

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

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM PARA LA LÍNEA DE SODA
CÁUSTICA EN OXIQUM S.A. TERMINAL MARÍTIMO QUINTERO**

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

Alumnos:

Nicolas Ignacio González
Osorio

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi
González

RESUMEN

KEYWORDS: OPTIMIZACIÓN DE MANTENIMIENTO, METODOLOGÍA RCM, OXIQUM TERMINAL MARITIMO.

Este trabajo de título se centra en ir proponiendo actividades de mantenimiento para la bomba de soda cáustica en Oxiquim Quintero a través de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

Incluyendo el análisis de antecedentes y la problemática de Oxiquim, la recopilación de datos de la línea de soda cáustica con un análisis de modos de falla mediante FMECA, y la elaboración de procedimientos de mantenimiento eficientes basados en los resultados de RCM.

Destacando el cambio de enfoque de mantenimiento mayormente correctivo hacia uno proactivo, con énfasis en ir mejorando la planificación del mantenimiento y resaltando los beneficios resultantes de la implementación de RCM, incluyendo la reducción de inactividad del activo.

El trabajo se estructura en tres capítulos. El primero proporciona una presentación de Oxiquim y su contexto operativo, con un enfoque en la línea de soda cáustica. El segundo capítulo se centra en la herramienta FMECA y la estrategia de RCM,. El tercer capítulo aborda la planificación del plan mantenimiento, destinando tareas, herramientas y recursos para la realización de estas actividades. Además, los beneficios resultantes de la metodología RCM.

ÍNDICE

RESUMEN	
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVO ESPECÍFICO	
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.	
1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.	5
1.1.1. MISIÓN	6
1.1.2. VISIÓN	6
1.1.3. PROCESO	6
1.1.4. UBICACIÓN	7
1.1.5. CONTEXTO OPERATIVO	8
1.1.6. PROBLEMÁTICA	10
1.1.7. DESCRIPCIÓN DEL RCM	11
1.1.8. METODOLOGIA RCM.	11
1.1.9. PASOS PARA ELABORAR UN RCM	12
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE CRITICIDAD, ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA FMECA.	
2.1. FMECA - AMEF.	17
2.1.1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	17
2.1.2. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA.	20
2.1.3. FUNCIÓN	22
2.1.4. MODO DE FALLA.	22
2.1.5. EFECTO DE FALLA.	22
2.1.6. SEVERIDAD.	22
2.1.7. OCURRENCIA.	23
2.1.8. DETECTABILIDAD.	24
2.1.9. NPR- NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO.	25
2.2. RCM – MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.	27
2.2.1. HOJA DE DECISIÓN	27
2.2.2. DIAGRAMA DE DECISIÓN	28
2.2.3. TAREAS DE MANTENIMIENTO	29
2.2.4. ELABORACIÓN DE LA HOJA DE DECISIÓN.	29

**CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS
ECONÓMICO.**

3.1.	PLAN DE MANTENIMIENTO	33
3.1.1.	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	33
3.1.2.	HERRAMIENTAS NECESARIAS	35
3.1.3.	REPUESTOS E INSUMOS	38
3.2.	ELABORACION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO.	40
3.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO	47
3.4.	CONCLUSIÓN	51

ÍNDICE DE FIGURAS, ILUSTRACIONES Y TABLAS

Figura 1-1: Vista Aérea	8
Figura 1-2: Vista panorámica	8
Figura 1-3: Vista estanques oxiquim TMQ	9
Figura 1-4: Plano de las instalaciones	9
Figura 1-5: Área despacho.....	10
Figura 1-6: Flujograma implementación de RCM.....	13
Figura 2-1: Mapa proceso.....	19
Figura 2-2: Fórmula de numero de prioridad de riesgo	25
Figura 2-3: Diagrama de desición.....	28
Ilustración 3-1: Tarea 1	41
Ilustración 3-2: Tarea 2	42
Ilustración 3-3: Tarea 3	43
Ilustración 3-4: Tarea 4	4144
Ilustración 3-5: Tarea 5	45
Ilustración 3-6: Tarea 6	4246
Tabla 2-1 :Frecuencia de probabilidad.....	18
Tabla 2-2 :Clasificación de severidad	18
Tabla 2-3 :Matriz de criticidad	18
Tabla 2-4 :Criticidad de activos.....	20
Tabla 2-5 :Criterios de severidad	23
Tabla 2-6 :Criterios de ocurrencia.....	24
Tabla 2-7 :Criterios de detección	24
Tabla 2-8 :Criterios de evaluación NPR.....	25
Tabla 2-9 :Hoja de decisión	25

Tabla 2-10 :Hoja de decisión elaborada 30

Tabla 2-11 :Numero de prioridad de riesgo NPR 30

Tabla 3-1 :Clasificación de recursos 39

Tabla 3-2 :Codificación de recursos..... 39

Tabla 3-3 :Tarea 1 Inspeccion..... 48

Tabla 3-4 :Tarea 2 Análisis de lubricantes 48

Tabla 3-5 :Tarea 3 Control de temperatura..... 49

Tabla 3-6 :Tarea 4 Monitoreo del caudal 49

Tabla 3-7 :Tarea 5 Sustitución de empaques 49

Tabla 3-8 :Tarea 6 Verificación de alineación..... 50

Tabla 3-9 :Costo anual del plan de mantenimiento..... 50

INTRODUCCIÓN

Oxiquim S.A., una empresa chilena con más de 70 años de experiencia desde su fundación en Viña del Mar en 1955, ha desempeñado un papel crucial en el suministro de productos químicos y servicios de almacenamiento en Chile y América Latina. Con su sede principal en Providencia, Santiago de Chile, Oxiquim S.A. se ha consolidado en diversos sectores, incluyendo minería, farmacéutica, cosmética, sanidad y alimentación, entre otros. Formando parte fundamental de la cadena de valor de la industria nacional, Oxiquim almacena y distribuye materias primas esenciales para una amplia gama de productos industriales y domésticos. La empresa opera en varias ubicaciones a lo largo de Chile, incluyendo Mejillones, Santiago, Quintero, Escuadrón y Puerto Montt.

El Terminal Marítimo Quintero desempeña un papel clave al recibir y almacenar fluidos químicos de buques para su posterior distribución a clientes industriales, que incluyen distribuidoras de gas licuado, distribuidoras de combustibles, compañías mineras y muchas otras industrias que requieren suministros de productos líquidos a granel.

El mantenimiento de activos es de suma importancia para Oxiquim, ya que garantiza el funcionamiento de los procesos productivos. En el caso de la línea de soda cáustica, es inminente el riesgo al que se ven expuestos los equipos debido a la corrosión tanto interna como externa, debido al ambiente marino y a la naturaleza química de la soda cáustica. Esto puede resultar en fallos no deseados, tiempos de inactividad y un aumento de costos debido a las interrupciones en la operación de los equipos.

En este contexto, cabe destacar que el activo crítico del sistema de bombeo en la línea de soda cáustica, al cual nos referiremos en este análisis con la metodología RCM, fue indicado por la empresa durante el periodo de práctica del autor. La metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) se presenta como la solución ideal para optimizar el mantenimiento y desarrollar estrategias efectivas y personalizadas para cada activo. Este trabajo tiene como objetivo principal realizar un análisis con la metodología RCM de manera estructurada para establecer la mejor estrategia de mantenimiento para el sistema de bombeo en la línea de soda cáustica de Oxiquim Terminal Marítimo Quintero.

OBJETIVO GENERAL

Proponer actividades de mantenimiento de la bomba de soda cáustica en Oxiquim Quintero mediante la aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), entregando pautas de mantenimiento estandarizadas en base a la seguridad, medio ambiente y calidad, evaluando los beneficios esperados.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Proporcionar una descripción de los antecedentes de la empresa Oxiquim S.A., analizando los procesos relacionados con la logística, así como abordando la problemática actual y señalando la metodología de solución.
- Recopilar datos de la línea de soda cáustica en Oxiquim Terminal Marítimo Quintero, analizando los modos de fallas mediante FMECA, desarrollando la metodología RCM.
- Elaborar procedimientos de mantenimiento basado en el análisis de resultados que entrega el RCM con el propósito de desarrollar planes de mantenimiento eficientes determinando los costos asociados a las propuestas de mantenimiento.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.

1. ANTECEDENTES GENERALES.

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.

La empresa Oxiquim S.A. es una destacada empresa con profundas raíces en la región de Valparaíso, Chile.

Desde su fundación, Oxiquim ha desempeñado un papel crucial en la gestión logística de fluidos, focalizándose en el suministro de materias primas y combustibles para satisfacer la demanda nacional. Con más de 70 años de experiencia, Oxiquim se ha consolidado como un actor clave en diversos sectores, incluyendo la minería, farmacéutica, cosmética, salud y alimentos.

Uno de los pilares fundamentales de sus actividades es la gestión y almacenamiento de químicos esenciales en la cadena de suministro de empresas manufactureras. La presencia de Oxiquim se extiende por todo el país, con ubicaciones estratégicas en Mejillones, Quintero, Escuadrón, Quilicura, Iquique y Puerto Montt.

La estrategia de negocios de Oxiquim se desglosa en tres áreas clave: manufactura (con una división dedicada a resinas), distribución (que abarca la parte comercial) y terminales marítimos (con una división específica para terminales). A través de esta red diversificada, Oxiquim sirve a empresas en una amplia gama de sectores productivos, garantizando un suministro regular a más de 3.000 clientes anualmente.

En términos de operaciones, Oxiquim administra tres terminales marítimos cruciales: Quintero, Mejillones y Escuadrón. Estos terminales manejan anualmente más de 1.600.000 toneladas de carga, que incluyen combustibles como diésel y GLP, así como insumos químicos esenciales para la industria minera. El Terminal de Quintero, en particular, desempeña un papel esencial al atender entre 160 y 200 buques cargados con materias primas, asegurando un suministro continuo a las minas de la zona central, así como a industrias y distribuidores de combustibles.

Este terminal específico será el foco donde se estará aplicando de la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) en una de sus líneas de producción, concretamente, en la línea de soda cáustica.

