciones:		
#	1° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	2° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	3° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	4° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	5° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No
A	Se sacó la cadena para utilizarla en otra parte	NO								
B	La cadena está cortada	SI	La cadena estaba muy oxidada para ser utilizada	NO						
C			La cadena no tenía las medidas correctas	NO						
D			La cadena fue sobre exigida	SI	Se utilizó el Rod Handler con barras más grandes a las que fue diseñado	NO				
E					Se realizaron movimientos inadecuados con el brazo del Rod Handler	SI	Fue requerido por el Supervisor o Cliente	NO		
F							El Operador hizo movimientos inadecuados	SI	Por una mala costumbre en los operadores	SI

Figura 5-6: Planilla Por qué - Por qué aplicada al Rod Handler. Fuente: Elaboración propia

Hoja de Análisis POR QUÉ - POR QUÉ										
Sistema / Código:		COD 48		Coordinador:		Jefe de Mantenimiento				
Equipo / Subsistema:		Compresor		Fecha de Análisis:		15/07/2017		Revisión: 1		
Descripción del fenómeno:		El día 02 de abril del 2017 el compresor comenzo a perder potencia, finalizando con una detención total del mismo. Fue necesario reemplazar el motor del compresor debido a su alto desgaste.						Observaciones:		
#	1° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	2° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	3° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	4° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	5° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No
A	Disminución en la energía de entrada	NO								
B	Tiene los filtros tapados	SI	Hubo un aumento en la polución del entorno	NO						
C			Se utilizaron filtros incorrectos	NO						
D			No se cambiaron los filtros según lo indicado por el plan de mantenimiento	SI	No habian filtros en stock	SI	Bodega no solicitó a la Casa Matriz la renovación de stock	NO		
E							No han llegado los filtros desde la Casa Matriz	SI	El área de Abastecimiento tiene problemas con los proveedores	SI
F										

Figura 5-7: Planilla Por qué - Por qué aplicada al Compresor. Fuente: Elaboración propia

Hoja de Análisis POR QUÉ - POR QUÉ										
Sistema / Código:		COD 48		Coordinador:		Jefe de Mantenimiento				
Equipo / Subsistema:		Top Swivel		Fecha de Análisis:		15/07/2017		Revisión: 1		
Descripción del fenómeno:		El día 02 de mayo del 2017 no se pudo seguir utilizando el Top Swivel debido a que presentaba fugas de aire y agua. Fue necesario cambiar los rodamientos y los sellos.						Observaciones:		
#	1° Nivel de ¿Por qué?	SI/ No	2° Nivel de ¿Por qué?	SI/ No	3° Nivel de ¿Por qué?	SI/ No	4° Nivel de ¿Por qué?	SI/ No	5° Nivel de ¿Por qué?	SI/ No
A	Se rompieron los sellos	SI	No eran los sellos correctos	NO						
B			Los sellos no fueron cambiados según su mantenimiento preventivo	NO						
C			Se produjo roce entre el Top Swivel y la barra	SI	Falta de engrase	SI	No había grasa	NO		
D							No se engrasa entre barras	SI	No se les informó a los operadores que deben engrasar cada 2 - 3 barras	NO
E									Mala costumbre de los operadores	SI
F										

Figura 5-8: Planilla Por qué - Por qué aplicada al Top Swivel. Fuente: Elaboración propia

Las Figuras 5-2, 5-3 y 5-4 conforman el Análisis FMECA realizado al Sistema hidráulico, de él se obtiene que los modos de fallas con mayor RPN se deben principalmente a que La Empresa no cuenta con un sistema de control de aceites que le permita anticiparse a una falla, se plantea en estudio de incorporar análisis de aceite en un futuro, ya que esto excede el alcance de este trabajo. En el caso del modo de falla de rotura de las mangueras hidráulicas, se deberá mejorar la inspección de las mismas, además de evitar sobre exigir a la máquina con demasiadas barras (peso).

Las Figuras 5-5; 5-6; 5-7 y 5-8 muestran algunos análisis de falla aplicados a cada uno de los otros componentes críticos, según algunas fallas recurrentes detectas durante el desarrollo de la base de datos para este documento. El Grupo de Trabajo determinó que existen dos problemas iniciales: la manipulación inadecuada de las máquinas y los problemas de abastecimiento. Para el primer problema, no se cuentan con pruebas directas más que el conocimiento del repetido accionar de los operadores y supervisores. El segundo problema se ve reflejado en las esperas de repuestos, y se debe principalmente a motivos ajenos al Mantenimiento (la empresa pasa por un periodo de mala gestión económica, que ha producido que algunos proveedores no quieran venderle sus productos).

Se plantea utilizar un Análisis ADF (Anexo 9.21 [19]) con las fallas a futuro una vez teniendo una mejor reportabilidad de las detenciones.

Paso 5. Planificar las acciones de mejora

Se deberá mejorar la inspección de los mecánicos a las mangueras hidráulicas, además de evitar sobre exigir a la máquina por parte de los Operadores.

Desde mantenimiento se pondrán en contacto con los diferentes Jefes de Faena, con el fin de realizar una capacitación para lograr el buen uso de los equipos por parte de los Operadores y Supervisores. Se les dará la responsabilidad de velar por este correcto uso a los Supervisores, con directo control de los Jefes de Faena.

Se espera que el Área de Abastecimiento logre conciliar su relación con los proveedores para así contar con los repuestos a tiempo.

Será la empresa la encargada de determinar si desea aplicar los pasos 6 (Implementar las mejoras propuestas) y 7 (Evaluar los resultados del Plan contra los Objetivos) ya que exceden la extensión de este trabajo.

• *Mejora Gestión de Sectores Administrativos*

Paso 1. Situación Actual

Dentro de los resultados del diagnóstico se plantea una mala Gestión en el Mantenimiento y Disponibilidad de los Repuestos, como también una mala base de datos respecto a los costos que conlleva el mantenimiento.

Paso 2. Plantear Objetivos y Priorizar

El objetivo principal será mejorar la comunicación entre las distintas áreas, con el fin de llevar una base de datos en conjunto actualizada y ordenada.

Del área de abastecimiento se espera una mejora en la relación con los Proveedores debido a su cancelación en ventas de repuestos.

Paso 3. Acciones de Mejora

Durante las reuniones de Planificación realizadas cada viernes en la Casa Matriz, el Jefe de Mantenimiento planteará sus necesidades de repuesto (para los mantenimientos preventivos) con dos semanas de anticipación. Respecto a las reparaciones correctivas, será el Jefe de Mantenimiento el encargado de informar y registrar todos los gastos que se realicen.

Debido al alcance de este documento, el paso 4 (Consolidar las Mejoras) no se logrará registrar, pero se espera que La Empresa logre consolidar este Pilar, para así poder plantearse el uso de nuevos Pilares de TPM.

5.4 Manejo de los Datos Maestros

En la sección 3.2 se observó que si bien la empresa cuenta con distintas bases de datos, tanto del inventario por faena, como del funcionamiento de las máquinas, estas no están ordenadas, ni son controladas periódicamente. Es por esto por lo que se recomienda:

- Realizar una “limpieza” a los códigos repetidos en el inventario principal.
- Agrupar los repuestos y componentes según modelos de máquinas perforadores.
- Resaltar los componentes esenciales para el área de mantenimiento (para que el área de abastecimiento se preocupe de contar con ellos en los distintos stocks).
- Mejorar el control de Stock por faena.
- Mejorar el detalle de la estructura técnica de objetos.
- Implementar nuevos códigos para los componentes críticos Compresor, Generador, Top Swivel, Bottom Swivel y Rod Handler, con el fin de facilitar el futuro análisis de ellos.

Además se recomienda contactarse con SAP para que los capaciten con el uso de esta ERP en el módulo PM (Mantenimiento de Planta).

Esta herramienta va a permitir: realizar una gestión de fallos; obtener datos de vida útil de los componentes, para poder dimensionar un stock de repuesto; desarrollar el flujo de mantenimiento planificados y no planificados en el sistema; conocer la carga real de trabajo del departamento de mantenimiento para poder priorizar los trabajos; y disponer de informes estadísticos que faciliten la toma de decisiones.

5.5 Análisis de costos de la propuesta

Como se mencionó en la sección 3.2, no se cuenta con datos detallados de los costos de mantención. Además, la propuesta no plantea el uso de nuevos componentes o personal, por lo que no tendría gastos asociados a su aplicación.

Es de esperar que con la mejora en el Reportabilidad prevista por el Pilar “Mantenimiento Planeado” se logre hacer un estudio más detallado de los costos actuales del departamento de Mantención, y así estudiar posibles mejoras.

5.6 Elaboración de estrategia de mantenimiento a 5 años.

Gracias a todo lo anteriormente expuesto, se plantea la siguiente estrategia de mantenimiento a cinco años de plazo (desde el 01/01/2018 hasta el 31/12/2022), con el fin de mejorar el comportamiento del equipo crítico, además de incorporar al resto de las máquinas perforadoras a dicha estrategia. Para ello, el periodo de aplicación dividirá a grandes rasgos, en ocho etapas (Figura 5-9) las que se detallarán a continuación:

1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
1/1/18	31/12/18 30/4/19	31/12/19 30/4/20	31/12/20 30/4/21	31/12/21	31/12/22		

Figura 5-9: Línea de Tiempo de la estrategia de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

- 1era Etapa: durante el año 2018 se buscará consolidar las acciones de mejora propuestas a los componentes críticos, a través de un control constante en la aplicación de estas. Se recomienda que, en la primera reunión de operaciones de cada mes, se entregue un reporte por parte de los Gerentes de Contrato que tengan a su cargo una sonda EDM 1200 de aire reverso, con el desempeño observado en la aplicación de los pilares TPM.
- 2da Etapa: durante el primer cuatrimestre del 2019 se podrá analizar el funcionamiento del actual plan de mantenimiento para los equipos EDM 1200, debido a que se tendrá toda la información correspondiente al año 2018 con los detalles del trabajo realizado por los mecánicos en faena y el horómetro de la sonda (estos datos se obtendrán del documento “Reporte de Mantenimiento”).
- 3ra Etapa: el resto del año 2019 se utilizará para modificar y aplicar los cambios necesarios al plan de mantenimiento de la sonda EDM 1200.
- 4ta Etapa: durante el primer cuatrimestre del 2020 se analizará el correcto funcionamiento de los cambios realizados al plan de mantenimiento, logrando en lo posible disminuir la criticidad del equipo. Además de volver a aplicar las encuestas a los clientes directos del departamento de mantenimiento, con el fin de comprobar si mejoraron las opiniones respecto a los tiempos de respuesta.
- 5ta Etapa: el resto del año 2020 se analizará el nuevo componente y/o equipo crítico para la empresa (se espera que sea las sondas SCHRAMM de aire reverso).
- 6ta y 7ma Etapa: se aplicará la misma metodología del año 2019 durante el 2021 para el nuevo componente y/o equipo crítico, es decir, primero se analizará su plan de mantenimiento, para luego realizar modificaciones al mismo.

- 8va Etapa: durante el año 2022 se espera tener consolidados los tres pilares TPM aplicados a los dos equipos críticos, con esto logrado se analizará la integración de otros pilares según sea la necesidad de la empresa.
- Ya a finales del 2022 se espera obtener una constante de 94% de disponibilidad operacional en los tres modelos de sondas estudiados.

6 Metodología Aplicada

En este trabajo de título se utilizó una combinación de distintas herramientas disponibles en la literatura que, normalmente, se aplican de manera independiente, tomando aquellas acciones que eran necesarias para los objetivos deseados. Es por eso que a continuación se presentará un resumen de la “receta” utilizada para obtener el plan de mejora:

1. Realizar una evaluación del cliente interno a través de una encuesta (Anexo 9.7).
2. Determinar la máquina crítica utilizando la Matriz de Grado de Criticidad (Anexo 9.4).
3. Determinar componentes críticos utilizando el Diagrama de Pareto (Figura 4-5) y el Diagrama de Jack Knife (Figura 1-4).
4. Analizar las Herramientas Tácticas que ayuden a mejorar los Criterios según la Matriz de Decisión (Figura 5-1).
5. Para utilizar la Herramienta Táctica TPM, se recomienda analizar los pilares que abarcan el mayor número de debilidades inicialmente con el fin de familiarizar paulatinamente al personal de la empresa con un mejoramiento continuo.
6. Los instrumentos de Análisis Por qué – Por qué (Anexo 9.6) y FMECA (Anexo 9.5) ayudarán a determinar los modos de falla y la causa raíz de componentes simples y complejos respectivamente.
7. Se deberá analizar los costos asociados al plan de mejora para determinar si es conveniente su aplicación.
8. Se recomienda elaborar una estrategia de mantenimiento a X años (dependiendo del tipo de empresa y los plazos asociados normalmente a sus trabajos) con el fin de tener una ruta clara para el mejoramiento continuo.

