



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**GENERACION DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM EN
DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN PLANTA CONCENTRADORA SAN JOSÉ.
SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.**

TIERRA AMARILLA, REGIÓN DE ATACAMA.

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

Profesor guía: Osvaldo Durán Artigas.

Jorge Eduardo Castillo Sanhueza

Copiapó, Chile 2023



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

Profesor guía: Osvaldo Durán Artigas.

Jorge Eduardo Castillo Sanhueza

Copiapó, Chile 2023

Índice de contenido.

Índice de contenido.....	1
Índice de ilustración.....	6
Índice de tabla.....	7
Índice de ecuaciones.....	8
Resumen.....	9
Capítulo I.....	10
1.1. Introducción.....	10
1.2. Objetivos.....	11
1.2.1. Objetivo general.....	11
1.2.2. Objetivos específicos.....	11
Capítulo II.....	12
2.1. Generalidades de la empresa.....	12
2.1.1. Reseña empresa Sociedad Punta del Cobre S.A.....	12
2.1.2. Misión de la empresa.....	13
2.1.3. Visión de la empresa.....	13
2.1.4. Tipo de procesamiento de la empresa.....	13
2.1.5. Situación actual.....	14
2.1.6. Organigrama actual.....	17
2.1.7. Propuesta de organigrama en departamento mecánico.....	19
2.2. Metodología.....	23
2.2.1. Mantenimiento productivo total TPM.....	23
2.2.2. Mantenimiento basado en la confiabilidad RCM.....	24
2.2.3. Fundamentos para elección de modelo trabajo TPM en vez de RCM.....	24
Capítulo III.....	26
3.1. Reseñas del mantenimiento.....	26

3.1.1. Mantenimiento correctivo (Periodo anterior a la revolución industrial)....	28
3.1.2. Mantenimiento preventivo (siglo XIX).....	28
3.1.3. Sistemas de mantenimiento (siglo XX).....	29
3.1.4. Tecnología de la información (Finales del siglo XX- XXI).....	29
3.1.5. Mantenimiento predictivo y basado en la condición (siglo XXI).....	29
3.1.6. Industria 4.0 y mantenimiento inteligente.....	29
3.2. Tipos de mantenimiento.....	30
3.2.1. Mantenimiento preventivo.....	30
3.2.2. Mantenimiento correctivo.....	30
3.2.3. Mantenimiento predictivo.....	31
3.3. Indicadores claves de desempeño.....	31
3.3.1. Disponibilidad.....	32
3.3.2. Confiabilidad.....	32
3.3.3. Mantenibilidad.....	33
3.3.4. Tiempo medio entre fallas (MTBF).....	34
Capítulo IV.....	35
4.1. Propuesta de mejora.....	35
4.2. Aspectos generales del TPM.....	36
4.3. Perfil ideal del equipo.....	37
4.3.1. Percibidas: Medidas ya tomadas.....	38
4.3.2. Percibidas: Imposibilidad de tomar las medidas necesarias.....	38
4.3.3. Pérdidas: Medidas no tomadas.....	38
4.3.4. Tipos de pérdidas.....	39
4.4. Deterioro natural y forzado.....	40
4.5. Medidas para el cero averías.....	41
4.5.1. Establecimiento de condiciones básicas.....	41
4.5.2. Cumplimiento de las condiciones de uso.....	42
4.5.3. Restauración de los puntos deteriorados.....	42

4.5.4. Solución para las deficiencias del proyecto.....	42
4.5.5. Evolución de la capacidad técnica.....	43
4.6. Herramientas básicas del TPM.	44
4.6.1. Seguridad laboral.	44
4.6.2. Los cinco “por qué” del TPM.....	45
4.6.3. Árbol de oportunidades o árbol de pérdidas del TPM.	46
4.6.4. Las 5 S.....	47
4.6.5. Norma de inspección, limpieza y lubricación (NILL).	48
4.6.6. Pequeña mejora.	49
4.6.7. Análisis de terreno (ADT).....	50
4.6.8. Sistema de tarjetas para identificar anomalías.....	51
4.6.9. Lección de un punto (LUP).....	52
4.7. Fases de implementación del TPM.	53
4.7.1. Fase 1: Preparación.....	54
4.7.2. Fase 2: Educación introductoria y campaña interna.	54
4.7.3. Fase 3: Organización para la promoción de TPM.....	55
4.7.4. Fase 4: Establecer políticas, directrices y metas.....	56
4.7.5. Fase 5: Elaborar el plan maestro de elaboración.	57
4.7.6. Fase 6: Lanzamiento oficial de TPM en instalaciones	58
4.7.7. Fase 7 -11: Establecer procesos para maximizar el sistema de producción.	58
4.7.8. Fase 12: Fase de consolidación del TPM	59
4.8. Foco a pilares fundamentales para el departamento mecánico.	60
4.9. Pilar Mantenimiento Autónomo.....	60
4.9.1. Capacidades y habilidades en el operador mediante el mantenimiento autónomo.	61
4.9.2. Los tres tesoros del mantenimiento autónomo.....	63
4.9.3 Temas que se deben mencionar en una reunión de panel.....	64

4.10. Paso 1 de M.A: Limpieza inicial.	65
4.10.1. Actividades de mantenimiento planeado que apoyan al mantenimiento autónomo.	65
4.10.2. Ejemplo de flujo de actividades del paso 1 del M.A.	66
4.10.3. Actividades del paso 1 del M.A.	66
4.11. Paso 2: Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso (L.D.A).	67
4.11.1. Actividades del paso 2 de M.A.	67
4.12. Paso 3 de M.A.: Elaboración del estándar provisional de limpieza, inspección y lubricación.	68
4.12.1. Controles visuales.	69
4.13. Paso 4 de M.A.: Inspección general.	71
4.13.1. Actividades del paso 4 del M.A.	71
4.13.2. Aplicación de paso 4 M.A.	72
4.14. Pilar Mantenimiento Planificado.	73
4.14.1. Paso 1 de M.P: Evaluar el equipo y comprender la situación actual.	74
4.14.2. Registros del equipo.	75
4.14.3. Identificación de la situación actual.	75
4.15. Paso 2 de M.P: Restaurar el deterioro y corregir debilidades.	76
4.15.1. Mejorar las condiciones actuales.	77
4.16. Paso 3 de M.P: Crear un sistema de gestión de la información.	77
4.17. Paso 4 M.P: Crear un sistema de mantenimiento periódico.	79
4.18. Paso 5 M.P: Crear un sistema de mantenimiento predictivo.	80
4.19. Sinergia entre el mantenimiento autónomo y el planificado.	81
Capítulo V	82
5.1. Resultados.	82
5.1.1. Participación del personal en TPM.	82
5.1.2. Seguridad y salud medio ambiental.	83

5.1.3. indicadores.	84
5.1.4. Equipo piloto.	85
Capítulo VI	87
6.1. Conclusiones.	87
6.2. Recomendaciones.	88
Bibliografía	89

Índice de ilustración.

Ilustración 1, Ubicación geográfica San José.....	12
Ilustración 2, Precio del cobre en mercados externos	14
Ilustración 3, Gráfico de cantidad de fallas año 2022	15
Ilustración 4, Gráfico Pareto	16
Ilustración 5, Organigrama actual departamento mecánico.....	17
Ilustración 6, Diagrama Gantt	20
Ilustración 7, Termografía molino bolas	21
Ilustración 8, Propuesta de organigrama.	21
Ilustración 9, Herramientas tecnológicas.	22
Ilustración 10, Inicios del mantenimiento.	26
Ilustración 11, Cronología del TPM	35
Ilustración 12, Gráfico de pérdidas.....	37
Ilustración 13, Organigrama de pérdidas	38
Ilustración 14, Trazabilidad por deterioro.....	41
Ilustración 15, Reporte de Flash incidente CTP	44
Ilustración 31, Los tres tesoros del M.A.	63
Ilustración 39, Flujo paso 4 mantenimiento planeado	79
Ilustración 45, Mant. preventivo molino bolas	84
Ilustración 46, Bomba Mcr para pulpa	85
Ilustración 47, Escaneo de revestimientos de bomba	85
Ilustración 48, Mejora continua en mantenimiento	86
Ilustración 49, Cambios tecnológicos.....	86

Índice de tabla.

Tabla 1, Datos de fallas área húmeda	16
Tabla 2, Tabla de análisis de falla- ADF	45
Tabla 3, Tabla de inspección, limpieza y lubricación. NILL	48
Tabla 4, Tabla de elementos de evaluación.	74
Tabla 5, Nombre de los sistemas tecnológicos utilizados.	78
Tabla 6, Tabla de datos de indicadores	84

Índice de ecuaciones.

Ecuación 1: Disponibilidad = $\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$	32
Ecuación 2: Tiempo medio entre fallas MTBF = Hrs Operativas / N° detenciones [Hrs]	33
Ecuación 3: Tiempo medio de reparación MTTR = Total Hrs Detención / N° detenciones [Hrs]	33
Ecuación 4:	34

Resumen.

El presente proyecto de título se basa en la generación de un modelo productivo total TPM, en una planta de proceso de mineral específicamente de cobre, con foco específico en el departamento de mantención mecánica. Las empresas mineras deben considerar mejoras en sus procesos para cumplir con las metas establecidas. La empresa no posee una política de mantenimiento adecuada que trae consigo interrupciones imprevistas en el proceso productivo. El departamento de mantención implementa un tipo de mantenimiento correctivo a la falla en los activos físicos, que posee la compañía. Se trabaja en un sistema aislado tipo isla en la cual la información entre las distintas áreas del departamento no interactúa entre sí, no se realiza seguimiento de datos que puedan reflejarse en indicadores KPI's. el personal no posee las competencias adecuadas por lo que se ve afectada la calidad del trabajo. La generación del modelo mantenimiento productivo total TPM, propone una metodología de mejora continua con foco en potenciar las habilidades y capacidades técnicas de las personas mediante capacitación constante, cultura de seguridad y evaluaciones de desempeño de manera anual, para realizar un seguimiento de las competencias de los trabajadores.

Capítulo I

1.1. Introducción.

Actualmente la minería debe adoptar nuevas estrategias de mantenimiento, que le puedan permitir un manejo de datos, que se convierten en información y como resultado conocimiento. El mejoramiento continuo es una filosofía que busca en la excelencia operacional a través de las optimizaciones constantes de los procesos, la reducción de desperdicios y la mejora continua de los resultados. En un sistema que crece exponencialmente en avances tecnológicos es importante la capacidad de adaptarse y mejorar de manera constante como clave de éxito. En el transcurso de la tesis se abordará la problemática que enfrenta el departamento de mantención mecánica referente a no presentar una política de mantenimiento adecuada y proponemos un modelo innovador que tiene como objetivo reducir las fallas, mejora continua, potenciar las competencias y habilidades de las personas. También exploraremos el detalle de la integración de dicho modelo de mantenimiento productivo total y presentaremos evidencia empírica de su efectividad.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Implementar de manera efectiva y sostenible la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el Departamento de Mantenimiento de la Planta Concentradora San José, Sociedad Punta del Cobre SA, con el propósito de optimizar la gestión de activos, mejorar la disponibilidad de equipos, establecer un sistema de seguimiento basado en indicadores de desempeño (KPI's) y promover una cultura de mejora continua, seguridad y eficiencia en el entorno laboral.

1.2.2. Objetivos específicos.

1. Introducir una metodología de trabajo innovadora en el departamento de mantenimiento mecánico de la planta concentradora de cobre, con el fin de optimizar los procesos y aumentar la eficiencia operativa.
2. Realizar gestión temprana de activos para aumentar su disponibilidad
3. Establecer un sistema de seguimiento continuo a los equipos a través de indicadores de desempeño (KPI's), con el objetivo de evaluar y mejorar constantemente la eficacia operativa y la confiabilidad de los activos.
4. Generar seguimiento a equipos mediante indicadores de desempeño KPI's.

Capítulo II

2.1. Generalidades de la empresa.

2.1.1. Reseña empresa Sociedad Punta del Cobre S.A.

Sociedad Punta del Cobre S.A. en adelante Pucobre, es una compañía que cuenta entre otros activos, con yacimientos mineros situados en la comuna de Tierra Amarilla a [20 Km] aproximadamente de Copiapó, y una planta concentradora de minerales sulfurados ubicada en el Quebrada El Buitre S/N, comuna de Tierra Amarilla, región de Atacama, Chile.

Utiliza el proceso de concentración por flotación obteniendo un concentrado de cobre de 29% de cobre. Su producción alcanza las 450.000 mil toneladas mensuales.

Ilustración 1, Ubicación geográfica San José



Fuente: Elaboración propio, 2023.

2.1.2. Misión de la empresa.

Crear valor a través del desarrollo y explotación de recursos minerales, preferentemente de cobre, protegiendo y potenciando a las personas y su entorno.

2.1.3. Visión de la empresa.

Cumplir con alta adherencia los planes de producción y costos, alcanzar la madurez en los modelos operativos e implementar exitosamente los proyectos de alto impacto. Realizar una minería respetuosa y amigable con el medio ambiente, que se integre proactivamente a las comunidades y fortaleciendo una cultura en seguridad como modo de vida.

2.1.4. Tipo de procesamiento de la empresa.

La empresa realiza en su proceso la trituración de los minerales sulfurados extraídos desde sus yacimientos, posterior se llevan a través de chancadores para así reducir el tamaño de las rocas a partículas más pequeñas. Esto facilita el proceso de separación del cobre de otros minerales y componentes no deseados.

Las partículas resultantes del chancado se muelen aún más en molinos para convertirlas en un polvo fino. Este polvo se llama “pulpa” y contiene minerales de cobre y otros minerales.

La pulpa se mezcla con agua y reactivos químicos en celdas de flotación. Los reactivos hacen que las partículas de cobre se adhieran a burbujas de aire y floten en la superficie, mientras que los minerales no deseados quedan en el fondo.

Luego del proceso de flotación, el concentrado de cobre se somete a procesos de espesamiento y filtrado para eliminar el exceso de agua y obtener un producto más seco y concentrado de cobre.

2.1.5. Situación actual.

Los datos entregados se basan en los equipos pilotos del área de molienda, flotación, espesamiento y filtrado. El departamento de mantenimiento mecánico presenta como estrategia un sistema de mantenimiento basado en reparar la falla. Factores como el inestable precio del cobre en los mercados internacionales, costos elevados de operación, sanciones y costos adicionales con respecto a la alta accidentabilidad que posee el proceso, interrumpen el proceso productivo poniendo en peligro la continuidad operacional.

Ilustración 2, Precio del cobre en mercados externos



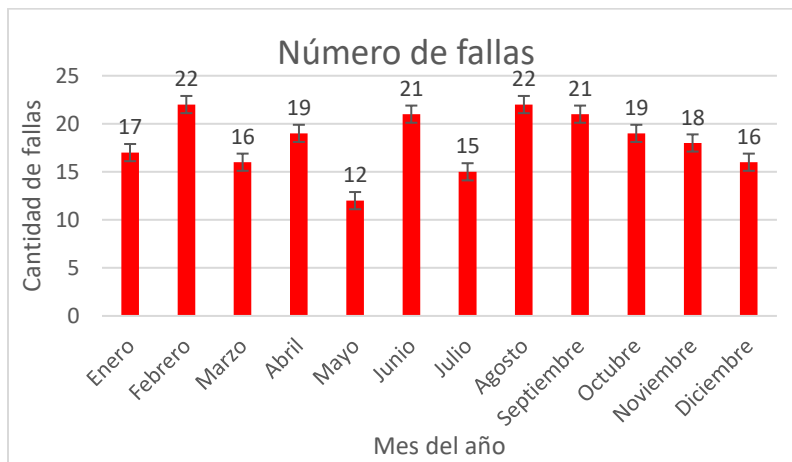
Fuente: Elaboración propia, 2023.

De misma manera se pueden comentar las siguientes condiciones:

- No se efectúa una criticidad a los activos de la empresa para generar prioridades.
- El departamento de abastecimiento genera un sobre stock de repuestos para no presentar ausencias de repuestos.
- No se realiza un análisis crítico de él por qué acontecen las fallas.

- No se consideran los riesgos económicos que generan las fallas en equipos críticos.
- El departamento de monitoreo por condición sólo es solicitado cuando se realiza su solicitud.
- La información no se realiza transmite de manera oficial, ni coordinada entre departamentos.
- No se posee un programa de capacitación técnica a personal de la empresa.
- Solo se realiza la suma del número de fallas, pero no se realiza gestión para disminuirlas o eliminarlas.