1.1.1. MISIÓN.

La misión de Oxiquim se enfoca en la búsqueda continua de la satisfacción de sus clientes y accionistas, siendo este su objetivo primordial. La empresa se compromete a invertir en el desarrollo y formación de su equipo humano para asegurar que cuenten con las habilidades y conocimientos necesarios para proporcionar un servicio de alta calidad y cumplir con las expectativas de todas sus partes interesadas.

1.1.2. VISIÓN.

La visión de Oxiquim destaca su posición de liderazgo en el mercado, lograda mediante un enfoque inquebrantable en la satisfacción del cliente y la entrega constante de productos de la más alta calidad. La empresa no solo se esfuerza por satisfacer las necesidades presentes de sus clientes, sino que también aspira a contribuir al éxito continuo de las compañías con las que colabora a largo plazo, buscando obtener la preferencia y confianza a largo plazo de sus clientes a través de su compromiso con la excelencia en productos y servicios.

1.1.3. PROCESOS.

Terminal Quintero ofrece cuatro servicios esenciales.

- Recepción: Este servicio implica la recepción de fluidos a granel procedentes de buques.
- Transferencia: La función de transferencia se encarga de trasladar los fluidos desde el buque a los estanques atmosféricos.
- Almacenamiento: En esta etapa, los fluidos son almacenados en los estanques correspondientes.
- Despacho: Por último, el servicio de despacho se encarga de cargar los fluidos en camiones cisterna para su posterior distribución.

1.1.4. UBIICACIÓN.

Oxiquim Terminal Marítimo Quintero se erige en una ubicación estratégica de singular importancia dentro del panorama logístico chileno. Concretamente, se encuentra situado en la zona conocida como Playa El Bato F-188 12, en la localidad de Quintero, en la Región de Valparaíso, Chile. Esta ubicación geográfica desempeña un papel crucial en la operatividad y relevancia del terminal, estableciéndolo como uno de los puntos neurálgicos para el suministro y gestión de productos químicos en el país.

La elección de esta ubicación no es casualidad, ya que Quintero ofrece una combinación de factores estratégicos que lo hacen idóneo para albergar un terminal marítimo de tal magnitud. En primer lugar, su acceso al océano Pacífico proporciona una vía directa y eficiente para la importación y exportación de productos químicos, lo que facilita tanto la recepción de materias primas como la distribución de productos terminados. Además, la proximidad a importantes rutas de transporte terrestre y ferroviario agiliza el flujo logístico, conectando el terminal con puntos en todo el país.

Quintero es reconocido por su infraestructura portuaria moderna y bien desarrollada, lo que contribuye significativamente a la eficiencia operativa de Oxiquim. El terminal cuenta con muelles especializados y equipamiento avanzado que permite la carga y descarga eficaz de productos químicos a granel desde buques. Además, dispone de sistemas de almacenamiento y manejo que garantizan la seguridad y el resguardo de los productos químicos, cumpliendo con los estándares más exigentes de la industria en términos de calidad y seguridad.

La ubicación estratégica del Oxiquim Terminal Marítimo Quintero brinda ventajas significativas en términos de acceso marítimo y terrestre, infraestructura portuaria y eficiencia operativa, lo que lo consolida como un actor clave en la cadena de suministro de productos químicos a nivel nacional y regional.

Figura 1-1: Vista Aérea



Fuente: Google Earth

1.1.5. CONTEXTO OPERATIVO

En el Terminal de Quintero, un puerto marítimo, los activos de las líneas de procesos se ven sometidos a condiciones adversas debido a su contexto operativo. Esto incluye la exposición a la corrosión del aire marino y a los mismos fluidos que se van transportando.

Figura 1-2: Vista panorámica



Fuente: Periódico la tercera

Entre los químicos tóxicos-corrosivos manejados en Oxiquim, destacan especialmente el ácido sulfúrico y la soda cáustica. Es precisamente en el caso de la soda cáustica que iremos aplicando el método de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

Figura 1-3: Vista estanques oxiquim TMQ

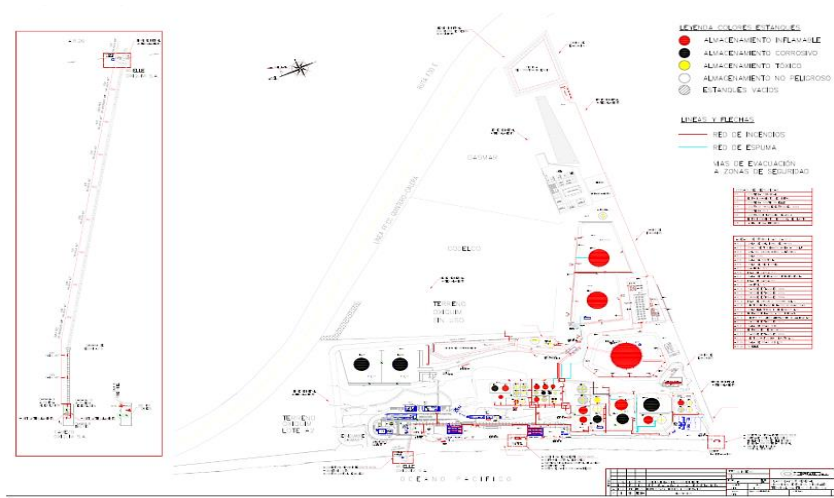


Fuente: Superintendencia del medio ambiente

Este terminal dispone de 36 estanques atmosféricos diseñados para el almacenamiento de los fluidos químicos, con una capacidad total de 76,000 metros cúbicos. Además, cuenta con un muelle mecanizado que permite la conexión con buques para la extracción de materias primas.

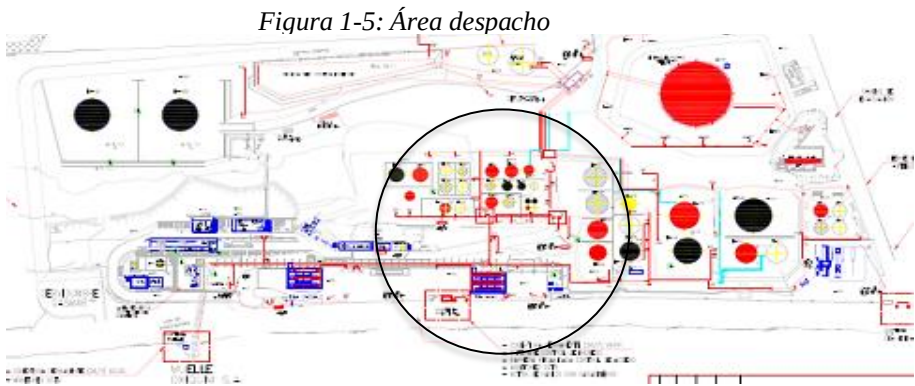
La figura siguiente presenta el plano del Terminal Marítimo Quintero de Oxiquim, lo que nos permite ir visualizaando y comprendiendo la disposición espacial de los 36 estanques de almacenamiento.

Figura 1-4: Plano de las instalaciones



Fuente: Archivos en el taller mecánico de oxiquim

En la ilustración siguiente, se destaca la zona específica donde se encuentra ubicada la línea de soda caustica.



Fuente: Archivos en el taller mecánico de oxiquim

1.1.6. PROBLEMÁTICA

Dentro del área de operaciones, nos encontramos con varios tipos de estanques atmosféricos que cumplen una función en el almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos.

Estos tanques están codificados mediante colores para facilitar la identificación de los contenidos: los estanques negros almacenan soda cáustica, un producto corrosivo; los estanques rojos contienen fluidos inflamables, mientras que los estanques amarillos indican la presencia de sustancias tóxicas.

Dados los fluidos corrosivos que manejan las líneas, va surgiendo un problema crítico en la línea de soda cáustica, que afecta significativamente la operación. En esta línea, se cuenta con una única bomba para transferir el fluido desde el estanque al camión cisterna para realizar los despachos. El problema radica en que, cuando esta bomba presenta una falla, se presenta un impacto directo en la productividad de la línea, ya que la falta de funcionamiento de esta bomba aumenta el tiempo de despacho del producto, afectando así el tiempo de llenado del camión de soda cáustica y al mismo tiempo la eficiencia de la línea de despacho.

Este inconveniente no solo va afectando en la eficiencia y productividad de las operaciones, sino que también se traduce en costos adicionales debido a la pérdida de producción y en una reducida disponibilidad de la línea. Es importante que se vaya abordando esta problemática para garantizar un funcionamiento correcto y continuo de la línea de soda cáustica, minimizando así los impactos negativos en el proceso productivo, en la seguridad y el medio ambiente.

1.1.7. DESCRIPCIÓN DE RCM

METODOLOGIA RCM

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) se configura como una metodología sistemática y documentada destinada a mejorar los planes de mantenimiento preventivo en instalaciones industriales. Centrándose en garantizar la confiabilidad de los activos, minimizando riesgos y reduciendo costos, el RCM identifica activos críticos, analizando sus funciones y posibles fallos, evaluando riesgos, eligiendo estrategias de mantenimiento y implementándolas. Los beneficios que brinda incluyen una mayor confiabilidad, una reducción de riesgos, menores costos y una optimización de la producción. Resulta esencial para la gestión de activos industriales, potenciando la eficiencia y la seguridad operativa.

Dentro de este trabajo de título, se irá aplicando la metodología RCM, esencial para abordar el desafío en la línea de soda cáustica. Esta metodología se consolidará como un enfoque efectivo en la gestión de activos críticos, asegurando un funcionamiento continuo y confiable de los equipos críticos.

A continuación, se describirán los pasos de la metodología RCM que serán aplicados para abordar este desafío.

1.1.8. PASOS PARA ELABORAR UN RCM

- Paso 1: Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos.

En esta etapa, se estarán identificando los activos críticos en el Terminal de Quintero. Se estará prestando especial atención a la bomba de la línea de soda cáustica, ya que su operación es crucial para el movimiento del fluido.

- Paso 2: Análisis Funcional.

El análisis funcional implica una comprensión completa de las funciones del equipo crítico, cómo opera en condiciones normales y cómo desempeña su papel en el proceso global de la empresa. Buscando identificar las funciones críticas que realiza un sistema o componente.

- Paso 3: Definición de Modos de Falla.

En esta fase, se identificarán y describirán en detalle los posibles modos de fallo que podrían afectar a la bomba de soda cáustica. Se representarán las diversas formas en que el sistema podría experimentar un mal funcionamiento o un fallo en su operación normal. La tarea también comprenderá una exhaustiva evaluación de los escenarios potenciales de falla.