7 Conclusiones

En base al estudio del comportamiento de los equipos EDM 1200 DDH y RC; y SCHRAMM durante el periodo de enero de 2016 hasta junio de 2017 se observó lo siguiente:

- La Empresa trabaja con cuatro modelos de Sonda: EDM1200; LF-230; SCHRAMM T685WS-D y DG-2000 SP. Además de dos tipos de Sonda; Perforación por Diamantina “DDH” y Perforación por Aire Reverso “RC”.
- Todos los trabajos de las máquinas se realizan por sobre los 3.000 metros de altura del nivel del mar. Y a más de 65 kilómetros de distancia de la ciudad más cercana.
- La criticidad de los equipos se medirá en base a su Disponibilidad Operacional, MTBF y MTTR, siendo el funcionamiento de la máquina lo más importante para nuestros clientes.
- En base a los parámetros mencionados y lo obtenido por la Matriz de Criticidad, la máquina con peor funcionamiento fue la EDM 1200 en su versión multipropósito.
- Según lo obtenido por el Diagrama de Pareto y el Diagrama de Jack Knife, existen cinco componentes críticos para La Empresa: Sistema Hidráulico, Unidad de Rotación, Rod Handler, Compresor y Top Swivel.
- Los modos de falla del Sistema Hidráulico se deben principalmente a una falta de monitoreo del estado de los aceites de las máquinas.
- La Unidad de Rotación requiere de una lubricación constante, lo que la hace propensa a fallas por problemas de abastecimiento.
- Las principales fallas del Compresor se deben a que no se cambiaron los filtros en su debido tiempo, ya que no se encontraban disponibles en la faena.
- Tanto las fallas del Top Swivel como del Rod Handler se deben a mala operación de los equipos. Se requiere mejorar la reportabilidad para tener pruebas de ello.
- Casi el 20% de los tiempos de detención se deben a Esperas de Repuestos.
- No se observó una diferencia demográfica en el mantenimiento realizado a los equipos.
- La reportabilidad actual del mantenimiento carece de detalles e información valiosa para el mejoramiento continuo.

Debido a los pocos detalles entregados en los Reportes de Avance con respecto a las mantenciones, no se pudo determinar el correcto funcionamiento del Plan de Mantenimiento actual.

Ahora bien, fue posible observar algunas debilidades que la Herramienta Táctica TPM (Mantenimiento Productivo Total), junto a algunas técnicas de RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), ayudarán a disminuir. Para ello se utilizan tres de los pilares TPM, estos son:

1. Mantenimiento Planeado: se establece como método para priorizar los componentes la combinación de Diagrama de Pareto junto al Diagrama de Jack Knife. Se busca lograr disminuir los tiempos de espera de repuesto, preocupándose de tener todas las herramientas y repuestos a mano al momento de ser requeridos. Para ello se plantea una mejora en la reportabilidad a través de los reportes de Mantenimiento.
2. Mantenimiento Enfocado: con las técnicas de FMECA y el análisis Por qué – Por qué se determinan tres problemas iniciales: nulo monitoreo de condiciones, manipulación inadecuada de las máquinas y problemas de abastecimiento. Para el primer problema, se plantea el desafío de estudiar la implementación de un análisis de aceite a futuro. Para el

segundo problema, no se cuentan con pruebas directas más que el conocimiento del repetido accionar de los operadores y supervisores, por lo que no se puede determinar una solución exacta más que fomentar la comunicación entre los Operadores y los Mecánicos. El tercer problema se ve reflejado en las esperas de repuestos, y se debe principalmente a motivos ajenos al Mantenimiento (la empresa pasa por un periodo de mala gestión económica, que ha producido que algunos proveedores no quieran venderle sus productos).

Se plantea utilizar un Análisis ADF con las fallas a futuro una vez teniendo una mejor reportabilidad de las fallas.

3. Mejora Gestión de Sectores Administrativas: El objetivo principal será mejorar la comunicación entre las distintas áreas, con el fin de llevar una base de datos en conjunto actualizada y ordenada. Durante las reuniones de Planificación realizadas cada viernes en la Casa Matriz, el Jefe de Mantenimiento planteará sus necesidades de repuesto (para los mantenimientos preventivos) con dos semanas de anticipación. Respecto a las reparaciones correctivas, será el Jefe de Mantenimiento el encargado de informar y registrar todos los gastos que se realicen.

Del área de abastecimiento se espera una mejora en la relación con los Proveedores debido a su cancelación en ventas de repuestos.

Con el fin de establecer un procedimiento para el manejo de los datos maestros, se recomienda:

- Realizar una “limpieza” a los códigos repetidos en el inventario principal.
- Agrupar los repuestos y componentes según modelos de máquinas perforadores.
- Resaltar los componentes esenciales para el área de mantenimiento (para que el área de abastecimiento se preocupe de contar con ellos en los distintos stocks).
- Mejorar el control de Stock por faena.
- Mejorar el detalle de la estructura técnica de objetos.
- Implementar nuevos códigos para los componentes críticos Compresor, Generador, Top Swivel, Bottom Swivel y Rod Handler, con el fin de facilitar el futuro análisis de ellos.

Además se recomienda contactarse con SAP para que los capaciten con el uso de esta ERP en el módulo PM (Mantenimiento de Planta).

Debido a que la propuesta no plantea el uso de nuevos componentes o personal, esta no tendría gastos asociados a su aplicación. Pero si se recomienda comenzar a generar una base de datos con los gastos asociados al área de mantenimiento para un futuro análisis.

Se plantea una estrategia de mantenimiento a 5 años, la que se divide en 8 etapas. Lo primero será consolidar las acciones de mejora propuestas para los componentes críticos. Luego, gracias a haber mejorado la base de datos de mantenimiento, se analizará el funcionamiento del Plan de Mantenimiento Actual para la sonda EDM 1200 Multipropósito y se modificará de ser necesario. Durante la cuarta etapa se analizará el correcto funcionamiento de los cambios realizados al plan de mantenimiento, logrando en lo posible disminuir la criticidad del equipo. Además de volver a aplicar las encuestas a los clientes directos del departamento de mantenimiento, con el fin de comprobar si mejoraron las opiniones respecto a los tiempos de respuesta. En la quinta, sexta y séptima etapa se analizará y mejorará un nuevo equipo crítico, el cual se espera que sea la sonda

SCHRAMM de aire reverso. En la última etapa se espera consolidar los tres pilares TPM para dar paso a la implementación de los cinco pilares restantes de ser necesario.

Sera necesario repetir el proceso de mejora para lograr estandarizar una disponibilidad del 94% en las sondas estudiadas.

Se observo un rechazo de la empresa a trabajar o modificar el área de operaciones. Ellos esperaban que toda mejora o solución al desempeño de los equipos se obtuviera a través del área de mantenimiento. Es necesario destacar que este tipo de mentalidad debe cambiar en las empresas si de verdad buscan un mejoramiento en sus equipos y procesos, se deben ver cada una de las áreas de la empresa de manera transversal, con el fin de que todos apunten en la misma dirección.

8 Bibliografía

- [C. Blanco, Encuesta y Estadística, Métodos de Investigación Cuantitativa en Ciencias Sociales
1 y Comunicación, Córdoba: Editorial Brujas, 2011.
]
- [U. d. RRHH, «ceppia,» [En línea]. Available:
2 <http://ceppia.com.co/Herramientas/Herramientas/Tipo-encuestas.pdf>. [Último acceso: 05 12
] 2018].
- [A. J. Pistarelli, Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización, cap 7:
3 Procesos y Metodologías para mejorar el mantenimiento., Buenos Aires, 2010.
]
- [J. M. España, «s3.amazonaw.com,» Julio 2007. [En línea]. Available:
4 [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40784505/Mejora_continua_de_procesos](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40784505/Mejora_continua_de_procesos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543633872&Signature=ro3GTePDwZ6NZYn6TdJUwal7bqo%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGestion_empresaria)
] .pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543633872&Signature=
ro3GTePDwZ6NZYn6TdJUwal7bqo%3D&response-content-
disposition=inline%3B%20filename%3DGestion_empresaria. [Último acceso: 30 11 2018].
- [A. J. Pistarelli, Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización, cap 1:
5 Mantenimiento y Disponibilidad, Buenos Aires, 2010.
]
- [Woodhous Jhon, Criticality Analysis Revised, Newbury, England: The Woodhouse
6 Partnership Limited, 1994.
]
- [A. J. Pistarelli, Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización, Anexo VI,
7 Buenos Aires, 2010.
]
- [J. Moubray, RCM: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Lutterworth: Aladon Ltd, 1997.
8
]
- [R. P. J., El Arte de Mantener, Santiago, 2005.
9
]
- [M. C. G., «Confiando en la Ingeniería,» Marzo 2014. [En línea]. Available:
1 [http://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/2014/03/elaboracion-de-un-diagrama-jack-](http://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/2014/03/elaboracion-de-un-diagrama-jack-knife.html)
0 [knife.html](http://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/2014/03/elaboracion-de-un-diagrama-jack-knife.html). [Último acceso: 30 11 2018].
]

[A. J. Pistarelli, Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización; cap 5:
1 Mantenimiento Detectivo y Riesgo Industrial, Buenos Aires, 2010.

1

]

[SAP, «Help SAP,» [En línea]. Available:

1 <https://help.sap.com/viewer/search?q=plant%20maintenance&state=PRODUCTION&language=en-US&format=standard,html,pdf,others>. [Último acceso: 07 12 2018].

]

[M. Estibaliz, «Oreka i.t.,» 27 Diciembre 2016. [En línea]. Available:

1 <https://orekait.com/blog/sap-pm-mantenimiento-de-planta/>. [Último acceso: 07 12 2018].

3

]

[EDM, «www.explorationdrillmasters.com,» EDM, [En línea]. Available:

1 <http://www.explorationdrillmasters.com/wp-content/uploads/2018/04/EDM-1200.pdf>. [Último
4 acceso: 22 06 2018].

]

[B. Longyear, «www.boartlongyear.com,» Boart Longyear, 07 2012. [En línea]. Available:

1 [http://app.boartlongyear.com/brochures/LF230_TechData_Spanish_Nov_2012\(AppReady\).pd](http://app.boartlongyear.com/brochures/LF230_TechData_Spanish_Nov_2012(AppReady).pdf)
5 f. [Último acceso: 22 06 2018].

]

[I. Schramm, «spanish.schramm.com,» [En línea]. Available:

1 http://spanish.schramm.com/wp-content/uploads/2012/07/T685WS_SP_7.2012.pdf.

6 [Último acceso: 22 06 2018].

]

[M. Parts, «www.miningparts.cl,» [En línea]. Available:

1 http://www.miningparts.cl/files/images/portfolio/large_2.jpg. [Último acceso: 22 06 2018].

7

]

[M. Chilena, «Minería Chilena,» 06 Abril 2015. [En línea]. Available:

1 [http://www.mch.cl/informes-tecnicos/perforacion-y-sondaje-avanzar-mas-metros-con-los-](http://www.mch.cl/informes-tecnicos/perforacion-y-sondaje-avanzar-mas-metros-con-los-mismos-costos/)
8 mismos-costos/. [Último acceso: 28 09 2018].

]

[A. J. Pistarelli, Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización, Anexo VII,

1 Buenos Aires, 2010.

9

]

[M. C. G., «confiando en la ingeniería,» Marzo 2014. [En línea]. Available:
2 [http://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/2014/03/elaboracion-de-un-diagrama-jack-0 knife.html](http://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/2014/03/elaboracion-de-un-diagrama-jack-0-knife.html). [Último acceso: 27 11 2018].
]

[P. Knights, Downtime Priorities, Jack-Knife Diagrams, and the Business Cycle, Maintenance
2 Journal, Melbourne, Australia, 2004.
1
]

9 Anexos

9.1 Descripciones de Cargos

Nombre del Cargo: Gerente de Operaciones

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Gerente General

Responsable de: Gerente de Proyecto, Gerente de Abastecimiento, Jefe de Prevención de Riesgos, Jefe de Faena.

Descripción del Cargo: responsable de planificar las operaciones de Faena, procedimiento de datos, interpretación de datos y ejecución de informes para que estas labores se efectúen de acuerdo con los lineamientos de la empresa. Responsable de la operación diaria de los proyectos y de su gestión, dirección y coordinación con su equipo.

Ser responsable de liderar, planificar y controlar a nivel macro todas las actividades ejercidas por la empresa.

Ser la cara visible de la empresa frente al Cliente.

Entregar al Directorio los resultados de la gestión realizada en la empresa.

Asegurar el correcto funcionamiento de las faenas y el logro de los objetivos de seguridad, producción y rentabilidad del proyecto.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Coordinar con su equipo de trabajo las actividades de terreno.
- Dictar directrices y políticas de trabajo.
- Controlar el cumplimiento de los planes de trabajo y objetivos planteados.
- Identificar riesgos, problemas y oportunidades.
- Atender consultas de entidades externas sobre la operación.
- Planificar y controlar el procedimiento de los datos de terreno en oficina.
- Entregar la información procesada al Gerente de Proyecto.
- Coordinar la interpretación de datos y confección de informes.
- **Se preocupa que el informe final es entregado al Cliente según los estándares fijados.**
- Identificar necesidades de capacitación, formación y desarrollo.
- Mantener una comunicación eficaz y oportuna con el Gerente de Proyecto y el Cliente, para informar de todas las actividades, problemas, solicitudes y producción de los equipos.
- Responsable de que toda la operación realizada cumpla los requisitos aplicables, sean estos legales, normativos y/o seguros, sean identificados, comunicados, comprendidos y cumplidos por el personal.
- Autorizar la contratación de personal.
- Firmar documentos y/o respaldos que tengan directamente relación con la naturaleza de sus funciones (Cheques, Certificados, Documentos Bancarios, etc.).
- Encabezar la toma de decisiones estratégicas.