Ilustración 3, Gráfico de cantidad de fallas año 2022



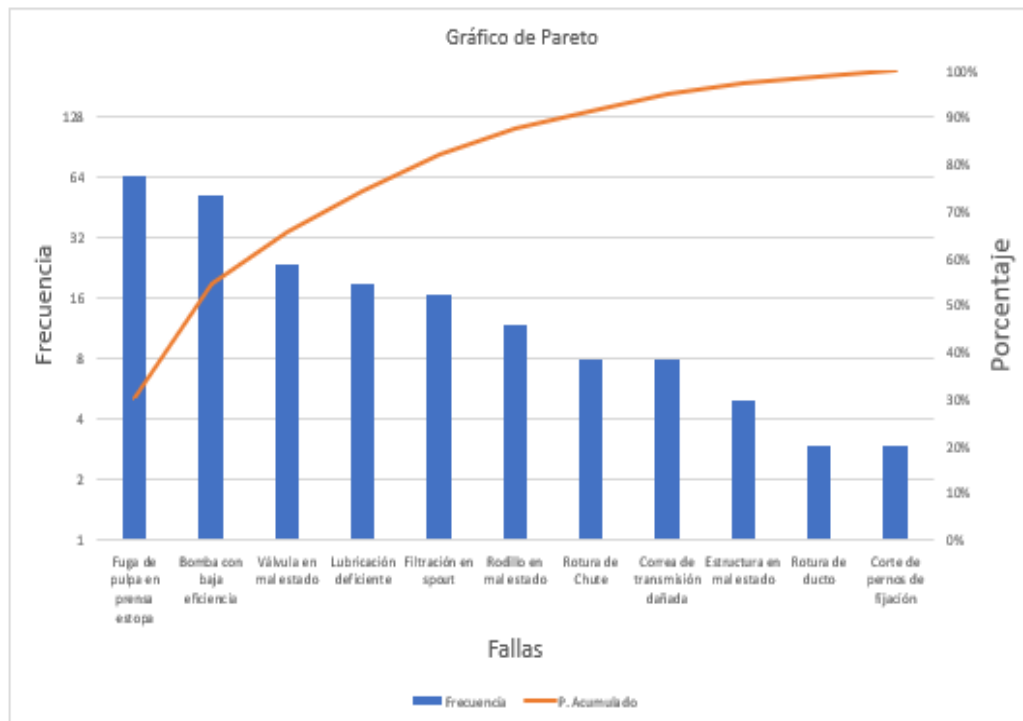
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 1, Datos de fallas área húmeda

Pareto Equipos Area Húmeda			
Problemas	Frecuencia	P. Acumulado	
Fuga de pulpa en prensa estc	66	30%	66
Bomba con baja eficiencia	53	55%	119
Válvula en mal estado	24	66%	143
Lubricación deficiente	19	74%	162
Filtración en spout	17	82%	179
Rodillo en mal estado	12	88%	191
Rotura de Chute	8	91%	199
Correa de transmisión dañad;	8	95%	207
Estructura en mal estado	5	97%	212
Rotura de ducto	3	99%	215
Corte de pernos de fijación	3	100%	218
Total	218		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Ilustración 4, Gráfico Pareto



Fuente: Elaboración propia, 2023.

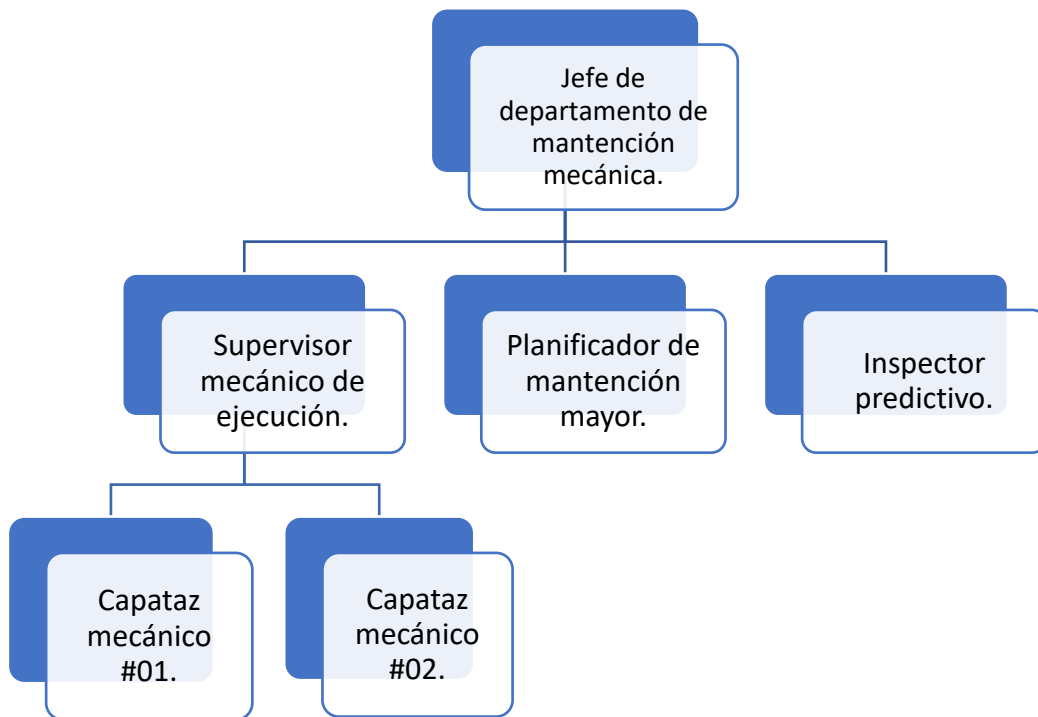
2.1.6. Organigrama actual.

La estructura jerárquica del departamento se conforma por un jefe de departamento de mantenimiento mecánica el cual dirige las actividades de mantenimiento relacionadas con equipos y maquinarias mecánicas de la organización. En terreno desliga responsabilidad a un supervisor mecánico que distribuye las actividades en conjunto a dos capataces mecánicos.

El planificador su rol es garantizar una gestión eficiente de recursos, tiempos y empresas colaboradoras implicadas. Además de monitorear y asegurarse de que las actividades se realicen durante el mantenimiento anual que se proyecta.

Cabe mencionar que el inspector predictivo sólo se encuentra cuando se solicita su requerimiento y no posee una pauta de actividades.

Ilustración 5, Organigrama actual departamento mecánico.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

El mantenimiento es habitualmente catalogado como deficiente y poco profesional, que suele mostrar una serie de problemas y deficiencias. Esto se manifiesta en una falta de calidad y efectividad en el mantenimiento de los equipos de la organización.

El único indicador que llevan en el departamento es el número de fallas y con lleva a un impacto negativo en la productividad, la seguridad y la rentabilidad de la organización.

La propuesta de solución para dicho problema es la generación de una metodología de mantenimiento productivo total pretende una conducta radical, metódica y auto disciplinaria. La cual convierte una pequeña compañía minera, en una organización de categoría mundial. Es necesario la inserción de valiosas herramientas que aseguren la mejor consecución de los objetivos estratégicos que se plantearán en la organización.

El compromiso desde la gerencia, supervisión y el trabajador tal son de mucha importancia. Los resultados son sin dudas cumplir con metas establecidas y generar un impacto positivo en los indicadores de desempeño KPI's.

De misma manera la propuesta en el departamento mecánico se basa en:

- Reestructuración de departamento e incluyendo cargos adicionales que refuercen su estructura jerárquica.
- Generación de modelo de mantenimiento productivo total TPM en departamento mecánico.
- Generar un tablero de gestión visual que empodere a los técnicos en el seguimiento de las actividades e indicadores de mantenibilidad.
- Cero fallas.
- Trabajo seguro y sustentable.
- Potenciar las habilidades y conocimientos del personal técnico del departamento.
- Mejora continua.
- Pensamiento crítico.

El objetivo que plantea esta generación de metodología de mejora continua parte con un objetivo claro y específico:

“Asegurar la disponibilidad, confiabilidad y continuidad operacional, a través de la revisión, actualización e implementación de los planes de mantenimiento en las distintas áreas de producción con foco en los siguientes puntos:

- Reducir gradualmente las fallas en los equipos críticos, a través de los 6 pasos del mantenimiento planeado.
- Gestionar el plan matriz de mantenimiento P52, los análisis de fallas, ideas de mejoras y trabajar con las 5S.
- Realizar gestión sobre el gasto total de repuestos, materiales y servicios.
- Liderar a los grupos de mantenimiento para gestionar el deterioro natural y apoyar al mantenimiento autónomo en la eliminación del deterioro forzado.
- Asegurar la correcta aplicación del modelo duradero en la gestión del mantenimiento en todos sus niveles.

2.1.7. Propuesta de organigrama en departamento mecánico.

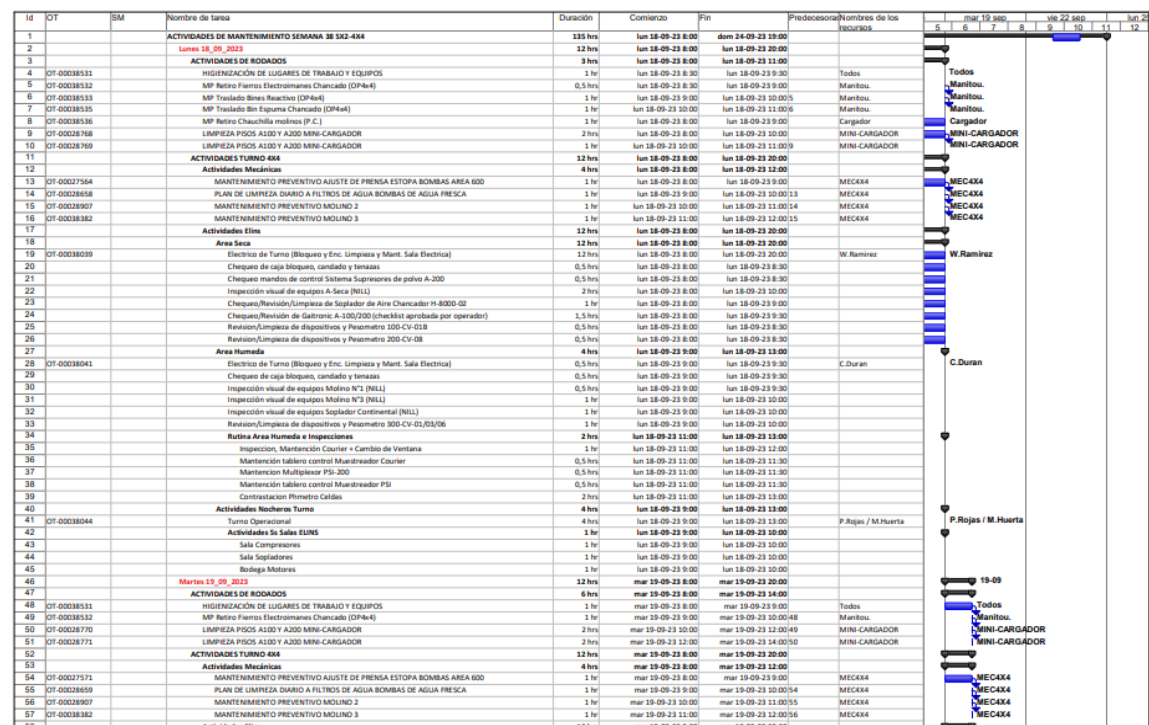
La propuesta de organigrama divide claramente las responsabilidades en el departamento de mantenimiento y facilita la gestión eficiente de las actividades de mantenimiento.

El rol del jefe de departamento se basa en supervisar y coordina todas las operaciones del departamento de mantenimiento. También proporciona oportuna y eficientemente, los servicios que requiera, el centro en materia de mantenimiento preventivo, así como la contratación de la obra necesaria para el fortalecimiento y desarrollo del departamento.

El supervisor mecánico de ejecución reporta al jefe de departamento de mantenimiento, supervisa a los técnicos del departamento y asegura que las tareas de mantenimiento se realicen de manera eficiente y segura. Todo esto con el apoyo en terreno de sus dos capataces mecánicos.

El planificador de mantenimiento es un especialista encargado de organizar y coordinar las actividades de mantenimiento durante las mantenencias anuales o también conocidas como a largo plazo. La planificación a corto plazo de una a dos semanas se encargan los programadores asignados por área, los cuales trabajan en estrecha colaboración con la supervisión mecánica. Se programa las actividades y coordina la disponibilidad de recursos y equipos necesarios para las tareas de mantenimiento. La información se entrega de manera formal y transversal a través de una carta Gantt detallada comentando la tarea, fecha y recurso asignado.

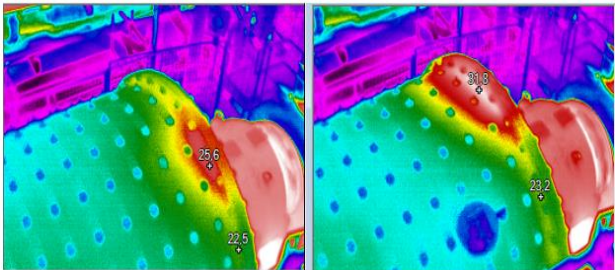
Ilustración 6, Diagrama Gantt



Fuente: Elaboración propia, 2023.

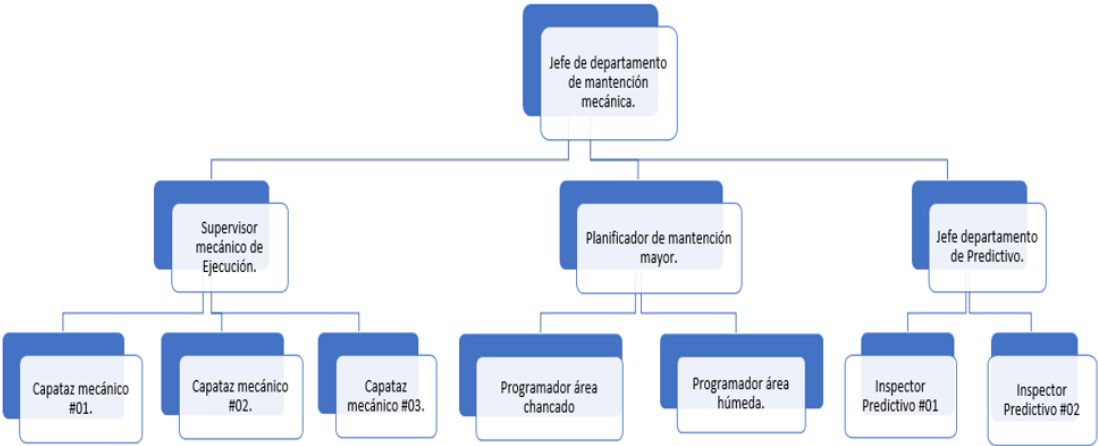
El personal de monitoreo por condición predictivo desarrolla una ruta de inspección visual y a través de técnicas de análisis de datos para detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en los equipos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo. Se utiliza un sistema de solicitudes de mantenimiento, la cual es derivada hacia el personal de programación para asignar fecha de realización.

Ilustración 7, Termografía molino bolas



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Ilustración 8, Propuesta de organigrama.

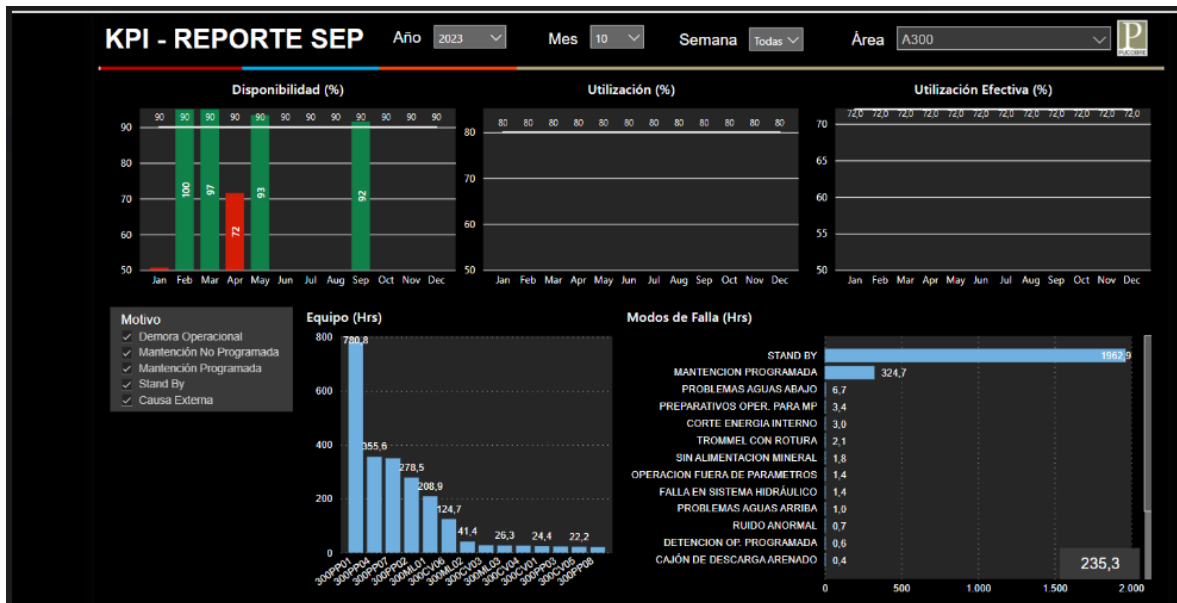


Fuente: Elaboración propia, 2023.

Ya es conocido que la tecnología está cambiando al mundo y en este escenario no nos podemos quedar atrás. Se complementa al equipo de trabajo variadas herramientas tecnológicas que nos permitirán manipular información de una manera rápida y dinámica:

- Microsoft Dynamic
- Pi System
- Sistema experto (I.A.)
- Sistema de control operacional (SCO)
- Sistema de eventos planta (SEP)

Ilustración 9, Herramientas tecnológicas.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.2. Metodología.

2.2.1. Mantenimiento productivo total TPM.

El mantenimiento productivo total TPM surgió y se desarrolló inicialmente en la industria del automóvil y rápidamente pasó a formar parte de la cultura corporativa de empresas tales como Toyota, Nissan y Mazda, y de sus suministradoras y filiales. Se ha introducido también posteriormente en otras industrias tales como electrodomésticos, microelectrónica, maquinas herramientas, plásticos, fotografías, etc.

También las industrias de proceso, partiendo de sus experiencias de mantenimiento preventivo, han empezado a implementar el mantenimiento productivo total TPM. En los últimos años, han estado incorporando el TPM un creciente número de plantas de procesos de industrias de la alimentación, caucho, refinerías de petróleo, químicas, farmacéuticas, gas, cemento, siderúrgicas, etc.

Inicialmente, las actividades del TPM se limitaron a los departamentos directamente relacionados con los equipos. Sin embargo, los departamentos administrativos y de apoyo, a la vez que apoyan activamente el TPM en la producción, lo aplican también para mejorar la eficacia de sus propias actividades. Los métodos de mejora TPM se están aplicando también en los departamentos de desarrollo y de ventas.¹

Esta última tendencia subraya la creciente importancia de considerar desde la fase inicial del desarrollo no solo los procesos y equipos de producción sino también los productos, con el objetivo de simplificar la producción, mejorar el aseguramiento de la calidad.