- Paso 4: Análisis de Consecuencias de Falla.

En esta fase se ira evaluando las consecuencias de un eventual fallo de la bomba, utilizando herramientas como el FMECA (Análisis de Modo de Falla y Efectos) para comprender dónde y cómo podría acontecer un fallo, así como identificar sus posibles impactos en nuestras operaciones.

- Paso 5: Determinación de Estrategias para Cada Modo de Falla.

En este punto, se seleccionarán las estrategias de mantenimiento más apropiadas para abordar cada modo de fallo crítico identificado. Esto podría incluir acciones preventivas, predictivas o correctivas.

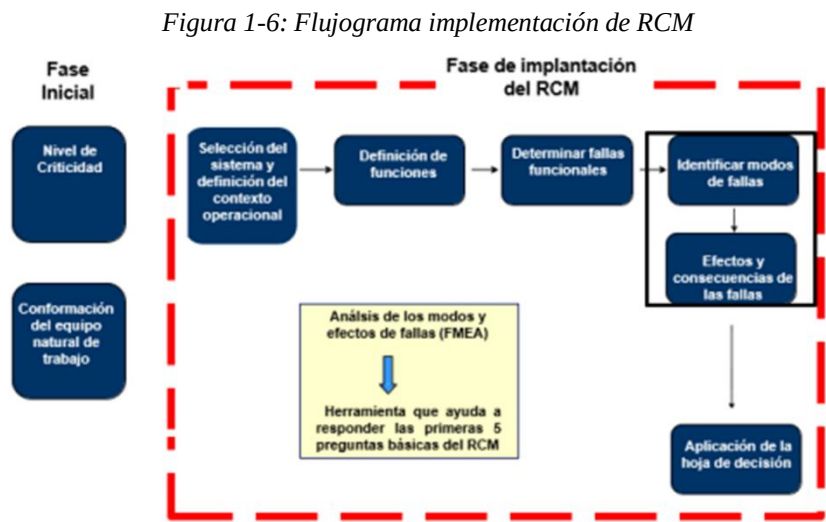
- Paso 6: Aplicación de la Estrategia y Selección de Tareas

Se definirán las tareas específicas necesarias para implementar la estrategia de mantenimiento elegida, garantizando así un funcionamiento continuo y confiable de la bomba de soda cáustica.

- Paso 7: Implementación de Recomendaciones

Finalmente, se aplicarán las recomendaciones resultantes del proceso de RCM en la línea de proceso. Estas recomendaciones irán mejorando los tiempos de mantenimiento y garantizando la confiabilidad operativa de la bomba de soda cáustica.

A continuación tenemos un flujograma de la implementación RCM:



Fuente: Universidad de Sevilla

Este proyecto se enfoca en proponer la implementación de RCM, evaluando mejoras en los procedimientos de mantenimiento en la línea de soda cáustica en Oxiquim Terminal Marítimo Quintero. El objetivo principal es lograr una mayor disponibilidad de la línea cuando sea requerida, lo que a su vez redundará en un funcionamiento más eficiente y confiable de las operaciones en el terminal.

CAPÍTULO 2 : ANALISIS DE CRITICIDAD, ANALISIS DE MODOS Y
EFFECTOS DE FALLA.

2.1. FMECA – AMEF

En el presente capítulo, se estará abordando la información necesaria para desarrollar un plan de mantenimiento adaptado a las exigencias del entorno operativo del equipo. Este proceso se lleva cabo mediante la metodología RCM empleando herramientas como el análisis FMECA (Análisis de Modo de Falla, Efecto y Consecuencia, por sus siglas en inglés), que nos permitirá ir definiendo, identificando y eliminando tanto las fallas conocidas como aquellas que podrían surgir. Este se basa en la evaluación de las posibles causas de falla, sus efectos y las consecuencias.

El análisis FMECA en el mantenimiento industrial es una herramienta que nos ayuda a ir comprendiendo y priorizando posibles fallas, sus causas y como va afectando en entornos industriales. El objetivo principal de esta herramienta es optimizar los procesos de mantenimiento, reducir riesgos y aumentar la confiabilidad operativa.

A lo largo de este proceso, se va recopilando información sobre el sistema de bombeo, como detalles de su diseño, su historial de fallas anteriores y las condiciones en las que opera. Al mismo tiempo, se van identificando los modos de falla potenciales, la probabilidad de que ocurran y las posibles consecuencias en términos de seguridad, medio ambiente y eficiencia operativa.

Es importante destacar que en la industria existen diversos enfoques de mantenimiento, cada uno con sus propias características y aplicaciones específicas. Estos incluyen el mantenimiento preventivo, que implica inspecciones programadas para evitar fallas; el mantenimiento predictivo, basado en la monitorización continua para anticipar problemas; el mantenimiento proactivo, que se centra en identificar y corregir las causas subyacentes de las fallas; y el mantenimiento correctivo, que se realiza en respuesta a fallas imprevistas.

2.1.1 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

La técnica de Análisis de Criticidad es una herramienta fundamental en la gestión de activos y mantenimiento, particularmente en industrias donde la confiabilidad de los equipos es esencial, como el manejo de soda cáustica. Al considerar datos como, frecuencia de fallos y las consecuencias podemos calcular y obtener una evaluación precisa de la criticidad de los activos dentro de la empresa.

Este análisis permite priorizar sus recursos de mantenimiento, enfocándolos en aquellos activos que tienen un mayor impacto en la operación y en la seguridad de la planta. Además, identifica posibles puntos de mejora en términos de diseño, procedimientos o estrategias de mantenimiento.

Al comprender cuáles son los activos críticos, se puede desarrollar planes y estrategias de riesgos específicas para minimizar las interrupciones no planificadas en la línea de soda cáustica. Con el fin de reducir los costos operativos y de reparación, además de, contribuir a mantener altos niveles de seguridad en la planta y a cumplir con estándares de calidad.

Para lograr esto, es fundamental considerar tanto la frecuencia de probabilidad del evento de falla, cómo la severidad de las consecuencias. Estos factores son clave para llevar a cabo la clasificación de los activos críticos a través de la matriz de criticidad. A continuación, se representan estos datos a través de las siguientes tablas:

Tabla 2-1 Frecuencia de probabilidad

ESCALA	PROBABILIDAD DEL EVENTO
1	muy improbable
2	improbable
3	algo probable
4	probable
5	muy probable

Fuente: Introducción a la confiabilidad operacional. Cied. (2000)

Tabla 2-2 Clasificación de severidad

ESCALA	SEVERIDAD DE CONSECUENCIA
A	no severa
B	poco severa
C	algo severa
D	severa
E	muy severa

Fuente: Introducción a la confiabilidad operacional. Cied. (2000)

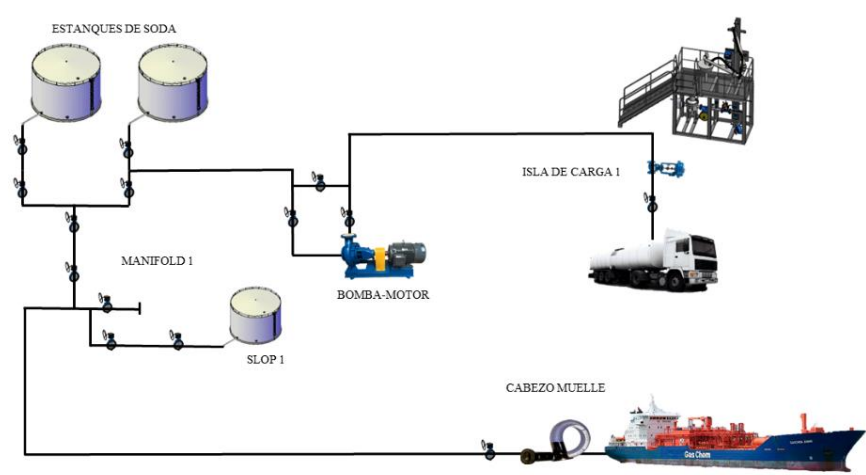
Tabla 2-3 Matriz de Criticidad

	A	B	C	D	E
5	Medio	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
4	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
3	Bajo	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
2	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
1	Muy Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto

Fuente: Introducción a la confiabilidad operacional. Cied. (2000)

Teniendo claridad con la información proporcionada en las tablas anteriores, debemos analizar la dinámica del sistema de soda cáustica desde la recepción del producto en los buques hasta su posterior despacho en camiones cisterna. Además, es importante comprender la disposición de los activos en el proceso, y para ello se presenta el siguiente mapa de proceso que facilita la comprensión.

Figura 2-1 : Mapa de Proceso



Fuente: Elaboración propia con información de operador oxiquim

El procedimiento comprende tres etapas: recepción, almacenamiento y despacho. Durante la recepción, el producto llega en buques de transporte y se conecta al muelle de Oxiquim mediante mangueras flexibles compuestas, facilitando el transporte del fluido hacia las instalaciones en tierra. Una vez en tierra, el fluido pasa por el Slop 1, donde se somete a análisis para evaluar su calidad. En caso de no cumplir con los estándares, se desvía hacia el Manifold 1 para su devolución por vía terrestre. Si cumple con los requisitos de calidad, se encamina a la etapa de almacenamiento, siendo trasladado a los estanques atmosféricos de fluido corrosivo.

En la etapa de despacho, la soda se traslada desde el estanque al camión mediante una bomba hidráulica, llenando así el camión cisterna del cliente a través de una línea de tuberías. Este análisis RCM se enfoca en la etapa 3, el despacho, donde se ubica el activo responsable de ir generando movimiento en el fluido al momento de entregar el producto al cliente.

Tabla 2-4 Criticidad de Activos

	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
Bomba hidraulica	4	C	Alto
Tuberias piping	3	C	Medio
Estanque almacenamiento	1	D	Medio

Fuente: Elaboración propia dados los resultados

Como resultado tenemos que la bomba hidráulica ha sido calificada con alta criticidad en comparación con otros activos de la línea debido a su función de generar movimiento al fluido al momento de entrega. Su correcto funcionamiento es importante para mantener un flujo constante y eficiente en la línea de producción. Cualquier falla en su operación afecta tanto la disponibilidad del sistema, como la productividad del proceso.