- Coordinar y controlar al Gerente de Proyecto, de Administración y Finanzas.
- Elaborar y coordinar las actividades de Planificación Estratégicas.
- Garantizar la asignación de recursos materiales y humanos para permitir el correcto funcionamiento del Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente, Calidad y Comunidades en el trabajo.
- Responsable de revisar que se cumpla la implementación, difusión, mantención y el funcionamiento correcto del Sistema Integrado de Gestión en Faena.
- Responsable de revisar todas las actividades de la faena para el cumplimiento de los objetivos, metas y programas de la faena, como también la revisión con periodicidad necesaria para corregir los posibles problemas.
- Responsable de revisar y aprobar la matriz de identificación y evaluación de los aspectos y riesgos del proceso de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Responsable de verificar la efectividad en el tiempo de las acciones correctivas emanadas de No Conformidades, Observaciones, Oportunidades de mejora e inspecciones realizadas en terreno.
- Participar en reuniones de coordinación con el Cliente.
- Planificar, evaluar y controlar actividades de sondaje.
- Atender requerimientos del personal a cargo.
- Realizar reuniones de seguridad, productividad con la línea del Gerente de Proyecto y Jefe de HSEQ.
- Definir el Compromiso de la Dirección.
- Participar en la Estructura Organizacional de la Empresa (Organigrama)
- Participar en el Plan Anual de Capacitación.
- Aprobar los Proyectos de Mejora Continua propuestos por el personal.

Nombre del Cargo: Gerente de Proyecto / Administrador de Contrato

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Gerente de Operaciones / Subgerente Operaciones

Responsable de: Personal bajo su dependencia y responsable de Resultados indicados por Gerente de Operaciones

Descripción del Cargo: Asegurar el correcto funcionamiento de la faena y el logro de los objetivos de seguridad, producción y rentabilidad del proyecto.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Mantener una comunicación eficaz y oportuna con el Gerente de Operaciones, Subgerente General y el Cliente, para informar de todas las actividades, problemas, solicitudes y producción de los equipos.
- **Generar reporte diario de inventarios, informe de consumo de aditivos, combustible y otros.**
- Gestionar el estado de pago dentro de los plazos estipulados.

- Responsable legal de asegurar las condiciones de seguridad y salud ocupacional mínima en los lugares de trabajo, del entrenamiento y educación de seguridad, salud ocupacional y de medio ambiente del personal de faena.
- Responsable de liderar la implementación, difusión, mantención y el funcionamiento correcto del Sistema Integrado de Gestión en Faena.
- Responsable de planificar, organizar, dirigir y controlar todas las actividades de la faena para el cumplimiento de los objetivos, metas y programas de la faena, como también la revisión con periodicidad necesaria para corregir los posibles desvíos.
- Responsable de revisar y aprobar la matriz de identificación y evaluación de los aspectos y riesgos del proceso, relacionados con Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Responsable de verificar la efectividad en el tiempo de las acciones correctivas emanadas de No Conformidades, Observaciones, Oportunidades de mejora, Inspecciones realizadas en terreno y de los incidentes que ocurran.
- Responsable de constitución y funcionalidad de forma sistemática del comité Paritario de Orden, Higiene y Seguridad de la faena (Cuando corresponda).
- Participar en reuniones de coordinación con el Cliente o Mandante.
- Realizar las actividades que tiene definidas en el Programa de Control de Riesgos (PCR) mensual.
- Planificar, evaluar y controlar las actividades de sondaje.
- Atender requerimientos del personal a cargo.
- Realizar reuniones de seguridad con la línea de supervisión y asesores.
- Informar de todas las actividades, problema, solicitudes y producción de los equipos a la administración general de la empresa.
- Velar por el cumplimiento en terreno del uso de las herramientas de prevención de Riesgos tales como: Toma 5, 5 puntos, Liderazgos visibles, Observaciones de conductas AST, Permisos de Trabajo, Detección e informe de Condiciones Subestándar, inspecciones programadas, Programa de reconocimientos, Gestión de denuncias de cuasi-accidentes y cualquier otra herramienta de Prevención de Riesgos que disponga el Cliente o Mandante.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.

Nombre del Cargo: Jefe de Faena

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Gerente de Proyecto

Responsable de: Personal de Turno (Supervisores, operadores, entre otros)

Descripción del Cargo: Velar y garantizar el buen funcionamiento de las faenas bajo su responsabilidad (En cuanto a seguridad, calidad, medio ambiente, productividad, entre otros)

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Asegurar que el personal de la faena cumpla con los procedimientos.
- Dar instrucciones precisas a los supervisores antes de distribuir cualquier tarea.

- **Revisar reportes de turno antes de su envío**
- Organizar los turnos correspondientes a todas las máquinas y servicios.
- Comunicación diaria con el cliente.
- **Revisar y verificar el mantenimiento diario de las sondas de perforación y servicios (engrase, niveles de limpieza, entre otros).**
- **Instruir a los operadores en las mejores prácticas de perforación de acuerdo con el terreno a operar.**
- Recepción de plataformas.
- Realizar reuniones de seguridad.
- Motivar y reforzar actitudes y conductas que favorezcan la seguridad. Corregir a cualquier trabajador que esté realizando una acción insegura.
- **Administrar todos los recursos de la faena en forma eficiente.**
- Responsable de que los supervisores cumplan con sus responsabilidades y funciones.
- Cumplir con los compromisos con los clientes y las distintas áreas de la empresa.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.
- Eventualmente, también podrá apoyar en el control de la ejecución de ciertos trabajos, realizando observaciones de seguridad, incentivando el correcto seguimiento de procedimientos como un modo de apoyar a sus superiores directos.

Nombre del Cargo: Jefe de Mantenimiento

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Gerente de Proyecto / Gerente Técnico

Responsable de: Personal de Mantención de Faena

Descripción del Cargo: Coordinación y planificación de mantención y reparación de equipos. Control de calidad de los trabajadores en faena. Diseño y cálculo de nuevos elementos.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- **Planificar los trabajos de mantención en faenas.**
- **Planificar, coordinar y controlar la mantención y reparaciones diarias de la flota en faenas.**
- **Asegurar el correcto funcionamiento de los equipos.**
- **Coordinación semanal con Encargado de Bodega, de modo que no exista desabastecimiento de repuestos en faena.**
- **Administración de personal de mantención.**
- **Control de registro diario del programa de mantención preventivo.**
- **Control diario de horómetro de equipos.**
- **Asegurar pauta básica de mantención en los equipos de sondajes. Cumplir con pautas de mantención cada 200, 400, 600, 800 y 1.600 horas, según corresponda.**
- **Responsable de generar reporte diario de operatividad de equipos en faena.**
- **Elaborar análisis de causa de fallas de todos los equipos en faena.**

- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.

Nombre del Cargo: Supervisor

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Gerente de Proyecto / Jefe de Faena

Responsable de: Operadores / Ayudante en entrenamiento / Ayudante de Sondaje

Descripción del Cargo: El supervisor es responsable de velar por la continuidad de las operaciones de sondaje de forma segura por medio de una planificación, dirección, evaluación y control de personal, recursos y equipos asignados.

De asegurar que cada trabajador conoce los riesgos presentes en el lugar de trabajo y los relacionados con la actividad y las medidas de control.

Responsable de canalizar requerimientos de parte del cliente a mandos superiores como jefe de Faena, Gerente de Proyectos o quien lo reemplace, cuenta con las competencias para realizar las funciones de Operador de Sondaje.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Garantizar que el personal de turno cumpla con los procedimientos de trabajo y cuidado del medio ambiente.
- Realizar charlas de seguridad y operaciones.
- Retroalimentar diariamente al personal (en forma positiva y/o correctiva).
- **Supervisar el cuidado de las herramientas, uso de implementos de protección personal.**
- Detectar los peligros en faena y aplicar medidas de control o detener la actividad, cuando corresponda.
- Corrección e instrucción al personal sobre los procedimientos de trabajo.
- Planificar los turnos para cumplir con los requerimientos del Cliente y de la empresa.
- Coordinar al personal de apoyo, Conductores, ayudantes Volantes, etc.
- Asegurar el uso correcto de aditivos.
- **Chequear y asegurar el correcto llenado del reporte del turno.**
- Asegurar los parámetros de perforación adecuados.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.

Nombre del Cargo: Operador de Sondaje Diamantina / Aire Reverso

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Jefe de Faena / Supervisores

Responsable de: Ayudante de Sondaje

Descripción del Cargo: responsable de realizar el trabajo de perforación de pozos de sondaje en forma eficiente y segura, de tal modo de poder obtener una muestra de roca o mineral de calidad, determinar las actividades que realiza el Ayudante de Sondaje y de la seguridad en la plataforma.

En su cargo debe velar por la continuidad de las operaciones de sondaje de forma segura y de asegurar que cada trabajador conoce los riesgos presentes en el lugar de trabajo y los relacionados con su actividad las medidas de control de estos, como asimismo de cómo actuar ante emergencias.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Confección Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST) y Permisos de Trabajo (PT).
- Perforación de pozos de sondaje.
- Movimiento de herramientas de perforación.
- Instalación, desarme y traslado de las sondas de perforación.
- **Revisar sonda de perforación y las herramientas y accesorios para la perforación.**
- Responsable del orden y limpieza en la plataforma de perforación – Housekeeping.
- Informar al Supervisor de sondaje ante cualquier problema en la operación o incidente.
- Operación de los manipuladores de barras de perforación para el sistema Diamantina y para el sistema de Aire Reverso; Rod Feeder y Rod Handler; respectivamente.
- Hacer un buen uso de los implementos de protección personal.
- Asegurar la correcta clasificación, orden y calidad de las cajas de muestras de sondaje.
- Supervisar el trabajo seguro de los Ayudantes de Sondaje.
- Operar el brazo de manipulador de barras de perforación en perforación Diamantina.
- **Realizar la Operación de Rod Handler para la perforación de Aire Reverso.**
- Mantener y proveer el cuidado de los equipos. Chequear diariamente el funcionamiento de las sondas de perforación y equipos anexos (Compresores, por ejemplo).
- **Revisar y validar reporte de turno.**
- **Apoyar las funciones del personal de mantención (Previa inducción por parte del Departamento de Mantención).**
- Manipulación de tubo interior.
- Manipulación y acoplados de barras de perforación.
- Manipulación, secado y colocación de muestras de sondaje en bandeja de muestras.
- Manejo y cuidado del estado de herramientas y equipos para el trabajo de perforación de sondajes.
- Controlar la carga y descarga de los materiales con el camión pluma.
- Revisión de aditivos.
- Puede prestar funcione como señalero, en la medida que cumpla con las acreditaciones exigidas por la empresa y /o los Mandantes o Clientes.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.
- Eventualmente, también podrá apoyar en el control de la ejecución de ciertos trabajos, realizando observaciones de seguridad, incentivando el correcto seguimiento de procedimientos como un modo de apoyar a sus superiores directos.

Nombre del Cargo: Ayudante de Sondaje

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Operador de Sondaje

Responsable de: N/A

Descripción del Cargo: Trabaja en conjunto con el Operador de Sondaje con el objetivo de obtener muestras de sondaje de calidad.

Comunica los riesgos laborales a las personas que visiten la plataforma de perforación.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Ejecutar todas las actividades pertinentes a la perforación.
- Realizar AST antes de iniciar cualquier trabajo.
- Manipulación de tubo interior.
- Manipulación y acoplados de barras de perforación.
- Manipulación, secado y colocación de muestras de sondaje en bandeja de muestras.
- Operación de los manipuladores de barras de perforación para el sistema Diamantina y para el sistema de Aire Reverso; Rod Feeder y Rod Handler; respectivamente.
- Manejo y cuidado de estado de herramientas y accesorios de trabajo.
- Carga y descarga de los materiales con el camión pluma.
- Preparación de lodo.
- Revisión de los niveles de la sonda de perforación.
- Revisión y adición de aditivos. Mantener orden y aseo en la plataforma de perforación – Housekeeping.
- Tomar parte en tareas de reparaciones de bombas Bean Royal, cambio de sopapas, instalaciones de empaquetaduras, instalaciones y desinstalaciones de culatas, cambio de manómetros de línea de agua, instalaciones de mallas de seguridad de mangueras de líneas de agua, cambio de mangueras de líneas de agua.
- Puede prestar funcione como señalero, en la medida que cumpla con las acreditaciones exigidas por la empresa y /o los Mandantes o Clientes.
- Cumplir con lo indicado en el Reglamento Interno de orden, Higiene y Seguridad.