Hay tres razones principales por las que el mantenimiento productivo total TPM se ha difundido tan rápidamente en la industria japonesa y ahora lo está haciendo por todo el mundo: Garantiza drásticos resultados, transforma visiblemente los lugares de trabajo, y eleva el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de producción y mantenimiento.

¹(Suzuki, TPM en industrias de proceso)

2.2.2. Mantenimiento basado en la confiabilidad RCM.

Es un de mantenimiento de un activo físico en su contexto operacional. Es utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que el activo continúe cumpliendo sus funciones en contexto operacional. También Cabe mencionar que es una metodología para desarrollar estrategias de mantenimiento. En 1960, el Gobierno de los Estados Unidos formó un grupo de trabajo que incluía representantes de la Agencia Federal de Aviación y de las Aerolíneas para investigar las capacidades del mantenimiento preventivo. El mantenimiento centrado en confiabilidad RCM fue documentado por primera vez en un reporte escrito por FS Nowlan y H.F. Heap y publicado. Por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en 1978.

La aplicación de los criterios de RCM permitió bajar la incidencia en los 90 a razón de graves accidentes con fatalidades por cada millón de despegues.

Se basa en modelos de análisis estadísticos y de confiabilidad los cuales demostraron en la mayoría de los casos que cuando cambiaban las fechas de las mantenciones mayores, éstas no tenían ningún efecto en la seguridad o confiabilidad de las naves.²

Beneficios del RCM:

- Mayor seguridad e integración medioambiental.
- Mejor desempeño operacional.
- Incremento en efectividad de costos de mantenimiento.
- Extensión en vida útil de componentes.

² (Moubray, Mantenimiento centrado en confiabilidad, 2004)

2.2.3. Fundamentos para elección de modelo trabajo TPM en vez de RCM.

El enfoque preventivo del TPM se centra en la prevención de las averías y la mejora continua en los procesos de producción. Promueve la participación de todo el personal en la mejora de los procesos. Esto es beneficioso en entornos donde la disponibilidad de los equipos se encuentra en riesgo. Esto fomenta un ambiente de trabajo colaborativo y aumenta la moral de las personas. También el TPM busca evitar pérdidas de producción y costos asociados en sus actividades, a diferencia del modelo RCM que se enfoca en una estrategia basada en modelos estadísticos y de probabilidades.

Capítulo III

3.1. Reseñas del mantenimiento.

El mantenimiento puede considerarse tan antiguo como la existencia de la humanidad. Por relatos históricos, se conoce que el hombre desde sus principios se practicaba el mantenimiento desde los utensilios primitivos hasta las herramientas de su trabajo diario. Aunque no era en forma lógica y ordenada, sino forzada por las necesidades básicas de supervivencia o utilizando cada día los medios y los recursos más efectivos para alcanzar sus fines. Posteriormente con la creación de los primeros talleres al comienzo del siglo XX se inició la etapa de ejecución de actividades de mantenimiento preventivo y del correctivo, que vino a tomar importancia relevante en la industria militar. Durante la Segunda Guerra Mundial, donde se vio la necesidad de implantar técnicas. Con el objetivo de prevenir las fallas de los equipos en acción. Después de lo cual se estableció el mantenimiento preventivo en la industria como una actividad paralela a la producción y al control de calidad.³ La importancia del mantenimiento nació de observar que todo equipo sufre. Por una diversidad de causas de deterioro o desgaste que es fundamental de 3 tipos:

- Normal: Debido a causas como la presión, movimiento o velocidad de operación, corrosión, fatiga, temperatura, vibraciones, etc.
- Anormal: Debido a descuidos, golpes, sobrecargas de trabajo o mala operación.
- Accidental. Debido a múltiples causas incontrolables, naturales o meteorológico. u otras y en programables que se conocen usualmente como accidentes.

Ilustración 10, Inicios del mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

³ (J., El arte de mantener, 2009)

Actualmente muchas compañías en el mundo sufren pérdidas por no producir a una óptima capacidad sustancialmente por no contar con un programa de mantenimiento efectivo, seguro y económico. Que disminuya los paros improductivos debido a las fallas imprevistas. Esto se debe a que el mantenimiento recibe muy poca atención y se le tiene como un recurso para cubrir emergencias, llegándose a considerar una carga de producción e incluso a definirlo como el mal necesario de la planta, que debe ser tolerado. A esta actitud, asumida por ciertas directivas, se le une la adoptada por los ingenieros de mantenimiento en limitar sus actividades profesionales sobre el desarrollo técnico y ser pasivos ante el degradamiento de sus funciones dentro de la empresa.

La falta de complementación de la técnica con la aplicación de recursos de gestión estratégica conlleva a los directores de mantenimiento a una dependencia acentuada de los puntos de vista, actividades y programas de otros. Departamento de la compañía como producción e ingeniería técnico, compras y relaciones industriales. Por tanto, se requiere de un plan de mantenimiento óptimo que abarque los campos de organización y administración que optimice los factores disponibles y que puede ser aceptado y adoptado por todos.

La base para crear e implementar el plan debe ser la moderna ideología del mantenimiento, que no solo proviene de los paros improductivos, sino también que aporta al incremento de utilidades mediante programa de reducción de costos, aumento de la calidad de los productos y en general, mejoramiento de la productividad de la planta. Para lograr la mayor efectividad se requiere además de los recursos y técnicas adecuadas del apoyo de producción, para que el departamento de mantención mecánica sea dirigido con sentido gerencial amplio, es decir, se debe hacer un cambio de constitución centralizada por una integrada y lograr de esta manera la conformación de grupos interdisciplinarios que velen el enfoque sistémico global.

Con la implantación del mantenimiento al deterioro de los activos no se detiene, sino solamente se retarda en un mayor o menor grado según la calidad y Efectividad de este. En aquellas plantas que no cuentan con un plan de mantenimiento adecuado, la proporción del mantenimiento correctivo, contra el mantenimiento planeado, guarda aproximadamente la relación 80/20 o sea 80% de correctivo y solo 20% de planeado. El propósito de la gestión moderna del departamento de mantenimiento será hacer el cambio en forma paulatina hasta lograr invertir la relación dada.

La historia del mantenimiento mecánico ha evolucionado a lo largo de los años junto con el avance de la tecnología y la industria.⁴

3.1.1. Mantenimiento correctivo (Periodo anterior a la revolución industrial).

En las primeras etapas de la industria, el mantenimiento era principalmente reactivo. Las reparaciones se realizaban después que los equipos fallaran, lo que resultaba en tiempos de inactividad no planificados. Eran los propios operarios quienes realizaban este tipo de tareas de mantenimiento, no había personal dedicado única y exclusivamente a esta actividad. Con la aparición de maquinaria más compleja se vio la necesidad de crear un departamento dedicado al mantenimiento dentro de las fábricas.

3.1.2. Mantenimiento preventivo (siglo XIX).

Durante la Primera Guerra Mundial se capacitó al personal de mantenimiento correctivo enviándolos a los laboratorios de prevención para evitar fallas. Dieron origen a los departamentos de mantenimiento preventivo. Con la Segunda Guerra Mundial se sistematizan los trabajos de mantenimiento preventivo. Con el tiempo, las industrias comenzaron a implementar el mantenimiento preventivo. Se llevaron a cabo inspecciones regulares y tareas de mantenimiento para prevenir fallos antes de que ocurrieran.

⁴(Bonet, Toma de decisiones bajo incertidumbre, 2008)

3.1.3. Sistemas de mantenimiento (siglo XX).

Durante el siglo XX, surgieron enfoques más estructurados. Uno de los más notables fue el desarrollo del mantenimiento productivo total (TPM) en Japón en la década de 1950. Este enfoque se centró en la participación de los trabajadores y la mejora continua. La finalidad del sistema es que un equipo, máquina o proceso se encuentre siempre en las mejores condiciones para su uso, capaz de llevar a cabo la producción de los componentes con los más altos estándares de calidad y el tiempo establecido.

3.1.4. Tecnología de la información (Finales del siglo XX- XXI).

La integración de la tecnología de la información permitió un seguimiento más preciso y eficiente de los equipos. Los sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por computadores y otros programas ayudaron a programar tareas, realizar análisis de datos y administrar el mantenimiento de forma más efectiva.

3.1.5. Mantenimiento predictivo y basado en la condición (siglo XXI).

La integración de la tecnología se desarrolla un enfoque más avanzado como el mantenimiento predictivo y basados en la condición. Estos enfoques utilizan sensores y análisis de datos para predecir fallas y determinar cuándo es necesario realizar mantenimiento.

3.1.6. Industria 4.0 y mantenimiento inteligente.

En la actualidad, la industria se está moviendo hacia la industria 4.0, donde la digitalización la automatización y la inteligencia artificial juegan un papel fundamental en el mantenimiento. La recolección y análisis de datos en tiempo real permiten optimizar la gestión de activos y prevenir problemas.

En resumen, la historia del mantenimiento mecánico muestra una progresión desde enfoques reactivos hasta métodos más proactivos y tecnológicamente avanzados. El objetivo ha sido siempre mejorar la eficiencia y confiabilidad de los equipos, minimizar los tiempos de inactividad y garantizar un funcionamiento óptimo de las instalaciones industriales.

3.2. Tipos de mantenimiento.

3.2.1. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo surge como respuesta para superar las insuficiencias propias del mantenimiento correctivo. Su objetivo es reducir la probabilidad de ocurrencia de fallas, evitando detenciones repentinas en el proceso de producción.

El mantenimiento preventivo tiene como objetivo prevenir la falla, mediante una ruta de cambio de componentes basada en una frecuencia de mantención.

Algunas características del mantenimiento preventivo son:

- Reducción de detenciones imprevistas.
- Reduce los costos por ocurrencias no deseadas.
- Minimiza el tiempo en reparación de los equipos al desarrollarse las actividades de manera planificada.
- Se obtiene un margen de tiempo razonable para coordinar recursos, repuestos y equipos de apoyo.

3.2.2. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo es uno de los más antiguos en la historia del mantenimiento, bajo este contexto, cuando surge la avería se resuelve. A pesar de ser una solución adecuada, este tipo de mantenimiento suele ser muy costoso, dado que actúa ante un caso de emergencia, cuando la máquina presenta una falla importante o cuando simplemente no logra su puesta en funcionamiento.

Algunas características del mantenimiento correctivo son:

- Se puede realizar luego de aparecer la falla o la avería.
- Altera los gastos.
- Pueden ser realizadas por el personal de la industria o por contratación de personal calificado.

3.2.3. Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo busca conocer e informar de forma permanente el Estado y operatividad de los equipos mediante el previo conocimiento de valores de determinada variable que son representativas de su estado y operatividad. Las técnicas predictivas proyectan un comportamiento del equipo y como consecuencia, se toman medidas para resolver los problemas antes de que ocurran. En este tipo de mantenimiento se evalúa la condición mecánica de la máquina y como esta va evolucionando en el tiempo a través del análisis de diversos sistemas que la máquina emite al exterior mientras ella está operando.

Algunas características del mantenimiento predictivo son:

- Reducción del número de intervenciones.
- Prolongación de la vida útil de los activos.
- Reducción del tiempo de paradas para reparación.
- Reducción del tiempo de inactividad.

3.3. Indicadores claves de desempeño.

Los indicadores son medidas que se utilizan para evaluar el rendimiento y la eficiencia de las actividades de mantenimiento preventivo. Estas métricas pueden incluir factores como el porcentaje de cumplimiento de las tareas de mantenimiento programado, cumplimiento de las 5 S, seguimiento al número de fallas en un tiempo determinado y accidentabilidad, entre otros.

Dichos indicadores son esenciales para evaluar si las estrategias de mantenimiento preventivo están funcionando de manera efectiva y para tomar decisiones informadas sobre mejoras en el proceso de mantenimiento.

3.3.1. Disponibilidad.

Se refiere a la capacidad de un equipo para estar operativo y listo para su uso cuando se necesita. La disponibilidad mide el tiempo durante el cual un activo está funcionando correctamente y se encuentra disponible para realizar su función sin interrupciones debidas a averías o falta de mantenimiento.

La disponibilidad se calcula en porcentajes y puede incluir el tiempo en que un equipo está en funcionamiento y en buen estado, el tiempo en que está en funcionamiento, pero con un rendimiento reducido y el tiempo en que está inactivo debido a mantenimiento programado o no programado.

$$\text{Ecuación 1: } \textit{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100$$

3.3.2. Confiabilidad.

Es la capacidad de un activo o sistema para realizar su función de manera consistente y predecible a lo largo del tiempo. En el contexto del mantenimiento y la gestión de activos, la confiabilidad se trata de asegurar que un activo pueda funcionar sin interrupciones significativas debidos a fallas o problemas imprevistos.

La confiabilidad se mide en términos de la probabilidad de que un activo o equipo funciones correctamente durante un periodo de tiempo determinado. Se basa en el concepto de que los activos deben ser capaces de mantener su funcionamiento deseado de manera constante, sin variables negativas.

$$\text{Ecuación 2: } \textit{T tiempo medio entre fallas (MTBF)} = \frac{\textit{Hrs Operativas}}{\textit{N}^{\circ} \textit{detenciones}} \textit{ [Hrs]}$$

3.3.3. Mantenibilidad.

Es utilizada para evaluar la facilidad y la eficiencia con la que un activo o sistema puede ser mantenido o reparado. Este indicador proporciona información valiosa sobre la capacidad de mantener un activo en condiciones operativas y reducir el tiempo de inactividad debido a reparaciones o mantenimiento.

$$\text{Ecuación 3: } \textit{T tiempo medio de reparación (MTTR)} = \frac{\textit{Total Hrs Detención}}{\textit{N}^{\circ} \textit{detenciones}} \textit{ [Hrs]}$$

3.3.4. Tiempo medio entre fallas (MTBF).

Se utiliza para medir la confiabilidad de un activo o sistema. El MTBF representa el tiempo promedio que transcurre entre dos fallas consecutivas de un activo, es decir, cuánto tiempo puede esperarse que funcione sin experimentar una falla.

El cálculo del MTBF se realiza dividiendo el tiempo total de operación del activo por el número de fallas que ha experimentado durante ese periodo. Cuanto mayor sea el valor del MTBF, más confiable se considera el activo, ya que significa que puede funcionar durante más tiempo sin experimentar problemas. El MTBF es una métrica muy importante en la gestión de activos y el mantenimiento, ya que ayuda a planificar estrategias de mantenimiento y a evaluar la confiabilidad de los equipos.⁵

Ecuación 4:

$$\textit{Tiempo medio entre fallas (MTBF)} = \frac{\textit{Tiempo total disponible} - \textit{tiempo de inactividad}}{\textit{N}^\circ \textit{detenciones}}$$

⁵ (J., El arte de mantener, 2009)

Capítulo IV

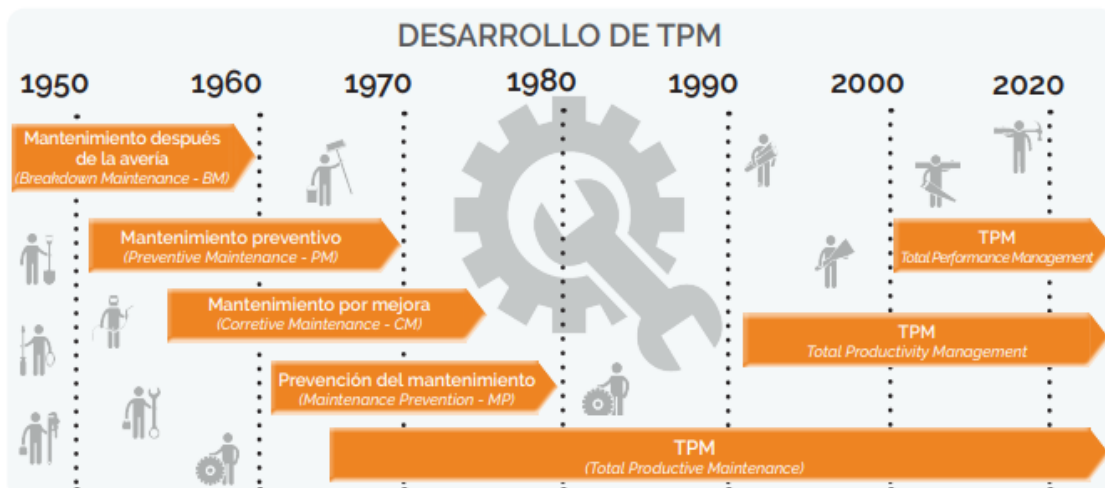
4.1. Propuesta de mejora.

La propuesta es bastante específica, medible y relevante para el departamento de mantenimiento. La propuesta de generación del modelo productivo total TPM. También mencionar la importancia del rol del departamento de planificación, su deber es elaborar un plan detallado de cómo implementar la mejora, incluye los pasos necesarios, los recursos requeridos y un cronograma aproximado.

La comunicación es la clave del éxito, por lo mismo esta debe ser por escrito. Con un lenguaje claro, conciso, presentaciones, un programa de actividades y reuniones con los responsables del departamento.

También utilizar gráficos, ejemplos y datos concretos para respaldar la información de respaldo. Mantener una escucha activa, escucha a las opiniones y preguntas de los demás, mantener un clima de respeto y fundamentada para discutir posibles desafíos y soluciones.

Ilustración 11, Cronología del TPM



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.2. Aspectos generales del TPM.

Con base en la evolución de la aplicación de los conceptos de mantenimiento productivo, se estableció la necesidad de la participación total para maximizar la utilización de los equipos y del sistema de producción.