En este contexto, es importante señalar que la pérdida de la función principal de cualquier activo, como la bomba hidráulica, provoca una reducción significativa en las actividades del proceso. Específicamente una falla en la bomba implicaría que el sistema no es capaz de mantener la eficiencia para trasladar el fluido desde el estanque al camión cisterna, lo que aumentaría el tiempo de llenado del camión. Esto tendría un impacto directo en la eficiencia del proceso, lo que a su vez afectaría la puntualidad de entregas y la satisfacción del cliente.

2.1.2 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA

Para llevar a cabo una adecuada implementación del FMECA, es esencial identificar la función principal, o la función de mayor relevancia, que garantiza el funcionamiento del sistema en condiciones normales de operación.

Del mismo modo, se debe analizar detalladamente esta función, los posibles modos de falla y evaluando sus respectivos efectos.

Equipo	Función Principal y Secundaria
Bomba Hidráulica	Generar movimiento en el fluido de la línea de soda caustica con un caudal de 1200 l/min. Abastecer camiones cisternas para su eventual despacho.

Después de definir tanto las funciones principales como las secundarias, el siguiente paso es completar las tablas de datos necesarias para llevar a cabo el análisis de modos y efectos de falla. En este proceso, es fundamental seguir las pautas establecidas por la norma SAE J1739, la cual establece los siguientes requisitos:

- Función
- Modo de Falla
- Efecto de falla
- Severidad
- Ocurrencia
- Detectabilidad
- Numero de probabilidad de riesgo
- Acciones/Tareas

2.1.3 FUNCIÓN

La función de un activo se refiere al propósito principal con el cual se diseñó dentro de un sistema de proceso. Implica que el equipo realice una tarea específica.

2.1.4 MODOS DE FALLA

El modo de falla se refiere a la forma en que se ve afectado un activo, resultando en una pérdida de sus funciones. Esto puede verse reflejado en una falla funcional total, que implica la pérdida completa de su capacidad de operación, o en una falla funcional parcial, que involucra un desgaste o una pérdida de sus parámetros nominales de funcionamiento.

2.1.5 EFFECTOS DE FALLA

El efecto de una falla se refiere a las consecuencias que resultan de un modo de falla en específico, incluyendo su impacto en el funcionamiento, la seguridad y el medio ambiente. Es fundamental comprender que algunas fallas pueden tener efectos menores y no críticos, mientras que otras pueden tener consecuencias graves y muy críticas.

2.1.6 SEVERIDAD

La severidad en el contexto del mantenimiento industrial se refiere al impacto o grado de gravedad de una falla no deseada. Se trata de una medida que clasifica la falla en función de las posibles consecuencias negativas que podría acarrear a la empresa, incluyendo costos, seguridad, medio ambiente y otros aspectos. Cuanto más severa se califique la falla, mayores serán sus repercusiones. Esto nos permite determinar qué tareas deben abordarse con urgencia para prevenir la falla y tomar medidas. Se clasifica en una escala numérica en donde el mayor número indica una consecuencia más grave.

En la siguiente tabla se tienen los criterios de severidad sugeridos para la evaluación de criticidad:

Tabla 2-5: Criterios de Severidad

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

Fuente: Norma SAE J1739

2.1.7 OCURRENCIA

La ocurrencia en mantenimiento se refiere a la frecuencia o probabilidad de falla con la que se espera que suceda una falla o un evento que no esté previsto. La ocurrencia un factor importante a la hora de gestionar el riesgo dado que, esto influye directamente en la estrategia de mantenimiento que se debe abordar. Se clasifica con una escala numérica en donde el mayor valor es el cual indica una mayor probabilidad de ocurrencia.

En la siguiente tabla se tienen los criterios de ocurrencia sugeridos para la evaluación de criticidad:

Tabla 2-6: Criterios de Ocurrencia

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

Fuente: Norma SAE J1739

2.1.8 DETECTABILIDAD

Detectabilidad se refiere a la capacidad para identificar una falla una vez que ocurre y antes de que cause daños graves. Es un factor importante a la hora de gestionar el riesgo dado que, influye directamente en la capacidad de la empresa para tomar medidas de solución. Se clasifica en una escala numérica donde el número menor corresponde una alta detectabilidad a que la falla es rápida de detectar lo que da a lugar a una buena gestión de respuesta ante una falla imprevista y a disminuir los impactos.

En la siguiente tabla se tienen los criterios de detección sugeridos para la evaluación de criticidad:

Tabla 2-7: Criterios de Detección

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

Fuente: Norma SAE J1739

2.1.9 NPR (NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO)

El número de prioridad de riesgo NPR O RPN es una herramienta para ir evaluando y priorizando los riesgos que esten relacionados al sistema. Es comúnmente usado para la gestión de mantenimiento y la gestión de calidad, ayudando a identificar y abordar las posibles fallas y sus riesgos relacionados con ella.

Para determinar el número de prioridad de riesgo de las fallas posibles en el sistema debemos tomar en cuenta los conceptos anteriormente mencionados como lo son la severidad (S), la ocurrencia (O), Detectabilidad (D). Para dar determinar el NPR usaremos la siguiente fórmula para el cálculo:

Figura 2-2: Formula de Numero de prioridad de

NPR = S x O x D

Fuente: Norma SAE J1739

Tabla 2-8: Criterios de evaluación de NPR

PRIORIDAD NPR	S · O · D = NPR
Riesgo Alto	500-1000
Riesgo Medio	125-499
Riesgo Bajo	1-124
No existe riesgo	1

Fuente: Norma SAE J1739

Función Principal		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla/ Síntoma	Consecuencia de la falla	S	O	D	NPR
A	Generar movimiento en el fluido de la línea de soda caustica a un caudal de 1200 l/min.	A.1	Falla funcional total: Incapaz de generar movimiento al fluido de soda caustica.	A.1.1	Impulsor bloqueado	- Ausencia de caudal - Sobrecarga del motor - Vibración del equipo	- Impacto Producción: Si, paraliza el proceso logrando costos e insatisfacción. - Seguridad: Si, podría ocasionar altas temperaturas - Medio ambiente: No	8	4	5	160
				A.1.2	Rodamiento atascado	- Aumento de la fricción - Vibración excesiva - Temperatura excesiva	- Impacto Producción: Si, podría paralizar el proceso - Seguridad: Si, podría ocasionar altas temperaturas - Medio ambiente: No	8	3	5	120
				A.1.3	Motor eléctrico en corte	- Accionamiento de protecciones eléctricas - Emana olor a quemado - Interrupción de la operación	- Impacto Producción: Si, paraliza el proceso productivo - Seguridad: Si, podría ocasionar quemaduras y electrocución. - Medio ambiente: No	8	4	5	160
				A.1.4	Rotura del eje	- Pérdida de sellado, - Fugas de fluido - Pérdida de presión - Alta temperatura	- Impacto Producción: Si, paraliza el proceso de despacho. - Seguridad: Si, podría ocasionar lesiones al personal - Medio ambiente: Si, podría ocasionar contaminación de suelo por fluido corrosivo	9	6	4	216
		A.2	Falla Funcional Parcial: La Bomba mueve menos volumen de caudal del necesario.	A.2.1	Impulsor con desgaste	- Reducción de caudal - Mayor tiempo de llenado - Mayor consumo de energía - Aumento del costo operativo	- Impacto Producción: Si, no cumple con el tiempo de despacho al cliente - Seguridad: No - Medio ambiente: No	5	6	5	150
				A.2.2	Desgaste en empaquetaduras	- Fugas visibles - Reducción de presión - Vibraciones anormales - Aumento de temperatura	- Impacto Producción: Si, no cumple con el tiempo de despacho al cliente - Seguridad: Si, podría ocasionar quemaduras por corrosivo en personal. - Medio ambiente: Si, podría ocasionar contaminación de suelo por fluido corrosivo	9	7	4	252
				A.2.3	Obstrucciones en la succión	- Aumento de carga del motor - Presencia de cavitación - Pérdida de rendimiento de la bomba	- Impacto Producción: Si, aumenta el tiempo de despacho del fluido al cliente - Seguridad: No - Medio ambiente: No	5	6	5	150
				A.2.4	Cavitación	- Ruido anormal - Aumento de vibraciones - Aumento del tiempo de llenado	- Impacto Producción: Si, aumenta el tiempo de despacho - Seguridad: No. - Medio ambiente: No	6	5	4	120

2.2. RCM (MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD)

2.2.1 HOJA DE DESICIÓN

La hoja de decisión es una herramienta que proporciona detalles para describir los modos de fallo de un activo. Al observar la tabla, encontramos que la letra F representa la función del equipo, mientras que las letras FF indican la falla funcional y la FM señala el modo de fallo. A continuación, se presentan las evaluaciones de las consecuencias, identificadas por las letras H, S, E, O y N. En estos elementos, las respuestas se resumen como "S" para sí y "N" para no.