Nombre del Cargo: Jefe de Abastecimiento Bodega Santiago

Área / Depto.: Abastecimiento

Reporta a: Gerente de Abastecimiento

Responsable de: Ayudante de Bodega / Control Despacho y Bodega

Descripción del Cargo: Se encarga de la coordinación general del área logística a nivel faena. Administra la cadena de abastecimiento de todos los productos, desde la elaboración de los pedidos a proveedores, recepción, almacenaje, despacho y distribución, hasta la elaboración de informes. Trabajar íntegramente con los otros departamentos.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Coordinar la recepción, almacenar y entregar materiales según los procedimientos establecidos.
- Recibir encargos desde y para el taller, controlando los stocks de materiales en faenas.
- **Mantener el inventario de las bodegas y de faenas (De faena recibe el detalle del inventario, lleva el control y hace auditorias).**
- **Generar solicitudes de materiales para la reposición de stocks de la bodega o para solicitudes especiales.**
- Tener ordenadas y al día, toda la documentación de recepción, transferencias y consumos de la bodega. Así como también las solicitudes de materiales que se han hecho.
- Supervisar el cumplimiento de los procedimientos y las normativas impuestas por el Gerente de Proyecto para que estas sean completadas sin excepción y que las solicitudes de materiales se realicen única y exclusivamente a través de los conductores regulares establecidos.
- Supervisar el trabajo del personal a cargo, en las labores de recepción, almacenamiento y entrega de materiales.
- Coordinar reuniones semanales con el personal de otras áreas dentro del proyecto, para coordinar nuevos pedidos y confirmar las necesidades de stock.
- Ser el nexo entre las áreas de operaciones, para mejorar la planificación de la demanda de consumo.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.
- **Controlar semestralmente el listado de stock crítico de materiales y repuestos.**
- Eventualmente, también podrá contribuir en el control de la ejecución de ciertos trabajos, realizando observaciones de seguridad, incentivando el correcto seguimiento de procedimientos como un modo de apoyar a sus superiores directos.

Nombre del Cargo: Jefe de Almacenamiento y Distribución

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Gerente de Proyecto

Responsable de: Líder de Bodega / Bodegueros

Descripción del Cargo: Se encarga de la coordinación general del área logística a nivel faena. Administra la cadena de abastecimiento de todos los productos, desde la elaboración de los pedidos a proveedores, recepción, almacenaje, despacho y distribución, hasta la elaboración de informes. Trabajar íntegramente con los otros departamentos.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Coordinar la recepción, almacenar y entregar materiales según los procedimientos establecidos.
- Recibir encargos desde y para el taller, controlando los stocks de materiales en faenas.

- **Mantener el inventario de las bodegas y de faenas (De faena recibe el detalle del inventario, lleva el control y hace auditorias).**
- **Generar solicitudes de materiales para la reposición de stocks de la bodega o para solicitudes especiales.**
- Tener ordenadas y al día, toda la documentación de recepción, transferencias y consumos de la bodega. Así como también las solicitudes de materiales que se han hecho.
- Supervisar el cumplimiento de los procedimientos y las normativas impuestas por el Gerente de Proyecto para que estas sean completadas sin excepción y que las solicitudes de materiales se realicen única y exclusivamente a través de los conductores regulares establecidos.
- Supervisar el trabajo del personal a cargo, en las labores de recepción, almacenamiento y entrega de materiales.
- Coordinar reuniones semanales con el personal de otras áreas dentro del proyecto, para coordinar nuevos pedidos y confirmar las necesidades de stock.
- Ser el nexo entre las áreas de operaciones, para mejorar la planificación de la demanda de consumo.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.
- **Controlar semestralmente el listado de stock crítico de materiales y repuestos.**
- Eventualmente, también podrá contribuir en el control de la ejecución de ciertos trabajos, realizando observaciones de seguridad, incentivando el correcto seguimiento de procedimientos como un modo de apoyar a sus superiores directos.

Nombre del Cargo: Bodeguero (Faena)

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Jefe Almacenamiento y Distribución

Responsable de: N/A

Descripción del Cargo: responsable de la recepción, almacenamiento y despacho de los productos de la bodega hacia talleres internos de la empresa y entre faenas. Realizar el control de existencia e inventario de los accesorios, herramientas y repuestos que se encuentran bajo su custodia. Garantizar el cumplimiento de los procedimientos de recepción, almacenamiento y entrega de material. Es responsable de mantener un Housekeeping de excelencia de las bodegas y patio de almacenamiento (nuevo y usado), tarea a realizar en conjunto con el resto del equipo de bodega.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- Housekeeping (orden, limpieza y disciplina operacional).
- Recepcionar, almacenar y entregar materiales según los procedimientos establecidos.
- Recibir encargos desde y para el taller, controlando los stocks de materiales en faenas.
- **Mantener el inventario de las bodegas y de faenas (De faena recibe el detalle del inventario, lleva el control y hace auditorias).**

- **Generar solicitudes de materiales para la reposición de stocks de la bodega o para solicitudes especiales.**
- Tener ordenadas y al día, toda la documentación de recepción, transferencias y consumos de la bodega. Así como también las solicitudes de materiales que se han hecho.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.
- Puede prestar funcione como señalero, en la medida que cumpla con las acreditaciones exigidas por la empresa y /o los Mandantes o Clientes.
- Eventualmente, también podrá contribuir en el control de la ejecución de ciertos trabajos, realizando observaciones de seguridad, incentivando el correcto seguimiento de procedimientos como un modo de apoyar a sus superiores directos.

Nombre del Cargo: Mecánico

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Jefe de Mantenición

Responsable de: Ayudante Mecánico

Descripción del Cargo: Reparación y mantención de equipos de sondaje, reparación y mantención de herramientas de perforación, evaluación y mantención de vehículos, bombas de lodo y accesorios.

Supervisar a su equipo de trabajo con seguridad y el cuidado del medio ambiente.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- **Chequear los equipos diariamente y realizar reparaciones correctivas.**
- **Mantenciones preventivas semanales.**
- **Realizar mantención de sondas de perforación cada 250 horas.**
- **Hacer mantención a camiones y equipos menores.**
- Operación de los manipuladores de barras de perforación para el sistema Diamantina y para el sistema de Aire Reverso; Rod Feeder y Rod Handler; respectivamente.
- Reparar herramientas de perforación (cabezas inyectoras, cabezas de tubo interior, bomba de lodo, entre otros).
- **Efectuar diagnósticos mecánicos, hidráulicos y neumáticos.**
- Ejecutar pruebas hidráulicas con formato de respaldo.
- **Toma de muestras de aceite en sondas de perforación y equipos.**
- Capacitar al Ayudante Mecánico para reparar componentes de equipos de sondaje.
- **Informar desviaciones operacionales que afecten la disponibilidad de los equipos.**
- **Ejecutar las reparaciones mecánicas e hidráulicas de equipos de sondaje y la flota.**
- Supervisión, observaciones de seguridad y capacitación a su equipo de trabajo.
- Puede prestar funcione como señalero, en la medida que cumpla con las acreditaciones exigidas por la empresa y /o los Mandantes o Clientes.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.

- Eventualmente, también podrá apoyar en el control de la ejecución de ciertos trabajos, realizando observaciones de seguridad, incentivando el correcto seguimiento de procedimientos como un modo de apoyar a sus superiores directos.

Nombre del Cargo: Ayudante Mecánico

Área / Depto.: Operaciones

Reporta a: Mecánico / Jefe de Mantención

Responsable de: N/A

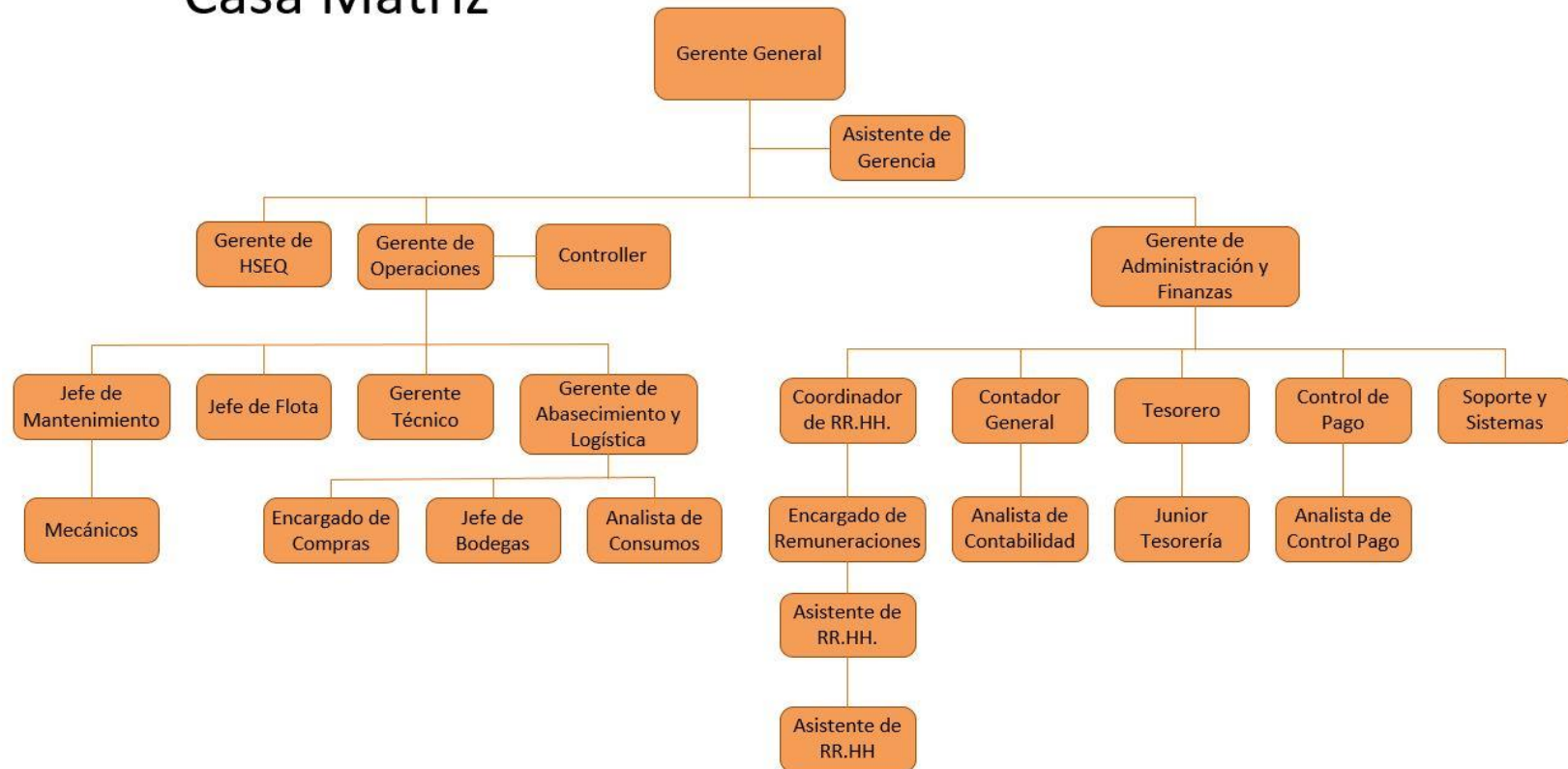
Descripción del Cargo: Apoyar a los mecánicos en todas sus actividades, tales como: reparación y mantención de sondas de perforación, reparación y mantención de herramientas de perforación, evaluación y mantención de vehículos, mantención de bombas de lodo y accesorios.

Principales responsabilidades o principales funciones a desempeñar:

- **Chequear los equipos diariamente y realizar reparaciones correctivas.**
- Asistir en las mantenciones preventivas semanales.
- **Apoyo a las mantenciones de sondas de perforación cada 250 horas.**
- **Asistir las mantenciones a camiones y equipos menores.**
- Operación de los manipuladores de barras de perforación para el sistema Diamantina y para el sistema de Aire Reverso; Rod Feeder y Rod Handler; respectivamente.
- Reparar herramientas de perforación (cabezas inyectoras, cabezas de tubo interior, bomba de lodo, entre otros).
- **Ayudar a efectuar diagnósticos mecánicos, hidráulicos y neumáticos.**
- Apoyar las pruebas hidráulicas con formato de respaldo.
- **Realizar la toma de muestras de aceite en sondas de perforación y equipos.**
- **Reparar componentes de las sondas de perforación.**
- **Informar desviaciones operacionales que afecten la disponibilidad de los equipos.**
- **Ejecutar las reparaciones mecánicas e hidráulicas de equipos de sondaje y la flota.**
- Estar atento a las indicaciones de su Supervisor sobre observaciones de seguridad y capacitación a su equipo de trabajo.
- Puede prestar funcione como señalero, en la medida que cumpla con las acreditaciones exigidas por la empresa y /o los Mandantes o Clientes.
- Conducción de vehículos livianos, siempre y cuando haya cumplido con todas las exigencias de acreditación de la empresa y/o Mandantes o Clientes.
- Eventualmente, también podrá apoyar en el control de la ejecución de ciertos trabajos, realizando observaciones de seguridad, incentivando el correcto seguimiento de procedimientos como un modo de apoyar a sus superiores directos.