La implantación de un sistema de gestión es algo con lo que quizás no estemos muy familiarizados, ya sea que lo conozcamos o no. Un factor importante es tener conciencia de dónde estamos y dónde queremos llegar. Puede ser una situación física, como cambios de los activos, o un objetivo a alcanzar en la empresa, como educar y capacitar a las personas para llevar a la empresa a un nivel de Excelencia de Clase Mundial. Planificamos, organizamos el tiempo y las actividades, reunimos recursos y diseñamos un mapa que delinea el camino a seguir. Para una empresa que quiere alcanzar este nivel de excelencia, las etapas del proceso de cambio no son tan diferentes. Se desarrolla una dirección, se toman decisiones y se asignan los recursos necesarios para alcanzar el objetivo final. La implantación de TPM tiene una forma característica, utilizada con gran éxito por empresas que han alcanzado el Nivel de Clase Mundial, el modelo desarrollado en 12 etapas por JIPM, Japan Institute of Plant Maintenance.⁶

- Desarrollo de la capacidad técnica de los operadores y técnicos de mantenimiento, debido a la automatización industrial.
- Estructurado en actividades de pequeños grupos, desde la alta dirección hasta el nivel de ejecución, garantiza la alineación entre los niveles de la organización.
- Crear mecanismos en el lugar de trabajo para prevenir pérdidas, alcanzar el cero accidentes, cero defectos y cero averías, con enfoque en el ciclo total de vida del sistema de producción.
- Involucrar todas las áreas, comenzando por la producción y extendiéndose a otras áreas, como ejecución, planificación, programación, entre otros.
- Alcanzar la cero pérdida a través de actividades de los equipos de trabajo

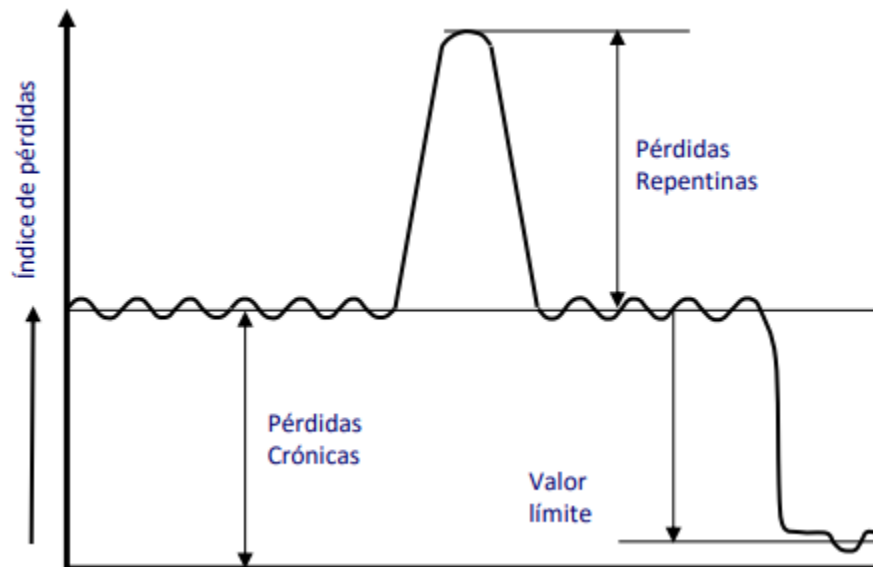
⁶ (Suzuki, TPM en industrias de proceso, 1992)

4.3. Perfil ideal del equipo.

Las pérdidas repentinas son fácilmente detectables, y muestran una evidente relación entre causa y efecto. A fin de reducir las pérdidas al nivel normal, es necesariamente toma de medidas de restauración y medidas correctivas en la condición.

La eliminación de las pérdidas del tipo crónico presenta sin embargo muchas dificultades, ya que son resultantes de causas diversificadas y de difícil detección. A fin de reducir las pérdidas hasta la situación límite, es necesario adoptar medidas más profundas e innovadoras.

Ilustración 12, Gráfico de pérdidas



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.3.1. Percibidas: Medidas ya tomadas.

- Sin resultados satisfactorios
- Sin señales de mejora
- Ya han casi desistido

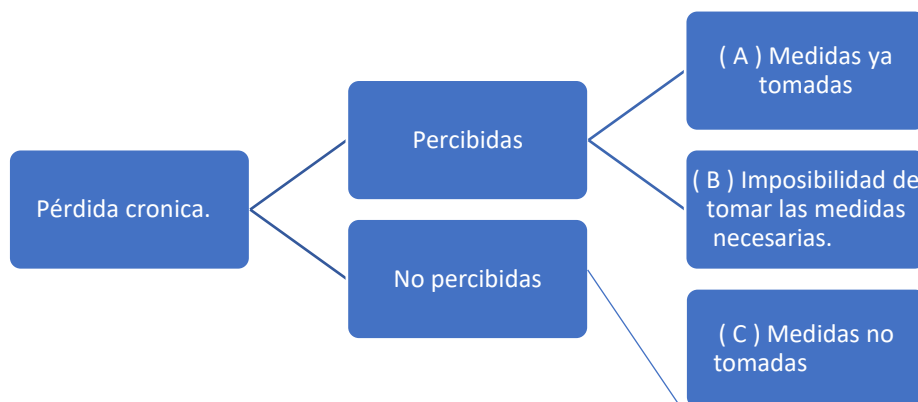
4.3.2. Percibidas: Imposibilidad de tomar las medidas necesarias.

- Apenas intento sin acciones contra reincidencia
- Ausencia de medidas defensivas más drásticas como “parar” e intervenir la línea.

4.3.3. Pérdidas: Medidas no tomadas.

- Pérdidas no reconocidas
- Pérdidas subestimadas
- Falta de evaluación cuantitativa

Ilustración 13, Organigrama de pérdidas



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.3.4. Tipos de pérdidas.

Podemos resumir a la vez que existen 4 tipos de pérdidas:

- Repentinas
- Repetitivas
- Crónicas
- Potenciales

Las pérdidas repentinas y repetitivas son fácilmente detectables y muestran una evidente relación entre causa y efecto. A fin de reducir las pérdidas al nivel normal, es necesaria la toma de medidas de restauración y medidas correctivas en la condición.

La eliminación de las pérdidas crónicas presenta sin embargo muchas dificultades ya que sin resultantes de causas diversificadas y de difícil detección. A fin de reducir las pérdidas hasta la situación límite, es necesario adoptar medidas más profundas e innovadoras. La eliminación de las pérdidas potenciales requiere de una educación orientada a la prevención y un entrenamiento aplicado en herramientas aplicadas.

Como etapas básicas para la obtención del rendimiento en equipos, es importante:

- La eliminación de los defectos leves.
- La restauración de los deterioros.
- La búsqueda de las condiciones en que “los equipos deberían estar”.
- Una plena comprensión de las anomalías que puedan ocurrir en equipos.

Los límites de normalidad y anormalidad en las condiciones de los equipos deben estar bien definidos. Existen situaciones donde las condiciones normales no pueden ser expresadas a través de valores numéricos, y es esa zona límite donde se tiene mayor probabilidad de ocurrencia de problemas como, por ejemplo:

- La clasificación de condición normal, dependiendo de los criterios utilizados.
- No es posible identificar con precisión y certeza la relación Causa-efecto del problema en cuestión.

- Aún corregido el problema, es imposible saber cuáles son las condiciones básicas que evitaren reincidencias.

Es necesario intervenir en las situaciones de anormalidad para reducir las pérdidas crónicas, por tanto, los límites entre la normalidad y anormalidad debe:

- Ser establecidos.
- Se debe estrecharse la zona límite.
- Ser verificable su condición normal a partir de chequeos en los resultados.

4.4. Deterioro natural y forzado.

La acumulación de “fallas íntimas” van generando un efecto sinérgico que lleva al deterioro forzado en distintos componentes, que puedan terminar generando deficiencias funcionales.

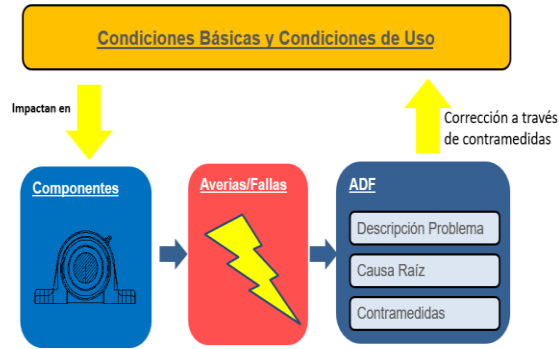
El deterioro natural afecta la vida útil de los equipos, de igual manera su función de diseño, pero se puede minimizar mediante la gestión de trabajo del mantenimiento autónomo. Se conoce porque evoluciona manteniendo correctamente las condiciones de las piezas y componentes, reduciendo la capacidad inicial del equipo.⁷

El deterioro forzado por el contrario es acelerado artificialmente por no mantener las condiciones, por ejemplo:

- La contaminación.
- Vibraciones y falta de fijación.
- Lubricación inadecuada.
- Procedimientos operacionales incorrectos, etc.

⁷ (Canário, Curso internacional de facilitadores TPM, 2022)

Ilustración 14, Trazabilidad por deterioro



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.5. Medidas para cero averías.

Al generar medidas de manera sistemática, las empresas pueden acercarse al objetivo de cero averías en el mantenimiento, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa y menores costos de reparación. Las principales funciones de la operación se basan en la ejecución de la limpieza, inspección y lubricación. Operar correctamente los equipos detectando y previendo las anomalías. Siempre aplicando un mejoramiento continuo en los lugares de difícil acceso y fuentes de contaminación.

4.5.1. Establecimiento de condiciones básicas.

Para mantener las condiciones básicas de un equipo, se deben realizar algunos pasos de forma rigurosa para poder llegar así al objetivo. Lo primero se debe realizar la limpieza para poder eliminar la o las fuentes de suciedad los cuales deterioran el equipo. Posterior aquello se debe identificar los puntos de lubricación, revisar los planes de lubricación y crear estándares para la actividad. También se presenta la condición acerca las solturas mecánicas que sufren los equipos debido a vibración, con estas acciones podemos decir que obtenemos una condición básica.

4.5.2. Cumplimiento de las condiciones de uso.

Es necesario establecer límites de capacidad y carga conforme al equipo. Referente a presión, temperatura, entre otros. La elaboración de los procedimientos de operación, manuales y estándares de operación desde el punto de inicio hasta su punto final en el proceso productivo.

4.5.3. Restauración de los puntos deteriorados.

La restauración y prevención sobre los puntos deteriorados se basa en la priorización de las actividades del mantenimiento según su criticidad. Al establecer un registro histórico del mantenimiento se logra optimizar la periodicidad del mantenimiento.

El estándar en la inspección de montaje y desmontaje de equipos, el mejoramiento en el procedimiento operacional y estableciendo un programa anual para cambios y reparos.

4.5.4. Solución para las deficiencias del proyecto.

Se entiende por las medidas para aumentar la resistencia, de modo a ampliar la vida útil. Analizando el tipo de material de repuesto, el ambiente en cual está afectado, tipo de proceso, medidas contra reincidencia y prevención de accidentes.

4.5.5. Evolución de la capacidad técnica.

Al establecer la prevención de errores del mantenimiento y el análisis de fallos o reincidencias esto, realiza el mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento, estandarización y utilización común de las piezas de repuesto. También la evolución de la capacidad de la supervisión y prevención contra errores de elaboración de procedimientos. Entendiendo que la prevención contra errores en el comienzo de operación de los equipos se basa en el criterio del operador. Se potencia las habilidades del mantenimiento con la inspección, pruebas de diagnóstico, reparaciones y ajuste.

4.6. Herramientas básicas del TPM.

4.6.1. Seguridad laboral.

La seguridad laboral en la minería, sus medidas y prácticas diseñadas para proteger la vida. El objetivo de la reportabilidad es prevenir accidentes y lesiones en todas las personas que conforman la organización. Como resultado se crea un ambiente de trabajo seguro, se fomenta la protección a la vida, el bienestar de los trabajadores y garantiza la sostenibilidad a largo plazo de la industria.

Entre algunos métodos utilizados para detectar, informar y corregir, tenemos el reporte de cuasi incidentes, confección de análisis de riesgos en terreno (ADT) y levantamiento de tarjetas verdes de seguridad.

Ilustración 15, Reporte Flash incidente CTP

N° O.T: N/A		FLASH – DIFUSIÓN INCIDENTE CTP		
Fecha/ Empresa:	Planta San José / Pucón	Fecha:	22-08-2018	Consecuencias: [x]
Área / Lugar:	Mina / Área 600 PP-06	Hora:	14:00 hrs.	Lesión: X
Empleo por:	Carlos Viegara Lira, Jefe de Mantenimiento Planta			Daño material/equipo:
Revisado por:	Alejandro Serrano Cortés, Supervisor de Prevención de Riesgos			Daño Ambiental:
Descripción:	Trabajador al momento de estar apoyando en el montaje del impulsor de la bomba 600-PP-06, se aprisiona dedo anular de mano derecha en el acto de girar la "polea conducida" de bomba, con las correas de transmisión.			
Lesión/ Daño:	Lesión en dedo anular mano derecha. / Sin daño material.			
Fotos del incidente:			Acciones correctivas: <ul style="list-style-type: none"> • Se realiza Protocolo de Control de Incidente. • Se detiene los trabajos del área. • Se realiza acción "Pare" en donde se reflexiona acerca del evento con todo el personal. 	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6.2. Los cinco “por qué” del TPM.

Se utiliza una herramienta sencilla, pero efectiva, para entender las razones de la ocurrencia de un problema, análisis de los cinco por qué. Su foco es identificar la causa raíz y desviaciones de un tema en estudio. El análisis de los por qué, es similar al análisis de modo de falla, efectos y criticidad (FMECA). Consiste en hacer diversas preguntas en un determinado orden (¿Por qué?) a partir de hipótesis elaboradas en cuanto al problema, hasta llegar a la causa raíz del problema.

A la vez condesciende una observación detallada para identificar con precisión las causas del problema y considera detenidamente las acciones correctivas necesarias para prevenir que vuelvan a producirse estos problemas. Los principales objetivos del análisis de los porqués son:

- Identificar por medio de preguntas y respuestas la real causa de los problemas.
- Generar el historial del problema, permitiendo de ser necesario, la revisión de los criterios adoptados para la solución de estos.
- Desarrollar la capacidad de las personas para actuar de manera sistemática, con método en la solución de los problemas.

Tabla 2, Tabla de análisis de falla- ADF

ANÁLISIS DE FALLA - ADF						
	ANÁLISIS 5 POR QUE (profundizar en la investigación para encontrar la causa raíz)					
	CAUSAS POSIBLES	Por Qué?	Por Qué?	Por Qué?	Por Qué?	Por Qué?
1	Falta de mantencion	Plan de mantenimiento se encuentra en proceso de puesta en marcha.				No aplica
2	Motor contaminado	exceso de derrame	mal control operacional			No aplica
3	Bomba Trancada	Se verifica en terreno el funcionamiento de la bomba	No aplica			No aplica
4	falta de inspeccion predictiva	no existe plan de monitoreo de equipos				No aplica
5	Estructura de TK en deterioro	No se realiza inspección de TK	No se tiene un plan establecido para aquello.			No aplica
6	Válvula en mal estado	Por acumulación de carga	No se realizo el cambio en la fecha asignada			Se prioriza otras actividades

Fuente: Elaboración propia, 2023.

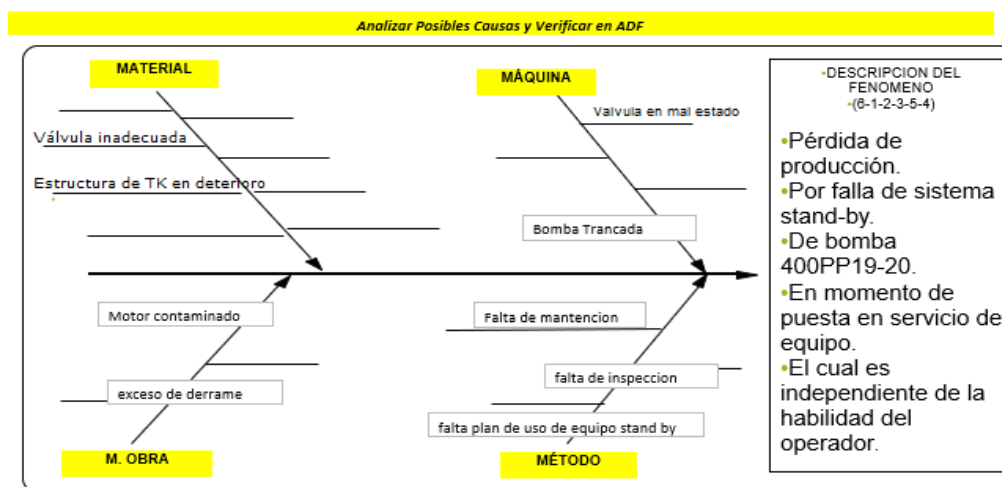
4.6.3. Árbol de oportunidades o árbol de pérdidas del TPM.

Herramienta por medio de la que se hace la verificación de todas las pérdidas de la Organización, cuantificándolas y valorándolas. El árbol de ganancias permite hacer la priorización de las pérdidas de manera que se pueda eliminarlas una a una, por medio de Grupos de Mejoras, en un determinado periodo de tiempo.

Su meta es la eliminación de las pérdidas y, por consiguiente, la obtención de ganancias. Los principales objetivos del árbol de ganancias son:

- Definir la estructura de pérdidas aplicables a la Organización.
- Verificar los “gaps” entre la situación actual y la condición ideal.
- Valorar todas las pérdidas y cuantificar el impacto económico.
- Identificar las mayores oportunidades de retorno.
- Permitir el consenso de prioridades y decisiones de la alta administración con base en datos.
- Establecer el foco de acción y desafíos.
- Permitir la correcta asignación de recursos.
- Hacer el seguimiento del resultado de la eliminación de las pérdidas.

Ilustración 16, Árbol de oportunidades



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6.4. Las 5 S

Es una herramienta que sirve para tener lugares de trabajo más ordenados, más limpio de forma permanente, para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Son tareas sencillas que no requieren de preparación previa, ni de expertos para ser cumplidas, sin embargo, forman parte de un método riguroso y disciplinado.

Se implementa paso a paso sin saltarse ninguno. Se implementa el paso siguiente sólo si el paso anterior está terminado. Para asegurar el mantenimiento de las 5 s aplicadas en la organización, es necesario realizar auditorías con frecuencia definida con el fin de hacer autodiagnóstico del proceso y detectar puntos fuertes y débiles sobre lo que es establecer en planes de mejora continua.