Tabla 2-9: Hoja de decisión

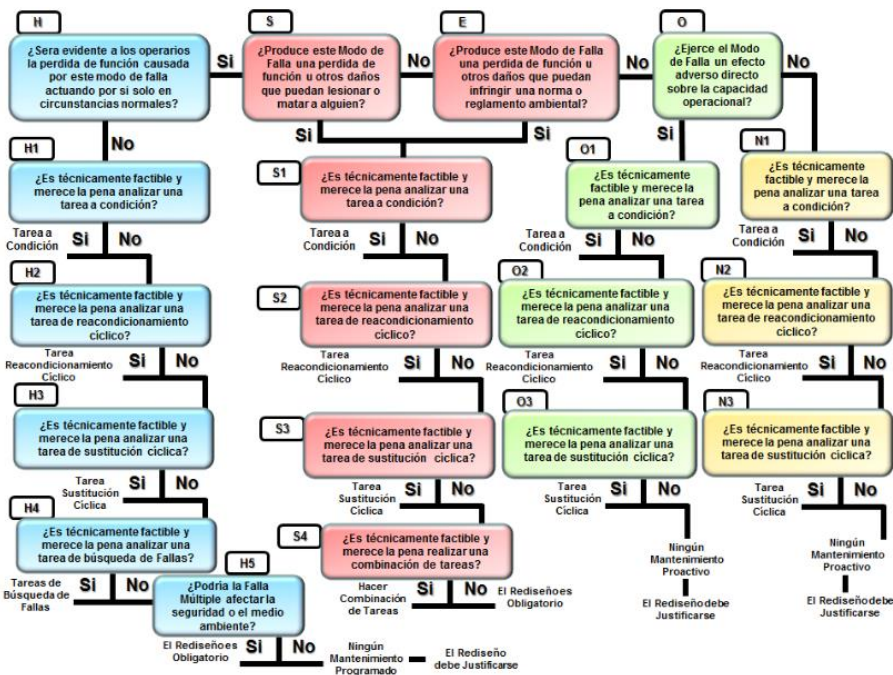
HOJA DE DECISION RCMII © 1990 ALADON LTD										SISTEMA				Sistema N°		Facilitador:		Fecha		Hoja N°							
										SUBSISTEMA				Subsistema N°				Auditor:		Fecha		de					
Referencia de información										Tarea Propuesta										Intervalo inicial		A realizarse por					
F		FF		FM		H		S		E		O		H1 S1 O1 N1		H2 S2 O1 N2		H3 S3 O3 N3		Acción a falta de H4 H5 S4							

2.2.2 DIAGRAMA DE DESICIÓN

Se trata de una herramienta que nos permite tomar decisiones relacionadas con el mantenimiento de equipos, siendo utilizada para definir la estrategia de mantenimiento más adecuada. Al emplear un diagrama, los encargados del mantenimiento pueden visualizar de buena forma las distintas opciones disponibles, lo que simplifica la toma de decisiones fundamentadas y, en consecuencia, contribuye a optimizar el proceso.

A través de este diagrama se debe ir respondiendo preguntas con las consecuencias que puede ocasionar cada modo de fallo.

Figura 2-3: Diagrama de decisión



Fuente: RCM John Moubray

2.2.3 TAREAS DE MANTENIMIENTO

2.2.3.1.TAREA A CONDICION

Se refiere a una tarea de mantenimiento programado que cuando se alcanza la condición o estado indica que la intervención es necesaria, la idea de este tipo de tarea es que se ejecute cuando se detectan ciertas condiciones que permiten identificar una falla antes de que ocurra.

2.2.3.2.TAREA DE REACONDICIONAMIENTO

Se refiere a una tarea de mantenimiento que restaura o renueva un equipo con el fin de mejorarlo o devolverlo a su estado inicial óptimo. Estas tareas buscan extender la vida útil de un activo, a través de reparaciones de componentes dañados, limpieza a fondo, cambio de componentes o el ajuste de partes para su correcto funcionamiento.

2.2.3.3.TAREA DE SUSTITUCION

Se refiere a una tarea de mantenimiento que sustituye o cambia las partes de un equipo por uno nuevo con el fin de volverlo a dejar operativo después de sufrir un desgaste excesivo, estas tareas son necesarias cuando el activo o alguno de sus componentes han llegado al fin de su vida útil. Las tareas de sustitución son actividades esenciales que garantizan que los activos sigan funcionando de manera segura.

2.2.3.4.TAREA ACCIÓN A FALTA DE

Se refiere a que un sistema, servicio o entidad está siendo sometido a actividades planificadas para su cuidado, reparación o mejora. Durante este período, puede estar temporalmente fuera de servicio o con funcionalidad limitada. El mantenimiento puede ser programado para actualizaciones o no programado debido a emergencias

2.2.4 ELABORACIÓN DE LA HOJA DE DESICIÓN

Tabla 2-10: Hoja de decisión RCM

Sistema de bombeo línea de soda caustica																
Referencia información			Evaluación Consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de				Tareas Propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
A	1	1 impulsor bloqueado	S	N	N	S	S						Inspección del estado de funcionamiento del impulsor	semanal	Personal de Mantenición	
A	1	2 rodamiento atascado	S	N	N	S	S						Inspección de funcionamiento del rodamiento	mensual	Personal de Mantenición	
A	1	3 motor en corte	S	N	N	S	S						Inspección del estado del motor	mensual	Personal de Mantenición	
A	1	4 rotura del eje	S	N	S		S						Inspección del comportamiento del eje	semanal	Personal de Mantenición	
A	2	1 impulsor con desgaste	N				N	N	S				Seguimiento del funcionamiento impulsor de	semanal	Personal de Mantenición	
A	2	2 desgaste de empaquetadura	S	N	S		N	N	S				inspeccion de posibles fugas en sello mecanico y posible sustitución	mensual	Personal de Mantenición	
A	2	3 obstrucción en la succión	N				S						Inspección en la entrada y salida de la bomba	semanal	Personal de Mantenición	
A	2	4 cavitacion	N				S						Monitoreo de cambios en la vibracion	mensual	Personal de Mantenición	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-11: Numero de prioridad de riesgo

Modo de falla	NPR	Riesgo
A.1.1	160	medio
A.1.2	120	bajo
A.1.3	160	medio
A.1.4	216	medio
A.2.1	150	medio
A.2.2	252	medio
A.2.3	150	medio
A.2.4	120	bajo

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente capítulo, nos iremos adentrando en la propuesta de un plan de mantenimiento diseñado para el equipo crítico en el sistema de soda cáustica.

CAPÍTULO 3 : PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO Y
ANÁLISIS ECONÓMICO

3.1. PLAN DE MANTENIMIENTO

En este capítulo, estamos abordando la planificación previa a la ejecución de las actividades de mantenimiento, centrándonos en las tareas más críticas que a su vez van requiriendo herramientas, insumos y personal para su realización. A través de las metodologías RCM y FMECA, estamos proponiendo actividades que mejoran el mantenimiento, las cuales deben ser llevadas a cabo por personal que se haya capacitado previamente.

Se va programando el plan de mantenimiento basándonos en los resultados del diagrama de decisiones de RCM, que nos permite no solo ir ejecutando las tareas de manera oportuna, sino también ir ajustando continuamente y mejorando a medida que estamos recopilando más información y realizando evaluaciones detalladas. Combinando RCM y FMECA para gestionar efectivamente el mantenimiento, enfocándonos en las tareas mientras estamos comprendiendo posibles fallos y sus consecuencias críticas. Estableciendo una secuencia lógica de actividades, estamos creando así una ruta organizada para las tareas de mantenimiento, priorizando en función de la criticidad de los equipos y los modos de falla identificados previamente.

En la implementación del mantenimiento a condición, mediante las metodologías mencionadas, tenemos actividades que deben ir siendo llevadas a cabo por profesionales capacitados o con conocimientos previos en análisis de vibraciones, monitoreo de caudal y alineación láser. Este personal puede provenir de un personal contratado o personal que haya sido capacitado específicamente para estar ejecutando estas tareas.

3.1.1. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

El equipo de protección personal (EPP) va desempeñando un papel crucial en la ejecución de actividades y tareas de mantenimiento, dado que se va exponiendo al personal a diversos riesgos. Por esta razón, es importante que se este utilizando el EPP de manera continua a la hora de realizar alguna actividad para así minimizar los riesgos a los que se van enfrentando los trabajadores. Es fundamental la conciencia y la práctica en el uso constante del EPP como medida preventiva esencial para garantizar la seguridad y el bienestar de los trabajadores durante la realización de sus labores de mantenimiento.

Para este plan de mantenimiento en específico tenemos elementos de seguridad para cada una de las tareas que se deben realizar los cuales son:

➤ Casco de mecánico:

Elemento diseñado para resguardar la cabeza en entornos laborales donde puede ir existiendo riesgo de impacto, caída de objetos o lesiones en la cabeza. Su función principal consta de ir absorbiendo o dispersando la energía generada por un impacto, previniendo así lesiones graves.

➤ Zapatos de seguridad:

Elemento diseñado para resguardar los pies de los trabajadores en entornos laborales donde puede ir existiendo riesgos de lesiones, caídas, impactos o exposición a elementos peligrosos. Su función principal es ir proporcionando seguridad al usuario, ofreciendo características como punteras reforzadas, suelas antideslizantes y resistencia a impactos.

➤ Lente antiparra de seguridad:

Elemento diseñado para proteger los ojos de los usuarios en entornos laborales donde pueden ir existiendo lesiones oculares. Su función principal es ir proporcionando una barrera física que este resguardando los ojos de posibles peligros, como partículas voladoras, polvo, productos químicos, salpicaduras y otros elementos que podrían ir causando daños a la vista.

➤ Guantes de seguridad cabritilla:

Se refiere a un elemento diseñado para resguardar las manos de los trabajadores en entornos laborales donde pueden ir existiendo riesgos de abrasión, cortes, quemaduras y otros peligros que podrían ir afectando la integridad de las manos del personal. La función principal es ir proporcionando una barrera protectora que es efectiva entre las manos del usuario y los riesgos que se van presentando en el entorno de trabajo.

➤ Overol:

Se refiere a un elemento que es diseñado para resguardar el cuerpo de los trabajadores en entornos laborales donde pueden ir existiendo diversos riesgos, como exposición a productos químicos, salpicaduras, partículas, polvo y otros peligros potenciales. La función principal del overol es ofrecer una barrera física que vaya protegiendo la piel y la ropa del usuario contra posibles riesgos que se vayan haciendo presentes en el lugar de trabajo.

El uso de estos Equipos de Protección Personal (EPP) es obligatorio para cada tarea que este realizando, ya que es fundamental garantizar la seguridad de los trabajadores dentro del área de trabajo. Además, la necesidad de cada uno de los EPP es evidente, especialmente al estar trabajando con soda cáustica en la línea que estamos abordando en este trabajo de título.

3.1.2. HERRAMIENTAS NECESARIAS

Para ir abordando adecuadamente la ejecución de tareas de mantenimiento, se requiere ir utilizando diversas herramientas específicas para llevar a cabo el mantenimiento de manera eficiente. Estas herramientas, que son esenciales para el proceso y asegurar una buena intervencion del equipo para que siga operando de la mejor manera posible. Estas herramientas se dividen en herramientas manuales y herramientas de medición.

3.1.2.1. HERRAMIENTAS MANUALES

➤ Llave de torque

Se refiere a una herramienta que es utilizada para ir aplicando un torque o momento de fuerza específico a un perno, tuerca u otro elemento de fijación. Su función principal es ir garantizando que los elementos de fijación se aprieten con la fuerza adecuada para asi estar evitando problemas como el aflojamiento prematuro, la deformación de las piezas o el daño a los materiales.