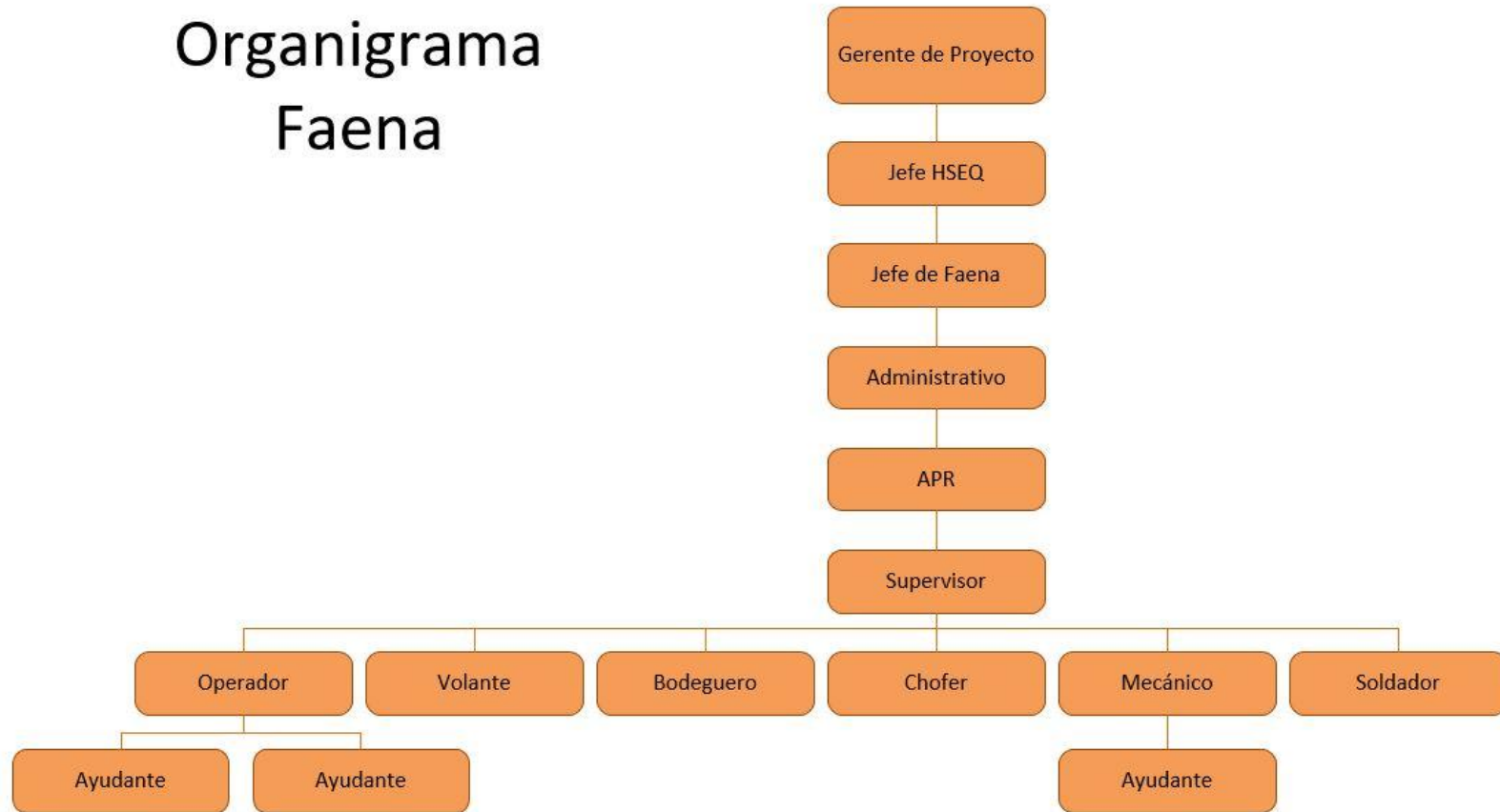
9.2 Organigrama Casa Matriz

Organigrama Casa Matriz



9.3 Organigrama Faena

Organigrama Faena



9.4 Matriz de Criticidad Original

Matriz de Criticidad					
Factor	Peso(P)	Impacto(I)			PxI
Seguridad y Medio Ambiente	10	Si hay riesgo = 10		Si no hay Riesgo = 0	
Producción	7	ALTO = 10	MEDIO = 5	BAJO = 0	
Calidad	7	ALTO = 10	MEDIO = 5	BAJO = 0	
Pérdidas / Daños	5	ALTO = 10	MEDIO = 5	BAJO = 0	
Equipos Stand-By	4	Si existe = 0		Si no existe = 10	
Régimen de Marcha	3	Continuo = 10		No Continuo = 0	
Frecuencia de Fallas	3	< 6 fallas/año = 10	< 2 fallas/año = 5	> 2 fallas/año = 0	
Equipos de Reserva	2	Si existe = 0		Si no existe = 10	
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	2	>2 horas = 1	≥2 y <4 horas = 4	≥4 y <8 horas = 7	>8 horas = 10
Grado de Criticidad = Sumatoria (Peso x Impacto)					Σ

9.5 FMECA ejemplo

Efectos de los Modos de Falla y Análisis de Criticidad (FMECA)														
Planta: PAH-I							Hoja: 1/5				Revisión: 1			
Sector: Servicios							Grupo: 2				Coordinador: Suarez Ignacio			
Sistema: Sistema de Agua							Fecha: 14-02-2007							
Subsistema: Bombeo														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	
N°	Descripción Componente	Función	Modo de Falla	Efecto	S	Causa de Falla	O	Contol Actual	D	RPN	Recomendación/ Tarea	Responsable		
												Nombre	Fecha	Frecuencia
1	Bomba de agua.	Elevar agua desde la cisterna al tanque superior (100 lt/min).	La bomba deja de impulsar agua.	Falta de agua en el tanque superior.	7	Rodamientos de la bomba trabados.	2	Análisis de vibraciones.	4	56	Continuar con análisis de vibraciones. Chequear los resultados de los últimos 3 meses	Ingeniero de Mantenimiento	15/03/2004	60 días
			Cañería tapada.	Reduccion de caudal.	3	Filtro válvula de retención dañado.	3	Ninguna tarea.	10	90	Controlar válvula de retención y filtro.	Mecánico	15/03/2004	180 días
			Válvula de entrada estrangulada.	Reducción de caudal.	2	Se dejó válvula en posición inadecuada.	1	Ninguna tarea.	10	20	Ninguna rutina recomendada. Se podrá evaluar capacitación.	-	-	-
			El motor no funciona.	Falta de agua en el tanque superior.	7	Motor quemado	2	Ninguna tarea.	10	140	Realiza Árbol de fallos o Diagrama Causa-Efecto	-	-	-
					7	Conexiones bornera de motor, flojas.	2	Ninguna tarea.	10	140	Controlar ajuste de bornera.	Eléctrico	15/03/2004	180 días
			Vibración excesiva.	La vibración excesiva puede ocasionar rotura de acoplamientos.	6	Acoplamineto desalineado.	5	Análisis de vibraciones.	4	120	Continuar con el análisis de vibraciones.	-	-	-
					6	Falla incipiente en los rodamientos.	5	Análisis de vibraciones.	4	120	Continuar con el análisis de vibraciones.	-	-	-
		Evitar pérdidas de agua.	Pierde agua por el sello mecánico.	Se pierde caudal y presión de agua.	3	Falla de sello	3	Ninguna tarea.	10	90	Rutina de Inspección.	Mecánico	15/03/2004	30 días
Pierde agua por las juntas.	Se pierde caudal y presión de agua.		3	Juntas flojas.	3	Ninguna tarea.	10	90	Rutina de Inspección.	Mecánico	15/03/2004	30 días		

9.6 Planilla de Análisis Por qué – Por qué

Hoja de Análisis POR QUÉ - POR QUÉ										
Sistema / Código:					Coordinador:					
Equipo / Subsistema:					Fecha de Análisis:					Revisión:
Descripción del fenómeno:									Observaciones:	
#	1° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	2° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	3° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	4° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No	5° Nivel de ¿Por qué?	Si/ No
A										
B										
C										
D										
E										
F										

9.7 Encuestas de diagnóstico

Encuesta sobre el Mantenimiento

Cargo:

Ubicación:

Califique del 1 al 5 los siguientes aspectos referentes al área de Mantenimiento:

Aspectos:	Nota
Plan de mantenimiento	
Duración de las Detenciones	
Costos de mantenimiento	
Disponibilidad de los equipos	
Disponibilidad de los repuestos	
Calidad de las mantenciones	
Cumplimiento de expectativas de clientes	
Diagnóstico en Faena	
Reportabilidad	
Gestión del mantenimiento	
Personal de mantenimiento	

Encuesta sobre el Mantenimiento

Cargo: Gerente de Operaciones

Ubicación: Casa Matriz

Califique del 1 al 5 los siguientes aspectos referentes al área de Mantenimiento:

Aspectos:	Nota
Plan de mantenimiento	4
Duración de las Detenciones	3
Costos de mantenimiento	4
Disponibilidad de los equipos	4
Disponibilidad de los repuestos	2
Calidad de las mantenciones	4
Cumplimiento de expectativas de clientes	3
Diagnóstico en Faena	4
Reportabilidad	2
Gestión del mantenimiento	3
Personal de mantenimiento	4

Encuesta sobre el Mantenimiento

Cargo: Gerente Administración y Finanzas

Ubicación: Casa Matriz

Califique del 1 al 5 los siguientes aspectos referentes al área de Mantenimiento:

Aspectos:	Nota
Plan de mantenimiento	4
Duración de las Detenciones	3
Costos de mantenimiento	3
Disponibilidad de los equipos	3
Disponibilidad de los repuestos	1
Calidad de las mantenciones	5
Cumplimiento de expectativas de clientes	4
Diagnóstico en Faena	4
Reportabilidad	1
Gestión del mantenimiento	2
Personal de mantenimiento	5

Encuesta sobre el Mantenimiento

Cargo: Gerente de Proyecto

Ubicación: Los Bronces

Califique del 1 al 5 los siguientes aspectos referentes al área de Mantenimiento:

Aspectos:	Nota
Plan de mantenimiento	4
Duración de las Detenciones	2
Costos de mantenimiento	4
Disponibilidad de los equipos	3
Disponibilidad de los repuestos	3
Calidad de las mantenciones	5
Cumplimiento de expectativas de clientes	4
Diagnóstico en Faena	5
Reportabilidad	3
Gestión del mantenimiento	4
Personal de mantenimiento	5

Encuesta sobre el Mantenimiento

Cargo: Gerente de Proyecto

Ubicación: Cachorro

Califique del 1 al 5 los siguientes aspectos referentes al área de Mantenimiento:

Aspectos:	Nota
Plan de mantenimiento	3
Duración de las Detenciones	4
Costos de mantenimiento	3
Disponibilidad de los equipos	3
Disponibilidad de los repuestos	2
Calidad de las mantenciones	4
Cumplimiento de expectativas de clientes	3
Diagnóstico en Faena	3
Reportabilidad	2
Gestión del mantenimiento	3
Personal de mantenimiento	4

Encuesta sobre el Mantenimiento

Cargo: Gerente de Proyecto

Ubicación: Collahuasi

Califique del 1 al 5 los siguientes aspectos referentes al área de Mantenimiento:

Aspectos:	Nota
Plan de mantenimiento	3
Duración de las Detenciones	3
Costos de mantenimiento	3
Disponibilidad de los equipos	2
Disponibilidad de los repuestos	1
Calidad de las mantenciones	4
Cumplimiento de expectativas de clientes	3
Diagnóstico en Faena	3
Reportabilidad	2
Gestión del mantenimiento	2
Personal de mantenimiento	4

9.8 Plan de Mantenimiento EDM 1200

Mantenimiento Preventivo Equipo EDM-1200									
FAENA				FECHA					
N° DE IDENTIFICACION				HOROMETRO					
OPERADOR DE EQUIPO				MECANICO RESPONSABLE					
HORA DE INICIO				HORA DE TERMINO					
ITEM	COMPONENTE	ACTIVIDAD	COMPONENTE	SM1	SM2	SM3	SM4	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	MOTOR DIESEL	CAMBIAR ACEITE DE MOTOR	SAE 15W40	OK	OK	OK	OK	40 litros	
2	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE MOTOR	LF9009	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
3	MOTOR DIESEL	REVISAR ESTADO DE TENSOR DE CORREA			OK	OK	OK		
4	MOTOR DIESEL	CHEQUEAR CORREAS VENTILADOR, ASPA Y PROTECCIONES			OK	OK	OK		
5	MOTOR DIESEL	REVISAR ESTADO DE DUCTOS DE ADMISION, FILTROS			OK	OK	OK		
6	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE AIRE PRIMARIO	AF25454	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
7	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE AIRE SEGUNDARIO	AF25498	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
8	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE COMBUSTIBLE	FF5580	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
9	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE	FS19732	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
10	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO COMBUSTIBLE - SEPARADOR AGUA / COMBUSTIBLE	Parker - Racor N° 2020TM-OR	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
11	MOTOR DIESEL	REVISAR NIVEL DE REFRIGERANTE	Minin Coolant 50/50	OK	OK	OK	OK	75 litros	
12	MOTOR DIESEL	REVISAR RADIADOR Y CONDICION DE TAPA			OK	OK	OK		
13	MOTOR DIESEL	REVISAR SI EXISTEN FUGAS EN SISTEMA DE REFRIGERACION			OK	OK	OK		
14	MOTOR DIESEL	REVISAR TURBO POR FUGAS			OK	OK	OK		
15	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR COMPONENTES POR FUGAS		OK	OK	OK	OK		
17	SISTEMA DE AVANCE	REVISAR TENSION DE CABLES		OK	OK	OK	OK		
18	UNIDAD DE ROTACIÓN	CAMBIAR ACEITE	Mobil Gear 629		OK	OK	OK	23 litros	
19	UNIDAD DE ROTACIÓN	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE	Parker N° 921999		OK	OK	OK	1 unidad	
20	UNIDAD DE ROTACIÓN	REVISAR ESTADO DE RESPIRADEROS		OK	OK	OK	OK	2 unidades	