Las 5 S son la base de la implementación del modelo de excelencia operacional.

- 1 S- Descartar, eliminar lo innecesario.
- 2 S- Organizar u ordenar, colocar cada cosa en su lugar.
- 3 S- Limpiar, para reducir fuentes de problemas, objetivos es eliminar.
- 4 S- Estandarizar, su propósito es poder visualizar rápido y claramente las anomalías.
- 5 S- Autodisciplina, seguir mejorando y mantener el estándar logrado.

Ilustración 17, Ejemplo de 5 S



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6.5. Norma de inspección, limpieza y lubricación (NILL).

Instrumento de trabajo que establece de forma clara, cómo deben realizarse las actividades de limpieza, lubricación y ajuste, operadores y mantenedores en conjuntos. El personal del mantenimiento autónomo debe trabajar en generar NILL de inspección de sus equipos y realizarlas diariamente, con el objetivo de detectar anomalías y mantener los equipos en sus condiciones básicas.

Tabla 3, Tabla de inspección, limpieza y lubricación. NILL

NORMAS DE INSPECCION LIMPIEZA Y LUBRICACION (NILL)						MEXO DESCUBRE TODO TU POTENCIAL		EXCELENCIA OPERACIONAL						
REVISADO POR		PILAR MP		FECHA		03/04/2017								
NOMBRE DEL EQUIPO : BOLTEC MC						AREA DE TRABAJO		Terreno		N° LUP				
NOMBRE DEL COMPONENTE		PORTA BARRENA			FOLIO N° 01									
ILUSTRACION	CONDICION DE EQUIPO	PUNTO DE LIMPIEZA E INSPECCION	NORMAS DE LIMPIEZA E INSPECCION	METODOS DE LIMPIEZA E INSPECCION	UTENSILIOS PARA LIMPIEZA E INSPECCION	MEDIDAS PARA CASOS DE ANORMALIDADES	PERIODICIDAD							
							TIEMPO NECESARIO	DIARIO	SEMANAL	MESES				
	1	Bujes y pasadores Cilindro BSH	Sin fuga por cilindro	Visual - Tacto	Guantes, lentes	Tarjeta	1min.	X						
			Sin Juego bujes											
			Limpio	Visual	Flex.Lavado y Engrase	LAVAR						X		
			Lubricado			ENGRASAR								
	2	Mordazas BSH	Centrada	Visual	Guantes lentes	Tarjeta	1min.	X						
			Sin juego (amortiguadores)	Visual - Tacto		Tarjeta								
			Limpio	Visual	Flex.Lavado	LAVAR						X		
	3	Brazos BSH	Sin Juego en Brazos no este doblado	Visual - Tacto	Lentes, Guantes	Tarjeta	1min.	X						
			Limpios	Visual	Flex.Lavado	LAVAR						X		
			Pasadores Lubricados	Visual	Flex. Engrase	ENGRASAR						X		
	4	Flexibles	Sin Fugas	Visual - Tacto	Lentes ,Guantes	Tarjeta	1min.	X						
			Limpios	Visual	Flex. Lavado	LAVAR						X		
			Ordenados	Visual	Lentes	Tarjeta						X		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6.6. Pequeña mejora.

Es una herramienta que va enfocada a los cambios pequeños y simples en los procesos y los equipos, que son realizados por los trabajadores en su área de trabajo. La idea detrás de las pequeñas mejoras es que, si se fomenta la participación de todos los empleados para identificar y abordar problemas en su área de trabajo, se acumularán muchas mejoras pequeñas que en conjunto pueden tener un impacto significativo en la eficiencia, la calidad y la seguridad en la organización. Esta filosofía de mejora continua es una parte fundamental del TPM y es clave para alcanzar los objetivos de excelencia operativa. Las pequeñas mejoras pueden incluir:

- Reducción de desperdicios.
- Mejoras en la organización.
- Optimización de procesos.
- Mejoras en seguridad.

Ilustración 18, Formato Pequeña mejora

PEQUEÑA MEJORA		
1) INFORMACIÓN COMPLETADA POR EL DUEÑO DE LA IDEA		
Nombre de la iniciativa:	Uso de calibradores telescópicos en chequeo constructivo de eje...	
Nombre(s) de responsables de la idea:	Alfonso Vargas, Jorge Casillo Sanhuaza.	
Área / Equipo:	Bomba warran 32" X 10"	Fecha: 20-02-2021
Dibuje o Explique el problema o situación actual		
		<p>Actualmente al chequear la concentricidad del eje con respecto al stuffing box. Se usó un método algo antiguo, y poco eficiente. Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No existe ningún físico de dicha acción. - Desconocimiento de condición de equipos. - No se aplican metodologías de mejora continua México.
Dibuje o Explique la idea de mejora propuesta		
		<p>Al usar el calibrador telescópico, podemos hacer un registro más rico de la concentricidad del eje con respecto al stuffing box. Se debe chequear en 4 puntos de igual forma que un reloj comparador. Luego controlar la lectura acción por el método mencionado. Como el tiempo se usará para mejorar la performance a protocolo de trabajo.</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementación de protocolos técnicos de trabajo y metodología de trabajo México. - Se logra personal técnico calificado.
2) INFORMACIÓN COMPLETADA POR EL TUTOR DE LA IDEA		
Nombre Tutor:	Jorge Casillo S.	Aprobación (D/No):
		Firma: 
3) DEFINIR UN RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES MÁS IMPORTANTES		
Acción	Responsable	Fecha
Definir protocolo de trabajo.	Jorge Casillo S.	05-02-2021
Capacitar a personal del equipo en uso de instrumento.	Alfonso Vargas.	05-02-2021
Mejorar protocolo de entrega de trabajo	Alfonso Vargas.	05-02-2021
Confeccionar logp	Jorge Casillo S.	05-02-2021

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6.7. Análisis de terreno (ADT)

Es una herramienta de gestión del conocimiento y habilidades que correlaciona posiciones y competencias. El entrenamiento es necesario para un buen desempeño del trabajador en su puesto de trabajo.

Cabe mencionar que las ADT no sólo son por fallas, pueden ser por tarjetas repetitivas, seguridad, NILL o LUP, indicador en rojo, ya que es un análisis de terreno. Se debe lograr realizar ADT con acciones preventivas para evitar que el problema vuelva a ocurrir. Entre las causas más repetitivas que provocan fallas, podemos nombrar:

- Abandono de las causas básicas del equipo (falta de limpieza, ajuste y lubricación).
- Desconocimiento de las condiciones de uso (operación inadecuada y desconocimiento de los parámetros de funcionamiento).
- No tratar el deterioro en los equipos (no detectar anomalías en forma temprana, producto de no haber realizado una inspección).
- Debilidades de diseño (cambio o modificaciones producto de un proyecto o mejora que deban asegurar la operación).
- Falta de capacitación técnica y operacional (asegurar la formación de las personas).

Ilustración 19, Formato Análisis de terreno

ADT		En proceso	Ir a
¿Qué Paso?	Fuga de agua	Nº Participantes	4
¿Qué Provoco?	Retrabajo	Equipo	S710 - BOMBA 6 TREN B KSB-GIW LSA 8 X 6 - PP033
¿Cuándo Ocurrió?	19/10/23	Sub-Área	S710
Causa Raíz		Ir a	
Cantidad de causa raíz			
3			
Compromisos		Ir a	
Cantidad compromisos	Compromisos completados	Compromisos en proceso	
2	0	2	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6.8. Sistema de tarjetas para identificar anomalías.

Su función es identificar anomalías y resolverlas. Es instalada y cuantificada gracias a las inspecciones realizadas por los operadores en las NILL.

Se clasifican en colores y criticidades, según lo siguiente:

Ilustración 20, Identificación de una tarjeta

Color	Categoría	Formulario
Rojo	MANTENCIÓN	Formulario de anomalías de mantenimiento con campos para equipo, operador, fecha, descripción y tipo de anomalía.
Azul	OPERACIÓN	Formulario de anomalías de operación con campos para equipo, operador, fecha, descripción y tipo de anomalía.
Verde	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Formulario de anomalías de seguridad y medio ambiente con campos para equipo, operador, fecha, descripción y tipo de anomalía.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6.8.1. Tarjeta color rojo.

Dichas tarjetas van asociadas directamente al departamento mecánico en cual se describen anomalías relacionadas a la intervención mecánica. Su clasificación se deriva en tres letras A, B y C. Donde la criticidad A es de un día de respuesta, la criticidad B es de quince días y la criticidad C es de 30 días.

4.6.8.2. Tarjeta color azul.

Se dirige hacia el departamento de mantenimiento autónomo donde los operadores detectan desviaciones operacionales, en la cual los mismos operadores la ejecutan.

4.6.8.3. Tarjeta color verde.

Este tipo de tarjeta es una alerta de seguridad, ante una condición de trabajo insegura que puede provocar un riesgo para la integridad física y compromiso en la continuidad operacional. Su tiempo de respuesta es de un día como plazo desde el momento que se haya sido declarado. Como por ejemplo se puede comentar una escalera en mal estado.

4.6.9. Lección de un punto (LUP).

Es una herramienta que permite generar y difundir un aprendizaje logrado, de una manera práctica y simple de persona a persona. Esto permite lograr una difusión de la información al 100%.

Ilustración 21, Formato de lección de un punto

Detalle LUP

Fecha: 25 agosto 2023 Planta San Jose - Unidades de apoyo PSJ | ID: 1870

Nombre LUP: Resultado de medicion de apex molino remolienda (24-08-23) Clasificación: Conocimiento Básico Sub Área LUP: Laboratorio PSJ

Detalle de LUP (Usuario, Supervisor, Origen, Equipo ...)

Aprobaciones

Medición de APEX Remolienda (24-08-2023)

REMOLIENDA					
Ident.	Marca	APEX (inch)	VORTEX	DIÁMETRO	MEDICIÓN (mm)
FV-432	KREBS	2,5"	6"	14"	2,5
FV-433	KREBS	2,5"	6"	14"	2,55
FV-434	KREBS	2,5"	6"	14"	2,5
FV-435	KREBS	2,5"	6"	14"	2,55
FV-436	KREBS	2,5"	6"	14"	2,5

Medición de APEX molino remolienda. (24-08-23).

Durante la mantención se realizo medición de ápex a molino remolienda. A modo de información y como apoyo para el control operacional, en la imagen adjunta se encuentran los resultados de las mediciones obtenidas.

Durante medición se solicitó y realizó cambio de ápex a hidrociclón.

FV-433, FV-435 y FV-436 por ápex de 3".

*Cabe destacar que los rangos de tolerancias son de un 5 a 10% referente a su medición nominal.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

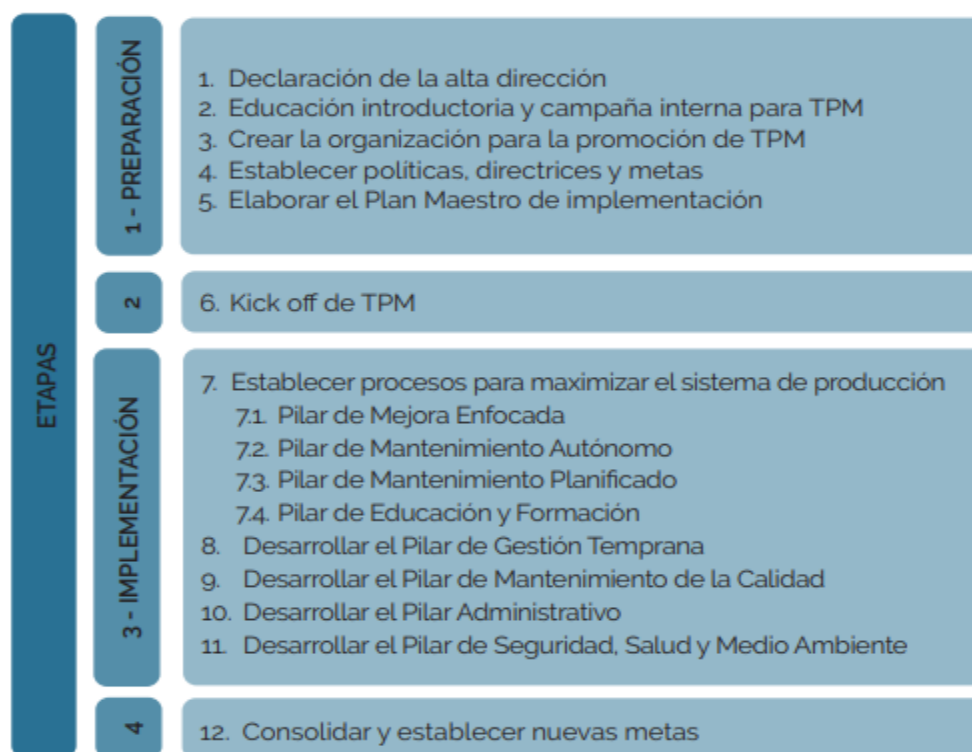
4.7. Fases de implementación del TPM.

La implantación del TPM ocurre en 12 Etapas, agrupadas en 4 Fases. Las cinco primeras etapas reúnen las actividades de preparación y planificación del programa. La etapa 6 prepara el entorno de trabajo y a las personas para la introducción del TPM.

Las etapas 7 hasta 11 concentran las actividades de implementación del programa mismo, por medio del desarrollo de los ocho pilares del TPM. Y la etapa 12 trata de la consolidación y aplicación continua del programa.

El tiempo de implementación del TPM en una organización no depende de su tamaño, sino de la situación en la que se encuentra la planta, el estado de los equipos, la cultura, el comportamiento de las personas y el grado de compromiso de todos en la organización.

Ilustración 22, Etapas de implementación TPM



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.7.1. Fase 1: Preparación.

Declaración de la alta dirección mediante anuncio por parte del principal ejecutivo de la organización sobre la decisión de implementar TPM:

- Encuentro con todos los empleados.
- Explicación de los compromisos.
- Objetivos con la iniciativa.

Ilustración 23, Preparación para implementar TPM



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.7.2. Fase 2: Educación introductoria y campaña interna.

- Aclarar a todos sobre los principios y responsabilidades con TPM con una fuerte participación de la dirección.
- Capacitación del nivel gerencial mediante cursos específicos.
- Aclaraciones a los equipos sobre el método y las responsabilidades.
- Fuerte campaña interna de divulgación

Ilustración 24, Educación introductoria



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.7.3. Fase 3: Organización para la promoción de TPM.

Durante la organización para la promoción de TPM, se realizan las siguientes actividades de manera secuencial:

- Estructurar el Comité Ejecutivo, los equipos de los Subcomités de los Pilares y la Oficina de Promoción de TPM, además de iniciar las actividades en el área de equipo piloto.
- Creación de la estructura de grupos de trabajo.
- Formación de los Subcomités de los Pilares.
- Inicio de las actividades de los pilares en el departamento de mantención.

4.7.4. Fase 4: Establecer políticas, directrices y metas.

- Definir la forma como las actividades de TPM se vinculan con los imperativos estratégicos de la organización.
- Definir los objetivos, los indicadores y las metas de mediano y largo plazo.
- Crear un lugar donde se pueda realizar gestión acerca de los datos que se manejan.

Ilustración 25, Establecer políticas y directrices en la empresa

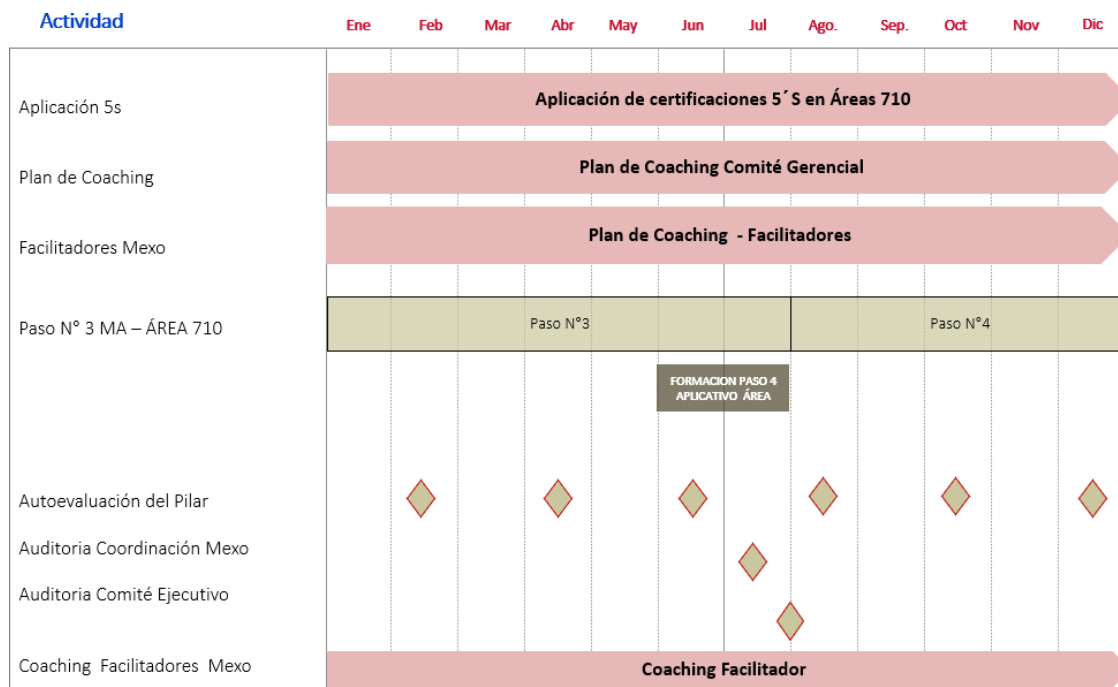


Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.7.5. Fase 5: Elaborar el plan maestro de elaboración.

- Diseñar la planificación de las actividades de los pilares según la estrategia definida.
- Utilizar como base el aprendizaje de los equipos pertenecientes al área en específico.
- Planificación de corto, mediano y largo plazo.
- Aprobar el plan maestro con el comité ejecutivo de la empresa.