➤ Barretilla de alineación

Se refiere a una herramienta que se inserta en los agujeros de los pernos de las bridas para estar asegurando que estén perfectamente alineadas antes de apretar los pernos. Su función principal es facilitar la instalación de los pernos, evitar desalineaciones en las uniones al estar garantizando un ajuste preciso y se reduciendo el riesgo de fugas o problemas debido a una mala alineación.

➤ Llaves punta corona

Se refiere a herramientas manuales diseñadas para ir apretando o aflojando pernos y tuercas con cabezas hexagonales u octagonales. Su función principal consiste en ir proporcionando el agarre necesario del perno o tuerca, permitiendo la aplicación efectiva de fuerza. Estas herramientas son esenciales para llevar a cabo tareas de apriete y desapriete.

➤ Botella de muestreo

Se refiere a un recipiente especialmente diseñado para ir recolectando muestras representativas de líquidos o gases en entornos específicos. Su función principal es estar permitiendo la obtención de muestras de manera precisa y controlada para su posterior análisis.

➤ Clipboard

Se refiere a herramienta práctica para realizar registros, toma de datos y organizar documentos mientras se está en el área de trabajo, consiste en una superficie plana, generalmente de cartón o plástico rígido, con un clip en la parte superior que sujeta las hojas de papel o formularios en su lugar. Su función principal es proporcionar una superficie rígida para ir anotando o registrando los datos mientras se está en terreno.

3.1.2.2. HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN

➤ Cámara termográfica

Se refiere a un dispositivo que va captando y mostrando las variaciones de temperatura de objetos y entornos mediante la detección de radiación infrarroja. Su función principal es ir convirtiendo las diferencias de temperatura en una imagen visual, donde cada color o tono va representando un rango específico de temperatura.

➤ Analizador de vibraciones

Se refiere a un dispositivo utilizado para ir mediendo, analizando y registrando las vibraciones en maquinaria y estructuras. Su función principal es ir evaluando la salud y el rendimiento de equipos rotativos, como motores, bombas, compresores y otros elementos mecánicos, al identificar patrones vibratorios que podrían ir indicando problemas potenciales.

➤ Alineador laser

Se refiere a un dispositivo que utiliza un rayo láser para ir ayudando en la alineación precisa de componentes, maquinaria o estructuras. Su función principal es ir facilitando la alineación rápida y precisa de objetos o sistemas, asegurando que estén correctamente posicionados de acuerdo con ciertos parámetros.

➤ Medidor de flujo ultrasónico

Se refiere a un dispositivo que utiliza ondas ultrasónicas para ir mediendo la velocidad del flujo de un fluido. Su función principal es ir proporcionando mediciones precisas y no invasivas del flujo en sistemas de tuberías.

3.1.3. REPUESTOS E INSUMOS

➤ Pernos

Se refiere a elementos de fijación mecánica que se van utilizando para unir dos o más componentes. Tienen un diseño cilíndrico con una rosca en uno o ambos extremos, y suelen irse utilizando en conjunto con una tuerca para asegurar una conexión. La función principal de los pernos es estar proporcionando una sujeción segura y resistente

➤ Paño absorbente

Se refiere a un tejido o material diseñado para ir absorbiendo y reteniendo líquidos de manera eficiente. Su función principal es ir recogiendo y conteniendo los líquidos, ya sea agua, aceite u otros fluidos, con el propósito de ir limpiando superficies, derrames, o para usos específicos en entornos industriales

➤ Empaquetadura

Se refiere a un componente utilizado para ir sellando y preveniendo fugas entre dos superficies en contacto, como las partes móviles de una máquina o los extremos de tuberías. Su función principal es estar garantizando la hermeticidad e ir evitando la pérdida de fluidos, ya sean líquidos o gases, en una amplia variedad de aplicaciones industriales

3.1.4. CODIFICACIÓN

Es importante establecer un sistema de codificación eficiente para cada recurso destinado al plan de mantenimiento y a sus respectivas tareas. Este código nos sirve para ir identificando a los recursos y desempeñando una correcta gestión de los recursos. Al asociar este código único a los recursos nos facilita una rápida ubicación física y una identificación de sus características.

A continuacion se tiene dos tablas, una con la clasificación y otra con la respectiva codificación de los recursos que se han ido abordando:

Tabla 1-1 :Clasificación de recursos

CLASIFICACIÓN		
EPP	REPUESTO E INSUMO	HERRAMIENTAS
Casco	Empaquetadura	Barra de gancho
Zapatos	pernos	Llaves punta corona
Lentes	Paño absorbente	Llave de torque
Guantes	Clipboard	Bomba de vacio manual
Overol		Botella de muestreo
		Camara termografica
		Analizador de vibraciones
		Alineador laser
		Medidor de flujo ultrasónico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2: Codificación de recursos

Codificación Inventario				
Grupo	Ítem	Subgrupo	Unidad	Código
A0	Elemento de protección personal	0.1	Casco	A0/0.1
		0.2	Zapatos	A0/0.2
		0.3	Lentes	A0/0.3
		0.4	Guantes	A0/0.4
		0.5	Overol	A0/0.5
A1	Herramientas manuales	0.6	Llave de torque	A1/0.6
		0.7	Barra de gancho	A1/0.7
		0.8	Llaves punta corona	A1/0.8
		0.9	Bomba de vacio manual	A1/0.9
		0.10	Botella de muestreo	A1/0.10
		0.11	Clipboard	A1/0.11
A2	Herramientas de medición	0.12	Camara termografica	A2/0.12
		0.13	Analizador de vibraciones	A2/0.13
		0.14	Alineador laser	A2/0.14
		0.15	Medidor de flujo ultrasóni	A2/0.15
A3	Repuestos e insumos	0.16	Pernos	A3/0.16
		0.17	Paño absorbente	A3/0.17
		0.18	Empaquetadura	A3/0.18

Fuente: Elaboración propia

3.2. ELABORACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

En el proceso de desarrollo del plan de mantenimiento, hemos ido aprovechando las capacidades avanzadas de Fractal One, un software especializado y reconocido por su eficacia en la gestión de mantenimiento.

Este sistema va simplificando la planificación de tareas y también proporcionando herramientas integrales para la asignación estratégica de recursos, permitiendo una optimización precisa de los activos. Además, Fractal One destaca por su capacidad para ir generando informes detallados, facilitando el análisis y seguimiento del rendimiento del mantenimiento. Esta integración tecnológica va mejorando la eficiencia operativa y también va aportando una visión analítica valiosa para la toma de decisiones informadas en la gestión de activos.

Para esto dispondremos de un equipo de trabajo conformado por dos trabajadores:

- Maestro mecánico el cual debe contar con estudios y capacitaciones en materia de lubricantes, mediciones de temperatura, monitoreo de caudal y alineación de bombas.
- Ayudante de mecánico el cual debe contar con estudios de enseñanza media, cursos y capacitaciones sobre mediciones de temperatura e inspecciones.

En el software se fue elaborando el plan de mantenimiento con las siguientes 6 tareas asociadas:

➤ Tarea 1 :

Como primera tarea, nos iremos enfocando en la inspección de la bomba hidráulica, compuesta por seis subtareas. La ejecución de estas actividades demanda la intervención de personal mecánico capacitado, con el propósito de ir garantizando un funcionamiento óptimo y detectando de manera temprana los posibles problemas. Para llevar a cabo eficientemente esta tarea, contamos con ocho recursos esenciales, que incluyen el recurso humano, herramientas e insumos para mantener y prolongar la vida útil de la bomba.

En la siguiente ilustración se puede ver detalladamente la tarea del plan de mantenimiento.

Ilustración 3-1: Tarea 1

TAREA: 1. INSPECCIÓN

TIPO DE TAREA: TAREA A CONDICIÓN

CLASIFICACIÓN 1: INSPECCIÓN VISUAL

CLASIFICACIÓN 2: EQUIPO DE BOMBEO

PRIORIDAD: Media

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 00mins

DURACIÓN ESTIMADA: 40mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por

Descripción

Fecha

Cada 1 Semana(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
	UTILICE EPP CORRESPONDIENTE	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	DIRIGIRSE AL AREA DONDE SE UBICA LA BOMBA	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	LIMPIAR CON PAÑOS LAS UNIONES Y LAS SUPERFICIES.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	INSPECCIONAR SI LA BOMBA PRESENTA FUGAS DE FLUIDO, CORROSIÓN O DAÑOS. REGISTRAR CARACTERISTICAS DEL EVENTO	Texto
BOMBA HIDRAULICA	INSPECCIONAR CONEXIONES Y SOPORTES.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	DAR AVISO Y REGISTRAR CUALQUIER ANORMALIDAD	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
CASCO (A0/0.1)	1	Inventario
ZAPATOS DE SEGURIDAD (A0/0.2)	1	Inventario
GUANTES DE SEGURIDAD (A0/0.4)	1	Inventario
LENTES DE SEGURIDAD (A0/0.3)	1	Inventario
OVEROL (A0/0.5)	1	Inventario
PAÑO ABSORBENTE (A3/0.17)	1	Inventario
CLIPBOARD (A1/0.11)	1	Inventario
AYUDANTE	1	Recursos Humanos

Fuente: Elaboración propia en fracttal

➤ Tarea 2:

Esta actividad implica ir realizando un análisis de lubricante, el cual tiene como objetivo ir evaluando la calidad y estado del lubricante en la maquinaria, identificando posibles desgastes, contaminantes o problemas que podrían afectar el rendimiento, además de la vida útil de los componentes, permitiendo así una gestión proactiva del mantenimiento, este analisis se va dividiendo en ocho subtareas en las cuales, se va haciendo indispensable contar con recursos críticos importantes para ir garantizando la eficacia y precisión en la realización de la tarea.

En la siguiente ilustración se puede ver detalladamente la tarea del plan de mantenimiento.