21	UNIDAD DE ROTACIÓN	REVISAR ESTADO DE RETENES SUPERIORES E INFERIORES	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
22	UNIDAD DE ROTACIÓN	ENGRASAR RETENES SUPERIORES E INFERIORES	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
23	UNIDAD DE ROTACIÓN	LUBRICAR, ENGRASAR GUIAS CARRO DE UNIDAD	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
24	WINCHE PRINCIPAL	CAMBIAR ACEITE CAJA REDUCTORA	Mobil Gear 629			OK	OK	7 litros	
25	WINCHE PRINCIPAL	REVISAR ESTADO DE CABLE Y PASADOR		OK	OK	OK	OK		
26	WINCHE PRINCIPAL	REVISAR ESTADO DE RODILLOS DEL SISTEMA LIMITADOR DEL CABLE DE ARRASTRE		OK	OK	OK	OK		
27	WINCHE WIRELINE	CAMBIAR ACEITE CAJA REDUCTORA	Mobil Gear 629			OK	OK	1,5 litros	
28	WINCHE WIRELINE	ENGRASAR DE SINFIN	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
29	WINCHE WIRELINE	REVISAR MOVIMIENTO Y ESTADO DE COMPONENTES DE CONJUNTO SIN FIN		OK	OK	OK	OK		
30	WINCHE WIRELINE	REVISAR CONDICION DE PROTECCION		OK	OK	OK	OK		
31	WINCHE WIRELINE	ENGRASAR POLEAS	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
32	BOMBA DE LODO	CAMBIAR ACEITE	SAE 15W40		OK	OK	OK	5 litros	
33	BOMBA DE LODO	REVISAR CONDICION DE ENGRASE DE COMPONENTE	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
34	BOMBA DE LODO	REVISAR PRESION DE VALVULA DE ALIVIO	900 PSI	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
35	SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO	ISO VG 32 DTE 24				OK	460 litros	
36	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR INDICADOR DE SATURACIÓN FILTRO DE RETORNO (CAMBIAR SI INDICADOR SE ENCUENTRA EN ROJO)	Parker N° 932679Q (RF42)	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
37	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR INDICADOR DE SATURACIÓN FILTRO DE DRENAJE (CAMBIAR SI INDICADOR SE ENCUENTRA EN ROJO)	Parker N° 932670 (RF41)	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
38	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR INDICADOR DE SATURACIÓN FILTRO DE PRESION PRIMARIO (CAMBIAR SI INDICADOR SE ENCUENTRA EN ROJO)	Parker N° 941040Q	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
39	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR INDICADOR DE SATURACIÓN FILTRO DE PRESION SECUNDARIO (CAMBIAR SI INDICADOR SE ENCUENTRA EN ROJO)	Parker N° G04272	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
40	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR INDICADOR DE SATURACIÓN FILTRO DE PRESION SECUNDARIO (CAMBIAR SI INDICADOR SE ENCUENTRA EN ROJO)	Parker N° G04264	OK	OK	OK	OK	2 unidades	
41	SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR FILTRO RESPIRADERO ESTANQUE HIDRAULICO	Parker N°588410			OK	OK	1 unidad	

42	PRENSA HIDRAULICA	ENGRASAR CILINDRO DESILIZAMIENTO / BASE	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
43	IMPLEMENTACION Y ACCESORIOS	REVISAR CONDICION Y ESTADO		OK	OK	OK	OK		
44	SISTEMA ELECTRICO	REVISAR FOCOS, AMPOLLETAS Y CABLEADO EN GENERAL		OK	OK	OK	OK		
PARA MANTENIMIENTOS DE 250, 750, 1250, 1750, 2250 y 2750 HORAS APLICAR PAUTA SM1. PARA MANTENIMIENTOS DE 500, 1500 y 2500 HORAS APLICAR PAUTA SM2. PARA MANTENIMIENTOS 1000 y 2000 APLICAR PAUTA SM3. PARA MANTENIMIENTOS DE 3000 HORAS APLICAR PAUTA SM4.									
OBSERVACIONES GENERALES:									

9.9 Plan de Mantenimiento SCHRAMM T685WS-D

Mantenimiento Preventivo Equipo SCHRAMM T685WS-D									
FAENA				FECHA					
N° DE IDENTIFICACION				HOROMETRO					
OPERADOR DE EQUIPO				MECANICO RESPONSABLE					
HORA DE INICIO				HORA DE TERMINO					
ITEM	COMPONENTE	ACTIVIDAD	COMPONENTE	SM1	SM2	SM3	SM4	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	MOTOR DIESEL	CAMBIAR ACEITE DE MOTOR	SAE 15W40	OK	OK	OK	OK	61 litros	
2	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE MOTOR	LF3957/P551402	OK	OK	OK	OK	3 unidades	
3	MOTOR DIESEL	REVISAR ESTADO DE TENSOR DE CORREA			OK	OK	OK		
4	MOTOR DIESEL	CHEQUEAR CORREAS VENTILADOR, ASPA Y PROTECCIONES			OK	OK	OK		
5	MOTOR DIESEL	REVISAR ESTADO DE DUCTOS DE ADMISION, FILTROS			OK	OK	OK		
6	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE AIRE PRIMARIO	AF1605M/P182042	OK	OK	OK	OK	3 unidades	
7	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE AIRE SEGUNDARIO	AF1604/P128408	OK	OK	OK	OK	3 unidades	
8	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO	FF5036/P550958	OK	OK	OK	OK	2 unidades	
9	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	FF5616/P550959	OK	OK	OK	OK	2 unidades	
10	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO COMBUSTIBLE - SEPARADOR AGUA / COMBUSTIBLE	Parker - Racor N° S3207P	OK	OK	OK	OK	2 unidades	
11	MOTOR DIESEL	REVISAR NIVEL DE REFRIGERANTE	Minin Coolant 50/50	OK	OK	OK	OK	150 litros	
12	MOTOR DIESEL	REVISAR SI EXISTEN FUGAS EN SISTEMA DE REFRIGERACION			OK	OK	OK		
13	MOTOR DIESEL	REVISAR TURBO POR FUGAS			OK	OK	OK	2 unidades	
14	CAJA REDUCTORA FUNK	CAMBIO DE ACEITE	Mobil Gear 629		OK	OK	OK	8 litros	
15	COMPRESOR	CAMBIO DE ACEITE	Mobil Rarus 1024			OK	OK	200 litros	
16	COMPRESOR	CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE LUBRICACIÓN COMPRESOR	Sullair 250031-850		OK	OK	OK	1 unidad	
17	COMPRESOR	CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR LINEA DE AIRE	Schramm 3998-0027			OK	OK	1 unidad	
18	COMPRESOR	REVISAR AJUSTE DE EMBRAGUE			OK	OK	OK		
19	CABEZAL DE ROTACIÓN	CAMBIAR ACEITE	Mobil Gear 629		OK	OK	OK	8,5 litros	

20	CABEZAL DE ROTACIÓN	REVISAR ESTADO DE RESPIRADEROS		OK	OK	OK	OK		
21	CABEZAL DE ROTACIÓN	REVISAR ESTADO DE RETENES SUPERIORES E INFERIORES		OK	OK	OK	OK		
22	CABEZAL DE ROTACIÓN	ENGRASAR RETENES SUPERIORES E INFERIORES	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
23	CABEZAL DE ROTACIÓN	REVISAR FUGAS DE AIRE (CAMISA DE DESGASTE, SELLOS DE CHEVRON Y PACKING EN V)		OK	OK	OK	OK		
24	CABEZAL DE ROTACIÓN	REVISAR ALINEACIÓN DE CABEZAL		OK	OK	OK	OK		
25	CABEZA DE AIRE	REVISAR ENGRASE, RUIDOS Y FUGAS DE AIRE		OK	OK	OK	OK		
26	WINCHE INSPECCIÓN Y ARRASTRE	REVISAR ESTADO DE CABLES		OK	OK	OK	OK		
27	WINCHE INSPECCIÓN Y ARRASTRE	REVISAR CONDICION DE PROTECCION		OK	OK	OK	OK		
28	WINCHE INSPECCIÓN Y ARRASTRE	ENGRASAR POLEAS	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
29	BOMBA DE LODO	CAMBIAR ACEITE	SAE 15W40		OK	OK	OK	5 litros	
30	BOMBA DE LODO	REVISAR CONDICION DE ENGRASE DE COMPONENTE	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
31	BOMBA DE LODO	REVISAR PRESION DE VALVULA DE ALIVIO	900 PSI	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
32	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR COMPONENTES POR FUGAS		OK	OK	OK	OK		
33	SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO	ISO VG 32 DTE 24				OK	420 litros	
34	SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR FILTROS HIDRAULICOS	932670Q PARKER		OK	OK	OK	8 unidad	
35	SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR FILTRO COALESENTE	Parker N°588410		OK	OK	OK	1 unidad	
36	MANIPULADOR DE BARRA	REVISAR ESTADO DE MORDAZA		OK	OK	OK	OK		
37	MANIPULADOR DE BARRA	REVISAR ESTADO DE TENSIÓN DE CADENA Y CONJUNTO DE GUIAS DESPLAZAMIENTO MORDAZA		OK	OK	OK	OK		
38	MANIPULADOR DE BARRA	REVISAR ESTADO DE ESTRUCTURA (VIGA, SISTEMA AMORTIGUADOR EN TAZA, ETC.)		OK	OK	OK	OK		
39	SISTEMA DE AVANCE	REVISAR ENGRASE DE SPROKET SUPERIORES E INFERIORES		OK	OK	OK	OK		
40	SISTEMA DE AVANCE	REVISAR ESTADO DE CADENAS			OK	OK	OK		
41	IMPLEMENTACION Y ACCESORIOS	REVISAR CONDICION Y ESTADO		OK	OK	OK	OK		
42	SISTEMA ELECTRICO	REVISAR FOCOS, AMPOLLETAS Y CABLEADO EN GENERAL		OK	OK	OK	OK		

PARA MANTENIMIENTOS DE 250, 750, 1250, 1750, 2250 y 2750 HORAS APLICAR PAUTA SM1. PARA MANTENIMIENTOS DE 500, 1500 y 2500 HORAS APLICAR PAUTA SM2. PARA MANTENIMIENTOS 1000 y 2000 APLICAR PAUTA SM3. PARA MANTENIMIENTOS DE 3000 HORAS APLICAR PAUTA SM4.