Ilustración 26, Plan maestro anual



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.7.6. Fase 6: Lanzamiento oficial de TPM en instalaciones

Durante esta fase se da como inicio la ejecución de la metodología en sus instalaciones y se nombran los puntos más importantes:

- También conocido como kick off de TPM, el propósito busca que toda la organización, con base al aprendizaje de la estructura gerencial y de los participantes de cada área, de acuerdo con lo establecido en el plan maestro.
- Invitar a todos de la organización a participar, incluyendo a los clientes y proveedores.
- El principal ejecutivo de la organización debe conducirlo.
- Los técnicos del departamento deben de realizar declaraciones con respecto a la gestión de cambio que se está realizando.
- Proyectar una fecha a lo menos de 1-3 años para declarar avance de las actividades.

4.7.7. Fase 7 -11: Establecer procesos para maximizar el sistema de producción.

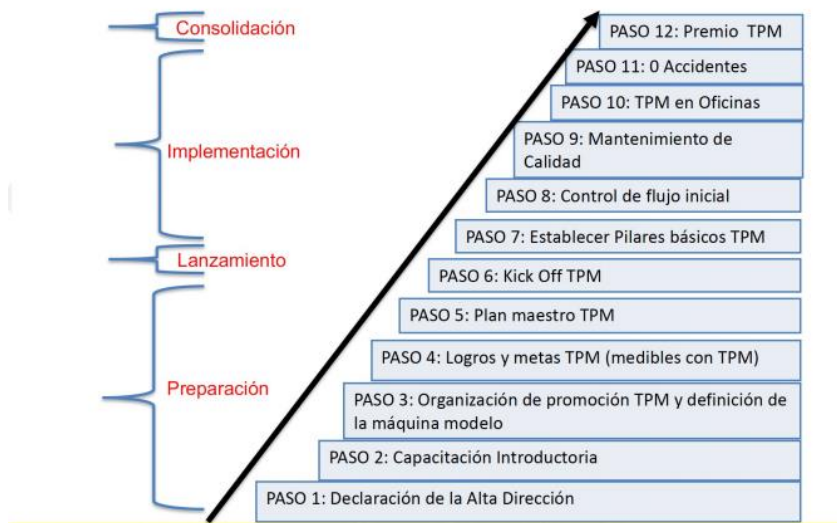
Dicho proceso se establece para los distintos tipos de departamentos del área de producción, mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, mejora enfocada, educación y formación, gestión temprana, mantenimiento de la calidad, área administrativa, seguridad y medio ambiente.

En este estudio se limita exclusivamente a la implementación de dos pilares, el pilar de mantenimiento autónomo y al pilar de mantenimiento planeado ya que ambos tienen mayor adherencia al tema planteado. En las siguientes fases de implementación se da enfoque en la seguridad de las personas y el entorno en el que se trabaja. Fomentando la reportabilidad de condiciones inseguras a través de cuasi incidentes y tarjetas verdes. Entendemos que en la pirámide de accidentabilidad es importante trabajar en su base, la cual es la reportabilidad y así disminuir la probabilidad de ocurrencia.

4.7.8. Fase 12: Fase de consolidación del TPM

En Japón, la primera fase de un programa termina cuando una empresa gana un premio PM, sin embargo, las actividades TPM corporativas no terminan aquí. Hay que continuar engarzándolas firmemente en la cultura corporativa haciéndolas cada vez más eficaces. Una corporación crece persiguiendo continuamente objetivos cada vez más elevados objetivos que reflejan una visión de lo que la corporación cree que debe llegar a ser las empresas están forzando en realizar planes estratégicos que garanticen su rentabilidad en los próximos años, los programas TPM deben apoyarlas en este esfuerzo recientemente, más corporaciones están percibiendo la importancia de no contentarse con las mejoras aportadas por su programa inicial.

Ilustración 27, Pasos para implementar TPM



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.8. Foco a pilares fundamentales para el departamento mecánico.

4.9. Pilar Mantenimiento Autónomo.

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, chequeo de niveles, inspección de niveles, limpieza de filtros, entre algunas cosas.

Analizando posibles mejoras y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Sus objetivos son:

- Evitar deterioro del equipo a través de una operación correcta y chequeos diarios
- Llevar el equipo a su estado inicial a través de su restauración y una gestión apropiada.
- Establecer las condiciones básicas necesarias para tener el equipo bien mantenido de manera permanente.

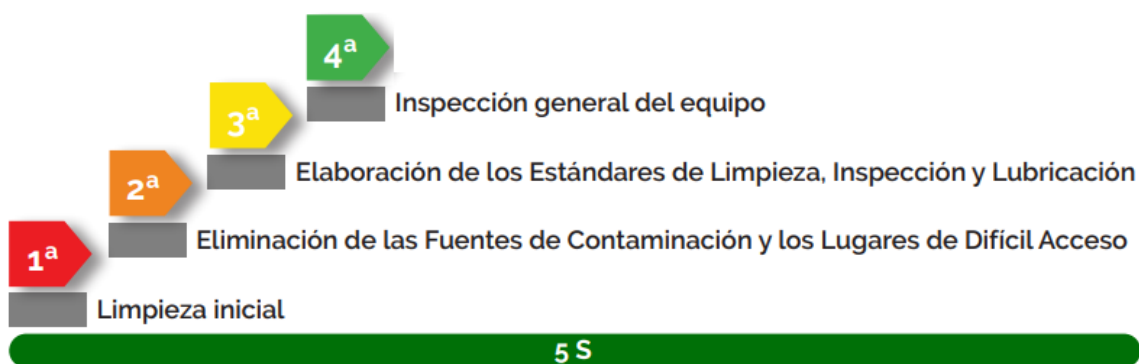
Ilustración 28, Limpieza = Inspección



Fuente: Elaboración propia, 2023.

El principal rol del pilar de Mantenimiento Autónomo es promover el desarrollo del operador mediante una metodología de trabajo que posibilite el aumento del conocimiento del operador sobre su equipo y el proceso en el que actúa. Por ello, el entendimiento de las actividades propuestas y los objetivos de estas actividades son de fundamental importancia para la obtención y la consistencia de los resultados.

Ilustración 29, Pasos del mantenimiento autónomo



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.9.1. Capacidades y habilidades en el operador mediante el mantenimiento autónomo.

Es necesario que el operador desarrolle algunas capacidades para mejorar continuamente sus actividades en su rutina diaria. Como, por ejemplo, la capacidad de distinguir entre normalidad y anormalidad. También la capacidad de tomar medidas rápidas y correctas contra las anomalías.

Capacidad de mantener el control de las condiciones normales y el establecimiento de las condiciones normales. Para preparar al operador, para que sea autónomo y tenga condiciones de resolver los problemas que afectan sus actividades en la producción, es necesario que él adquiriera algunas habilidades:

- Detectar anomalías en el equipo.
- Realizar pequeñas reparaciones y prevenir el deterioro del equipo.
- Realizar mejoras de mantenimiento autónomo en su equipo.
- Comprender los mecanismos y las funciones del equipo, prever los problemas y actuar en el sistema de causas mediante acciones de prevención en la limpieza e inspección.
- Comprender la relación entre el equipo o el proceso y la calidad del producto.

Este trabajo se realiza en etapas a través de las actividades de los grupos autónomos. Esto se resume en la frase: “A mi equipo cuido yo”. El desarrollo del mantenimiento autónomo se realiza en 4 pasos y cada paso tiene su objetivo particular para promover la capacitación plena del operador.

Ilustración 30, Cuidado de equipos



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.9.2. Los tres tesoros del mantenimiento autónomo.

Todas las actividades del mantenimiento autónomo llevan al desarrollo del perfil operativo de excelencia que busca el TPM. Sin embargo, algunas de ellas son de suma importancia, pues revelan la consistencia del programa de implantación del método. Se consideran los tres tesoros del mantenimiento autónomo.

La lección de un punto es la manera más eficaz para difundir y capacitar a los operadores en la cual se pueden comentar “conocimiento básico”, donde el operador puede conocer los principales puntos de su puesto de trabajo. Los casos que también se utilizan como método de enseñanza son el de caso de problema y de caso mejora, donde se definen los problemas que no se perciben en el día a día y sus resultados concretos.

En las reuniones cada participante tiene una función, la función deben ser compartidas entre todos los participantes y cada uno debe actuar como si representará el papel principal.

Ilustración 16, Los tres tesoros del M.A.

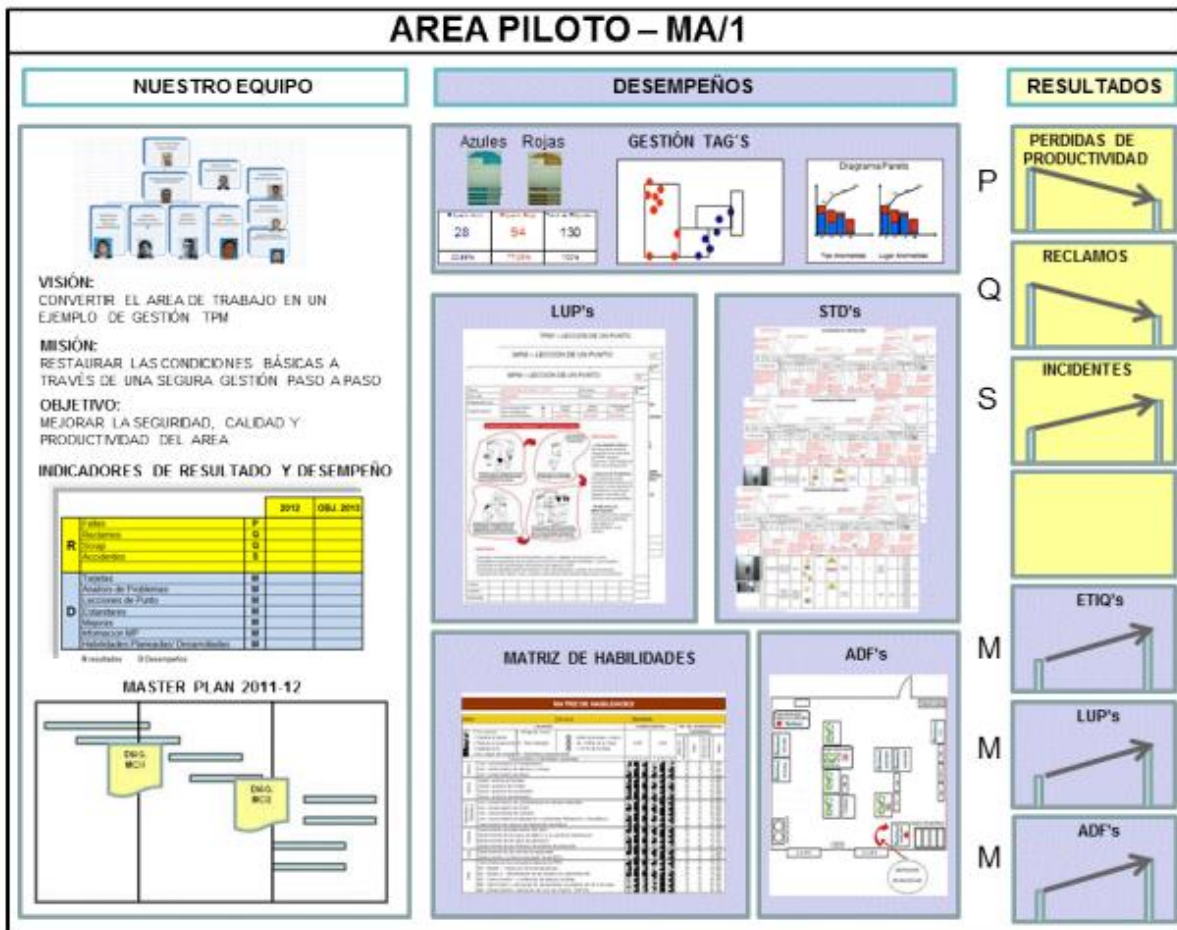


Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.9.3 Temas que se deben mencionar en una reunión de panel.

Debido a que el tiempo debe ser compartido entre todos los participantes y cada uno debe actuar como si representará el panel principal. Durante la reunión se deben registrar de manera precisa los principales temas. En un acta de reunión, hablar con objetividad y sinceridad, también escuchar con atención y no preocuparse por la forma de plantear los temas, sino que lo importante es no dejar dudas sobre lo que se quiere plantear y no monopolizar la palabra.

Ilustración 32, Ejemplo de tablero de gestión



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.10. Paso 1 de M.A: Limpieza inicial.

La limpieza con inspección promueve el conocimiento del operador y despierta la atención hacia detalles que antes él no veía y no conocía. La curiosidad sobre el funcionamiento de los mecanismos del equipo inicia la actividad de investigación sobre el equipo y sus principios de funcionamiento. La limpieza en detalle y el contacto manual con todas las partes del equipo hacen que el operador vea y detecte las pequeñas fallas o fallas mínimas, vibraciones, anomalías, temperatura, ruido, entre otros. Lo que mejora mucho su conocimiento y su nivel de exigencia en cuanto al estado normal de cada componente y del equipo en su conjunto.

De esta manera, el deterioro forzado y la ocurrencia de problemas derivados del efecto multiplicador de pequeñas fallas como suciedad, desgaste, holgura, deformación, temperaturas anormales, fugas, grietas, etc. En los equipos y sus accesorios pueden prevenirse mediante la limpieza y la eliminación de las fallas. Este es el método que se considera más eficaz para restaurar la condición básica del equipo y para capacitar al operador.

4.10.1. Actividades de mantenimiento planeado que apoyan al mantenimiento autónomo.

Cuando empezamos las actividades de mantenimiento autónomo en el inicio del programa de implementación de TPM, encontramos un equipo muy deteriorado con fuentes de contaminación y muchas anomalías que contribuyen a la baja eficiencia del equipo, que tiene muchas averías que algunas veces incluso se repiten en esta etapa, los mantenedores empiezan a desarrollar actividades que promueven la restauración de las condiciones básicas del equipo. Y la corrección de los puntos débiles de diseño. De esta manera, los principales enfoques de los mantenedores que apoyan a los grupos autónomos son:

- Resolución de las anomalías identificadas con Tarjetas Rojas.
- Análisis de averías y fallas en las averías más importantes de los equipos que se encuentran en mantenimiento autónomo.

- Revisión de los estándares de inspección del mantenimiento según los nuevos aprendizajes derivados del análisis de averías y fallas.
- Capacitación de los operadores para inspeccionar los puntos débiles detectados en los análisis.

4.10.2. Ejemplo de flujo de actividades del paso 1 del M.A.

Al final de cada etapa de mantenimiento autónomo, se realiza el diagnóstico de dicha etapa, cuyo objetivo es comprobar los avances esperados para las personas involucradas y para el equipo utilizado en el desarrollo de las actividades. Debido a la diferencia de actividades, tipo de equipos, procesos involucrados y los objetivos de cada etapa de mantenimiento autónomo, los formularios de auditoría deben adaptarse a estas necesidades.

El objetivo de la auditoría es analizar el nivel de desarrollo alcanzado por los grupos autónomos y el estado del equipo debe reflejar este desarrollo.

4.10.3. Actividades del paso 1 del M.A.

Limpiar mientras se inspecciona para detectar anomalías. Durante la limpieza cuidadosa, los equipos revelan sus defectos.

- Capacitación sobre las actividades del paso 1.
- Planificación de las actividades con el grupo autónomo.
- Limpieza e inspección.
- Detección de anomalías.
- Tarjeteo e Identificación de anomalías.
- Control de las tarjetas colocadas.
- Estratificación de tarjetas por tipo y lugar.
- Priorización de las acciones de los operadores.
- Gestión del equipo a través del panel de gestión.
- Capacitación del operador y aprendizaje mediante las LUP.
- Evaluar el desarrollo del primer paso del mantenimiento autónomo.

4.11. Paso 2: Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso (L.D.A).

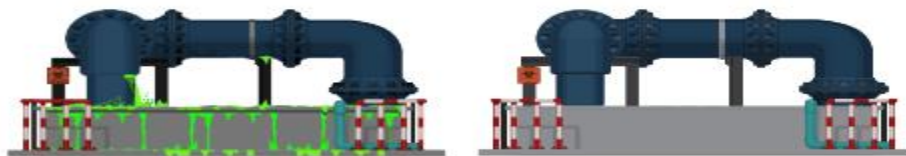
Se consideran lugares de difícil acceso aquellos en los que se tarda mucho tiempo en realizar actividades relacionadas con la rutina diaria del operador, es decir, operación, ajustes, limpiezas, inspecciones y lubricación. Siempre que haya una dificultad, ya sea debido a condiciones del diseño original del equipo, estructura o ubicación, para realizar las actividades que se describen, este punto se caracteriza como “Lugar de difícil acceso”.

Por consiguiente, existen actividades que pueden ser perjudicadas por los L.D.A. como por ejemplo las inspecciones, reapriete de pernos, actividades de lubricación, puntos de limpieza, etc. El grupo autónomo debe interpretar este objetivo según los conceptos de mantenimiento autónomo aprendidos, para tratar de entender cuanto las fuentes de suciedad y los lugares de difícil acceso perjudican su trabajo. También debe ver cuál es el estándar de limpieza y de operación de este equipo que facilita su trabajo diario.

4.11.1. Actividades del paso 2 de M.A.

- Capacitación sobre las actividades de la etapa.
- Planificación de las actividades en el grupo autónomo.
- Limpieza e inspección con identificación de las fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso.
- Identificar, analizar y mapear las fuentes de contaminación y de difícil acceso.
- Llevar seguimiento a los resultados.
- Seguimientos de las actividades.

Ilustración 33, Ejemplo de antes y después



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.12. Paso 3 de M.A.: Elaboración del estándar provisional de limpieza, inspección y lubricación.

El propósito es mantener las condiciones básicas del equipo estableciendo estándares NILL y llevándolos a cabo con ayuda de controles visuales.