Ilustración 3-2: Tarea 2

TAREA: 2. ANÁLISIS DE LUBRICANTES

TIPO DE TAREA: TAREA A CONDICION

CLASIFICACIÓN 1: GESTION MECANICA

CLASIFICACIÓN 2: EQUIPO DE BOMBEO

PRIORIDAD: Media

TIEMPO DE PAÑO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por

Descripción

Fecha

Cada 3 Meses

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
	UTILICE EPP CORRESPONDIENTE	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	DIRIGIRSE AL AREA DONDE SE ENCUENTRA LA BOMBA	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	APAGAR MOTOR ELÉCTRICO. MEDIR EL TUBO DE EXTRACCIÓN Y CORTAR A LO LARGO DE LA VARILLA DE NIVEL DE ACEITE.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	INSERTE EL TUBO POR LA CABEZA DE LA BOMBA DE VACIO Y APIRIETE LA TUERCA DE RETENCION. EL TUBO DEBE SOBRESALIR 4 CM APROX DE LA BASE DE LA CABEZA DE LA BOMBA DE VACIO.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	CONECTAR LA BOTELLA DE MUESTREO A LA BOMBA DE VACIO E INSERTE EL EXTREMO DEL TUBO EN EL ACEITE. NO PERMITIR QUE TOQUE EL FONDO.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	ACCIONAR LA MANEJA DE LA BOMBA PARA CREAR UN VACIO. MANTENGA LA BOMBA EN POSICIÓN VERTICAL. LLENAR 3/4 DE LA BOTELLA PARA MUESTRAS. NO LLENAR COMPLETAMENTE.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	SACAR EL TUBO DEL COMPARTIMIENTO. SACAR LA BOTELLA DE LA BOMBA DE VACIO Y ASEGURAR CON LA TAPA DE INMEDIATO.	Si / No
	REGISTRAR RESULTADOS OBTENIDOS	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
CASCO (A/0.1)	1	Inventario
ZAPATOS DE SEGURIDAD (A/0.2)	1	Inventario
LENTES DE SEGURIDAD (A/0.3)	1	Inventario
GUANTES DE SEGURIDAD (A/0.4)	1	Inventario
OVEROL (A/0.5)	1	Inventario
PAÑO ABSORBENTE (A/0.17)	1	Inventario
BOMBA DE VACIO MANUAL (A/0.9)	1	Inventario
BOTELLA DE MUESTREO (A/0.10)	1	Inventario
CLIPBOARD (A/0.11)	1	Inventario
MECANICO	1	Recursos Humanos

➤ Tarea 3:

La tarea consiste en realizar un control de temperatura para asegurar que el fluido circulante en el sistema se vaya manteniendo dentro de rangos seguros y óptimos. Esta actividad está estructurada en ocho subtareas específicas. La ejecución de estas etapas requerirá la intervención de personal capacitado en el ámbito del control térmico. Asimismo, es esencial contar con recursos estratégicos que iran desempeñando un papel fundamental para asegurar la precisión en el desarrollo de la tarea.

En la siguiente ilustración se puede ver detalladamente la tarea del plan de mantenimiento.

Ilustración 3-3: Tarea 3

TAREA: 3. CONTROL DE TEMPERATURA		
TIPO DE TAREA: TAREA A CONDICION		PRIORIDAD: Media
CLASIFICACION 1: MEDICION DE TEMPERATURA		TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 00mins
CLASIFICACION 2: EQUIPO DE BOMBEO		DURACION ESTIMADA: 40mins
¿HACER CUANDO?		
Activada Por		Descripción
Fecha		Cada 1 Semana(s)
SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
	UTILICE EPP CORRESPONDIENTE	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	DIRIGIRSE AL ÁREA DONDE SE UBICA LA BOMBA	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	ASEGURAR QUE LA BOMBA ESTE EN CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO. LIMPIAR CUALQUIER SUCIEDAD EN LA SUPERFICIE DE LA BOMBA QUE PUEDA AFECTAR LA MEDICIÓN.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	AJUSTAR LA CÁMARA TERMOGRÁFICA, CONFIGURAR LA ESCALA Y LA PALETA DE COLORES PARA FACIL IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	MANTENER DISTANCIA ADECUADA ENTRE LA CÁMARA Y LA BOMBA PARA UNA IMAGEN CLARA. ASEGURAR QUE LA CÁMARA ESTE PERPENDICULAR A LA SUPERFICIE DE LA BOMBA. ASEGURAR QUE LA BOMBA ESTE COMPLETAMENTE VISIBLE EN LA PANTALLA.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	ASEGURAR QUE LA BOMBA ESTE COMPLETAMENTE VISIBLE EN LA PANTALLA.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	TOMAR MUESTRA, CAPTURANDO MÚLTIPLES IMÁGENES DESDE DISTINTOS ÁNGULO PARA OBTENER UNA REPRESENTACIÓN COMPLETA DE LA TEMPERATURA EN LA BOMBA.	Si / No
	REGISTRAR RESULTADOS OBTENIDOS DE MEDICIÓN	Texto
RECURSOS A UTILIZAR		
Descripción	Cantidad	Tipo
CASCO (A0/0.1)	1	Inventario
ZAPATOS DE SEGURIDAD (A0/0.2)	1	Inventario
LENTES DE SEGURIDAD (A0/0.3)	1	Inventario
GUANTES DE SEGURIDAD (A0/0.4)	1	Inventario
OVEROL (A0/0.5)	1	Inventario
CAMARA TERMOGRAFICA (A2/0.12)	1	Inventario
CLIPBOARD (A1/0.11)	1	Inventario
AYUDANTE	1	Recursos Humanos

Fuente: Elaboración propia en fracttal

➤ Tarea 4:

Esta tarea se refiere al seguimiento y la medición precisa del flujo de fluido a través del sistema, el cual va proporcionando información esencial para ir evaluando y garantizantizando el buen rendimiento del sistema. Las siete subtareas asociadas requieren la intervención de personal con conocimientos del área, mientras que la asignación de recursos estratégicos se orienta a optimizar el proceso de medición.

En la siguiente ilustración se puede ver detalladamente la tarea del plan de mantenimiento.

Ilustración 3-4: Tarea 4

TAREA: 4. MONITOREO DEL CAUDAL

TIPO DE TAREA: TAREA A CONDICION

CLASIFICACIÓN 1: GESTION MECANICA

CLASIFICACIÓN 2: EQUIPO DE BOMBEO

PRIORIDAD: Media

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 00min

DURACION ESTIMADA: 40mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 1 Semana(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
	UTILICE EPP CORRESPONDIENTE	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	DIRIGIRSE AL AREA DONDE SE UBICA LA BOMBA, ASEGURAR QUE LA BOMB ESTE PAGADA Y SIN ELECTRICIDAD.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	INSTALAR MEDIDOR DE FLUJO EN LA TUBERIA, ASEGURAR QUE EL MEDIDOR ESTE ALINEADO Y QUE HAYA UNA LONGITUD RECTA EN LA TUBERIA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	CONECTAR LOS CABLES DEL MEDIDOR DE FLUJO A SU UNIDAD DE MONITOREO, CONFIGURAR SEGUN EL TIPO DE FLUIDO Y EL DIAMETRO DE TUBERIA.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	ENCENDER EL MEDIDOR DE FLUJO ULTRASONICO, ASEGURAR QUE SE ESTABLECE ANTES DE COMENZAR LA MEDICIÓN. DEFINIR PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL CAUDAL NORMAL DE OPERACIÓN.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	REGISTRAR LAS LECTURAS DE CAUDAL DEL MEDIDOR ULTRASONICO EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN, REALIZAR MEDICIONES EN DIFERENTES CONDICIONES DE CARGA.	Si / No
	REGISTRAR RESULTADOS OBTENIDOS	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
MECANICO	1	Recursos Humanos
CASCO (A0/0.1)	1	Inventario
ZAPATOS DE SEGURIDAD (A0/0.2)	1	Inventario
LENTES DE SEGURIDAD (A0/0.3)	1	Inventario
GUANTES DE SEGURIDAD (A0/0.4)	1	Inventario
OVEROL (A0/0.5)	1	Inventario
CLIPBOARD (A1/0.11)	1	Inventario
MEDIDOR DE FLUJO ULTRASONICO (A2/0.15)	1	Inventario

Fuente: Elaboración propia en fracttal

➤ Tarea 5

Esta actividad se enfoca en la sustitución de empaquetaduras, un procedimiento para ir manteniendo la integridad y prolongando la vida útil de los componentes, así como ir minimizando posibles fugas y mejorando el rendimiento general. Compuesta por ocho subtareas específicas, cada una requiere la ejecución por parte de personal especializado para ir garantizando un reemplazo efectivo. Además, se asignan trece recursos estratégicos, que abarcan desde el recurso humano, las herramientas especializadas hasta materiales específicos.

En la siguiente ilustración se puede ver detalladamente la tarea del plan de mantenimiento

Ilustración 3-5: Tarea 5

TAREA: 5. SUSTITUCIÓN DE EMPAQUETADURAS		
TIPO DE TAREA: SUSTITUCIÓN CICLICA		PRIORIDAD: Media
CLASIFICACIÓN 1: GESTIÓN MECÁNICA		TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins
CLASIFICACIÓN 2: EQUIPO DE BOMBEO		DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins
¿HACER CUANDO?		
Activada Por		Descripción
Fecha		Cada 6 Meses
SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
	UTILICE EPP CORRESPONDIENTE	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	DIRIGIRSE AL ÁREA DONDE SE UBICA LA BOMBA. VERIFICAR QUE LA BOMBA NO ESTE FUNCIONANDO.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	QUITAR LOS PERNOS EN LAS UNIONES MECANICAS. RETIRAR LAS EMPAQUETADURAS ANTIGUAS, EVITANDO DAÑAR LA SUPERFICIE.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	LIMPIAR BIEN LAS ÁREAS DE CONTACTO Y LAS SUPERFICIES DE SELLADO. INSPECCIONAR LAS SUPERFICIES Y COMPONENTES PARA ASEGURAR QUE ESTÉN EN BUENAS CONDICIONES.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	INSTALAR LAS EMPAQUETADURAS DE REPUESTO DE MANERA UNIFORME. ASEGURAR QUE ESTÉN ALINEADAS CORRECTAMENTE.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	PONER Y TORQUEAR LOS PERNOS DE LA UNIÓN MECÁNICA. ASEGURAR QUE TODAS LAS JUNTAS Y SELLOS ESTÉN CORRECTAMENTE INSTALADOS.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	VERIFICAR TORQUE EN PERNOS Y DAR AVISO DE TRABAJO TERMINADO.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	REGISTRAR DATOS	Texto
RECURSOS A UTILIZAR		
Descripción	Cantidad	Tipo
MECANICO	1	Recursos Humanos
AYUDANTE	1	Recursos Humanos
CASCO (A0/0.1)	2	Inventario
ZAPATOS DE SEGURIDAD (A0/0.2)	2	Inventario
LENTES DE SEGURIDAD (A0/0.3)	2	Inventario
GUANTES DE SEGURIDAD (A0/0.4)	2	Inventario
OVEROL (A0/0.5)	2	Inventario
LLAVE DE TORQUE (A1/0.6)	1	Inventario
BARRA DE GANCHO (A1/0.7)	1	Inventario
LLAVES PUNTA CORONA (A1/0.8)	1	Inventario
PERNOS (A3/0.16)	1	Inventario
EMPAQUETADURA (A3/0.18)	1	Inventario
CLIPBOARD (A1/0.11)	1	Inventario

➤ Tarea 6

Esta tarea se dedica a la verificación de la alineación de la bomba, tiene como fin ir asegurando el funcionamiento e ir preveniendo posibles desgastes prematuros y ayuda a evitar problemas mecánicos a largo plazo. Consta de siete subtareas, cada una demandando la intervención de personal especializado para llevar a cabo la verificación. Además, se requieren diez recursos estratégicos, que abarcan desde el recurso humano, instrumentos de medición avanzados hasta equipos especializados de alineación.