OBSERVACIONES GENERALES:

9.10 Plan de Mantenimiento LF-230

Mantenimiento Preventivo Equipo LF-230									
FAENA				FECHA					
N° DE IDENTIFICACION				HOROMETRO					
OPERADOR DE EQUIPO				MECANICO RESPONSABLE					
HORA DE INICIO				HORA DE TERMINO					
ITEM	COMPONENTE	ACTIVIDAD	COMPONENTE	SM1	SM2	SM3	SM4	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	MOTOR DIESEL	CAMBIAR ACEITE DE MOTOR	SAE 15W40	OK	OK	OK	OK	40 litros	
2	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE MOTOR	LF9009	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
3	MOTOR DIESEL	REVISAR ESTADO DE TENSOR DE CORREA			OK	OK	OK		
4	MOTOR DIESEL	CHEQUEAR CORREAS VENTILADOR, ASPA Y PROTECCIONES			OK	OK	OK		
5	MOTOR DIESEL	REVISAR ESTADO DE DUCTOS DE ADMISION, FILTROS			OK	OK	OK		
6	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE AIRE PRIMARIO	AF25454	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
7	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE AIRE SEGUNDARIO	AF25498	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
8	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE COMBUSTIBLE	FF5580	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
9	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE	FS19732	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
10	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO COMBUSTIBLE - SEPARADOR AGUA / COMBUSTIBLE	Parker - Racor N° 2010PM-OR	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
11	MOTOR DIESEL	REVISAR NIVEL DE REFRIGERANTE	Minin Coolant 50/50	OK	OK	OK	OK	75 litros	
12	MOTOR DIESEL	REVISAR RADIADOR Y CONDICION DE TAPA			OK	OK	OK		
13	MOTOR DIESEL	REVISAR SI EXISTEN FUGAS EN SISTEMA DE REFRIGERACION			OK	OK	OK		
14	MOTOR DIESEL	REVISAR TURBO POR FUGAS			OK	OK	OK		
15	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR COMPONENTES POR FUGAS		OK	OK	OK	OK		
16	UNIDAD DE ROTACIÓN	CAMBIAR ACEITE	Mobil Gear 629		OK	OK	OK	19 litros	
17	UNIDAD DE ROTACIÓN	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE	936178 Parker		OK	OK	OK	1 unidad	
18	UNIDAD DE ROTACIÓN	REVISAR ESTADO DE RESPIRADEROS		OK	OK	OK	OK		
19	UNIDAD DE ROTACIÓN	REVISAR ESTADO DE RETENES SUPERIORES E INFERIORES		OK	OK	OK	OK		

20	UNIDAD DE ROTACIÓN	ENGRASAR RETENES SUPERIORES E INFERIORES	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
21	UNIDAD DE ROTACIÓN	LUBRICAR, ENGRASAR GUIAS CARRO DE UNIDAD	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
22	WINCHE PRINCIPAL	CAMBIAR ACEITE CAJA REDUCTORA	Mobil Gear 629			OK	OK	7 litros	
23	WINCHE PRINCIPAL	REVISAR ESTADO DE CABLE, EXTENSIÓN Y PASADOR		OK	OK	OK	OK		
24	WINCHE PRINCIPAL	REVISAR ESTADO DE RODILLOS TENSORES DEL CABLE DE ARRASTRE		OK	OK	OK	OK		
25	WINCHE WIRELINE	ENGRASAR DE SINFIN	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
26	WINCHE WIRELINE	REVISAR MOVIMIENTO Y ESTADO DE COMPONENTES DE CONJUNTO SIN FIN		OK	OK	OK	OK		
27	WINCHE WIRELINE	REVISAR CONDICION DE PROTECCION		OK	OK	OK	OK		
28	BOMBA DE LODO	CAMBIAR ACEITE	SAE 15W40		OK	OK	OK	5 litros	
29	BOMBA DE LODO	REVISAR CONDICION DE ENGRASE DE COMPONENTE	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
30	BOMBA DE LODO	REVISAR PRESION DE VALVULA DE ALIVIO	900 PSI	OK	OK	OK	OK	1 unidad	
31	SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO	ISO VG 32 DTE 24				OK	460 litros	
32	SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR FILTROS HIDRAULICOS	932670Q Parker		OK	OK	OK	6 unidades	
33	SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR FILTRO RESPIRADERO ESTANQUE HIDRAULICO	Parker N°588410			OK	OK	1 unidad	
34	PRENSA HIDRAULICA	ENGRASAR CILINDRO DESLIZAMIENTO / BASE	Mobilux EP2	OK	OK	OK	OK	2-3 disparos	
35	IMPLEMENTACION Y ACCESORIOS	REVISAR CONDICION Y ESTADO		OK	OK	OK	OK		
36	SISTEMA ELECTRICO	REVISAR FOCOS, AMPOLLETAS Y CABLEADO EN GENERAL		OK	OK	OK	OK		

PARA MANTENIMIENTOS DE 250, 750, 1250, 1750, 2250 y 2750 HORAS APLICAR PAUTA SM1. PARA MANTENIMIENTOS DE 500, 1500 y 2500 HORAS APLICAR PAUTA SM2. PARA MANTENIMIENTOS 1000 y 2000 APLICAR PAUTA SM3. PARA MANTENIMIENTOS DE 3000 HORAS APLICAR PAUTA SM4.

OBSERVACIONES GENERALES:

[illegible]

9.12 Inconsistencia de información

	TURNO	DISPONIBILIDAD	HORAS OPERADAS	OPERADOR	TOTAL HORAS DETENIDO	CODIGOS DE MANTENIMIENTO																		COMENTARIOS	INFORME DE TURNO	INICIO	FIN
						44 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	31 Espera de Mecanico	32 Espera de Repuesto	33 Falla Motor Diesel	34 Falla Sistema Hidraulico	35 Falla Sistema Electrico	36 Falla Unidad de Rotación	37 Falla Prensa de Barras	38 Falla Rod Spinners	39 Falla Bomba de Lodo	40 Falla Winche Wireline	41 Falla Winche Principal	42 Falla Implementación	43 Falla Estructura	45 Falla llave de Corte	46 Falla Sistema de Avance Fino	47 Falla Bomba de Inyección	48 Otro Mantenimiento				
09/04/16	A	66,7%	8,0	A	4,0						4,0												Reparación de Unidad de Rotación	Se repara fuga por eje flotante de la mesa de rotacion y se chequea funcionamiento del huinche wireline	17:30:00	20:00:00	
	B	95,8%	11,5	B	0,5																						
10/04/16	A	100,0%	12,0	A	0,0																						
	B	95,8%	11,5	B	0,0	0,5																					
11/04/16	A	100,0%	12,0	A	0,0																						
	B	95,8%	11,5	B	0,0	0,5																					
12/04/16	A	100,0%	12,0	A	0,0																						
	B	62,5%	7,5	B	4,0	0,5																		Espera de Mecánico			
						1,5																	Espera de Repuesto, Sin especificación				
																1,5								Falla de Iluminaria			
																					0,5	Reparación de Motor de Sonda					
13/04/16	A	66,7%	8,0	A	4,0										4,0								Falla de Bomba de Lodo	Se cambian pistones de la bomba de bean royal los dos laterales por perno con desgaste el tiempo hay que concideras que hubo evacuacion por mal tiempo	15:00:00		
	B	95,8%	11,5	B	0,0	0,5																					
14/04/16	A	79,2%	9,5	A	2,5										2,5								Reparación de Bomba de Lodo, cambio de Pistones			12:00:00	
	B	87,5%	10,5	B	1,0	0,5									1,0								Chequeo de Rod Spinner				
15/04/16	A	91,7%	11,0	A	1,0					1,0													Falla en Sistema Hidráulico	Se cambio oring de la valvula prioritaria	9:30:00	10:00:00	
																							Reparasion de prensa de barra	11:00:00	15:00:00		
																							Se cambia oring de bomba secundaria	17:00:00	20:00:00		
	B	95,8%	11,5	B	0,0	0,5																					

9.13 Reporte de Avance

Fecha	Faena	Campaña	Equipo	Turno	Pozo	Diámetro	Prof. Inicial	Prof. Final	Perforación Turno	Operador
01-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	A	DCA- 8	HQ	708,4	724	15,60	Jaime Contreras
01-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	B	DCA- 8	HQ			0,00	Daniel Martinez
02-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	A	DCA- 8	HQ			0,00	Jaime Contreras
02-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	B	DCA- 8	HQ			0,00	Daniel Martinez
03-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	A	DCA - 8	NQ	724,00	726,85	2,85	Jaime Contreras
03-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	B	DCA - 8	NQ	726,85	747,60	20,75	Daniel Martinez
04-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	A	DCA - 8	NQ	747,60	769,45	21,85	Jaime Contreras
04-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	B	DCA - 8	NQ	769,45	776,20	6,75	Daniel Martinez
05-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	A	DCA - 8	NQ	776,20	781,55	5,35	Jaime Contreras
05-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	B	DCA - 8	NQ	781,55	781,55	0,00	Daniel Martinez
06-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	A	DCA - 8	NQ	781,55	781,55	0,00	Jaime Contreras
06-06-2017	AMSA Exploraciones	Exploraciones Noreste	EDM-1200-6	B	DCA - 8	NQ	781,55	787,60	6,05	Daniel Martinez

Observaciones	Total Horas	01 - Reunión HSE/Charla/ins pección	02 - Housekeeping plataforma	03 - Acondicionando /Estabilizando	04 - Perforando
Se perfora roca compacta con pasadas fracturadas se finaliza pozo a los 724,00 metros, se comienza a sacar herramienta, se entrega turno en esta maniobra.	12	0,5			6,5
Se recibe turno sacando barras HQ, (30 colleras) se traspasan desde cama de barras a caballete, se repara rod spinner por fuga de aceite, se inicia rescate de casing HWT, Se entrega turno en rescate de casing sin resultados positivos.	12	0,5			
Se recibe el turno en rescate de casing HWT, Se detiene esta operación geología ordena retomar el pozo, se corta casing HWT y se comienza a bajar barras HQ como casing para perforar con NQ, Se repara fuga de aceite en niple del cilindro de avance, se instala torre y accesorios.	12	0,5			
Se recibe el turno bajando barras HQ se logran bajar 102 metros y se queda en espera de camion pluma, se repara manguera por fuga, se descargan caballetes cama de barras entrega el turno bajando barras HQ.	12	0,5			
Se recibe el turno bajando herramienta HQ (casing), luego se bajan barras NQ llegando a los 712 metros, se acondiciona el pozo llegando al fondo, se perfora roca semi compacta con pasadas fracturadas, se entrega normal.	12	1		1	2,5
Se recibe turno en perforación normal, se realiza instalación de adaptador de casing HQ (barra corta), se realiza perforación en roca fracturada y arcillosa y se entrega turno con perforación normal, y pozo acondicionado.	12	0,5		0,5	9
Se perfora roca fracturada con pasadas compactas, se comienza a rescatar tubo interior con muestra (1,75 mts.) por posible pin doblado con resultados negativos, se hace mov. de herramienta, se entrega turno en esta maniobra.	0,5				7,5
Se recibe el turno con mov. De herramienta para rescate de tubo interior de barril, se llega arriba se saca tubo interior del barril, se coloca barril de 4 metros, se realiza reparación de culatines se cambia pin, resortes etc. Se inicia perforación en roca fracturada, se entrega turno normal.	12	0,5		1	3
Se perfora roca fracturada se detiene equipo para reparación de cabeza inyectora, base de cabeza y tuerca de soporte, se entrega turno en reparación.	12	0,5			2,5
Se recibe el turno en reparación de tuerca de soporte eje flotante se levantan 72 metros de barras NQ, quedando dentro del casing, se entrega turno en espera de reparación de tuerca.	12	0,5			
Se recibe el turno en espera de repuesto, hasta final de turno	12	0,5			
Se recibe el turno en reparación de tuerca de eje flotante y la instalación de cabeza inyectora, se baja herramienta se acondiciona pozo, se perfora roca fracturada, se detiene operación por mal clima.	12	0,5		0,5	3

05 - Movimiento Herramienta	06 - Instalación/ Rescate Casing	07 - Reperforación- Reaming /Matriz	08 - Preparación Lodo	09 - Rescatando Herramienta	10 - Medición	11 - Colación	12 - Traslado Colación	13 - Espera Traslado Personal
3						1		
1,5	6			1,5		1		
1,5	4,5					1		
1,5								
3,5	2					1		
	0,5					1		
2				0,5		1		
4						1		
						1		
						1		
						1		
0,5						1		

14 - Ensanche	15 - Instalación/Traslado/ Desarme	16 - Detención por Tronadura	17 - Detención por Clima	18 - Espera Petróleo	19 - Espera de Insumos	20 - Espera de Agua	21 - Espera Instrucciones Cliente	22 - Espera Instrucciones PD
	0,5							
			5					

23 - Espera Medición	24 - Espera Plataforma	25 - Espera Personal	26 - Espera Camión de Apoyo	27 - Carga de Petróleo	28 - Instalación Cuña/Desviando	29 - Descongelando /Desagüe	30 - OTRO OPERACIONAL	31 - Espera Mecánico
							0,5	
							1	
			8,5				0,5	
				0,5				
							1	

32 - Espera de Repuesto	33 - Falla Motor Diesel	34 - Falla Sistema Hidráulico	35 - Falla Sistema Eléctrico	36 - Falla Unidad Rotación	37 - Falla Prensa Barra	38 - Falla Rod Spinner	39 - Falla Bomba de Lodo	40 - Falla Winche Wireline
						0,5		
						0,5		
10								
10								

41 - Falla Winche Principal Arrastre	42 - Falla Implementación	43 - Falla Estructura	44 - Mantenimiento Preventivo	45 - Falla llave de Corte	46 - Falla sistema de Avance Mesa	47 - Falla Bomba Inyección	48 - OTRO MANTENCION	49 - Perforación Tricono
			0,5					
			0,5					
			0,5				2,5	
			0,5				0,5	
			0,5					
			0,5					
			0,5					
			0,5				1	
			0,5				7,5	
			0,5					
			0,5					
			0,5				1	