En el paso tres se debe oficializarse mediante la utilización de toda la información generada en los dos primeros pasos del mantenimiento. También en esta etapa se debe preparar una guía de lubricación para definir cuales tareas de lubricación realizarán los operadores y cuales estarán a cargo del mantenimiento.

La secuencia de actividades para obtener el estándar provisional de limpieza, inspección y lubricación se basa:

- Elaboración del estándar de limpieza y lubricación.
- Elaboración del estándar de inspección con toda la información obtenida hasta el momento.
- Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales.

Dichos estándares, también deben incluir la información de prevención de las averías e identificación en las acciones de eliminación de estos. Su finalidad es impedir el deterioro del equipo. Mantenimiento, gestión de la limpieza, inspección y lubricación del equipo. Elaboración del estándar por los operadores, refuerzan la utilización de los controles visuales. Por lo tanto, en esta etapa. Con base en la experiencia, quería las actividades del paso uno y paso dos. Se establecen las condiciones en que debe deberían estar los equipos, tanto en lo que se refiere a los parámetros de utilización como a los de mantenimiento autónomo.

4.12.1. Controles visuales.

La importancia de los controladores visuales se ve como en de las anomalías. Facilidad para manejar las correcciones, rapidez en la toma de decisión y orientación para la mejora continua.

Las personas que trabajan directamente en el proceso, equipos o puesto de trabajo son.: grupo autónomo o grupo de mantenedores, grupo de mejora, gerencia, jefatura o supervisión. A continuación, se señalan algunos ejemplos:

Ilustración 34, Ejemplo control visual 1

NORMAS DE INDICACIÓN DEL POSICIONAMIENTO DE LA CABEZA DEL TORNILLO, TUERCA Y ARANDELA CUANDO ESTÁN APRETADOS Y FIJADOS CON EL APRIETE CORRECTO		ELABORACIÓN
		FECHA
OBJETO DE INDICACIÓN	NORMAS DE INDICACIÓN	MÉTODO DE INDICACIÓN / DISEÑO
1 - Máquina Rotativa • Ventilador • Bomba • Compresor • Eliminador • Transportador helicoidal • Cojinete del eje BC • Mezclador • Empaquetador • Máquina de enfriamiento y secado • Equipo de tracción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se utiliza pintura blanca para marcar. Se marca la cabeza del tornillo, la parte superior y lateral de la tuerca, la arandela y la base. 2. Los tornillos de más de 18 mm también deben marcarse en las roscas. 3. Como principio, se debe identificar la parte frontal y hacer la marcación en un lugar fácil. 4. Los tornillos fundamentales de máquinas y aparatos iguales deben recibir la misma marca, en el mismo sentido. 5. Se debe registrar y controlar el lugar de la marca. 6. La anchura estándar de la marca es de 3 mm. 	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Ilustración 35, Ejemplo control visual 2

NORMAS DE INDICACIÓN DEL SENTIDO DE ROTACIÓN DE UNA POLEA, CORREA U OTRO SISTEMA DE TRANSMISIÓN		ELABORACIÓN
		FECHA
OBJETO DE INDICACIÓN	NORMAS DE INDICACIÓN	MÉTODO DE INDICACIÓN / DISEÑO
<p>1. EQUIPO DE TRANSMISIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cadena • Correa en V • Acoplamiento <p>2. MÁQUINA ROTATIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bomba • Ventilador • Mezclador 	<p>1. Por lo general, se debe escribir la indicación en sentido horizontal</p> <p>2. En el equipo de transmisión, se debe pegar la indicación en la parte superior de la cubierta de seguridad, mientras que en las bombas se debe pegarla en la parte lateral de la cubierta del acoplamiento, en un lugar de fácil visualización.</p> <p>3. El método de indicación debe ser el siguiente: Parte superior - especificación de la cantidad y el tipo de la correa en V Parte inferior - código del almacén.</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Ilustración 36, Ejemplo control visual 3

NORMAS DE AJUSTE Y SEGUIMIENTO DE LA VARIABLE DE CONTROL EN LA ESCALA DEL APARATO		ELABORACIÓN
		FECHA
OBJETO DE INDICACIÓN	NORMAS DE INDICACIÓN	MÉTODO DE INDICACIÓN / DISEÑO
<p>Aparatos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manómetro • Vacuómetro • Termómetro • Voltímetro • Amperímetro 	<p>1. Para la indicación se debe utilizar una película de marcado de alta resistencia.</p> <p>2. La película debe colocarse directamente en la placa de graduación interna de los aparatos.</p> <p>3. La película se puede pegar externamente en los aparatos que utilizan aceite para prevenir descargas eléctricas.</p> <p>4. Se clasifican los colores de la película de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rango adecuado - VERDE • Rango de anomalía - ROJA <p>5. Se debe elaborar una lista de indicadores de escala y encontrarla.</p> <p>6. Se deben controlar, mediante una lista estandarizada, los efectos negativo y las medidas que se deben adoptar en los lugares donde se requiera mucha atención, donde haya un elevado número de anomalías, donde haya poca atención, un bajo número de anomalías, etc.</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.13. Paso 4 de M.A.: Inspección general.

El paso cuatro del mantenimiento autónomo tiene como objetivo el desarrollo de las habilidades de los operadores para comprender la estructura de las funciones y los principios de funcionamiento del equipo. Realizar la inspección en las principales piezas y elementos de la máquina o equipo para poder ser capaces de identificar los defectos existentes, restaurar el equipo y devolverlo a su condición original.

Con el enfoque en los mayores problemas encontrados en el equipo, el programa de capacitación de la etapa cuatro al mantenimiento autónomo debe elaborarse teniendo en cuenta los sistemas fundamentales del equipo que contribuyen a la mayoría de las averías, fallas y defectos, como, por ejemplo:

- Elemento de fijación.
- Sistema de Lubricación.
- Sistema hidráulico.
- Sistema neumático.
- Sistema de accionamiento.
- Sistema de transmisión.
- Sistema eléctrico y electrónicos.
- Seguridad.

4.13.1. Actividades del paso 4 del M.A.

- Capacitación conceptual del cuarto paso del mantenimiento autónomo.
- Estratificación de las averías y defectos de la máquina.
- Establecimiento de los sistemas a adoptar en la cuarta etapa.
- Priorización de los sistemas.
- Definición de los elementos de la capacitación.
- Preparación del material didáctico.
- Elaboración del calendario de capacitación, inspección general y tarjeteo asistido.
- Auditoria de la cuarta etapa.

4.13.2. Aplicación de paso 4 M.A.

Para comenzar con la implementación del paso, se trabaja con los equipos críticos del área, por lo que se capacita en evaluación de criticidad para determinar cuándo un equipo se considera crítico.

También se capacita en habilidades (ejemplo: principio de funcionamiento de bombas centrifugas, mantenimiento básico de bombas).

Se realiza un análisis de las herramientas, materiales para inspeccionar, mantener y los estándares en que debe estar el equipo para que funcione en condiciones ideales.

Se realiza inspección detallada del equipo, se detectan anomalías y se genera tarjetas. Las cuales deben ser generadas.

Se realiza el traspaso de habilidades utilizando lecciones de un punto, con esto se confecciona las Nill del sistema y comienza la implementación de mejoras.

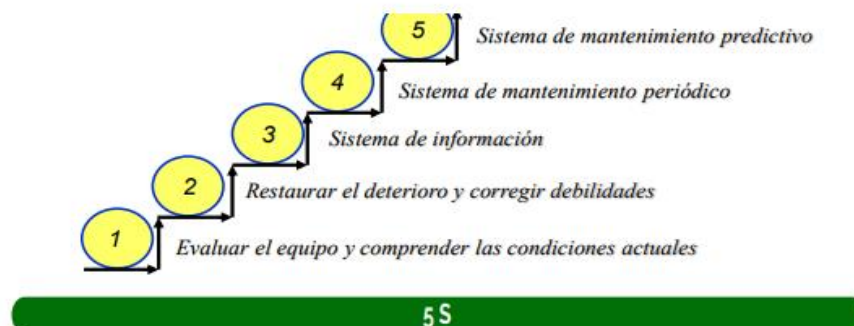
4.14. Pilar Mantenimiento Planificado.

El objetivo del pilar de mantenimiento planeado es reducir el tiempo en pérdidas administrativas desarrollando un sistema de registro y clasificación de fallas, sistema de información con fichas de equipos, rutas de inspección de equipos, estándares de mantenimiento y reducción de costos de mantenimiento general a largo plazo.

En este pilar participan el departamento de mantención y su propósito es asegurar la disponibilidad, confiabilidad y la confiabilidad operacional, a través de la revisión, actualización e implementación de los planes de mantenimiento con costos optimizados en las distintas áreas de producción, con foco en los siguientes puntos:

- Reducir gradualmente las fallas en los equipos críticos, a través, de los cinco pasos del mantenimiento planeado.
- Gestionar el plan matriz de mantenimiento, los análisis de falla, etc.
- Realizar gestión sobre el gasto total de repuestos, materiales y servicios.
- Liderar a los grupos de mantenimiento para gestionar el deterioro natural y apoyar al MA en la eliminación del deterioro forzado.
- Asegurar la correcta aplicación de una cultura de seguridad en la gestión del Mantenimiento en todos sus niveles.

Ilustración 37, Pasos del mantenimiento planeado



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.14.1. Paso 1 de M.P: Evaluar el equipo y comprender la situación actual.

En este primer paso del mantenimiento planeado, el técnico mecánico realiza una elaboración de los equipos que posee en su área de trabajo. El propósito de la elaboración es beneficioso ya que se logra evaluar y priorizarla criticidad de los equipos. Es importante comprender la situación actual referente a las fallas, ya que con este dato se pueden fijar objetivos, metas y trabajo seguro y sustentable.

Tabla 4, Tabla de elementos de evaluación.

Elementos de Evaluación	Grado A	Grado B	Grado C
S Seguridad, Polución & Entorno	Una falla podría causar serios problemas de seguridad y entorno en el área circundante	Una falla podría causar algunos problemas de seguridad y entorno en el área circundante	Una falla no causará problemas de seguridad o entorno en áreas circundantes
Q Calidad y Rendimiento	Una falla podría causar productos defectuosos o afectar seriamente al rendimiento	Una falla podría causar variaciones de calidad o afectar moderadamente el rendimiento	Una falla no podría afectar ni a la calidad ni al rendimiento
W Status de operación	24 hs. de operación	de 7 a 14 hs. de operación	Operación intermitente
D Factor de retraso (costos de oportunidad)	Una falla pararía la planta entera	Una falla pararía solamente el sistema afectado	Está disponible una unidad de reserva. Es más económico esperar el fallo y repararlo.
P Período (intervalo de falla)	Paradas frecuentes (cada 6 meses o más)	Paradas ocasionales (aprox. 1 vez al año)	Difícilmente se produce una parada (menos de 1 vez al año)
M Mantenibilidad	Tiempo reparación: 4 hs. o más. Costo de reparación: aprox. \$ 2000	Tiempo reparación: 1-4 hs. Costo de reparación: aprox. de 400 a \$ 2000	Tiempo reparación: 1 hs. o menos Costo de reparación menos de \$ 400

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.14.2. Registros del equipo.

La identificación de los datos técnicos relativos al equipo y registro en el sistema de mantenimiento son importante para una consulta técnica rápida y permite una baja posibilidad de error. A la vez garantiza la trazabilidad de la posición de los equipos en la planta. Una ventaja, es que permite establecer la ubicación de los principales componentes de los equipos y de su documentación técnica.

4.14.3. Identificación de la situación actual.

El conocimiento de la actual condición de los equipos de una planta es de gran importancia para definir las prioridades y comprender los desafíos que se presentan en el desarrollo de las actividades del mantenimiento planificado.

Demuestra, además, el avance que se obtiene en la medida en que se desarrollan las actividades y ofrece la posibilidad de confirmar la estrategia adoptada o la necesidad de realineación. Se pueden utilizar un alto número de indicadores de desempeño de uso común, pero para caracterizar esta situación, nos enfocaremos en tales indicadores:

- Cero accidentes
- Cero fallas
- Cumplimiento programa de mantenimiento
- Cumplimiento de 5 S

La importancia de facilitar el entendimiento a través de gráficos permite el seguimiento por parte de todo el equipo. Se debe desplegar en todos los niveles, aclarar las metas a alcanzar y demostrar de forma concreta el resultado de las actividades.

4.15. Paso 2 de M.P: Restaurar el deterioro y corregir debilidades.

El foco del segundo paso es la restauración del deterioro forzado, estableciendo el cumplimiento de las condiciones básicas, corregir las debilidades de las áreas, prolongar la vida útil de los equipos y sus componentes críticos. El apoyo al pilar del mantenimiento autónomo con la resolución de las anomalías identificadas con tarjetas rojas y otras actividades que promueven la capacitación de los operadores para cuidar de los equipos. El análisis de fallas más importante y anomalías repetitivas en los equipos.

Se nombran a continuación las diferencias entre las condiciones básicas y las actuales:

- Identificar las funciones, la estructura y los principios del equipo.
- Identificar los defectos aparentes y los latentes en el equipo y restaurarlos.
- Identificar los problemas comunes de mantenimiento, tales como desviaciones visibles de la condición básica, de utilización, de restauración y acciones insuficiente de mantenimiento, clasificándolos y estratificándolos para conocer la situación actual del equipo.
- Registrar las intervenciones en los equipos en el sistema de mantenimiento, reflejadas en las ordenes de trabajo.

4.15.1. Mejorar las condiciones actuales.

La eliminación del deterioro forzado en los equipos aclara los puntos que necesitan limpieza y lubricación para mantener un buen funcionamiento. Al mejorar las condiciones del uso del equipo, también la elaboración de “lección de un punto LUP” y la elaboración de estándares de mantenimiento, con estas buenas prácticas se logra una mejora dinámica.

4.16. Paso 3 de M.P: Crear un sistema de gestión de la información.

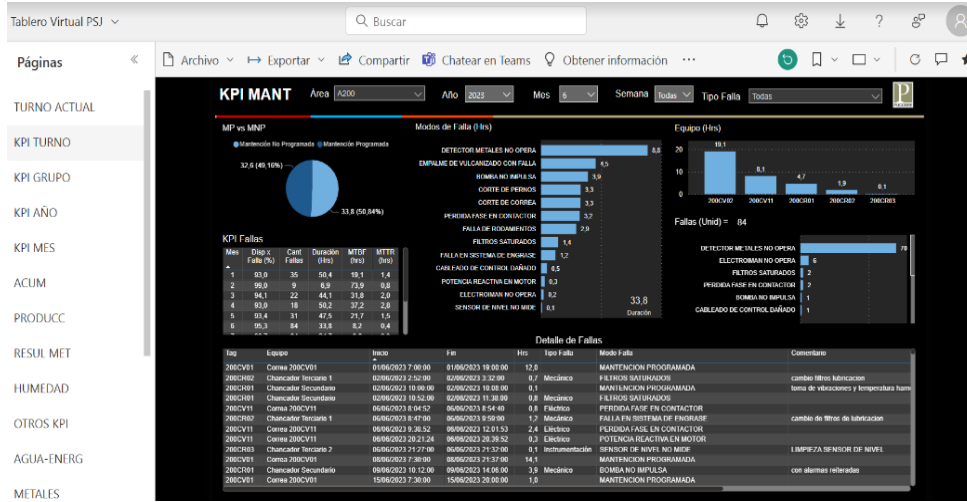
El propósito del tercer paso del mantenimiento se basa en crear un sistema de gestión de la información, el cual posea la información técnica de los equipos, control de materiales y repuestos.

Mantener un control histórico de los mantenimientos preventivos y predictivo realizado en los equipos y la revisión y actualización de normas de inspección de mantenimiento.

Los objetivos del control de información se dan en los siguientes puntos:

- Aumento de productividad del mantenimiento a través del mejoramiento en el control de los equipos.
- Fortalecimiento del mantenimiento a través del sistema integrado de datos de los activos.
- Elevación en el nivel de la tecnología del mantenimiento.
- Acciones preventivas a través de medición y evaluación de los efectos de las actividades del mantenimiento.

Iustración 38, Sistema de gestión de la información



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Es importante esclarecer los objetivos del uso de la información, para deslizar el nivel de las personas y los departamentos que harán uso de las informaciones y datos. Tomando en cuenta una visión que anticipe los progresos futuros, permitiendo una conexión con otros sistemas. Como resultado obtener un sistema del tipo interactivo que permita a cualquier persona realizar búsquedas con rapidez.

Tabla 5, Nombre de los sistemas tecnológicos utilizados.