En la siguiente ilustración se puede ver detalladamente la tarea del plan de mantenimiento.

Ilustración 3-6: Tarea 6

TAREA: 6. VERIFICACIÓN DE ALINEACIÓN

TIPO DE TAREA: TAREA A CONDICION

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: GESTION MECANICA

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: EQUIPO DE BOMBEO

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 6 Meses

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
	UTILICE EPP CORRESPONDIENTE	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	VERIFICAR QUE LA BOMBA Y EL MOTOR ESTEN APAGADOS. ASEGURAR QUE NO EXISTA PATA COJA EN LOS ANCLAJES.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	INSTALAR ABRAZADERAS EN LOS EJES DE ACOPLE EN CADA MAQUINA MOVIL Y FIJA. MONTE LOS CABEZALES LÁSER EN LAS VARILLAS DE SOPORTE NIVELANDO EL LASER DE LA UNIDAD MOVIL A 0° CON RESPECTO AL LÁSER DE UNIDAD FIJA.	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	ENCENDER EL ALINEADOR LÁSER Y AJUSTAR ALTURA AL CENTRO DEL DETECTOR	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	ROTACIÓN MANUAL DEL EJE	Si / No
BOMBA HIDRAULICA	REGISTRAR LECTURAS EN CADA POSICIÓN Y REALIZAR AJUSTES HASTA QUE LAS LECTURAS ESTEN DENTRO DE LA TOLERANCIA	Si / No
	REGISTRAR RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ALINEACIÓN	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
MECANICO	1	Recursos Humanos
AYUDANTE	1	Recursos Humanos
CASCO (A0/0.1)	2	Inventario
ZAPATOS DE SEGURIDAD (A0/0.2)	2	Inventario
LENTES DE SEGURIDAD (A0/0.3)	2	Inventario
GUANTES DE SEGURIDAD (A0/0.4)	2	Inventario
OVEROL (A0/0.5)	2	Inventario
ALINEADOR LASER (A2/0.14)	1	Inventario
CLIPBOARD (A1/0.11)	1	Inventario
LLAVES PUNTA CORDONA (A1/0.8)	1	Inventario

Fuente: Elaboración propia en fracttal

3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico implica ir evaluando los costos asociados a la ejecución del plan de mantenimiento, teniendo en consideración los recursos humanos y otros elementos necesarios. Para ello, es fundamental ir analizando qué recursos están disponibles, cuáles se descartan tras cada tarea y cuales no se tienen dentro de la empresa. Según información del personal del taller mecánico, Oxiquim cuenta con todas las herramientas, dispositivos y equipos de protección personal para llevar a cabo éste plan de mantenimiento.

Es importante ir considerando el contexto operativo de la bomba. Dado que, su funcionamiento no es continuo; se activa durante la entrega cuando los clientes llegan en camiones para recoger el producto. Esta operación intermitente va teniendo implicaciones específicas en el plan de mantenimiento y en el análisis económico. Aprovechando los tiempos de inactividad de la bomba para llevar a cabo las tareas de mantenimiento que requieren que los equipos se detengan. Estas actividades se programan según el análisis de la demanda, basándonos en la información proporcionada por un operador de Oxiquim, que indica que en la semana van llegando cuatro camiones y dos durante el fin de semana.

Esta información permite ir programando con flexibilidad en las horas del día domingo para el paro del equipo y la realización de las tareas de mantenimiento correspondientes. Cabe destacar que la mano de obra trabaja de lunes a viernes, por lo que los domingos son sus días libres. En consecuencia, el presupuesto se va analizando de manera que se paga un adicional al sueldo del trabajador por asistir a la empresa y realizar las tareas en uno de sus días libres. Esto va asegurando que se realice en momentos estratégicos sin afectar la operación normal y considerando el bienestar de los trabajadores.

El análisis de los costos se divide de la siguiente manera:

- Costos directos del mantenimiento
 - Mano de obra
 - Herramientas y equipos
- Costos indirectos del mantenimiento
 - Tiempo de inactividad

Dentro de los costos directos tenemos las siguientes tablas de recursos:

Tabla 3-3: Tarea 1 Inspección

TAREA 1	INSPECCIÓN	
Duración	40 Minutos	
Cada	1 Semana	
INSUMOS	\$	\$/unid.
Paños Absorbentes 1000 Unidades	\$ 10.000	\$ 10
5 unidades para inspección		\$ 50
MANO DE OBRA	\$/hr	\$/40min
Ayudante	\$ 3.000	\$ 2.000
	Total	\$ 2.050
	mes	\$ 8.885
	año	\$ 106.600

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4: Tarea 2 Análisis de lubricantes

TAREA 2	ANÁLISIS DE LUBRICANTES	
Duración	1 Hora	
Cada	3 Meses	
INSUMOS	\$	\$/unid.
Paños Absorbentes 1000 Unidades	\$ 10.000	\$ 10
5 unidades para inspección		\$ 50
Botella de Muestreo		\$ 1.273
MANO DE OBRA	\$/hr	Total
MECANICO	\$ 5.000	\$ 6.323
	año	\$ 25.292

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-5: Tarea 3 Control de temperatura

TAREA 3	CONTROL DE TEMPERATURA	
Duración	40 minutos	
Cada	1 Semana	
MANO DE OBRA	\$/hr	\$/40min.
Ayudante	\$ 3.000	\$ 2.000
	año	\$ 104.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-6: Tarea 4 Monitoreo del caudal

TAREA 4	MONITOREO DEL CAUDAL	
Duración	40 minutos	
Cada	1 Semana	
MANO DE OBRA	\$/hr	\$/40min.
Mecánico	\$ 5.000	\$ 3.750
	año	\$ 195.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-7: Tarea 5 Sustitución de empaquetaduras

TAREA 5	SUSTITUCIÓN DE EMPAQUETADURAS	
Duración	1 Hora	
Cada	6 meses	
INSUMOS	\$/unid.	\$
Empaquetadura union	\$ 1.370	\$ 2.740
Pernos	\$ 2.000	\$ 10.000
MANO DE OBRA	\$/hr	\$
Mecánico	\$ 5.000	\$ 8.000
Ayudante	\$ 3.000	
	año	\$ 41.480

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-8: Tarea 6 Verificación de alineación

TAREA 6	VERIFICACIÓN DE ALINEACIÓN	
Duración	1 Hora	
Cada	6 meses	
MANO DE OBRA	\$/hr	\$
Mecánico	\$ 5.000	\$ 8.000
Ayudante	\$ 3.000	
	año	\$ 16.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-9: Costo anual del plan de mantenimiento

TAREA	\$
1	\$ 106.600
2	\$ 25.292
3	\$ 104.000
4	\$ 195.000
5	\$ 41.480
6	\$ 16.000
Costo Anual	\$ 488.372

Fuente: Elaboración propia

Para los costos indirectos, estamos considerando el costo de ineficiencia. Este costo, al estar vinculado al tiempo de inactividad del equipo, no se ve afectado negativamente. En otras palabras, aprovechamos los períodos en los que la máquina no está en funcionamiento para llevar a cabo las labores de mantenimiento, evitando así incurrir en costos de ineficiencia.

Esta estrategia permite ir llevando a cabo las labores de mantenimiento sin ir afectandola eficiencia general del proceso. De esta manera mitigamos los costos asociados a ineficiencia ademas de ir fortaleciendo la confiabilidad y durabilidad del equipo, contribuyendo así a una mejor gestión.

3.4. CONCLUSIÓN

En síntesis, en el presente trabajo de título se ha ido desarrollado un plan de mantenimiento para una bomba centrífuga de soda cáustica en Oxiquim, surgiendo como una estrategia integral para abordar la problemática identificada en la empresa. A lo largo de este trabajo, se ha ido presentando quién es Oxiquim, incluyendo sus antecedentes históricos y su contexto operativo. Esto va proporcionando una visión sólida para comprender el funcionamiento de la línea de soda cáustica y abordar la problemática en cuestión.

En el dentro del estudio del caso como tal tenemos el análisis de criticidad, la aplicación de FMECA y RCM, que se han empleado como herramientas esenciales para identificar y comprender los posibles modos de falla a los que se expone la bomba. Estas metodologías propuestas en este trabajo de título van proporcionando una base sólida para tomar decisiones informadas y priorizar la confiabilidad y disponibilidad de la bomba.

Se ha ido elaborando un plan de mantenimiento detallado que incorpora tareas identificadas durante el análisis de criticidad y la aplicación del FMECA y RCM. Este plan va abordando proactivamente los posibles problemas y va incluyendo el análisis económico.

En conjunto, este plan de mantenimiento va presentando un enfoque estratégico para maximizar la confiabilidad de la bomba, contribuyendo directamente al rendimiento y a la reducción de costos asociados a paradas no programadas y reparaciones de emergencia.