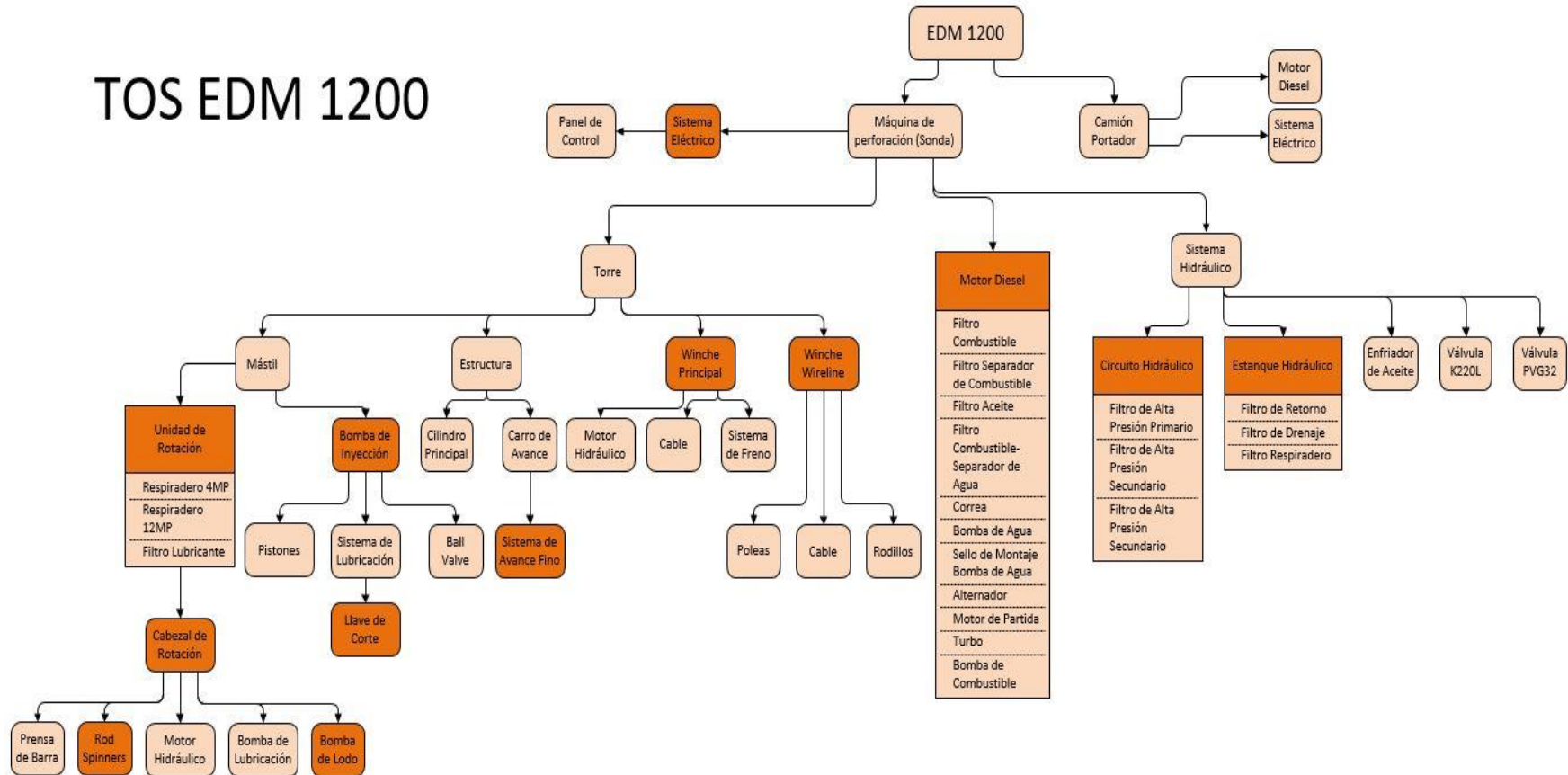
50 - Instalación PVC/CRIBAS	51 - Entubación Simetrix/Tubex	52 - Soplando /Secado Pozo	53 - Air Lift	54 - Cementacion	55 - Frague	56 - Engravillado/ Sellos	DISPERSANTE DD-955	CENIZA SODA	yeso
								1	
								1	
								1	

MAX GEL (Bentonita) SACO	DD-2000	TORQUELESS	Aceite Almo	DD-605 L	JABON POTASICO BIDON	HOLE CONTROL	Grasa Rod Coat	FOAM	BLACK WIDOW
2									
								1	
2	1								
	1	1							
1	1								

MAGMA FIBER SACO	HIB TROL	BLACK FURY BIDON	SACK BLACK SACO

9.14 TOS EDM 1200

TOS EDM 1200



9.15 Hoja de Cálculo con Detenciones

INFORME DE DETENCIONES JUNIO 2017

FAENA: CACHORRO
EQUIPO: PD-06
MODELO: EDM 1200
SERIE: 12-014

		DISPONIBILIDAD	HORAS OPERADAS	OPERADOR	TOTAL HORAS DETENIDO	45 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CODIGOS DE MANTENIMIENTO																		SIN COMENTARIOS					
							31 Espera de Mecanico	32 Espera de Repuesto	33 Falt Motor Diesel	34 Falt Sistema Hidraulico	35 Falt Sistema Electrico	36 Falt Unidad de Rotacion	37 Falt Frenos de Barras	38 Falt Rod Spinner	39 Falt Bomba de Lodo	40 Falt Winche Wyche	41 Falt Winche Principal	42 Falt Implementacion	43 Falt Estructura	44 Falt Ilave de Corte	45 Falt Sistema de Avance Fino	46 Falt Bomba de Inyeccion	47 Falt Bomba de Inyeccion	48 Otro Mantenimiento	4 Perforado	16 Detencion por Trandura	17 Detencion por clima	25 Espera de Personal	49 Perforacion Tronco	Metro Perforado
01/06/17	A	91,7%	11,0	Jaime Contreras	0,5	0,50																			0,5	6,5				15,6
	B	91,7%	11,0	Daniel Martinez	0,5	0,50								0,5																0,0
02/06/17	A	75,0%	9,0	Jaime Contreras	2,5	0,50																			2,5					0,0
	B	91,7%	11,0	Daniel Martinez	0,5	0,50																			0,5					0,0
03/06/17	A	95,8%	11,5	Jaime Contreras	0,0	0,50																				2,5				2,9
	B	95,8%	11,5	Daniel Martinez	0,0	0,50																				9,0				20,8
04/06/17	A	95,8%	11,5	Jaime Contreras	0,0	0,50																				7,5				21,9
	B	87,5%	10,5	Daniel Martinez	1,0	0,50																			1,0	3,0				6,8
05/06/17	A	33,3%	4,0	Jaime Contreras	7,5	0,50																			7,5	2,5				5,4
	B	12,5%	1,5	Daniel Martinez	10,0	0,50		10,0																						0,0

COMENTARIOS	Informe de Turno	Horómetro	
		Inicio	Fin
Sin especificación			
Reparación de Rod Spinner			
Reparación de fuga de aceite en niple del cilindro de avance			
Reparación de fuga de manguera de camión pluma			
Reparación de culatines			
Reparación de cabeza inyectora			
Espera de repuesto, tuerca			
Espera de repuesto, tuerca			

[illegible]

Estadísticas Mensual Acumulada		
	Horas	%
Nominal	712,5	100%
Detenciones	102,0	14,3%
Mantenimiento	29,5	4,1%
Reparacion	42,0	5,9%
Esperas	30,5	4,3%
Disponibilidad	610,5	85,7%
Tiempo perforando	219,5	30,8%
Detenciones SCAO	97,0	13,6%
Disponibilidad SCAO	615,5	86,4%
Disponibilidad SCAO & SDMP		90,5%
Mts Perforados	674,9	

*SCAO: Sin Considerar Actividades Operacionales
*SDMP: Sin Descontar Mantenimientos Preventivos

9.16 Matriz de Criticidad Modificada

Matriz de Criticidad					
Factor	Peso(P)	Impacto(I)			PxI
Seguridad y Medio Ambiente	10	Si hay riesgo = 10		Si no hay Riesgo = 0	
Producción	7	ALTO = 10	MEDIO = 5	BAJO = 0	
Calidad	7	ALTO = 10	MEDIO = 5	BAJO = 0	
Pérdidas / Daños	5	ALTO = 10	MEDIO = 5	BAJO = 0	
Equipos Stand-By	4	Si existe = 0		Si no existe = 10	
Régimen de Marcha	3	Continuo = 10		No Continuo = 0	
Tiempo Medio de Buen Funcionamiento (MTBF)	8	< 50 horas = 10	entre 50 y 60 horas = 5	>60 horas = 0	
Equipos de Reserva	7	Si existe = 0		Si no existe = 10	
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	7	>2 horas = 1	≥2 y <4 horas = 4	≥4 y <8 horas = 7	>8 horas = 10
Grado de Criticidad = Sumatoria (Peso x Impacto)					Σ

9.17 Hoja de Cálculo de MTBF

Nº Identifi- ficación	Año 2016 - 1º Semestre 2017	77			78			CUMULO			MTTF(h)	MTBF(h)	Breakdown Ratio (%)	% D+R/TOTAL	% E/TOTAL	A
		19-06-2017		25-06-2017	26-06-2017		02-07-2017									
		TOTAL	D + R	E	TOTAL	D + R	E	TOTAL	D + R	E						
PD-01	tiempo de actividad de este turno	168			96			9264,00			4,81	44,56	8,9%	78,6%	21,4%	90,3%
	tiempo de inactividad debido a averías fatales	48,00	46	2	11,00	5	6	822,12	645,92	176,20						
	tiempo de inactividad debido a averías previsibles (no incluye el mantenimiento)	0,00			0,00			0,00	0,00	0,00						
	enumera las averías	8			2			171,00								
	porcentaje de avería	28,57%			11,46%			8,87%								

9.18 Matriz de Criticidad para la EDM 1200

Matriz de Criticidad			
Factor	Peso(P)	Impacto(I)	PxI
Seguridad y Medio Ambiente	10	10	100
Producción	7	10	70
Calidad	7	10	70
Pérdidas / Daños	5	10	50
Equipos Stand-By	4	10	40
Régimen de Marcha	3	10	30
Tiempo Medio de Buen Funcionamiento (MTBF)	8	0	0
Equipos de Reserva	7	0	0
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	7	4	28
Grado de Criticidad = Sumatoria (Peso x Impacto)		Σ	388

9.19 Matriz de Criticidad para la EDM 1200 Multipropósito

Matriz de Criticidad			
Factor	Peso(P)	Impacto(I)	PxI
Seguridad y Medio Ambiente	10	10	100
Producción	7	10	70
Calidad	7	10	70
Pérdidas / Daños	5	10	50
Equipos Stand-By	4	10	40
Régimen de Marcha	3	10	30
Tiempo Medio de Buen Funcionamiento (MTBF)	8	10	80
Equipos de Reserva	7	0	0
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	7	7	49
Grado de Criticidad = Sumatoria (Peso x Impacto)		Σ	489

9.20 Matriz de Criticidad para la SCHRAMM T685WS-D

Matriz de Criticidad			
Factor	Peso(P)	Impacto(I)	PxI
Seguridad y Medio Ambiente	10	10	100
Producción	7	10	70
Calidad	7	10	70
Pérdidas / Daños	5	10	50
Equipos Stand-By	4	10	40
Régimen de Marcha	3	10	30
Tiempo Medio de Buen Funcionamiento (MTBF)	8	5	40
Equipos de Reserva	7	0	0
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	7	7	49
Grado de Criticidad = Sumatoria (Peso x Impacto)		Σ	449

9.21 Análisis ADF

Compañía		Análisis de Falla (ADF)								Código	
Área o Sector										Revisión:	
										Fecha:	
ADF N°		Máquina / Subsistema									
PRODUCCIÓN OPERACIÓN	¿Qué sucedió?								¿Quiénes intervinieron?		
	Parte del Equipo					Modo:		Accidental	Detectores:		Reparadores:
	Problema							Repetitivo			
	¿Cómo se detectó el problema?					¿Cuánto duró?					
		Ruido		Juego / Desgaste		Alarma		FECHA	HORA		
		Vibración		Pérdidas / Fugas		Suciedad	Inicio del Problema				
		Temperatura		Corrosión		Fricción	Puesta en Marcha				
		Otros					Tiempo de Reparación (h)				
REPARADORES INMEDIATOS	Documentación de la Falla (Esquema ó Dibujo)					¿Qué puntos se examinaron?		Resultado de lo examinado		¿Qué acciones se tomaron?	

	¿Ocurrió en otras oportunidades? SI/NO			¿Con qué frecuencia ocurre?		
--	---	--	--	-----------------------------	--	--

MANTENIMIENTO	¿Quiénes intervendrán en el Análisis?					¿Cuándo se analizará?	
	Descripción del Fenómeno: 5W + 1H			Resumen del FENÓMENO			
	¿Qué?						
	¿Cuándo?						
	¿Dónde?						
	¿Quién?						
	¿Cuál?						
	¿Cómo?						
	BÚSQUEDA DE LAS CAUSAS RAÍZ (Ronda de Pro qué)						
	PARTE DE LA MÁQUINA Y ASPECTO HUMANO	1°¿POR QUÉ?	2°¿POR QUÉ?	3°¿POR QUÉ?	4°¿POR QUÉ?	5°¿POR QUÉ?	Causa Raíz
ACCIONES PARA QUE NO VUELVA A OCURRIR							
¿Cómo?	¿Cuál?					Fecha real de cumplimiento	
	Nombre	Código (si aplica)					
Acciones inmediatas							

	Mejoras al diseño						
	Nuevos instructivos, OPL's, actividades o planes de capacitación						
	Otros sistemas donde es posible replicar el aprendizaje						
	Inversiones / Proyectos necesarios						
	Otras acciones necesarias						
	Cierre del ADF (Fecha y Firma de los Responsables)						