Objetivos	Aumento en rendimiento de las actividades de control del mantenimiento	Evaluación de los resultados del mantenimiento	Elevación del nivel de tecnología de mantenimiento
Nombre de los sistemas	Sistema de control de presupuestos Sistema de control de materiales Sistema de control de los históricos de los equipos		Sistema de control de tecnologías Sistema de educación y entrenamiento
	Sistema de planificación de mantenimiento Sistema de control de inspecciones Sistema de control de las O/T - órdenes de trabajo Sistema de control de equipos de reserva Sistema de control de dibujos y documentos	Sistema de evaluación de resultados del mantenimiento	

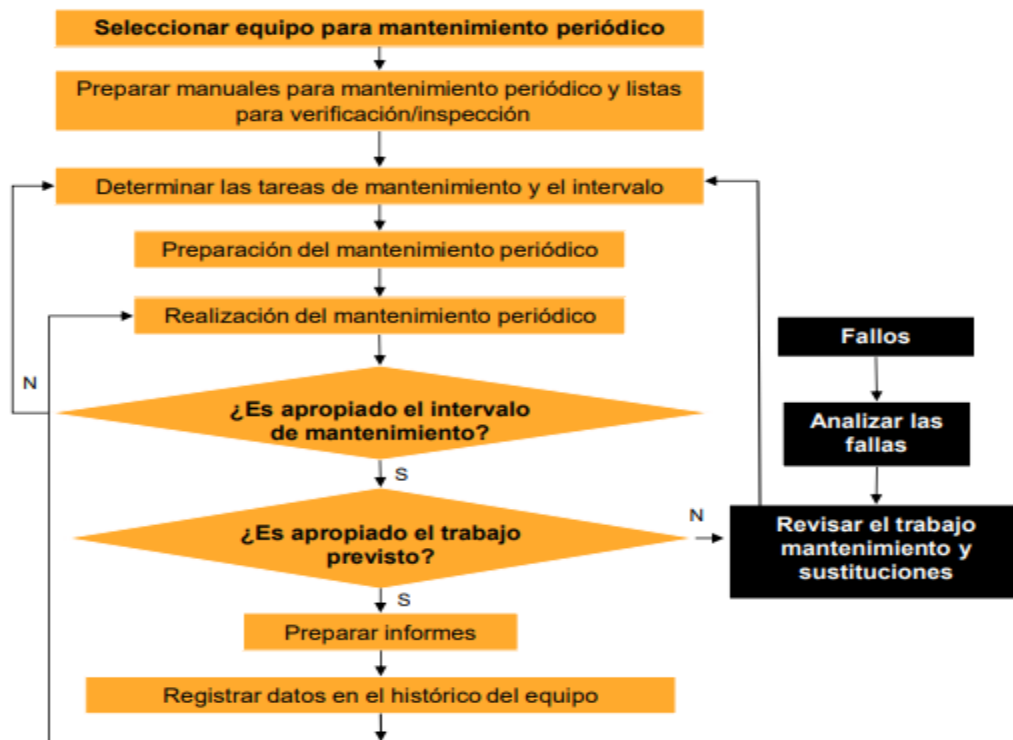
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.17. Paso 4 M.P: Crear un sistema de mantenimiento periódico.

Todo activo físico que cumple una función está en contacto y sujeto a una variedad de esfuerzos que hacen que se deteriore, disminuyendo su resistencia al esfuerzo. Por ende, es de suma importancia poseer un propósito claro en la implementación del cuarto paso del mantenimiento planeado:

- Preparar planes de mantenimiento.
- Formular estándares de mantenimiento periódico.
- Preparación de piezas de repuestos y unidades de reserva.
- Mejoramiento en la eficiencia de inspección y diagnóstico.

Ilustración 3917, Flujo paso 4 mantenimiento planeado



Fuente: Elaboración propia, 2023.

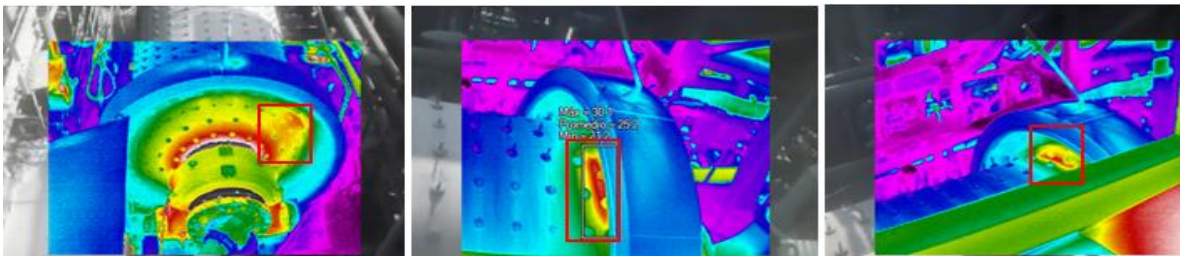
4.18. Paso 5 M.P: Crear un sistema de mantenimiento predictivo.

El propósito del mantenimiento predictivo en el mantenimiento planificado es detectar anomalías no visibles e insipientes que solo se pudiesen detectar con instrumentos de precisión. Esto garantiza continuidad operacional de manera que, con la alerta generada permite que el equipo de mantenimiento preventivo prepare material, repuestos, equipos y recursos de manera programada.

Una ventaja considerable gracias al mantenimiento predictivo es el aumento de la productividad del equipo debido a los siguientes puntos:

- El equipo realiza la operación hasta los límites próximos del punto ideal para el mantenimiento.
- Reducción a través de los tiempos mínimos en las paradas.
- Evita el mantenimiento excesivo ocasionado por el mantenimiento periódico.
- Lleva los equipos a las condiciones ideales, previendo su vida útil y utilizándose en toda su plenitud.

Ilustración 40, Termografía por personal predictivo



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.19. Sinergia entre el mantenimiento autónomo y el planificado.

La relación entre estos dos pilares radica en que el mantenimiento autónomo contribuye a mantener los equipos en mejores condiciones y a identificar problemas incipientes. Esto, a su vez, facilita el trabajo del mantenimiento planeado, ya que reduce la necesidad de intervenciones no planificadas y permite una programación más eficiente de las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo. Ambos trabajan juntos para optimizar la eficiencia y la confiabilidad de los equipos de producción.

A la vez uno de los requisitos fundamentales para alcanzar los objetivos es que los operadores desarrollen habilidades para la detección oportuna de anomalías en los equipos. Esto, en principio suena muy bien y siempre se ha sostenido que las personas más adecuadas. Para diagnosticar estos problemas son quienes están más cerca del equipo. Pero cuando sobrevienen los problemas aparecen las críticas mutuas o las frases acusatorias entre las áreas relacionadas:

- Los operadores no son de gran ayuda si no tienen los conocimientos elementales para traducir los síntomas de las potenciales fallas.
- Las informaciones que nos llegan a los operadores son incompletas, muchas veces no sabemos las consecuencias de estos síntomas y menos como priorizarlos.
- Mantenimiento no tiene predisposición de difundir conocimiento, no visualizan el beneficio mutuo, más aún lo distinguen como un riesgo.

En resumen, sí los operadores logran evitar el deterioro en las primeras etapas e incluso restaurarlo mediante pequeños servicios. El equipo de mantenimiento puede dedicarse a otras actividades de mayor valor agregado, como:

- La investigación de nuevas técnicas de mantenimiento.
- Hacer análisis de fallas más complejas.
- Dar apoyo al personal mediante capacitaciones de equipos, nuevas técnicas y cómo facilitar los sistemas de mantenimiento de los equipos y proyectos futuros.

Capítulo V

5.1. Resultados.

5.1.1. Participación del personal en TPM.

El TPM ha sido una estrategia exitosa para optimizar la operación del proceso productivo. Los resultados los revisaremos y genera un enfoque crítico de mejora continua en los miembros de la organización. Impulsando la moral y la satisfacción personal.

Ilustración 41, Premiación por logros destacados



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se realizan capacitaciones y evaluaciones acerca conceptos y etapas del TPM, apoyados por facilitadores que asigna la empresa por área de trabajo. De igual manera se realizan reuniones transversales para consensuar temas de TPM, seguridad, mantenibilidad y operación.

Ilustración 42, Capacitación filtros cerámicos



Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.1.2. Seguridad y salud medio ambiental.

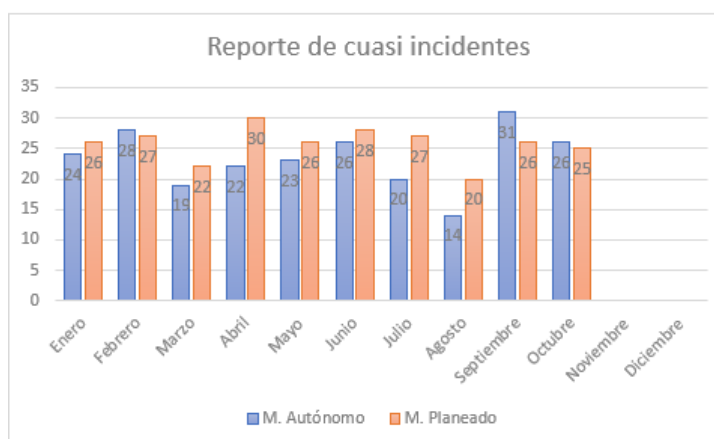
El mantenimiento constante y el seguimiento de las condiciones de los equipos han contribuido a un ambiente de trabajo más seguro, reduciendo incidentes y accidentes. Se cuantifican los reportes de cuasi incidentes en los pilares de mantenimiento autónomo y planeado. Creando planes de acción adjunto la trazabilidad del tarjeteo. Creando como valor agregado una cultura en seguridad.

Ilustración 43, Trazabilidad de tarjeteo



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Ilustración 44, Reporte de cuasi incidentes 2023



Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.1.3. Indicadores.

Gracias a la metodología de mantenimiento productivo total TPM, se ha logrado reducir significativamente el tiempo de inactividad correctivo de los equipos, lo que ha aumentado la disponibilidad para la producción. El TPM ha optimizado el proceso de mantenimiento lo que se traduce en una mayor eficiencia en el proceso productivo. El número de fallas descendió gradualmente a 74 fallas desde enero a octubre 2023 en comparación de 218 fallas que comprendían del año anterior.

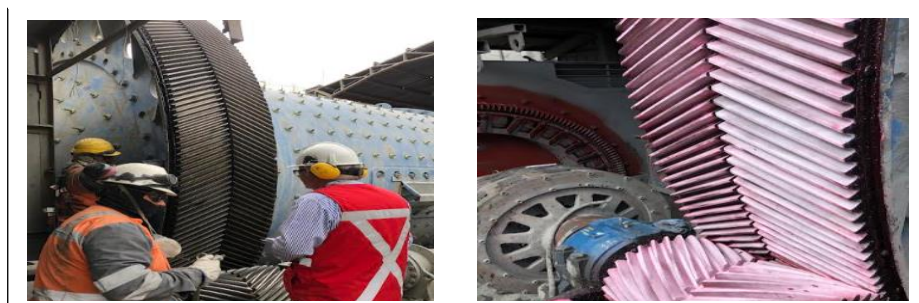
Tabla 6, Tabla de datos de indicadores

Antes de TPM		Implementación TPM	
SUMA (TTR)	300	SUMA (TTR)	85
MTTR	100	MTTR	28,33333
SUMA (TBF)	660	SUMA (TBF)	503
MTBF	220	MTBF	167,6667
DISPONIBILIDAD	69%	DISPONIBILIDAD	86%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En el caso actual se representa datos del sistema de molienda, donde operan 3 molinos de bolas de 16,5'x 29'. Los tres equipos trabajan 24/7, lo cual aumenta la producción de 380 mil toneladas a 420 mil. Pasando así \$16 mil dólares x/hora la producción.

Ilustración 18, Mant. preventivo molino bolas



Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.1.4. Equipo piloto.

El equipo piloto se destinó una bomba para pulpa Weir- Vulco 650 Mcr. La gestión del equipo piloto en la implementación del TPM se enfoca en poder demostrar el potencial que tiene la metodología en las personas y sirve como ejemplo y mejora en las demás personas de la empresa.

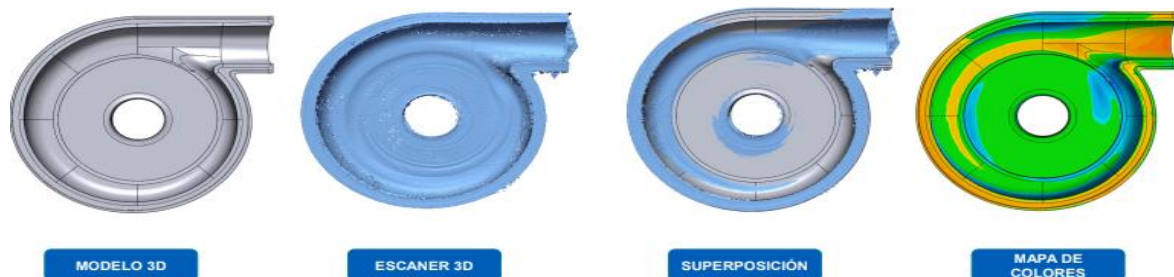
Ilustración 19, Bomba Mcr para pulpa



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se realiza estudio en conjunto de personal predictivo, de mantenimiento y operación, para cotejar ideas, plantear formas dinámicas y mejoras en seguridad para la intervención del equipo. Se realiza un estudio del estado en el que salen de la etapa de mantenimiento.

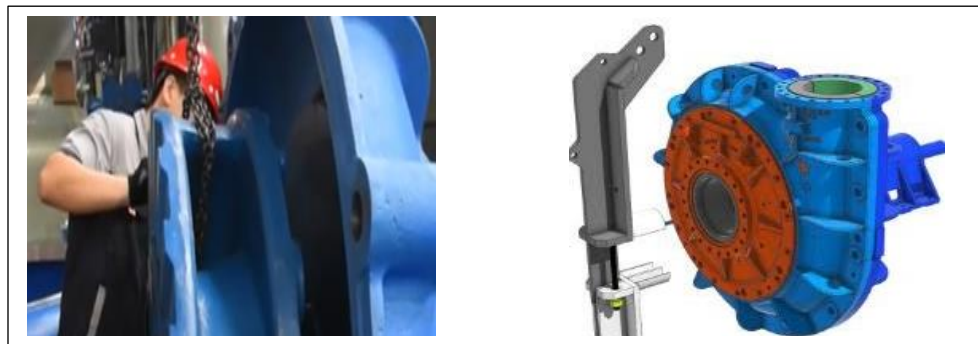
Ilustración 20, Escaneo de revestimientos de bomba



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como caso de mejora basado en seguridad, se realiza el cambio de la manera de izaje en los componentes del equipo. Anteriormente se realizaba el izaje directo con cadenas generando una condición de riesgo por aprisionamiento y de aplastamiento. Como resultado se fabrica en colaboración de la empresa de apoyo Vulco S.A.. un yugo de izaje regulable para los componentes. Minimizando las probabilidades de accidentes en la pirámide de accidentabilidad y potenciando herramientas del TPM como es la “pequeña mejora”.

Ilustración 21, Mejora continua en mantenimiento



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Entendiendo que la tecnología avanza exponencialmente, se realizan cambio de cómo se transmite la información técnica de los manuales al personal. Se incorporan códigos QR en las órdenes de trabajo para agilizar el traspaso de información y disminuir la contaminación ambiental que provoca el desecho de papel de oficina.

Ilustración 22, Cambios tecnológicos



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Capítulo VI

6.1. Conclusiones.

En el estudio realizado para la generación del TPM en el contexto de la mejora continua de la gestión de activos y la producción. Su importancia se centra en la prevención de las averías y la mejora continua en los procesos de producción. La toma de decisiones por parte de los ejecutivos acerca la elección de este modelo promueve la participación de todo el personal en la mejora de los procesos. Esto es sumamente beneficioso en entornos donde la disponibilidad de los equipos se encuentra en riesgo. Promueve un ambiente de trabajo colaborativo y aumenta la moral de las personas a diferencia del modelo RCM que su enfoque se encuentra basado en modelos estadísticos y de probabilidades. El TPM busca evitar pérdidas de producción y costos asociados en sus actividades realizando una trazabilidad de las anomalías, mediante herramientas de análisis que sobrelleven a una mejora en el proceso y la utilización de la lección de un punto (LUP), para su difusión.

Se analizaron los indicadores claves de desempeño, disponibilidad, número de fallas y seguridad. Para conocer el antes y el después de la generación del TPM.

Se presentaron de manera clara las etapas paso a paso para poder ser generado por cada persona perteneciente a la organización y llevar una optima eficiencia los equipos. La colaboración entre los departamentos autónomo y mantenimiento. Entendiendo que el TPM es una metodología de mejora continua y que no posee un final, se llamado al trabajo pulcro y profesional mediante sus pasos a pasos. Sin embargo, el éxito del TPM, implica un cambio en la cultura organizacional, donde la comunicación, colaboración y el trabajo en equipo son claves del éxito.

6.2. Recomendaciones.

- a. Mantener la motivación en los equipos de trabajo, involucrando a cada trabajador en actividades, realizando reconocimiento y campañas de mejora continua.

- b. Realizar acompañamiento continuo a personal de operaciones para la realización y actualización de NILL de inspección.

- c. Asignar responsables en el panel de gestión de indicadores y actualizaciones de indicadores, asignando fechas internas para autoevaluaciones e invitaciones a nivel gerencial para evidenciar los avances en la metodología.

- d. Considerar de manera constante capacitaciones teóricas practica para el personal del departamento mecánico y de operaciones, referentes a equipos y TPM.

- e. Potenciar y mejorar la comunicación entre departamentos, manteniendo reuniones semanales para proyectar actividades, requerimientos y actividades previas. A la vez mostrar gestión visual acerca de indicadores para conocer el estado de cumplimiento que se lleve.

Bibliografía.

- CAFOSA, Empresa Proveedora de Gomas Bases, “Glosario de Ingredientes”. España,2010.
URL:http://www.cafosa.com/es/faqs_definitons_categories.aspx?_gIdTema=26&idTema=ES&_gIdCo texto=2
- CASTELLOTE, Mariana. Manejo de Gráficos de Control, Arcor, 2005.
- DESEVRE, A., BOSH, R. “Chewing Gum Processing Technology”. En: PRACTICAL SEMINAR: Chewing Gum & Bubble Gum: 29.06 – 01.07.2010. Central College of the German Confectionary Industry, Solingen, Germany, 2010.
- GARCÍA P., Oliverio. “Administración y Gerencia de Mantenimiento Industrial”. Universidad Pedagógica y Técnica de Colombia. Diutama, 1992a.
- GARCÍA P., Oliverio. “El Mantenimiento Productivo Total y su Aplicabilidad Industrial”. Universidad Pedagógica y Técnica de Colombia. Diutama, 1992b.
- GARCÍA P., Oliverio. “La Esencia del TPM”. Universidad Pedagógica y Técnica de Colombia. Diutama, 1998.
- MONTGOMERY, Douglas. Introducción al control estadístico de la calidad, Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1943.
- PINTO, Lucía. Mantenimiento Productivo Total (TPM). Revista Electroindustria. (117):100-101, dic. 2010.
- SILVA, Simone. SPAC – Técnicas Estadísticas, Arcor, 2006.
- SUZUKI, Tokutaro. “TPM en Industrias de Proceso”, Japan Institute of Plant Maintenance. Japón, 1992.

